

**PENGAMATAN FAJAR ŠADIQ
MENGUNAKAN SISTEM OTOMATISASI OBSERVASI
FAJAR DAN SKY QUALITY METER STAND ALONE
DI SULAWESI SELATAN**

TESIS

Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Magister
dalam Ilmu Falak



Oleh:

Hisbullah Salam

2002048013

**PROGRAM MAGISTER ILMU FALAK
PASCASARJANA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2022**

MOTTO

أَقِمِ الصَّلَاةَ لِدُلُوكِ الشَّمْسِ إِلَى غَسَقِ اللَّيْلِ وَقُرْآنَ الْفَجْرِ إِنَّ قُرْآنَ الْفَجْرِ كَانَ مَشْهُودًا

“Dirikanlah salat sejak matahari tergelincir sampai gelapnya malam dan (laksanakan pula salat) Subuh ! Sesungguhnya salat Subuh itu disaksikan (oleh malaikat).”

(QS. Al-Isra' : 78)¹

¹ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an Dan Terjemahan* (Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2012). Hal. 290.

PERSEMBAHAN

“Saya persembahkan tulisan sederhana ini untuk orang-orang
tercinta dan paling berpengaruh dalam hidup ini:

Syafaruddin Daeng Bella & Hasriani Daeng Siang, Orang tua
tercinta sebagai sumber semangat yang hakiki dalam penyelesaian
studi ini dengan pengawasan melalui do’a-do’a mulianya.

Nurjihan Syahrani, Adik Tercinta

Daeng Nojeng & Daeng Nurung, Kakek Nenek Penuh kasih

Hasnah Syam Daeng Asi & Sujarwan Daeng Siala,

Serasa kakak yang setia mendampingi sejak penulis belia

Ummy Sitti Chaerani Djaya, idola dan ibu kedua dalam proses
kedewasaan ini,

serta Semua Keluarga Tercinta dan pihak yang berperan
memberikan materil dan non materil pada diri kekurangan ini.”



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 : Hisbullah Salam
NIM : 2002048013
Judul : Pengamatan Fajar Sādiq Menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar dan *Sky Quality Meter Stand Alone* di Sulawesi Selatan

telah diujikan pada tanggal 21 Desember 2022 dan dinyatakan LULUS oleh majelis penguji :

NAMA	TANGGAL	TANDA TANGAN
<u>Prof. Dr. Muslich Shabir, MA.</u> Ketua Majelis	<u>26-12-2022</u>	
<u>Dr. Fakhruddin Aziz, Lc., MA.</u> Sekretaris	<u>26-12-2022</u>	
<u>Dr. Mahsun, M. Ag.</u> Penguji 1	<u>26-12-2022</u>	
<u>Dr. H. Tolkah, M. A.</u> Penguji 2	<u>26-12-2022</u>	

NOTA DINAS

Semarang, 14 Desember 2022

Kepada

Yth, Bapak Dekan Fakultas Syariah dan Hukum
UIN Walisongo Semarang,
di Semarang

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

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

Nama : **Hisbullah Salam**
NIM : 2002048013
Program Studi : S2 Ilmu Falak
Judul : **Pengamatan Fajar Šādiq Menggunakan Sistem Otomatisasi
Observasi Fajar dan Sky *Quality Meter Stand Alone* di Sulawesi
Selatan**

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

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing I,



Prof. Dr. H. Muslich Sabir, MA.
NIP: 19560630 198103 1 003

NOTA DINAS

Semarang, 14 Desember 2022

Kepada

Yth, Bapak Dekan Fakultas Syariah dan Hukum

UIN Walisongo Semarang,

di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Nama : **Hisbullah Salam**
NIM : 2002048013
Program Studi : S2 Ilmu Falak
Judul : **Pengamatan Fajar Şādiq Menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar dan Sky Quality Meter Stand Alone di Sulawesi Selatan**

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

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing II,



Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag.
NIP: 19720512 199903 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Hisbullah Salam
NIM : 2002048013
Program Studi : Ilmu Falak

menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

PENGAMATAN FAJAR ŠADIQ MENGGUNAKAN SISTEM OTOMATISASI OBSERVASI FAJAR DAN SKY QUALITY METER STAND ALONE DI SULAWESI SELATAN

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 01 Desember 2022

Pembuat Pernyataan



Hisbullah Salam
NIM. 2002048013

ABSTRAK

Judul : **Pengamatan Fajar Šādiq Menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar dan Sky Quality Meter Stand Alone di Sulawesi Selatan**

Penulis : Hisbullah Salam

NIM : 2002048013

Tingkat kecerlangan langit malam menjadi faktor utama dalam pengamatan fajar sadiq, termasuk di dalamnya jenis Instrumen yang digunakan. Permasalahan yang dikaji adalah 1) Bagaimana pengaruh tingkat kecerlangan langit malam terhadap fajar šādiq melalui pengamatan menggunakan SQM SA dan SOOF di Sulawesi Selatan ? 2) Bagaimana tingkat akurasi SOOF pada pengamatan fajar šādiq di Sulawesi Selatan ?

Penelitian ini termasuk penelitian kuantitatif dengan fokus kajian lapangan (*field research*). Hasil penelitian di Bulukumba mendapatkan nilai kecerlangan 21,6 - 22,0 mpsas. Dip matahari subuh yang dihasilkan SOOF adalah $-18,24^{\circ}$ sd. $-19,18^{\circ}$ sementara SQM SA, $-17,74^{\circ}$ sd $-19,51^{\circ}$. Kabupaten Takalar memiliki tingkat kecerlangan 20,4-21,8 mpsas. Nilai Dip Matahari dengan menggunakan SOOF adalah $-15,1^{\circ}$ sd $-18,4^{\circ}$ sementara SQM SA, $-15,1^{\circ}$ sd $-18,6^{\circ}$. Kota Makassar memiliki nilai kecerlangan langit 14,9-15 mpsas. Dip matahari yang dihasilkan SOOF adalah $-9,1^{\circ}$ sd. $-13,4^{\circ}$ sementara SQM SA, $-9,9^{\circ}$ sd. $-13,0^{\circ}$.

Tingkat akurasi SOOF pada pengamatan fajar šādiq di Sulawesi Selatan berdasarkan uji komparasi bernilai **Sig 0,950 > 0,05**. Berdasarkan hasil tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa H_0 diterima dan H_a ditolak, artinya terdapat persamaan antara rerata hasil Dip Matahari Subuh menggunakan instrumen SOOF dan SQM SA. Hal ini membuktikan bahwa alat SOOF akurat berdasarkan pengamatan lapangan.

Kata Kunci : SOOF, SQM Stand Alone, Fajar Šādiq

ABSTRACT

Title : **Fajar Šādiq Observation Using SOOF and Sky Quality Meter Stand Alone In South Sulawesi**
Author : Hisbullah Salam
NIM : 2002048013

The brightness level of the night sky is the main factor in observing the sadiq dawn, including the type of instrument used. The problems studied are 1) How does the brightness level of the night sky affect the šādiq dawn through observations using SQM SA and SOOF in South Sulawesi ? 2) What is the level of SOOF accuracy on šādiq dawn observations in South Sulawesi ?.

This research includes quantitative research with a focus on field research. The results of research in Bulukumba obtained a brightness value of 21.6 - 22.0 mpsas. The dawn sun dip produced by SOOF is -18.24° sd. -19.18° while SQM SA, -17.74° to -19.51° . Takalar Regency has a brightness level of 20.4-21.8 mpsas. The solar dip value using SOOF is -15.1° to -18.4° while SQM SA is -15.1° to -18.6° . Makassar City has a sky brightness value of 14.9-15 mpsas. The solar dip produced by SOOF is -9.1° sd. -13.4° while SQM SA, -9.9° sd. -13.0° .

The accuracy level of SOOF on šādiq dawn observations in South Sulawesi based on a comparison test has a value of Sig 0.950 > 0.05. Based on these results it can be concluded that H_0 is accepted and H_a is rejected, meaning that there is a similarity between the average Subuh Sun Dip results using the SOOF and SQM SA instruments. This proves that the SOOF tool is accurate based on field observations.

Keywords : *SOOF, SQM Stand Alone, Fajar Šādiq*

ملخص

الموضوع : مراقبة الفجر الصادق باستخدام SOOF و SQM SA في سولاويسي الجنوبية

الكاتب : حزب الله سلام

رقم الطالب : ٢٠٠٢٠٤٨٠١٣

مستوى سطوع سماء الليل هو العامل الأساسي في مراقبة فجر الصادق ، بما في ذلك نوع الآلة المستخدمة. المشاكل التي تمت دراستها هي (١) كيف يؤثر مستوى سطوع سماء الليل على فجر الصادق من خلال الملاحظات باستخدام SQM SA و SOOF في جنوب سولاويزي؟ (٢) ما هو مستوى دقة SOOF في ملاحظات الصادق في جنوب سولاويزي؟

يشمل هذا البحث البحث الكمي مع التركيز على البحث الميداني. حصلت نتائج البحث في Bulukumba على قيمة سطوع تتراوح بين ٢١,٦ - ٢٢,٠ ميغابت في الثانية. غطسة شمس الفجر التي تنتجها SOOF هي -١٨,٢٤ sd. -19.18 درجة بينما SQM SA ، من -١٧,٧٤ درجة إلى -١٩,٥١ درجة Takalar. لديه مستوى سطوع من ٢٠,٤-٢١,٨ ميغابت في الثانية. قيمة الانحدار الشمسي باستخدام SOOF هي -١٥,١ درجة إلى -١٨,٤ درجة بينما SQM SA هي -١٥,١ درجة إلى -١٨,٦ درجة. Makassar تبلغ قيمة سطوع ماكاسار ١٤,٩-١٥ ميغابت في الثانية. الغطس الشمسي الناتج عن SOOF هو -٩,١ sd. -13.4 درجة بينما SQM SA ، -13.0 sd. -9.9 درجة.

إن مستوى دقة SOOF في ملاحظات الصادق في جنوب سولاويزي بناءً على اختبار مقارنة له قيمة $0.05 < 0.950$ Sig بناءً على هذه النتائج يمكن استنتاج أن H_0 مقبول ورفض H_a ، مما يعني أن هناك تشابهاً بين متوسط نتائج ارتفاع شمس الفجر باستخدام أدوات SOOF و SQM SA. هذا يثبت أن أداة SOOF دقيقة بناءً على الملاحظات الميدانية.

الكلمات المفتاحية: SOOF, SQM Stand Alone, فجر الصديق

TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Transliterasi kata Arab-Indonesia yang dipakai dalam penyusunan Tesis ini berpedoman pada Surat Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia No: **158/1987 dan 0543b/U/1987** tertanggal 22 Januari 1988.

1. Konsonan Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Keterangan
ا	Alif	-	Tidak dilambangkan
ب	Ba	b	be
ت	Ta	t	te
ث	ša	š	es (dengan titik di atas)
ج	Jim	J	Je
ح	ħa	ħ	ha (dengan titik di bawah)
خ	Kha	kh	ka dan ha
د	dal	d	de
ذ	žal	ž	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 tebalik 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
هـ	ha	h	ha
ء	hamzah	...	apostrof
ي	ya	y	ye

2. Vokal

a. Vokal Tunggal

Tanda	Nama	Huru Latin	Nama
_____	fathah	A	A
_____	kasrah	I	I
_____	ḍammah	U	U

b. Vokal Rangkap

Tanda dan Huruf	Nama	Huru Latin	Nama
ي ...	fathah	Ai	a dan i
و ...	kasrah	au	a dan u

Contoh:

كَتَبَ	Ditulis	<i>Kataba</i>
يَذْهَبُ	Ditulis	<i>yażhabu</i>
سُئِلَ	Ditulis	<i>su'ila</i>

3. Maddah

Harakat dan huruf	Nama	Huruf dan tanda	Nama
... ا. ... ى.	fathah dan alif atau ya	Ā	a dan garis di atas
ى.	kasrah dan ya	Ī	i dan garis di bawah
و.	ḍammah dan wau	Ū	u dan garis di atas

Contoh:

قَالَ	Ditulis	<i>qāla</i>
رَمَى	Ditulis	<i>Ramā</i>
قِيلَ	Ditulis	<i>Qīla</i>
يَقُولُ	Ditulis	<i>Yaqūlu</i>

4. Ta Marbutah

Transliterasi untuk *ta marbutah* ada dua yaitu:

1. *Ta marbutah* yang hidup atau mendapat harkat fathah, kasrah, dan ḍammah, transliterasinya adalah /t/
2. *Ta marbutah* yang mati atau mendapat harkat sukun, transliterasinya adalah /h/

Jika pada kata yang terakhir dengan *ta marbutah* diikuti oleh kata yang menggunakan kata sandang al serta bacaan kedua kata itu terpisah, maka *ta marbutah* itu transliterasinya ha. Contoh:

رَوْضَةُ الْأَطْفَالِ	Ditulis	<i>rauḍah al-atfāl</i>
الْمَدِينَةُ الْمُنَوَّرَةُ	Ditulis	<i>al-madīnah al-munawwarah</i>
طَلْحَةَ	Ditulis	<i>ṭalḥah</i>

5. Syaddah (tasydid)

رَبَّنَا	Ditulis	<i>Rabbanā</i>
نَزَّلَ	Ditulis	<i>Nazzala</i>

6. Kata sandang (ال)

Dalam transliterasi ini kata sandang dibedakan atas kata sandang yang diikuti oleh huruf *syamsiyah* dan kata sandang yang diikuti oleh huruf *qamariyah*.

1. Kata sandang yang diikuti oleh huruf *syamsiyah* ditransliterasikan sesuai bunyinya, yaitu huruf /l/ diganti dengan huruf yang langsung mengikuti kata sandang itu.
2. Kata sandang yang diikuti oleh huruf *qamariyah* ditransliterasikan sesuai dengan aturan yang digariskan di depan dan sesuai pula dengan bunyinya.

Contoh:

الرجُل	Ditulis	<i>ar-rajulu</i>
القَمَرُ	Ditulis	<i>al-qamaru</i>

7. Hamzah

Dinyatakan di depan bahwa hamzah ditransliterasikan dengan apostrof. Namun hanya berlaku bagi hamzah yang terletak ditengah dan diakhir kata. Bila hamzah itu terletak di awal kata, ia tidak dilambangkan, karena dalam tulisan Arab berupa alif.

Contoh:

النَّوْءُ	Ditulis	<i>an-nau'ū</i>
شَيْءٌ	Ditulis	<i>syai'un</i>
إِنَّ	Ditulis	<i>Inna</i>

8. Penulisan kata

Pada dasarnya setiap kata, baik *fi'il*, *isim* maupun *harf*, ditulis terpisah. Hanya kata-kata tertentu yang penulisannya dengan

huruf Arab sudah lazim dirangkaikan dengan kata lain karena ada huruf atau harkat yang dihilangkan, maka dalam transliterasi ini penulisan kata tersebut dirangkaikan juga dengan kata yang lain yang mengikutinya.

Contoh:

وَإِنَّ اللَّهَ لَهُوَ خَيْرُ الرَّازِقِينَ	ditulis	- <i>Wa innallāha lahuwa khair ar-rāziqīn.</i> - <i>Wa innallāhu lahuwa khairur-raziqīn.</i>
فَأَوْفُوا الْكَيْلَ وَالْمِيزَانَ	ditulis	- <i>Wa aufū al-kaila wal-mizān.</i> - <i>Wa auful-kaila wal-mizān.</i>
بِسْمِ اللَّهِ مَجْرَهَا وَمُرْسَاهَا	ditulis	<i>Bismillāhi majrēha wa mursāhā</i>

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *robbil 'alamin*, segala puji hanyalah milik Allah SWT karena dengan taufik dan inayah-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini yang berjudul **“Pengamatan Fajar Şādiq Menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar *Dan Sky Quality Meter Stand Alone Di Sulawesi Selatan*”** dengan penuh kesabaran dan kesyukuran. Salam beriring solawat senantiasa tercurah kepada Nabi Mulia Muhammad SAW. beserta seluruh keluarga dan para sahabat yang senantiasa kita harapkan barakah syafa’atnya pada hari akhir kelak nanti.

Penulis sangat menyadari bahwa tesis ini dapat terselesaikan berkat adanya usaha dan bantuan baik berupa material, moral maupun spritual dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. **Prof. Dr. Imam Taufiq, M. Ag.**, selaku Rektor UIN Walisongo Semarang beserta jajarannya atas terciptanya sistem akademik yang mendukung pembelajaran dan perkuliahan penulis;
2. **Dr. Mohammad Arja Imroni, M. Ag.**, selaku Dekan Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang beserta jajarannya atas terciptanya sistem pembelajaran dan

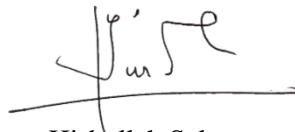
- perkuliahan yang memudahkan dan melancarkan penulis selama berkuliah di Fakultas Syari'ah dan Hukum;
3. Pimpinan Kampus Universitas Muhammadiyah Makassar, yang telah memberikan dukungan kepada penulis melalui pemberian bantuan beasiswa Ilmu Falak.
 4. Bapak **Prof. Dr. H. Muslich Sabir, M. A.** selaku pembimbing I dan Bapak **Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag.**, selaku pembimbing II yang telah menyediakan tenaga, waktu, dan pikiran dengan sabar dan tulus ikhlas untuk memberikan bimbingan dan pengarahan terbaik dalam penyusunan tesis ini.
 5. Bapak **Dr. H. M. Basthoni, M. H.** atas kesabaran dan ketulusan dalam membimbing proses penyelesaian penulis. Sungguh sangat beruntung dapat memperoleh transfer ilmu dan akhlak dari beliau, tak ada materi yang bisa membayar keikhlasan bapak. *Jazaakumullahu khairan katsiran.*
 6. Bapak **Dr. KH. Mahsun, M. Ag.** selaku Ketua Jurusan dan Bapak **Dr. Ahmad Adib Rofiuddin M. S. I.** selaku Sekretaris Jurusan Magister Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang beserta stafnya, terimakasih atas bimbingan dan dukungannya hingga penulis dapat bangkit dari keterpurukan dan keputusasaan di tanah rantau.

7. Bapak Ahmad Fuad al-Anshary, S. H.I., M. S. I. dan tim asisten laboratorium FSH UIN Walisongo Semarang yang berkenan meminjamkan alat untuk keperluan penelitian.
8. Bapak Muh. Arfan, S. Pd., M. Pd. dan keluarga di lokasi pertama serta Dg. Ella' dan keluarga di lokasi kedua yang telah menerima penulis dalam menempati kediamannya yang begitu nyaman dan strategis serta kondusif untuk melangsungkan proses penelitian. Waktu dan tenaga telah diberikan dengan tulus dan ikhlas dalam mendampingi proses pengambilan data di lokasi tersebut.
9. Teman-teman S2 IF angkatan 2020, atas kebersamaan yang telah kita lalui bersama (meskipun online) hingga akhirnya kita dapat menuntaskan masa studi ini di masing-masing waktu terbaik yang diberikan oleh-Nya.
10. Teman-teman dan sahabat yang memberikan sumbangsih materi dan non-materi dalam memudahkan proses penelitian sampai penyusunan tulisan ini: mba Siti Marhamah, M.H., mas Fajrullah M.H., Najmuddin Saifullah, M.H., mas Andi Muh. Firdaus Tamin, mas, mas Khotibul Umam M.H., akh Muh. Hisyam serta saudara Al-Musyawwir.
11. Seluruh tim pembinaan Pesantren Mahasiswa KH. Djamaluddin Amien (Pesmadina) Unismuh Makassar.
12. Semua pihak yang telah membantu dan memberikan *support* yang luar biasa kepada penulis selama menjalankan dan

menyelesaikan studi di Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN
Walisongo Semarang.

Tidak ada ucapan yang dapat mewakili rasa terima kasih penulis atas jasa-jasa mereka, kecuali hanya do'a - do'a terbaik melimpah kepada pihak-pihak yang memberikan sumbangsih kehidupannya kepada penulis, semoga kesemuanya memperoleh rahmat dan anugrah dari Allah SWT. Demikian tesis sederhana namun syarat akan pengorbanan dan kesabaran yang penulis susun ini semoga sedikit banyaknya akan dapat memberikan manfaat dan menjadi sumbangan yang berharga bagi khazanah keilmuan falak. Aamiin.

Semarang, 14 Desember 2022
Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hisbullah Salam', written over a horizontal line.

Hisbullah Salam
NIM: 2002048013

DAFTAR ISI

MOTTO	ii
PERSEMBAHAN	iii
PENGESAHAN	iv
NOTA DINAS	v
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	vii
ABSTRAK	viii
TRANSLITERASI ARAB-LATIN	xi
KATA PENGANTAR.....	xviii
DAFTAR ISI.....	xxii
DAFTAR GAMBAR	xxiv
DAFTAR TABEL	xxx
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	12
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	12
D. Kajian Pustaka	13
E. Hipotesis.....	19
F. Kerangka Teori.....	19
G. Metode Penelitian	34
H. Sistematika Penulisan	42
BAB II.....	44
LANDASAN TEORI	44
A. Fajar Sādiq Menurut Fiqh.....	44
B. Fajar Sādiq Menurut Astronomi	55
C. Kecerlangan Langit Malam dan Polusi Cahaya dalam Pengamatan Fajar	65

D. Instrumentasi dalam Pengamatan Fajar	69
BAB III	75
TINJAUAN UMUM	75
A. <i>Sky Quality Meter (SQM) Stand Alone</i>	75
B. Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF).....	103
C. Pengolahan Data SOOF dan SQM SA.....	122
D. Hasil Pengolahan Data Pengamatan	128
BAB IV	140
ANALISIS	140
A. Analisis Pengaruh Tingkat Kecerlangan Langit Malam Terhadap Ketampakan Fajar Šādiq Melalui Pengamatan Menggunakan <i>Sky Quality Meter Stand Alone</i> dan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) di Sulawesi Selatan ...	140
B. Analisis Akurasi Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) pada pengamatan fajar šādiq di Sulawesi Selatan ...	178
BAB V.	183
PENUTUP.....	183
A. Kesimpulan.....	183
B. Saran.....	185
C. Penutup.....	187
KEPUSTAKAAN	188
LAMPIRAN.....	195
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	219

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pembagian Kehadiran Fajar menurut Astronomi	57
Gambar 2. Komparasi SQM dari berbagai generasi	79
Gambar 3. SQM LU-DL terlihat dari depan	86
Gambar 4. SQM LU-DL terlihat dari belakang	86
Gambar 5. SQM LU-DL terhubung dengan adaptor	86
Gambar 6. SQM LU-DL Terhubung dengan Laptop via Kabel USB	87
Gambar 7. Bagan komponen SQM LU-DL.....	88
Gambar 8. Tampilan UDM ketika proses membuka software	91
Gambar 9. Layar Utama UDM	91
Gambar 10. Menu File	92
Gambar 11. Kolom Find.....	96
Gambar 12. Tampilan Layar Utama UDM.....	97
Gambar 13. Layar <i>Header</i>	98
Gambar 14. <i>Setting Device Clock</i>	98
Gambar 15. Layar Utama UDM	98
Gambar 16. Pengaturan Interval Waktu Perekaman	99
Gambar 17. Box wadah SOOF & SQM	100
Gambar 18. Pengarahan SQM ke ufuk Timur	101
Gambar 19. SQM merekam data setelah dihubungkan ke Adaptor.	101
Gambar 20. Tampilan Tab Data Logging	102
Gambar 21. Layar DL Retrive Tampilan data rekaman	103
Gambar 22. SOOF yang dipasang di Bulukumba.....	106
Gambar 23. Hardware SOOF yang penulis gunakan	108
Gambar 24. Raspberry pi Image.....	111
Gambar 25. Tampilan Bitvise SSH Client.....	117
Gambar 26. Tampilan Google Drive lokasi tujuan data setelah perekaman	118

Gambar 27. Tampilan <i>software</i> AnyDesk	119
Gambar 28. Skema Prototipe SOOF.....	119
Gambar 29. Grafik pengamatan SOOF di Bulukumba	121
Gambar 30. Citra Fajar (Cahaya Merah) yang dipotret Oleh SOOF di Bulukumba	122
Gambar 31. Menu Tools untuk konversi data.....	123
Gambar 32. Proses Konversi Data.....	124
Gambar 33. Tahap akhir konversi data.....	124
Gambar 34. Lembaran Baru Notepad++	125
Gambar 35. Tampilan Awal GNUPlot	127
Gambar 36. Tampilan Hasil Plot Kurva menggunakan software gnuplot	128
Gambar 37. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Pantai Samboang, 22 September 2022	132
Gambar 38. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Pantai Samboang, 24 September 2022	132
Gambar 39. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Pantai Samboang, 25 September 2022	133
Gambar 40. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Pantai Samboang, 22 September 2022	133
Gambar 41. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Pantai Samboang, 02 Oktober 2022	134
Gambar 42. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Takalar, 03 Oktober 2022.....	134
Gambar 43. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Takalar, 04 Oktober 2022.....	135
Gambar 44. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Takalar, 05 Oktober 2022.....	135
Gambar 45. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Takalar, 07 Oktober 2022.....	135

Gambar 46. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Takalar, 08 Oktober 2022.....	136
Gambar 47. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Makassar, 17 Oktober 2022.....	136
Gambar 48. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Makassar, 18 Oktober 2022.....	136
Gambar 49. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Makassar, 20 Oktober 2022.....	137
Gambar 50. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Makassar, 21 Oktober 2022.....	137
Gambar 51. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Makassar, 23 Oktober 2022.....	137
Gambar 52. Sumber cahaya pada pengamatan Fajar oleh M. Basthoni	141
Gambar 53. Plot kurva pengamatan fajar pada tanggal 22 September 2022.....	148
Gambar 54. Titik belok kurva SOOF pada tanggal 22 September 2022	148
Gambar 55. Titik belok kurva SOOF pada tanggal 22 September 2022	149
Gambar 56. Gambar hasil rekam kamera SOOF pada tanggal 22 September 2022.....	149
Gambar 57. Plot Kurva SOOF dan SQM SA tanggal 24 September 2022	150
Gambar 58. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 24 September 2022	151
Gambar 59. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 24 September 2022.....	152
Gambar 60. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 25 September 2022	153

Gambar 61. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 25 September 2022	153
Gambar 62. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 27 September 2022.....	154
Gambar 63. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 27 September 2022	155
Gambar 64. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 24 September 2022.....	155
Gambar 65. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 02 Oktober 2022.....	156
Gambar 66. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 02 Oktober 2022	157
Gambar 67. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 02 Oktober 2022	157
Gambar 68. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 03 Oktober 2022.....	158
Gambar 69. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 03 Oktober 2022	159
Gambar 70. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 03 Oktober 2022	159
Gambar 71. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 04 Oktober 2022.....	160
Gambar 72. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 04 Oktober 2022	161
Gambar 73. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 04 Oktober 2022	161
Gambar 74. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 05 Oktober 2022.....	162
Gambar 75. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 05 Oktober 2022	163

Gambar 76. Titik lepas Kurva SQM SA pada tanggal 05 Oktober 2022	163
Gambar 77. Kurva pengamatan fajar pada tanggal 07 Oktober 2022	164
Gambar 78. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 07 Oktober 2022	164
Gambar 79. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 07 Oktober 2022	165
Gambar 80. Kurva pengamatan fajar pada tanggal 08 Oktober 2022	165
Gambar 81. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 08 Oktober 2022	166
Gambar 82. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 08 Oktober 2022	167
Gambar 83. Kurva pengamatan fajar pada tanggal 17 Oktober 2022	168
Gambar 84. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 17 Oktober 2022	168
Gambar 85. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 17 Oktober 2022	169
Gambar 86. Kurva pengamatan fajar pada tanggal 18 Oktober 2022	170
Gambar 87. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 18 Oktober 2022	170
Gambar 88. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 18 Oktober 2022	171
Gambar 89. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 20 Oktober 2022.....	171
Gambar 90. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 10 Oktober 2022	172

Gambar 91. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 20 Oktober 2022	173
Gambar 92. Kurva pengamatan fajar pada tanggal 21 Oktober 2022	173
Gambar 93. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 21 Oktober 2022	174
Gambar 94. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 21 Oktober 2022	175
Gambar 95. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 23 Oktober 2022.....	175
Gambar 96. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 23 Oktober 2022	176
Gambar 97. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 23 Oktober 2022	176

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Lokasi Pengambilan Data.....	35
Tabel 2. Ringkasan Standar Waktu Fajar Menurut Tokoh Islam	64
Tabel 3. Ringkasan Skala Bortle	68
Tabel 4. Menu dan Fungsi tampilan UDM	95
Tabel 5. Data pengamatan pada tanggal 22 September 2022....	147
Tabel 6. Data pengamatan pada tanggal 24 September 2022....	150
Tabel 7. Data pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 25 September 2022	152
Tabel 8. Data hasil pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 27 September 2022.....	154
Tabel 9. Data pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 02 Oktober 2022	156
Tabel 10. Data pengamatan fajar tanggal 03 Oktober 2022.....	158
Tabel 11. Data Pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 04 Oktober 2022	160
Tabel 12. Data pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 05 Oktober 2022	161
Tabel 13. Data pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 07 Oktober 2022	163
Tabel 14. Data pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 08 Oktober 2022	165

Tabel 15. Data pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 04 Oktober 2022.....	167
Tabel 16. Data pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 18 Oktober 2022	169
Tabel 17. Data pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 20 Oktober 2022.....	171
Tabel 18. Data Pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 21 Oktober 2022.....	173
Tabel 19. Data pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 23 Oktober 2022.....	175
Tabel 20. Output Analisis Uji-t Independent test	179
Tabel 21. Output Uji t Independen menggunakan SPSS	179

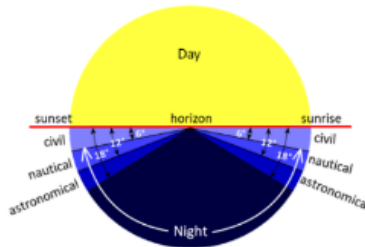
BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Syarat sah diterimanya suatu ibadah salat salah satunya adalah masuk waktunya. Waktu-waktu salat yang mendapatkan perhatian lebih adalah awal waktu salat Subuh yang telah menjadi perbincangan hangat kurang lebih 1 dekade terakhir, paling tidak setelah adanya edaran dari Majalah Kiblati yang pada tahun 2010 memuat tulisan dari seorang ulama timur tengah yang pernah mengunjungi Indonesia bernama Syaikh Mamduh Farhan al-Buhairi dengan judul “Salah Kaprah Waktu Subuh”. Beliau menilai waktu salat Subuh di Indonesia terlalu dini, yakni sekitar 24 menit sebelum fajar terbit.²

Ahli astronomi sebetulnya telah menyusun sebuah pedoman kasar tentang kehadiran *twilight* yang terdiri atas: *astronomical twilight*, *nautical twilight*, dan *civil twilight*, seperti pada gambar berikut.



² Mamduh Farhan Al-Buhairi, *Salah Kaprah Waktu Subuh* (Malang: Qiblati, 2009). Hal. 31-35.

Gambar 1. Pembagian Kehadiran Fajar menurut Astronomi³

Berdasarkan perspektif astronomi, fajar dibagi menjadi tiga dan masing-masing mempunyai nilai perbedaan sudut depresi Matahari sebesar 6° , yaitu :

1. *Astronomical Dawn* atau Fajar Astronomi adalah kondisi saat titik pusat dari lingkaran Matahari berada pada posisi -18° di bawah ufuk;
2. *Nautical Dawn* atau Fajar Nautika adalah saat titik pusat dari lingkaran Matahari berada pada posisi -12° di bawah ufuk. Kondisi kecerlangan langit pada selang waktu antara Fajar Astronomis dan Fajar Nautika dinamakan *Astronomical Twilight* atau Twilight Astronomis;
3. *Civil Dawn* atau Fajar Sipil adalah kondisi saat titik pusat dari lingkaran Matahari berada pada posisi -6° di bawah ufuk. Kondisi kecerlangan langit pada selang antara Fajar Nautika dan Fajar Sipil dinamakan *Nautical Twilight* atau Twilight Nautika;

Adapun kondisi matahari terbit yaitu ketika lingkaran piringan bagian atas Matahari menyentuh ufuk. Kondisi kecerlangan langit pada selang antara Fajar Sipil dan Matahari Terbit dinamakan *Civil*

³ <https://www.weather.gov/lmk/twilight-types> diakses 22 Juli 2022.

Twilight atau Twilight Sipil. Pendefinisian ini berlaku juga saat Matahari tenggelam sampai masuk waktu isya.⁴

Berdasarkan sejarah, di Indonesia sendiri sempat pula terjadi perubahan pedoman. Menurut analisa beberapa ahli falak, dahulu yang menjadi standar waktu Subuh di negeri kita ini adalah sudut -18°, sebab ulama-ulama ahli hisab dahulu merumuskan defenisi fajar *ṣādiq* dengan kriteria beragam, berkisar antara -17° sd. -20°.⁵ Kemudian ijihad awal waktu salat Subuh yang digunakan berdasarkan kehati-hatian adalah -20°, dengan berlandaskan dalil-dalil *syar'i* dan astronomis yang kuat⁶ diantaranya karena atmosfer⁷ Indonesia yang berada di wilayah khatulistiwa, memiliki ketebalan daripada daerah di lintang tinggi (subtropis atau kutub).

⁴ Tono Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya* (Jakarta: UHAMKA Press, 2017). Hal. 15-16.

⁵ Agus Hasan Bashori and M. Syu'aib Al-Faiz, *Waktu Subuh Secara Syar'i, Astronomi, Dan Empiris* (Malang: YBM, 2015). Hal. 5.

⁶ Thomas Djamaluddin, "Waktu Shubuh Ditinjau Secara Astronomi Dan Syar'i,". Diakses pada Juni 2022 <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2010/04/15/waktu-shubuh-ditinjau-secara-astronomi-dan-syari/>.

⁷ Atmosfer adalah lapisan gas menyelubung benda planet, biasa disebut angkasa atau udara. Lihat Bambang Hidayat and Dkk, *Ensiklopedia Astronomi* (Bandung: ITB, 1980), hal. 7. Temperatur atmosfer berubah terhadap ketinggian dari permukaan bumi, para ahli membagi atmosfer menjadi beberapa lapisan yaitu: Troposfer, Stratosfer, termosfer dan eksosfer. Lihat Gunawan A. Admiranto, *Menjelajahi Tata Surya* (Yogyakarta: Penerbit Karnisius, 2009), 86

Troposfer⁸ di atas daerah khatulistiwa memiliki ketebalan lebih dibanding daerah subtropis maupun daerah kutub. Di khatulistiwa, troposfer berada di ketinggian 18 km, sedangkan troposfer di daerah kutub hanya pada ketinggian 6 km. Walaupun troposfer lebih tinggi di khatulistiwa, namun sebaliknya pada lapisan stratosfernya jauh lebih tipis dibanding di daerah subtropis dan kutub.⁹ Hal itu menyebabkan lebih awalnya terjadi hamburan sinar matahari di daerah khatulistiwa.

Departemen Agama RI menggunakan kriteria -20° ini untuk menentukan jadwal salat Subuh yang beredar di masyarakat. Hal ini dinyatakan dalam buku pedoman penentuan jadwal waktu salat sepanjang masa yang diterbitkan oleh Departemen Agama RI dan berdasarkan pengkajian ulama terdahulu seperti H. Sadoeddin Jambek dalam bukunya “Salat dan Puasa di Daerah Kutub” dan Drs. Abd. Rachim dalam bukunya “Ilmu Falak” yang menerangkan bahwa tinggi matahari saat terbit fajar adalah -20° .

⁸ Troposfer adalah daerah terbawah atmosfer bumi, tempat berlangsungnya kegiatan-kegiatan iklim bumi. Lihat Gunawan A. Admiranto, *Menjelajahi Tata Surya* (Yogyakarta: Penerbit Kamisius, 2009). Hal. 276.

⁹ Bayong Tjasyono, *Ilmu Kebumihan Dan Antariksa* (Bandung: PT. Remaja Rosda Karya, 2009). Hal. 131.

Ada juga ahli-ahli hisab lainnya yang mengatakan bahwa tinggi matahari awal Subuh adalah -19° atau $-18,5^\circ$ atau -18° .¹⁰ Indonesia sendiri berpedoman pada pendapat yang dikemukakan oleh H. Sadoeddin Djambek¹¹ dan Drs. Abd. Rachim¹² bahwa tinggi matahari Subuh -20° .

Beberapa pengamatan menggunakan beragam instrumen dalam rangka koreksi awal waktu salat Subuh dilakukan oleh berbagai pihak di berbagai lokasi di Indonesia. Diantara beberapa peneliti pengamatan fajar yang menggunakan instrumen SQM adalah diantaranya oleh Dhani Herdiwijaya (2017), dengan menggunakan SQM beliau melakukan pengamatan selama beberapa hari di Observatorium Bosscha, Cimahi, Bandung, Yogyakarta, dan Kupang pada rentang tahun 2011 hingga 2016.

Setelah menganalisis data, penelitian ini mendapatkan bahwa pada sudut elevasi -17° atau sekitar 65 menit sebelum Matahari terbit baru mulai terjadi perubahan kecerahan langit. Sudut elvasi ini menjadi awal waktu salat Subuh dan Isya.¹³

¹⁰ Departemen Agama RI, *Pedoman Penentuan Awal Waktu Salat Sepanjang Masa* (Jakarta: Direktorat Jendral Pembinaan Kelembagaan Agama Islam dan Direktorat Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1996). Hal. 32

¹¹ Sa'doeddin Djambek, *Pedoman Penentuan Jadwal Waktu Salat Sepanjang Masa* (Jakarta: Bulan bintang, 1974). Hal. 32

¹² Abdur Rachim, *Ilmu Falak* (Jakarta: Liberty, 1983). Hal 40.

¹³ Dhani Herdiwijaya, "WAKTU SUBUH (Tinjauan Pengamatan Astronomi)," *Jurnal Tarjih* 14, no. 1 (2017): 51–64.

Arumaningtyas dkk. (2011) dalam penelitian selama bulan Maret sampai Juli 2012 mereka juga menggunakan SQM di Bandung dan Jombang yang kemudian menyimpulkan bahwa fajar terdeteksi sekitar 40 menit sebelum Matahari terbit atau saat Matahari berada pada -10° .¹⁴ Di lokasi lain, Noor & Hamdani (2018) melakukan observasi pada periode Agustus hingga September menggunakan SQM di Pantai Tayu Pati dengan kesimpulan bahwa fajar terdeteksi ketika matahari berada pada -17° .¹⁵ Sementara itu, selama 26 hari dari bulan Juni dan Juli 2015, dengan kembali menggunakan SQM, Saksono & Fulazzaky (2020) menyimpulkan bahwa fajar adalah terdeteksi saat Matahari berada pada $-14^\circ \pm 0,6$ di Depok.¹⁶

Rohmah (2016) melakukan penelitian selama 22 hari di Juwiring, Pati, Yogyakarta (Jawa Tengah), Kaibon (Jawa Timur), dan Bandung (Jawa Barat) dengan menggunakan kamera digital.

¹⁴ Eka Puspita Arumaningtyas, Moedji Raharto, and Dhani Herdiwijaya, "Morning Twilight Measured at Bandung and Jombang," *AIP Conference Proceedings* 1454, no. 1 (2011): 29–31.

¹⁵ Laksmiyanti Annake Harijadi Noor and Fahmi Fatwa Rosyadi Satria Hamdani, "The Dawn Sky Brightness Observations In The Preliminary Shubuh Prayer Time Determination," *QIJS* 6, no. 1 (2018): 26–38.

¹⁶ Tono Saksono and Mohamad Ali Fulazzaky, "Predicting the Accurate Period of True Dawn Using a Third-Degree Polynomial Model," *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics* 9, no. 1 (2020): 238–244, <https://doi.org/10.1080/20909977.2020.1738106>.

Setelah dilakukan analisis citra fajar, menyimpulkan bahwa rata-rata munculnya fajar *Ṣādiq* waktu Subuh pada sekitar $-18,5^{\circ}$.¹⁷

Adapun organisasi Muhammadiyah melalui tiga lembaga observatoriumnya, yaitu OIF UMSU, ISRN UHAMKA dan Pastron UAD melakukan penelitian di berbagai wilayah di Indonesia dan menemukan hasil yang beragam. ISRN UHAMKA melakukan pengambilan data fajar di berbagai titik di wilayah Indonesia seperti Medan, Pantai Romantis, Barus, Padang, Batusangkar, Depok, Cirebon, Bogor, Tangerang, Bekasi, Jakarta, Pantai Krakal, Bukit Panguk, Tosari, Gempol Labuanbajo, Makkassar, Bitung dan Manokwari. ISRN juga mengaku telah menggunakan berbagai macam instrumen mulai dari SQM, Kamera DSLR, kamera Allsky, gadget, dan kamera drone. Data yang kemudian berjumlah 750 tersebut dianalisis dan mendapatkan kesimpulan bahwa sudut depresi Matahari Subuh berada pada $-13,4^{\circ}$ di bawah ufuk.

OIF UMSU memilih tiga daerah yang juga dipilih oleh ISRN Uhamka dalam pengambilan data seperti yaitu kampus UMSU, Pantai Romantis, dan Barus dengan menggunakan berbagai instrumen SQM, All Sky Camera dan Canon EQS 600D menyimpulkan bahwa polusi cahaya berpengaruh terhadap dip

¹⁷ Nihayatur Rohmah, "The Effect of Atmospheric Humidity Level to the Determination of Islamic Fajr/Morning Prayer Time and Twilight Appearance," *Journal of Physics: Conference Series* 771, no. 1 (2016): 8–11.

waktu Subuh. Sementara, untuk data rekam SQM yang dinilai terbaik milik OIF adalah -16.48° yaitu data ketika pengamatan di daerah Barus di Tapanuli Tengah dimana arah SQM adalah ke arah zenith atau 90° . Berbeda 3° dengan hasil yang didapatkan oleh ISRN Uhamka di tempat yang sama.

Adapun PASTRON UAD melakukan pengambilan data di berbagai daerah di Yogyakarta, mulai dari Bantul selama 30 hari bulan April 2020, di kampus I UAD selama 7 hari pada bulan Mei dan 3 hari bulan Desember tahun 2016, kampus 3 UAD selama beberapa hari pada tahun 2017, Bantul selama 9 hari mulai dari akhir tahun 2016 hingga 2017, 2 hari di Kulonprogo, serta 5 hari di Gunungkidul. Penelitian ini menggunakan instrumen SQM dan menyimpulkan bahwa awal waktu Subuh cenderung tidak terjadi pada sudut ketinggian Matahari -20° atau -18° melainkan terjadi pada derajat yang lebih kecil.

Di sisi lain, Kementerian Agama RI melalui Direktur Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah telah menjawab hasil penelitian-penelitian tersebut dengan menyatakan bahwa waktu salat Subuh yang ada di Indonesia saat ini sudah tepat karena pengaruh atmosfer khatulistiwa yang lebih tinggi.¹⁸ Thomas

¹⁸ Haris Fadhil, "Tepis ISRN Uhamka, Kemenag Pastikan Waktu Salat Subuh Indonesia Sudah Tepat," diakses 21 Juli 2022, <https://news.detik.com/berita/d-4545323/tepis-isrn-uhamka-kemenag-pastikanwaktu-salat-subuh-indonesia-sudah-tepat>.

Djamaluddin menambahkan bahwa polusi cahaya dan awan tipis dapat menghalangi hamburan cahaya fajar di daerah ufuk timur. Hal tersebut mengakibatkan fajar astronomi (*astronomical dawn*) yang putih tipis menjadi tidak tampak.

Pengamatan fajar menggunakan SQM di kota polutif dengan sumber polusi cahaya yang banyak dan kuat bisa mengecoh, sehingga menghasilkan fajar yang lebih lambat. Sehingga wajar apabila fajar terdeteksi ketika sudut depresi atau ketinggian Matahari -20° di Indonesia karena atmosfer ekuator yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lain.¹⁹

Maraknya pengamatan fajar menggunakan SQM hingga saat ini tidak lepas dari alatnya yang memiliki akurasi dan stabilitas pengukuran yang baik.²⁰ SQM merupakan instrumen pengukuran tingkat kecerlangan langit malam yang dirancang oleh Dr. Doug Welch dan Anthony Tekatch yang diproduksi oleh perusahaan Unihedron yang berkedudukan di Grimsby, Ontario, Kanada. SQM²¹ merekam data kecerlangan langit dan dinyatakan dalam

¹⁹ T. Djamaluddin, “Benarkah Waktu Subuh di Indonesia Terlalu Cepat?,” diakses 5 Desember 2019, <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2017/09/13/benarkah-waktu-subuh-di-indonesia-terlalu-cepat/>.

²⁰ M Basthoni, “A Prototype of True Dawn Observation Automation System (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar)” 18, no. 1 (2020): 33–42.

²¹ Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya*. Hal 58.

unit satuan MPSAS (*magnitude per square arc second*). SQM sendiri masuk dalam kategori instrumen *Non-Imaging Sensor*, yakni alat yang tidak memiliki sensor untuk merekam gambar melainkan hanya data kecerlangan langit saja.

Sebagai upaya verifikasi awal waktu Subuh di Indonesia ini, para ahli falak maupun astronomi kemudian banyak melakukan berbagai kajian kecerlangan langit. Pengamatan ketampakan fajar membutuhkan usaha besar dan waktu yang panjang daripada mengamati waktu salat lainnya. Temperatur yang tidak bersahabat dan kondisi lapangan yang tidak menentu sering dijumpai pengamat dalam usaha untuk mendapatkan data terbaik di lokasi yang minim polusi cahaya.

Berdasarkan hal tersebut, oleh Bapak Muhammad Basthoni alat bernama SOOF (*System Otomatisasi Observasi Fajar*) tercipta sebagai solusi dalam usaha verifikasi kemunculan fajar *ṣādiq*. Alat ini menjadi jawaban atas kegelisahan beliau dalam usaha untuk mengamati fajar *ṣādiq*, karena dengan menggunakan alat ini pengamatan berhari-hari di suatu lokasi dapat dilakukan secara lebih efisien dan produktif tanpa harus menunggu lama di lokasi tersebut.

Meskipun begitu, SOOF menurut M. Basthoni masih perlu dilakukan penelitian lanjutan. Kuantisasi data pengamatan fajar guna verifikasi tinggi fajar *ṣādiq* masih harus terus dilakukan lebih komprehensif dari berbagai aspek. Termasuk diantaranya adalah

konfirmasi hasil citra gambar pada kamera dengan hasil baca data SQM tipe LU.²²

Adanya beragam instrumen yang digunakan bersamaan hasil yang berbeda-beda bahkan ketika penelitian di satu tempat yang sama menjadi alasan bagi penulis untuk tertarik meneliti dan mengkaji lebih dalam mengenai hasil pengamatan fajar menggunakan dua alat secara bersamaan di tempat dan waktu yang sama. Dua alat yang dimaksud adalah SQM itu sendiri (*SQM stand alone*), sebagai alat ukur kecerlangan langit yang telah digunakan dan diakui keakuratannya dalam penelitian internasional, kedua adalah SOOF sebagai alat yang tergolong baru karya M. Basthoni.

Seperti diketahui dari beragam penelitian-penelitian lainnya, polusi cahaya dapat berpengaruh dalam pengamatan fajar *sādiq*, sehingga penulis berencana untuk melakukan pengamatan di tiga tempat yang berbeda. Daerah yang rencana dipilih oleh penulis adalah tiga daerah di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki tingkat kecerlangan langit yang beragam berdasarkan *Skala Bortle*, yakni daerah terang (Kota Makassar), daerah sedang (Kabupaten Takalar) dan daerah gelap (Kabupaten Bulukumba). Hal ini sekaligus dapat menjawab hasil penelitian oleh Prof. Tono Saksono

²² Interview dilakukan di kediaman M. Basthoni pada 16 Juli 2022.

yang menjadikan Makassar sebagai salah satu sampel daerah dalam penentuan tinggi depresi matahari sekitar -13° .

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dijabarkan di atas, maka dapat dirumuskan pokok permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tingkat kecerlangan langit malam terhadap ketampakan fajar *ṣādiq* melalui pengamatan menggunakan *Sky Quality Meter Stand Alone* dan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) di Sulawesi Selatan?
2. Bagaimana tingkat akurasi Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) pada pengamatan fajar *ṣādiq* di Sulawesi Selatan ?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh tingkat kecerlangan langit malam terhadap ketampakan fajar *ṣādiq* melalui pengamatan menggunakan *Sky Quality Meter Stand Alone* dan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) di Sulawesi Selatan
2. Untuk mengetahui tingkat akurasi Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) pada pengamatan fajar *ṣādiq* di Sulawesi Selatan.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menjadi tambahan wawasan dan pemahaman berkaitan instrumen alat pengamatan waktu salat Subuh.
2. Memberikan tambahan data pengamatan fajar *ṣādiq* sebagai indikator awal waktu Subuh di Indonesia.
3. Memberikan informasi tentang pengaruh tingkat kecerlangan langit malam di beberapa daerah dalam pengamatan fajar *ṣādiq* menggunakan SQM *Stand Alone* dan SOOF.
4. Memberikan informasi hasil pengamatan menggunakan SQM SA dan SOOF dalam mendeteksi fajar *ṣādiq*.

D. Kajian Pustaka

Penelitian ini disusun berdasarkan kajian atas penelitian terdahulu, diantaranya:

Pertama, penelitian berjudul “*A Prototype of True Dawn Observation Automation System*” (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar).²³ Penelitian yang ditulis oleh M. Basthoni dilakukan di tiga lokasi yaitu Karimunjawa, Bayuwangi dan Semarang. Penelitian ini merupakan penelitian pertama terhadap kemunculan fajar *ṣādiq* menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF). Adapun fokus penelitian ini adalah untuk mengetahui

²³ M Basthoni, “A Prototype of True Dawn Observation Automation System (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar)” 18, no. 1 (2020).

seberapa besar pengaruh cahaya Bulan terhadap waktu deteksi fajar *ṣādiq* untuk mengetahui awal waktu salat Subuh. Lokasi Karimunjawa dan Bayuwangi merupakan lokasi yang memiliki polusi rendah sehingga dapat disimpulkan bahwa cahaya Bulan memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap deteksi fajar di lokasi yang minim polusi. Sementara itu, lokasi Semarang merupakan lokasi yang memiliki polusi cahaya tinggi tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap deteksi fajar. Kesimpulan penelitian ini mengusulkan bahwa fajar *ṣādiq* dapat dideteksi pada saat posisi Matahari pada -20 derajat di bawah ufuk. Pada penelitian M. Basthoni, beliau berfokus pada pengamatan fajar *ṣādiq* dengan menggunakan SOOF. Sementara penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah melakukan pengamatan menggunakan dua alat yaitu SQM stand alone dengan SOOF yang merupakan instrumen jenis baru dalam pengamatan fajar *ṣādiq*.

Kedua, Penelitian oleh Dhani Herdiwijaya dengan judul “*Sky brightness and twilight measurements at Jogjakarta city, Indonesia*”. Artikel ini menghasilkan kesimpulan bahwa telah digunakan 136 hari dengan resolusi temporal tinggi pengukuran kecerahan langit di kota Yogyakarta pada tahun 2014 hingga 2016. Beliau merangkum sebagai berikut, (1) Fluktuasi kecerahan langit paling gelap di pagi hari (setelah tengah malam) lebih stabil ($18,81 \pm 0,70$ mpass) dan suhu lebih dingin ($23,25 \pm 1,15$ °C) daripada sebelum tengah malam masing-masing $18,44 \pm 0,85$ mpass dan $24,72 \pm 1,22$ °C, (2) Polusi Cahaya berkontribusi sekitar 4% pada senja malam di Yogyakarta, (3)

Kecerahan langit senja bukan pencerahan linier, (4) Beliau mengusulkan angka 17° (sekitar 66 menit sebelum matahari terbit), sebagai kriteria baru waktu Subuh. Penelitian ini menggunakan instrumen SQM dalam pengamatannya, sementara penulis akan menggunakan instrumen SOOF dan SQM *stand alone*.

Ketiga, Penelitian Furziah, berjudul “Waktu Salat Subuh Menurut Tono Saksono”. Tesis ini berfokus pada metode Prof. Tono Saksono dalam menentukan awal waktu salat Subuh di Indonesia baik dalam aspek fiqh maupun astronomi. Waktu Subuh di Indonesia dianggap terlalu dini pada angka dip -20° . Menurut penelitian beliau (Prof. Tono) seharusnya Subuh terjadi pada saat (posisi) Matahari ada pada dip $-13,4^\circ$ dengan *a-posteriori* ($\sigma = 1,64^\circ$). Sehingga implikasinya terdapat perbedaan dalam memulai awal waktu Subuh antara Prof. Tono Saksono dan Kementerian Agama RI.²⁴ Penelitian beliau adalah mengkaji metode yang digunakan Prof. Tono Saksono dalam pengamatan fajar *ṣādiq*, sehingga masuk dalam kategori penelitian pustaka, sementara penelitian penulis akan menggunakan fokus kajian lapangan (*field research*) dengan menggunakan dua alat pada waktu dan tempat yang sama.

Keempat, Laporan penelitian yang dibukukan oleh Majelis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah, yang berjudul “Materi Musyawarah

²⁴ Furziah, “Waktu Shalat Subuh Menurut Tono Saksono” (UIN Walisongo Semarang, 2019).

Nasional Tarjih Muhammadiyah XXXI: Kriteria Waktu Subuh”.²⁵ Karya tulis ini memberikan informasi bahwa ketinggian matahari -20° perlu dikoreksi sebagaimana data yang didapat melalui 3 penelitian oleh ISRN UHAMKA, OIF UMSU dan PASTRON UAD. ISRN UHAMKA menyimpulkan waktu Subuh berada pada posisi sekitar -13° di bawah ufuk. Adapun OIF HAMKA menyimpulkan dip waktu Subuh adalah -16.48° . Adapun PASTRON UAD menyimpulkan bahwa waktu Subuh terjadi pada derajat yang lebih kecil dari -18° . Kajian tentang kemunculan fajar *ṣādiq* yang dilakukan oleh 3 lembaga Muhammadiyah ini, tidak memperhatikan efek polusi cahaya, seperti cahaya buatan maupun cahaya bulan. Sementara penulis akan menentukan pengaruh tingkat kecerlangan langit malam dalam penentuan fajar *ṣādiq*.

Kelima, tesis berjudul “Analisis Perubahan Kecerahan Langit Waktu Fajar Dengan *Sky Quality Meter*”.²⁶ Ditulis oleh Laksmiyanti Annake Harijadi Noor, penelitian ini mengukur kecerlangan langit pada waktu fajar di Imah Noong-Lembang, Pantai Tayu-Pati, Dermaga Branta-Madura, desa Pengkol-Pasuruan dan Observatorium

²⁵ Majelis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah, *Buku I: Materi Musyawarah Nasional Tarjih Muhammadiyah XXXI: Kriteria Waktu Subuh* (Yogyakarta: Panitia Musyawarah Nasional Tarjih Muhammadiyah XXXI, 2020).

²⁶ Laksmiyanti Annake Harijadi Noor, “Analisis Perubahan Kecerahan Langit Waktu Fajar Dengan *Sky Quality Meter*” (Institut Teknologi Bandung, 2019).

e-Maya-Subang. Fokus penelitian ini adalah pada pengukuran kecerlangan langit menggunakan SQM untuk mengetahui awal waktu salat Subuh. Adapun lokasi Pantai Tayu merepresentasikan lokasi yang bebas dari polusi cahaya sementara dermaga Branta lokasi yang banyak mendapat pengaruh dari lampu-lampu kapal nelayan. Sementara itu, Imah Noong, Pasuruan dan Observatorium e-Maya merupakan lokasi pinggiran kota yang mendapatkan penerangan dari pemukiman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa polusi baik cahaya Bulan maupun lampu kapal memengaruhi keterlihatan fajar *ṣādiq*, sehingga mendapatkan ketinggian Matahari yang bervariasi mulai dari -14 derajat sampai -20 derajat di bawah ufuk. Penelitian ini menggunakan instrumen SQM dalam penentuan fajar *ṣādiq* serta berfokus pada pengukuran tingkat kecerlangan langit di beberapa daerah. Sementara penelitian penulis, selain instrumen yang digunakan berbeda, fokus penelitian pun berbeda yaitu efek pengaruh tiga lokasi dengan tingkat kecerlangan langit yang berbeda dalam penentuan fajar *ṣādiq*.

Keenam, skripsi berjudul “Sistem Penentuan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF)”²⁷ Ditulis oleh Shifa Fauziah, penelitian ini membahas tentang algoritma SOOF dengan fokus kajian tentang defenisi dari Sistem

²⁷ Shifa Fauziah, “Sistem Penentuan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (Soof)” (UIN Walisongo Semarang, 2021).

Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) serta cara kerjanya. Dalam skripsi tersebut juga membahas hasil pengamatan M Basthoni saat menentukan ketinggian matahari awal waktu Subuh menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) yang dilakukan di karimunjawa. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ketinggian matahari awal waktu Subuh adalah -19° di bawah ufuk. Hanya berbeda satu derajat dibandingkan dengan kriteia Kemenag. Selanjutnya, beliau juga mengkaji tentang kelebihan dan kekurangan SOOF. Dalam penelitian di atas, beliau berfokus pada kajian pustaka terkait akurasi alat dan hasil penelitian yang dilakukan oleh M. Basthoni menggunakan alat SOOF, sementara penulis sendiri berencana untuk melakukan penelitian lapangan dengan menggunakan alat SOOF tersebut dan menguji akurasinya dengan cara menyandingkannya dengan instrumen lain yaitu *SQM stand alone*.

Berdasarkan keseluruhan penelusuran penulis, belum ditemukan adanya penelitian ataupun tulisan yang secara detail membahas tentang pengamatan fajar menggunakan SOOF dengan lokasi pengamatan adalah tiga daerah di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki tingkat kecerlangan langit yang berbeda-beda. Beberapa penelitian telah membahas tentang pengamatan fajar *sādiq* dengan menggunakan berbagai alat seperti All Sky Camera, SQM dll. Namun penelitian menggunakan SOOF masih sangat kurang, terlebih ketika disandingkan dengan alat lain seperti *SQM stand alone*.

Kajian maupun penelitian-penelitian terdahulu telah banyak yang membahas seputar awal waktu Subuh, termasuk dari aspek instrumentasinya. Diantara instrumen yang digunakan adalah SQM, ASC, kamera DSRL dan lain-lain. Namun untuk penelitian menggunakan SOOF sebagai instrumen lapangan dalam mendeteksi fajar masih sangat sedikit. Terlebih jika dalam penelitiannya disandingkan dengan alat atau instrumen lain secara bersamaan dalam waktu dan tempat yang sama, belum ditemukan. Pada rencana penelitian oleh penulis sendiri akan menggunakan instrumen yang tergolong baru bernama SOOF dan menyandingkannya dengan SQM *stand alone*.

E. Hipotesis

Berdasarkan keterangan di atas, maka dapat dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Terdapat persamaan antara hasil pengamatan fajar *ṣādiq* menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) dan *Sky Quality Meter Stand Alone*.

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengamatan fajar *ṣādiq* menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) dan *Sky Quality Meter Stand Alone*.

F. Kerangka Teori

Awal waktu salat Subuh ditentukan berdasarkan kemunculan fajar *ṣādiq*. Selama ini, indikator tersebut telah diakui digunakan oleh pemerintah Indonesia melalui Kementerian Agama RI dalam menentukan jadwal salat Subuh dengan kriteria astronomis posisi

matahari berada di bawah ufuk timur sebesar -20° . Namun, satu dekade terakhir diskusi tentang awal waktu salat Subuh ini menjadi hangat disebabkan berbagai pihak seakan meragukan kriteria tersebut. Berbagai penelitian disertai beragam instrumen (seperti SQM, All Sky dll.) dilakukan untuk menguji kriteria waktu Subuh yang telah dipegangi puluhan tahun tersebut (-20°). Hasil yang diperoleh pun beragam, seperti yang diperoleh oleh Dhani Herdiwijaya dengan rekomendasi -17° , ISRN UHAMKA yang menyimpulkan waktu Subuh berada pada posisi sekitar -13° , OIF UMSU menyimpulkan *dip* waktu Subuh adalah -16.48° serta PASTRON UAD menyimpulkan bahwa waktu Subuh terjadi pada derajat yang lebih kecil dari -18° .

Sementara itu, di pihak Kementerian Agama RI telah menepis berbagai hasil penelitian di atas dengan melakukan verifikasi menggunakan instrumen yang sama (SQM dan kamera DSLR) melalui penelitian yang bertajuk Pengamatan dan Pengukuran Fajar di daerah Labuan Bajo pada tahun 2018. Berdasarkan penelitian tersebut, Dirjenn Bimas Islam Kementerian Agama, memastikan bahwa kriteria waktu Subuh pada posisi -20° sudah benar, baik dilihat dari sisi fikih maupun sains. Kajian seputar awal waktu Subuh ini pun terus berlanjut hingga saat ini untuk memverifikasi kriteria tersebut di berbagai daerah di Indonesia. Selain beragam daerah yang berbeda, instrumen yang digunakan pun dimodifikasi dan di upgrade. Inilah yang dilakukan oleh M. Basthoni melalui alat yang bernama SOOF (Sistem Otomatisasi Observasi Fajar). Hasil yang ditemukan pun

mendekati ataupun sesuai dengan kriteria yang digunakan Kemenag RI selama ini.

Adanya instrumen baru dalam upaya verifikasi kemunculan fajar ṣādiq ini, menjadi motivasi bagi penulis untuk menggunakan alat tersebut, dengan maksud untuk menguji akurasi yang didasarkan pada SQM. Lokasi dengan tingkat kecerlangan langit yang beragam pun dihadirkan dalam upaya memperoleh hasil yang diharapkan. Oleh karena itu diperlukan kerangka teori yang dapat dijadikan dasar teori dalam penelitian ini.

1. Fajar dan Waktu Subuh

Sebagaimana diketahui, isyarat tentang waktu-waktu salat telah disebutkan di dalam al-Quran maupun hadis Nabi saw, yang mana kemunculan fajar ṣādiq merupakan pertanda masuknya awal waktu salat Subuh. Sebagaimana disebutkan dalam potongan firman Allah SWT dalam QS. al-Baqarah: 187.

وَكُلُوا وَاشْرَبُوا حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ لَكُمُ الْخَيْطُ الْأَبْيَضُ مِنَ الْخَيْطِ الْأَسْوَدِ
مِنَ الْفَجْرِ^{صط}

Artinya: “..... Dan makan minumlah hingga terang bagimu benang putih dari benang hitam, yaitu fajar....” (QS. al-Baqarah: 187).²⁸

²⁸ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an Dan Terjemahan*. Hal.30

Hadis dari Abdullah bin Amr yang berbunyi :

عن عبدالله بن عمر رضي الله عنه قال : ان النبي صلعم قال: وقت الظهر إذا زالت الشمس وكان ظل الرجل كطوله ما لم يحضر العصر ووقت العصر ما لم تصفر الشمس ووقت صلاة المغرب ما لم يغب الشفق ووقت صلاة العشاء إلى نصف الليل الأوسط ووقت صلاة الصبح من طلوع الفجر ما لم تطلع الشمس

*“Dari Abdullah bin Amr, sesungguhnya Nabi saw bersabda: waktu Zuhur apabila matahari tergelincir sampai bayang-bayang seseorang sama dengan tingginya, yaitu selama belum datang waktu Asar. Waktu Asar selama matahari belum menguning. Waktu Magrib selama mega merah (syafak) belum hilang. Waktu Isya sampai tengah malam. Waktu Subuh mulai terbit fajar sampai sebelum matahari terbit”.*²⁹

Dari ayat dan hadis di atas dijelaskan bahwa awal waktu salat Subuh itu dimulai pada saat kemunculan fajar. Adapun fajar yang dimaksud pada ayat di atas yaitu fajar ṣādiq. Sebagaimana disebutkan dalam hadits berikut:

عن جابر بن عبد الله رضي الله عنهما قال: قال رسول الله صلى الله عليه وسلم : الْفَجْرُ فَجْرَانِ: فَأَمَّا الْفَجْرُ الَّذِي يَكُونُ كَدَنْبِ السَّرْحَانِ فَلَا يُحِلُّ الصَّلَاةَ وَلَا يُحَرِّمُ الطَّعَامَ، وَأَمَّا الَّذِي يَذْهَبُ مُسْتَبِيلًا فِي الْأُفُقِ فَإِنَّهُ يُحِلُّ الصَّلَاةَ، وَيُحَرِّمُ الطَّعَامَ.

²⁹ Muhyiddin bin Syarf an-Nawawi, *Shahih Muslim Syarh An-Nawawy*, j.3 (5-6), ed. Shalah Uwaidhah & Muhammad Syahatah (Cairo: Dar al-Manar, 2003). Hal. 112.

Dari Jabir Ibn Abdillah berkata, Rasulullah SAW bersabda: “Fajar itu ada dua fajar, pertama adalah fajar yang keberadaannya seperti ekor srigala maka yang demikian ini tidak dihalalkan melaksanakan shalat dan tidak diharamkannya makan, adapun fajar yang datang menyebar di ufuk itu yang menghalalkan shalat dan mengharamkan makan”. (HR. Al-Baihaqi No. 1765)³⁰

Fajar *ṣādiq* adalah cahaya putih yang nampak dan menyebar secara horizontal di ufuk timur yang muncul beberapa saat setelah fajar *kāzib*.

2. Fajar Menurut Fikih

Secara bahasa, fajar (*al-fajr*) adalah cahaya gelap malam dari sinar pagi. Para ulama membagi fajar menjadi dua, yaitu fajar *kāzib* dan fajar *ṣādiq*. Fajar *kāzib* muncul pertama kali sehingga disebut juga dengan fajar pertama (*al-fajr al-awwal*) dan berikutnya disusul munculnya fajar *ṣādiq*. Secara fisis, fajar *kāzib* adalah ia muncul menjulang ke langit laksana seekor serigala dan sesaat kemudian menghilang. Sementara itu fajar *ṣādiq* (*al-fajr aṣ-ṣādiq*) disebut juga dengan fajar kedua (*al-fajr ats-tsāny*). Dinamakan demikian oleh karena ia muncul setelah fajar *kāzib*. Tanda-tanda alami fajar *ṣādiq* adalah ia tampak menyebar di sepenjuru ufuk dengan warna keputih-putihan.³¹

³⁰ Abu Bakar Ahmad bin Husayn Al-Baihaqi, *Al-Sunan Al-Kubra*, 2003. Hal. 554.

³¹ Ibn Manzhur, *Lisan al-ʿArab* (Beirut: Dar Shadir, cet. IV, 2005), hal. 130-131.

Cahaya fajar *ṣādiq* ini terus bertambah sampai akhirnya terbit matahari. Wahbah az-Zuhaili, fajar *ṣādiq* yang menjadi pertanda dimulainya awal waktu Subuh adalah cahaya putih yang Nampak dan menyebar di ufuk timur yang muncul beberapa saat setelah fajar *kāzib*. Dua fajar ini muncul secara bergantian, sehingga munculnya fajar *kāzib* menjadi syarat bagi munculnya fajar *ṣādiq*.³²

3. Fajar Menurut Astronomi

Berlandaskan astronomis, fenomena awal waktu Subuh hampir sama dengan waktu Isya. Adapun awal waktu Isya ditandai dengan mulai terlihatnya bintang-bintang dilangit disebabkan adanya perubahan langit dari terang ke gelap. Sementara itu waktu Subuh ditandai dengan mulai redupnya cahaya bintang-bintang dilangit disebabkan mulai munculnya sinar Matahari di ufuk timur yang menandakan adanya perubahan dari gelap ke terang. Secara astronomis, fajar dibagi kepada tiga, Pertama *civil twilight* (fajar sipil) pada saat Matahari berada pada ketinggian -6° . Kedua, *nautical twilight* (fajar nautikal) pada saat Matahari berada pada ketinggian -12° . Ketiga, *astronomical twilight* (fajar astronomi) pada saat Matahari berada pada ketinggian -18° . Astronomical

³² Wahbah Az-Zuhaili, *Fiqh Al-Islami Wa Adillatuhu* (Beirut: Daarul Fikr, 1985). Hal. 509.

twilight sendiri adalah rerata fajar astronomi di dunia dengan perbedaan lintang yang menghasilkan angka tersebut.³³

4. Ketinggian Matahari

Berdasarkan petunjuk Al-Qur'an dan sunnah Nabi Muhammad SAW, dapat dipahami bahwa ketentuan waktu sholat berkaitan dengan posisi matahari pada bidang langit. Maka dalam perspektif keilmuan (astronomi) untuk menentukan awal waktu salat ada beberapa hal penting yang harus dipahami lebih awal, antara lain: posisi matahari terutama tinggi matahari (h), jarak zenit (bu'du as-sumti). Fenomena dini hari (morning senja), matahari terbit, matahari melintasi meridian (kulminasi), matahari terbenam (sunset) dan senja akhir (senja sore) berhubungan dengan jarak zenit matahari.³⁴

Adapun awal salat Subuh; dipahami dari fajar sampai waktu matahari akan terbit. Fajar Ṣādiq dalam astronomi dipahami sebagai permulaan senja astronomi (astronomical dawn), cahaya ini mulai muncul di ufuk timur menjelang matahari terbit ketika matahari berada pada posisi sekitar 18 di bawah ufuk atau jarak zenit matahari 108° . Pendapat lain mengatakan fajar sidik dari

³³ Wawancara dengan M. Basthoni pada 26 November 2022

³⁴ Rifki Hasan Hasan, "ASTRONOMICAL INTERPRETATION OF EARLY PRAYER TIMES (Study of Differences in Determination of Early Prayer Times From The Text and Astronomical Prespective)," *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy* 2, no. 2 (2021): 194–213.

dimulai ketika matahari berada 20 derajat di bawah ufuk atau zenit matahari 110 derajat, bahkan ada pendapat 15 derajat.³⁵

Penggunaan kriteria tinggi Matahari untuk waktu Subuh sendiri memiliki berbagai pendapat yaitu mulai dari -17° sampai -20° . Adapun tinggi Matahari adalah jarak busur sepanjang lingkaran vertikal dihitung dari ufuk sampai Matahari. Tinggi Matahari bernilai positif (+) yaitu ketika Matahari berada di atas ufuk, sedangkan Matahari bernilai negatif (-) yaitu ketika Matahari berada di bawah ufuk.

5. Instrumen

Untuk mengetahui waktu kemunculan fajar *ṣādiq* serta ketinggian Matahari khususnya ketika berada dibawah ufuk, dibutuhkan instrumen yang praktis, efisien dan komplit yang dapat membaca kemunculan fajar dalam bentuk angka serta dapat menangkap citra cahaya fajar *ṣādiq* seperti SOOF. Dengan adanya instrumen yang dapat membaca dan mendeteksi kemunculan fajar serta menangkap cahaya fajar *ṣādiq*, akan memudahkan peneliti dan umat Islam untuk memastikan kapan fajar *ṣādiq* muncul, sehingga penentuan awal waktu salat Subuh dapat dilakukan.

³⁵ Hasan, "ASTRONOMICAL INTERPRETATION OF EARLY PRAYER TIMES (Study of Differences in Determination of Early Prayer Times From The Text and Astronomical Prespective)."

Dalam upaya untuk menguji akurasi dari SOOF, maka dihadirkan alat lain yang telah *masyhur* digunakan selama ini untuk mengamati fajar dan syafaq dan melihat persamaannya. Dalam dunia internasional, alat yang telah diakui keakuratan dan stabilitasnya adalah *Sky Quality Meter* (SQM). Unihedron sendiri selaku pihak produksi dari SQM ini mengakui bahwa akurasi nilai bacaan yang dihasilkan oleh sensor di SQM dipengaruhi oleh suhu. Ada sensor suhu di SQM yang mengkompensasi efek ini. Ketika SQM pertama kali dinyalakan, sensor cahaya lebih dingin daripada saat daya menyala selama beberapa detik. Pembacaan pertama pada SQM tergantung pada suhu sekitar, yang akan menghasilkan nilai yang sedikit lebih tinggi daripada pembacaan berikutnya.³⁶

Untuk hasil yang paling akurat, yang terbaik adalah mengambil banyak data bacaan dan mengabaikan data bacaan pertama. Namun berdasarkan penelitian internasional yang dilakukan oleh Schnitt dkk. pada tahun 2013, menyimpulkan bahwa SQM cukup stabil dalam melakukan pengamatan di lokasi dengan rentang suhu 15 sampai 35 °C.³⁷ Falchi dkk. bahkan

³⁶ Unihedron, “Reading Accuracy SQM,” last modified 2022, <http://www.unihedron.com/projects/darksky/faqsqm.php>.

³⁷ Sabrina Schnitt et al., “Temperature Stability of the Sky Quality Meter,” *Sensors (Switzerland)* 13, no. 9 (2013): 12166–12174.

membuat suatu peta kecerahan langit dunia dengan menggunakan basis SQM ini.³⁸

6. Kecerlangan Langit Malam

Kecerlangan dalam KBBI diartikan sebagai keindahan dan keelokan.³⁹ Kecerlangan langit mengacu pada persepsi visual langit dan bagaimana ia menyebarkan dan menyebarkan cahaya. Fakta bahwa langit tidak sepenuhnya gelap di malam hari mudah terlihat. Jika sumber cahaya (misalnya Bulan dan polusi cahaya) dihilangkan dari langit malam, hanya cahaya bintang langsung yang akan terlihat.⁴⁰

Observasi dalam dunia astronomi, pada prinsipnya adalah tentang kontras⁴¹. Kontras sendiri merupakan komparasi kecerlangan cahaya obyek langit yang diamati dan kecerlangan cahaya latar belakangnya (langit). Hal ini tidak terkecuali dalam observasi/pengamatan fajar *ṣādiq* sebagai salah satu objek astronomi yang redup dan sangat tipis serta membutuhkan

³⁸ Fabio Falchi et al., “The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness,” *Science Advances* 2, no. 6 (2016): 1–26.

³⁹ KBBI, “Arti Kecerlangan,” last modified 2022, <https://kbbi.lektur.id/kecerlangan>.

⁴⁰ Wikipedia, “Sky Brightness,” last modified 2022, https://en.wikipedia.org/wiki/Sky_brightness.

⁴¹ Kohei Narisada and Duco Schreuder, *Light Pollution Handbook, Astrophysics and Space Science Library*, vol. 322, 2004. Hal. 115,

kondisi kecerlangan langit yang bebas polusi cahaya, sehingga fajar terbit dapat dideteksi dengan lebih valid.⁴²

Astronom amatir biasanya dalam mendeteksi langit melakukannya dengan mencatat besarnya bintang paling redup yang terlihat dengan mata telanjang. Namun, *naked-eye limiting magnitude* (NELM) adalah kriteria yang buruk. Untuk membantu pengamat menilai kegelapan sebuah daerah, John E. Bortle telah membuat skala sembilan tingkat. Ini didasarkan pada hampir 50 tahun pengalaman pengamatan. Jika digunakan secara luas, ini akan memberikan standar yang konsisten untuk membandingkan pengamatan terkait polusi cahaya. Berikut 9 kelas tingkat kecerlangan langit malam menurut Bortle yang kemudian selanjutnya dikenal dengan istilah Skala Bortle⁴³.

Kelas 1: Langit Gelap Sempurna

Bagi mata tanpa bantuan, nilai NELMnya adalah 7,6 hingga 8,0 (dengan usaha), meskipun kehadiran Jupiter atau Venus di langit tampaknya menurunkan adaptasi gelap. Cahaya zodiak, dan pita zodiak semuanya terlihat — cahaya zodiak pada tingkat yang mencolok, dan pita zodiak membentang di seluruh langit.

⁴² M Basthoni, “Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia” (UIN Walisongo Semarang, 2022). Hal. 3.

⁴³ John E. Bortle, “GAUGING LIGHT POLLUTION: THE BORTLE DARK-SKY SCALE,” last modified 2006, <https://skyandtelescope.org/astronomy-resources/light-pollution-and-astronomy-the-bortle-dark-sky-scale/>.

Galaksi M33 adalah objek mata telanjang yang terlihat jelas bahkan dengan penglihatan langsung. Daerah Scorpius dan Sagitarius di Bima Sakti terlihat jelas. Airglow, cahaya yang sangat samar terjadi secara alami dalam waktu sekitar 15° dari cakrawala, sudah jelas terlihat.

Kelas 2: Langit Yang Benar-Benar Gelap

Airglow mungkin terlihat lemah di sepanjang cakrawala. M33 agak mudah dilihat dengan penglihatan langsung. Bima Sakti musim panas sangat terstruktur dengan mata tanpa bantuan alat, dan bagian-bagiannya yang paling terang terlihat seperti marmer berurat jika dilihat dengan teropong biasa. Cahaya zodiak masih cukup terang untuk menimbulkan bayangan lemah tepat sebelum fajar dan setelah senja, dan warnanya dapat dilihat sebagai kekuningan yang jelas jika dibandingkan dengan biru-putih Bima Sakti. Setiap awan di langit hanya terlihat sebagai lubang gelap atau rongga di latar belakang berbintang. Anda dapat melihat teleskop dan sekitarnya hanya samar-samar, kecuali di mana mereka memproyeksikan ke langit. Banyak dari gugus bola Messier adalah objek mata telanjang yang berbeda. Nilai NELMnya adalah pada angka 7,1 hingga 7,5, sedangkan teleskop 32 cm mencapai magnitudo 16 atau 17.

Kelas 3: Langit Pedesaan

Beberapa indikasi polusi cahaya terlihat jelas di sepanjang cakrawala. Awan mungkin tampak samar-samar diterangi di bagian langit paling terang di dekat cakrawala tetapi gelap di atas kepala. Bima Sakti masih tampak kompleks, dan gugus bola seperti M4, M5, M15, dan M22 semuanya adalah objek mata telanjang yang berbeda. Cahaya zodiak mencolok di musim semi dan musim gugur (ketika memanjang 60° di atas cakrawala setelah senja dan sebelum fajar) dan warnanya setidaknya diindikasikan dengan lemah. Teleskop Anda samar-samar terlihat pada jarak 20 atau 30 kaki. Nilai NELMnya adalah 6,6 hingga 7,0, dan reflektor 32 cm akan mencapai magnitudo ke-16.

Kelas 4: Transisi Pedesaan/Pinggiran Kota

Rasi bintang musim dingin di langit transisi pinggiran kota atau pedesaan-pinggiran kota, dengan Bima Sakti musim dingin terlihat tetapi tidak secara dramatis demikian. Langit seperti itu, cukup bagus menurut standar banyak orang, mungkin menilai 4 atau 5 pada skala Bortle. Banyak bintang yang lebih redup daripada yang digambarkan di sini akan terlihat dengan pengawasan ketat.

Kubah polusi cahaya yang cukup jelas terlihat di atas pusat-pusat populasi di beberapa arah. Cahaya zodiak jelas terlihat tetapi bahkan tidak memanjang setengah jalan ke puncak di awal atau akhir senja. Bima Sakti jauh di atas cakrawala masih mengesankan tetapi tidak memiliki semua kecuali struktur yang paling jelas. M33

adalah objek penglihatan averted yang sulit dan hanya dapat dideteksi ketika pada ketinggian lebih tinggi dari 50° . Awan ke arah sumber polusi cahaya diterangi tetapi hanya sedikit begitu, dan masih gelap di atas kepala. Anda dapat melihat teleskop Anda dengan agak jelas di kejauhan. Nilai NELMnya adalah 6,1 hingga 6,5, dan reflektor 32 cm yang digunakan dengan pembesaran sedang akan mengungkapkan bintang berkekuatan 15,5.

Kelas 5: Langit Pinggiran Kota

Hanya petunjuk cahaya zodiak yang terlihat pada malam musim semi dan musim gugur terbaik. Bima Sakti sangat lemah atau tidak terlihat di dekat cakrawala dan terlihat agak tersapu di atas kepala. Sumber cahaya terlihat jelas di sebagian besar jika tidak semua arah. Di sebagian besar atau seluruh langit, awan cukup terasa lebih terang daripada langit itu sendiri. Nilai NELMnya adalah 5,6 hingga 6,0, dan reflektor 32 cm akan mencapai sekitar magnitudo 14,5 hingga 15.

Kelas 6: Langit Pinggiran Kota yang Cerah

Tidak ada jejak cahaya zodiak yang dapat dilihat, bahkan pada malam-malam terbaik. Setiap indikasi Bima Sakti hanya terlihat jelas di arah zenit. Langit pada 35° cakrawala bersinar putih keabu-abuan. Awan di langit tampak cukup terang. M33 tidak mungkin dilihat tanpa teropong, dan M31 hanya terlihat sederhana oleh mata tanpa bantuan. Nilai NELMnya adalah sekitar 5,5, dan teleskop 32

cm yang digunakan pada kekuatan sedang akan menunjukkan bintang-bintang dengan magnitudo 14,0 hingga 14,5.

Kelas 7: Transisi Pinggiran Kota/Perkotaan

Seluruh latar belakang langit memiliki rona putih keabu-abuan yang samar. Sumber cahaya yang kuat terlihat jelas ke segala arah. Bima Sakti sama sekali tidak terlihat atau hampir demikian. M44 atau M31 dapat dilirik dengan mata tanpa bantuan tetapi sangat tidak jelas. Awan menyala dengan cemerlang. Bahkan dalam teleskop berukuran sedang, objek Messier yang paling terang adalah hantu pucat dari diri mereka yang sebenarnya. Nilai NELMnya adalah 5,0 jika Anda benar-benar mencoba, dan menggunakan reflektor 32 cm hampir tidak akan mencapai magnitudo ke-14.

Kelas 8: Langit kota

Langit bersinar kelabu keputihan atau oranye, dan Anda dapat membaca berita utama surat kabar tanpa kesulitan. M31 dan M44 mungkin hampir tidak dilirik oleh pengamat berpengalaman pada malam yang baik, dan hanya objek Messier yang cerah yang dapat dideteksi dengan teleskop berukuran sedang. Beberapa bintang yang membentuk pola rasi bintang yang sudah dikenal sulit dilihat atau tidak ada sama sekali. Mata telanjang dapat memilih bintang hingga magnitudo 4,5 paling baik, jika Anda tahu ke mana harus

mencari, dan batas bintang untuk reflektor 32 cm sedikit lebih baik daripada magnitudo 13.

Kelas 9: Langit Dalam Kota

Seluruh langit terang benderang, bahkan di puncaknya. Banyak bintang yang membentuk figur rasi bintang yang dikenal tidak terlihat lagi, dan rasi bintang redup seperti Cancer dan Pisces tidak terlihat sama sekali. Selain mungkin Pleiades, tidak ada benda Messier yang terlihat oleh mata tanpa bantuan. Satu-satunya benda langit yang benar-benar memberikan pandangan teleskopik adalah Bulan, planet-planet, dan beberapa gugus bintang paling terang. Nilai NELMnya lebih kecil dari 4,0.

G. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian

Secara metodologis, jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan titik fokus kajian lapangan (*field research*), yakni observasi langsung di lapangan untuk pengumpulan data dengan menggunakan instrumen penelitian yang telah ditentukan. Penelitian ini menekankan pada hasil pengamatan fajar *ṣādiq* menggunakan SOOF dengan SQM *stand alone* di beberapa lokasi dengan tingkat kecerlangan langit yang berbeda.

2. Tempat dan waktu penelitian

Lokus penelitian ini di Sulawesi Selatan. Tempat penelitian ini dipilih karena selain untuk mengkonfirmasi hasil penelitian oleh Prof. Tono Saksono yang menyita perhatian, namun juga karena daerah-daerah tersebut memiliki tingkat kecerlangan langit yang berbeda-beda, mulai dari yang terang, sedang dan gelap berdasarkan *Skala Bortle*. Perbedaan tingkat kecerlangan ini dipilih semata-mata karena berdasarkan ketampakan *zodiacal light* atau fajar k \ddot{a} zib. Lokasi pengambilan data dapat dilihat dari tabel berikut.

Lokasi Pengamatan	Titik Koordinat		Tinggi (mdpl)	Waktu Pengamatan	Tanggal Pengamatan
	Lintang	Bujur			
Pantai Samboang Bulukumba	-5,48826	120,44388	6		22,24,25,27 Sep & 2 Oktober
Kebun Tebu Takalar	-5,36511	119,51343	25	$\pm 02:00-06:00$ WITA	3,4,5,7,8 Oktober
Pesantren Unismuh Makassar	-5,18373	119,44236	20		17,18,20,21,23 Oktober

Tabel 1. Lokasi Pengambilan Data

3. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis sumber data, yaitu:

a. Sumber Data Primer

Sumber data primer terkait penelitian *field research* ini adalah data yang berasal dari sumber data secara langsung yang dikumpulkan dengan sistematis dan berhubungan

langsung dengan masalah yang diteliti, yaitu data yang diperoleh melalui observasi menggunakan SOOF dan SQM *stand alone* secara langsung untuk mendeteksi kemunculan fajar *ṣādiq* di tiga lokasi yang telah ditentukan mewakili tingkat kecerlangan langit di Sulawesi Selatan, yaitu di Pesantren Unismuh di kota Makassar, Kabupaten Takalar dan daerah paling timur Sulawesi Selatan di Kabupaten Bulukumba.

b. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data-data yang mendukung data primer yang tidak diperoleh dari penelitian-penelitian terdahulu berupa tulisan-tulisan seperti jurnal, buku, website, majalah maupun laporan-laporan hasil penelitian yang memiliki kaitan erat dengan penelitian ini.

4. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian *field research* adalah sebagai berikut:

a. Observasi

Observasi penelitian adalah pengamatan langsung terhadap objek untuk mengetahui keberadaan objek, situasi, konteks, dan maknanya dalam upaya mengumpulkan data

penelitian.⁴⁴ Penulis melakukan pengamatan terhadap kemunculan fajar *ṣādiq* sebagai indikator awal waktu salat Subuh menggunakan SOOF dan SQM *stand alone*.

Dalam penelitian ini penulis mengamati di tiga lokasi di Sulawesi Selatan, yaitu: pertama, Pesantren Mahasiswa KH. Djamaluddin Amien Unismuh Makassar, terletak di Jalan Sultan Alauddin No. 259, Kec. Rappocini Kota Makassar dengan titik koordinat 5°11'1,1" LS 119°26'32.5" BT, kegelapan < 18 mpsas (kelas 9 skala Bortle) dan elevasi 20 mdpl. Kedua, pengamatan dilakukan di Kabupaten Takalar terletak di Kebun Tebu Desa Timbuseng Kecamatan Polut dengan koordinat 5°21'54.7" LS 119°30'49,1" BT, kegelapan 20, 64 mpsas (kelas 4 skala Bortle) dan elevasi 25 mdpl. Ketiga, pengamatan dilakukan di wilayah paling timur Sulawesi Selatan, yakni di Pantai Samboang, Ekatiro, Kabupaten Bulukumba dengan koordinat 5°29'17,62" LS 120°26'43" BT, kegelapan 22,0 mpsas (kelas 1 skala Bortle) dan elevasi 6 mdpl.⁴⁵

Data kecerlangan langit di atas masih dalam basis data sekunder yang dapat diakses melalui situs

⁴⁴ Djam'an Satori and Aan Komariah, *Metodologi Penelitian Kualitatif* (Bandung: Alfabeta, 2020). Hal. 132.

⁴⁵ "Peta Polusi Langit Malam Di Sulawesi Selatan," last modified 2022, <https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=9.90&lat=-5.5160&lon=120.2862&layers=B0F>

<https://www.lightpollutionmap.info>. Dalam situs tersebut, kita dapat menemukan peta kecerlangan langit dunia. Dengan fitur *search*, kita dapat menemukan daerah yang kita ingin ketahui tingkat kecerlangan langit malamnya dalam klasifikasi Bortle maupun hasil baca SQM. Setelah diketahui angka kecerlangan langit suatu daerah dalam satuan *mpsas*, maka ditentukan kelasnya dalam skala Bortle dengan memperhatikan pembagian skala kecerlangan langit berdasarkan tingkat kegelapan dalam satuan *mpsas* oleh J. Bortle. (buka hal. 28).

Selanjutnya, data ini akan diverifikasi pada saat melakukan pengamatan di lokasi tersebut. Adapun waktu pengamatan fajar *sādiq* menggunakan SOOF dan SQM SA ini dilakukan selama 15 hari dalam dua bulan yaitu September dan Oktober tahun 2022.

b. Wawancara (Interview)

Wawancara adalah suatu teknik pengumpulan data untuk mendapatkan informasi yang digali dari sumber data langsung melalui percakapan atau tanya jawab.⁴⁶ Wawancara dapat dilakukan secara terstruktur maupun tidak terstruktur, dan

⁴⁶Satori and Komariah, *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Hal. 163.

dapat dilakukan melalui tatap muka (face to face) maupun dengan menggunakan sambungan gadget/telepon.⁴⁷

Penelitian penulis menggunakan wawancara tidak terstruktur, dimana penulis hanya menggunakan pedoman berupa garis besar permasalahan yang akan ditanyakan kepada beberapa pihak terkait. Penulis melakukan wawancara dengan mengumpulkan beberapa informasi, seperti dinamika fajar *ṣādiq* sebagai kriteria awal waktu Subuh dilihat dari persepektif astronomis, historis, instrumentasi dan kajian fiqhnya.

Diantara tokoh yang diwawancarai adalah praktisi falak yang mana tokoh tersebut aktif dalam hal penggunaan instrumentasi pengamatan fajar, serta ahli fiqh. Diantara tokoh yang peneliti wawancarai adalah Bapak Prof. Dr. Thomas Jamaluddin, M. Sc., Bapak Dr. H. Ahmad Izzuddin, M. Ag., Bapak Hendro Setiyanto, Bapak AR. Sugeng Riyadi, Bapak Kiyai Ahmad Yazid serta Bapak M. Basthoni.

5. Metode Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan adalah analisis kuantitatif yaitu analisis Regresi Linear dengan gradien dan Analisis Visual menggunakan GNUPlot untuk menentukan titik belok ketinggian

⁴⁷ Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan Kombinasi (Mixed Metode)* (Bandung: Alfabeta, 2020). Hal. 227.

matahari Subuh di masing-masing lokasi oleh alat SOOF dan SQM *Stand Alone*.

a. Analisis Visual

Adalah teknik yang dilakukan dengan cara melihat data yang sudah di plot menjadi grafik dengan cara *zoom in* pada belokan pada grafik tersebut. Metode ini digunakan oleh Thomas Djamaluddin dalam menganalisis kapan fajar sidik muncul. Beliau adalah kepala lembaga penerbangan dan antariksa Nasional (LAPAN).

b. Analisis fitting linear dan Gradien

Adapun langkahnya sebagai berikut:⁴⁸

- 1) Menentukan rentang nilai h atau tinggi Matahari (θ) untuk *fitting* linear. Rentang nilai h bisa berbeda-beda untuk setiap data pengamatan karena setiap data pengamatan memiliki rentang waktu pengamatan yang berbeda
- 2) Selanjutnya *fitting* linear dilakukan dengan persamaan dasar $f(x) = ax + b$.
 - Proses *fitting* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GNUPLOT versi 5.2 *patch level 8*.

⁴⁸ Disampaikan M. Basthoni dalam kegiatan Sharing of Experiences Imah Noong pada 26 November 2022

- Informasi statistik yang digunakan adalah fungsi linear, R^2 , rata-rata, dan standar deviasi.
 - Apabila sebaran data memiliki kecenderungan menurun atau meningkat, maka digunakan persamaan linear hasil *fitting*. Namun apabila sebaran data memiliki kecenderungan datar (*flat*), maka persamaan linear yang digunakan adalah $f(x) = \text{rata-rata}$.
- 3) Persamaan linear beserta standar deviasi yang telah diperoleh kemudian diplot dengan data keseluruhan.
- Analisis dilakukan dengan melihat sebaran data di sekitar fungsi linear atau fungsi *Zodiacal Light* beserta standar deviasi $f(x) = ax + b \pm \sigma$.
 - Apabila terdapat datum yang memiliki nilai intensitas $i \leq \sigma$ (standar deviasi) untuk pengamatan SQM atau $i \geq \sigma$ (standar deviasi) untuk pengamatan citra dari fungsi *Zodiacal Light*, maka datum tersebut dipastikan merupakan gabungan dari kecerlangan *Zodiacal Light* dengan fajar.
 - Dengan demikian, awal kemunculan fajar dapat ditentukan dari datum yang telah ‘keluar’ dari fungsi linear tersebut.

c. Uji Hipotesis

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan rumus perbandingan variabel bebas (Uji t), dan dalam uji t harus ada rata-rata dari masing-masing variabel yang akan dibedakan. Selanjutnya, dengan menggunakan bantuan SPSS akan didapatkan nilai signifikansi antara rerata kedua data tersebut. Maka akan berlaku:

Apabila nilai signifikansinya $> 0,05$ maka H_0 diterima dan H_a ditolak, artinya terjadi persamaan.

Apabila nilai signifikansinya $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima, artinya perbedaannya signifikan.

H. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini meliputi:

BAB I, Pendahuluan. Merupakan gambaran umum pendahuluan yang termuat ke dalam latar belakang permasalahan, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, kajian pustaka, kerangka teori, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II, Fajar Şādiq Menurut Fiqh dan Astronomi. Pada bab dua ini, menjelaskan landasan teori tentang konsep waktu salat Subuh, gerak matahari dan implikasinya terhadap waktu salat serta konsep fajar şādiq dalam persepektif fiqh dan astronomi.

BAB III, SQM SA dan SOOF dalam Pengamatan Fajar Şādiq. Bab ini membahas tentang tinjauan umum tentang instrumen SQM

dan SOOF serta kaitannya dengan kemunculan fajar ṣādiq sebagai penanda awal waktu Subuh.

BAB IV, Analisis Pengaruh Tingkat Kecerlangan Langit Malam dalam Pengamatan Fajar Ṣādiq Menggunakan SQM SA dan SOOF. Bab ini merupakan inti dari penelitian ini yang berisi tentang analisis hasil pengamatan menggunakan SQM SA dan SOOF ketika mendeteksi kemunculan fajar ṣādiq untuk mengetahui awal waktu salat Subuh di beberapa daerah dengan tingkat kecerlangan yang berbeda.

BAB V, Penutup. Pada bab ini, penulis menyebutkan kesimpulan sebagai jawaban rumusan masalah yang ada. Selanjutnya penulis memberikan saran kepada penulis selanjutnya serta penutup.

BAB II
LANDASAN TEORI
FAJAR ŞĀDIQ MENURUT FIQH DAN ASTRONOMI

A. Fajar Şādiq Menurut Fiqh

Secara umum, sumber syariah baik al-Qur'an maupun Sunah Nabi SAW telah mengisyaratkan waktu-waktu salat fardu. al-Quran sendiri tidak menyebutkan secara rinci waktu pelaksanaan salat fardu tersebut, tetapi hanya memberikan isyarat umum. Waktu salat secara tegas dirincikan dalam sejumlah hadis Nabi SAW., termasuk diantaranya adalah yang secara khusus membahas tentang waktu Subuh.

1. Fajar Menurut Al-Qur'an

Sebagaimana disebutkan dalam firman Allah SWT dalam QS. al-Isrā' [17] ayat 78.

أَقِمِ الصَّلَاةَ لِلدُّلُوكِ الشَّمْسِ إِلَى غَسَقِ اللَّيْلِ وَقُرْآنَ الْفَجْرِ إِنَّ قُرْآنَ الْفَجْرِ
كَانَ مَشْهُودًا

Artinya: “Dirikanlah salat sejak matahari tergelincir sampai gelapnya malam dan (laksanakan pula salat) Subuh. Sesungguhnya salat Subuh itu disaksikan (oleh malaikat).” (QS al-Isrā' [17]: 78).⁴⁹

⁴⁹ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an Dan Terjemahan*. Hal. 290.

Firman Allah dalam surah al-Takwīr [81] ayat 18:

وَالصُّبْحِ إِذَا تَنَفَّسًا

demi Subuh apabila (fajar) telah menyingsing. (QS at-Takwīr [81]: 18).⁵⁰

Firman Allah dalam surah al-Baqarah [2] ayat 187

وَكُلُوا وَاشْرَبُوا حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ لَكُمُ الْخَيْطُ الْأَبْيَضُ مِنَ الْخَيْطِ الْأَسْوَدِ مِنَ الْفَجْرِ ثُمَّ أَتُمُوا الصِّيَامَ إِلَى الْيَلَاءِ

....Makan dan minumlah hingga jelas bagimu (perbedaan) antara benang putih dan benang hitam, yaitu fajar. Kemudian, sempurnakanlah puasa sampai (datang) malam ... (QS. al-Baqarah [2]: 187).⁵¹

Dari ayat-ayat di atas dijelaskan bahwa awal waktu salat Subuh itu dimulai pada saat kemunculan fajar. Adapun fajar yang dimaksud pada ayat di atas yaitu fajar ṣādiq.

2. Fajar Menurut Hadits Nabi SAW.

Terkait hadis-hadis yang menjelaskan waktu salat Subuh ditemukan riwayat yang beragam. Beberapa hadis Nabi saw yang menyebutkan rincian waktu waktu salat Subuh adalah sebagai berikut:

⁵⁰ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an Dan Terjemahan*. Hal. 586.

⁵¹ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an Dan Terjemahan*. Hal. 29.

- a. Hadits dari Ibnu Abbas yang diriwayatkan oleh Ibnu Khuzaimah dan al-Hakim

وَعَنْ ابْنِ عَبَّاسٍ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ (الْفَجْرُ فَجْرَانِ: فَجْرٌ يُحْرِمُ الطَّعَامَ وَتَحِلُّ فِيهِ الصَّلَاةُ وَفَجْرٌ تَحْرِمُ فِيهِ الصَّلَاةُ – أَي: صَلَاةُ الصُّبْحِ وَيَحِلُّ فِيهِ الطَّعَامُ)
رَوَاهُ ابْنُ حُرَيْمَةَ وَالْحَاكِمُ وَصَحَّحَاهُ

Dari Ibnu Abbas Radiyallaahu ‘anhu bahwa Rasulullah Shallallaahu ‘alaihi wa Sallam bersabda: “Fajar itu ada dua macam yaitu fajar yang diharamkan memakan makanan dan diperbolehkan melakukan shalat dan fajar yang diharamkan melakukan shalat yakni shalat Shubuh dan diperbolehkan makan makanan.” (HR. Ibnu Khuzaimah dan Hakim hadits shahih menurut keduanya)⁵²

- b. Hadits dari Jabir Ibnu Abdillah yang diriwayatkan oleh Al-Baihaqi:

عن جابر بن عبد الله رضي الله عنهما قال: قال رسول الله صلى الله عليه وسلم: : الْفَجْرُ فَجْرَانِ: فَأَمَّا الْفَجْرُ الَّذِي يَكُونُ كَذَنْبٍ وَالسَّبْرَحَانِ فَلَا يُحِلُّ الصَّلَاةَ وَلَا يُحْرِمُ الطَّعَامَ، وَأَمَّا الَّذِي يَذْهَبُ مُسْتَبِيلًا فِي الْأَفْقِ فَإِنَّهُ يُحِلُّ الصَّلَاةَ، وَيُحْرِمُ الطَّعَامَ.

⁵² Ahmad bin ‘Ali bin hajar al-‘Asqalānī, *Bulūg Al-Marām Min Adillati Al-Ahkām* (Mamlakah Arabiyah Su‘udiyah: Darul Qabas, 2014). Hal. 102-103.

Dari Jabir Ibni Abdillah berkata, Rasulullah SAW bersabda: “Fajar itu ada dua fajar, pertama adalah fajar yang keberadaannya seperti ekor srigala maka yang demikian ini tidak dihalalkan melaksanakan shalat dan tidak diharamkannya makan, adapun fajar yang datang menyebar di ufuk itu yang menghalalkan shalat dan mengharamkan makan”. (HR. Al-Baihaqi No. 1765)⁵³

c. Hadis dari Abdullah bin ‘Amr yang diriwayatkan oleh Imam Muslim

عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عَمْرٍو أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ وَقْتُ الظُّهْرِ إِذَا زَالَتْ الشَّمْسُ وَكَانَ ظِلُّ الرَّجُلِ كَطَوَلِهِ مَا لَمْ يَحْضُرِ العَصْرُ وَوَقْتُ العَصْرِ مَا لَمْ تَصْفَرَّ الشَّمْسُ وَوَقْتُ صَلَاةِ المَغْرِبِ مَا لَمْ يَغِبِ الشَّمْسُ وَوَقْتُ صَلَاةِ العِشَاءِ إِلَى نِصْفِ اللَّيْلِ الأَوْسَطِ وَوَقْتُ صَلَاةِ الصُّبْحِ مِنْ طُلُوعِ الفَجْرِ مَا لَمْ تَطْلُعِ الشَّمْسُ فَإِذَا طَلَعَتِ الشَّمْسُ فَأَمْسِكْ عَنِ الصَّلَاةِ فَإِنَّهَا تَطْلُعُ بَيْنَ قَرْنَيْ شَيْطَانٍ

Dari ‘Abdullah bin ‘Amar bin ‘Āṣ, bahwasanya Rasulullah saw bersabda: Waktu Zuhur apabila matahari tergelincir sampai bayang-bayang seseorang sama dengan tingginya yaitu selama belum masuk waktu Asar. Waktu Asar selama matahari belum menguning. Waktu magrib selama mega merah belum hilang. Waktu Isya sampai tengah malam. Waktu Subuh mulai terbit fajar selama matahari belum terbit. Apabila matahari telah terbit, maka jangan kamu lakukan salat,

⁵³ Al-Baihaqi, *Al-Sunan Al-Kubra*. Hal. 554.

karena matahari itu muncul di antara dua tanduk setan. (HR Muslim No. 173).⁵⁴

- d. Hadis dari ‘Āisyah yang diriwayatkan oleh al-Bukhārī

أَنَّ عَائِشَةَ أَحْبَبَتْهُ قَالَتْ كُنَّ نِسَاءُ الْمُؤْمِنَاتِ يَشْهَدْنَ مَعَ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ صَلَاةَ الْفَجْرِ مُتَلَفِعَاتٍ بِمُرُوطِهِنَّ ثُمَّ يَنْقَلِبْنَ إِلَى بُيُوتِهِنَّ حِينَ يُفْضِينَ الصَّلَاةَ لَا يَعْرِفُهُنَّ أَحَدٌ مِنَ الْعَلَسِ

Bahwasannya ‘Āisyah telah mengabarkan kepadanya, dan ia mengatakan, ”kami wanita-wanita mukminat pernah ikut salat bersama Rasulullah saw. dengan menutup wajahnya dengan kerudung, kemudian kembali ke rumah mereka masing-masing setelah selesai salat tanpa diketahui oleh seorang pun karena hari masih gelap (HR al-Bukhārī No. 578).⁵⁵

- e. Hadis dari Rafi’ bin Khudaij yang diriwayatkan oleh Abu Daud

وَعَنْ رَافِعِ بْنِ خَدِيجٍ قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: أَصْبَحُوا بِالصُّبْحِ فَإِنَّهُ أَكْبَرُكُمْ لِأَجْرِكُمْ

"Dan Dari rafi' bin Khadij berkata: Rasulullah SAW bersabda, 'Berpagi-pagilah kamu mengerjakan shalat Subuh, karena shalat Shubuh itu lebih besar

⁵⁴ Muslim bin al-Hajjaj al-Qusyairi An-Naisaburi, *Sahih Muslim* (Riyad: Daar Thoyyibah, 2006). Hal. 276-277.

⁵⁵ Abu Abdillah Muhammad bin Isma'il al-Bukhari, *Sahih Al-Bukhari* (Beirut: Daar Ibnu Katsir, 2002). Hal. 148.

pahalanya bagimu."(HR. Sunan Abu Daud No. 424)⁵⁶

- f. Potongan Hadis panjang dari ‘Urwah bin Zubair yang diriwayatkan Abu Dawud

سَمِعْتُ أَبَا مَسْعُودٍ الْأَنْصَارِيَّ يَقُولُ سَمِعْتُ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ صَلَّى الصُّبْحَ مَرَّةً بَعَثَ ثُمَّ صَلَّى مَرَّةً أُخْرَى فَأَسْفَرَ بِهَا ثُمَّ كَانَتْ صَلَاتُهُ بَعْدَ ذَلِكَ التَّغْلِيصِ حَتَّى مَاتَ وَلَمْ يُعَدِّ إِلَى أَنْ يُسْفَرَ

Saya mendengar Dari Basyir ibn Abi Mas'ud, bahwa Rasulullah saw salat Subuh sesekali di waktu masih gelap dan di lain waktu Nabi melaksanakan salat Subuh di waktu terang. Setelah itu salat beliau adalah pada waktu gelap (awal) sampai meninggal dunia dan tidak lagi mengerjakan di waktu isfar (bercahaya). (HR. Sunan Abu Daud No. 394)⁵⁷

Begitu banyak hadis yang menjelaskan waktu salat Subuh maupun fajar, namun hadis yang dihadirkan saat ini dianggap cukup mewakili hadis lainnya yang serupa.

⁵⁶ Abu Daud Sulaiman bin Asy'ats as-Sijistani, *Sunan Abi Daud* (Beirut: Darul Kutub al-'Alamiyah, 1996). Hal. 156.

⁵⁷ Abu Daud Sulaiman bin Asy'ats as-Sijistani, *Sunan Abi Daud*. Hal. 149.

3. Fajar Menurut Ahli Fiqh

Ulama-ulama fiqh telah menyepakati bahwa dalam menentukan awal waktu salat Subuh, yang menjadi indikator adalah ketika terbit fajar yang kedua atau fajar *ṣādiq*. Secara bahasa, fajar (*al-fajr*) adalah pencahayaan gelap malam dari sinar pagi. Para ulama sepakat membagi fajar kepada dua, yaitu fajar *kāzib* dan fajar *ṣādiq*. Fajar *kāzib* disebut juga dengan fajar pertama (*al-fajr al-awwal*) karena ia muncul pertama kali dan berikutnya disusul munculnya fajar *ṣādiq*.

Tanda-tanda alami fajar *kāzib* adalah ia muncul menjulang ke langit laksana seekor serigala dan sesaat kemudian menghilang. Sementara itu fajar *ṣādiq* (*al-fajr aṣ-ṣādiq*) disebut juga dengan fajar kedua (*al-fajr ats-tsāny*). Dinamakan demikian oleh karena ia muncul setelah fajar *kāzib*. Tanda-tanda alami fajar *ṣādiq* adalah ia tampak menyebar di sepanjang ufuk dengan warna keputih-putihan.⁵⁸ Cahayanya terus bertambah sampai akhirnya terbit matahari.

Menurut Wahbah al-Zuhaili, fajar *ṣādiq* yang menjadi pertanda dimulainya awal Subuh adalah cahaya putih yang nampak terang yang berada sejajar dengan garis lintang ufuk (timur). Ia berlainan dengan fajar *kāzib* yang naik bentuknya

⁵⁸ Ibn Manzhur, *Lisan al-'Arab* (Beirut: Dar Shadir, cet. IV, 2005), hal. 130-131.

memanjang mengarah ke atas di tengah-tengah langit seperti ekor serigala hitam.⁵⁹

Dua fajar ini muncul secara bergantian, sehingga munculnya fajar kazib menjadi syarat bagi munculnya fajar ṣādiq. Menurut an-Nawawi (w. 676 H/1277 M), dinamakan fajar kazib (dusta) adalah karena fajar tersebut bercahaya, kemudian kembali gelap dan pergi. Sementara itu, fajar kedua disebut fajar ṣādiq karena membenarkan dan menjelaskan tentang waktu Subuh.⁶⁰

Ahmad Yazid Fattah mengatakan bahwa “Fajar Ṣādiq itu menurut pandangan fiqh maḏahibul arba’ah merupakan penanda awal waktu Subuh, waktu dimana bagi orang-orang yang berpuasa dimulai untuk berpuasa, dimana orang-orang pada malam harinya yang boleh makan minum, maka saat muncul fajar inilah berakhir hukum jawaz (diperbolehkannya)”.⁶¹

Beliau melanjutkan bahwa Secara Fiqh pula, ulama memberikan satu kesimpulan bahwa berdasarkan hadits Nabi bahwa fajar itu ada dua, ada yang punya nama Fajar Ṣādiq, ada yang Fajar Kāzib. Yang menjadi tolak ukur awal waktu Subuh

⁵⁹ Az-Zuhaili, *Fiqh Al-Islami Wa Adillatuhu*. Hal 507.

⁶⁰ Imam An-Nawawi, *Al Majmu’ Syarah Al Muḥadzdzab Jilid 3*, ed. Abdurrahim Ahmad et al., Cet. 1. (Jakarta: Pustaka Azzam, 2009). Hal. 97-98.

⁶¹ Disampaikan saat sesi wawancara pada 3 Desember 2022

adalah fajar Ṣādiq. Mengapa ada dua perbedaan, Kāzīb dan Ṣādiq? Kāzīb artinya bohong, Ṣādiq artinya benar.

Ada fenomena penampakan Fajar yang awal itu pasti adalah Fajar Kāzīb, yang kedua adalah fajar Sidiq. Namun kadang kala di beberapa tempat, fajar kāzībnya tidak ada (tidak muncul). Secara kajian fiqh ini biasa saja, karena memang Nabi SAW. dalam hal ini cuman menceritakan bisa terjadi dua-duanya muncul atau salah satunya. Yakni fajar sidiqnya. Jadi fajar kāzīb itu ada kalanya muncul, ada kalanya tidak.

Untuk menandai apakah fajar sidiq ini sudah muncul atau belum, perlu ada beberapa al-‘alamat dalam istilah fiqh (tanda-tanda) secara spesifik, fajar sidiq itu seperti apa. Maka dalam kajian fiqh tentunya setiap produk ijtihad hukum harus punya dalil. Itu kaidah dalam fiqh, jadi tidak boleh ada satu produk hukum tidak ada dalilnya. Maka untuk ini, kita perlu kembali kepada sumber hukum yang paling valid dalam islam yakni Al-Qur’an dan hadits.

Di dalam al-Qur’an, tepatnya dalam Q.S. al-Baqarah [2] ayat 187 istilah fajar disebut dengan dua istilah yaitu “*al-khaiṭ al-abyaḍ*” (benang putih) sebagai fajar ṣādiq dan “*al-khaiṭ al-aswad*” (benang hitam) sebagai fajar kazib. Benang putih (*al-khaiṭ al-abyaḍ*) dalam ayat ini difahami sebagai batas

dimulainya puasa yang mana ia muncul setelah munculnya benang hitam (*al-khaiṭ al-aswad*).⁶²

Penyebutan *yatabayyana khaiṭ al-abyaḍ min khaiṭ al-aswad* dideskripsikan seperti terangnya suatu benang putih dengan benang hitam. Ayat tersebut berkenaan dengan puasa, dibolehkannya makan dan minum (sahur) sampai datangnya waktu fajar. Sementara itu yang dimaksud *yatabayyana khaiṭ al-abyaḍ min khaiṭ al-aswad* yaitu cahaya yang tampak membentang di ufuk timur bagaikan benang yang panjang pada saat tampaknya fajar ṣādiq dan benang hitam yang membentang bersama cahaya fajar dari kegelapan malam. Makna tersebut belum dapat dipahami oleh sebagian orang termasuk sahabat Nabi yang bernama ‘Adi Ibnu Hatim.

Keterangan tentang tambahan kata yang dimaksud jelasnya benang putih dari benang hitam tersebut yaitu waktu fajar. Terbit fajar inilah sebagai awal untuk mulai berpuasa hingga terbenam matahari. Cahaya fajar ṣādiq ini terus bertambah sampai akhirnya terbit matahari.

Berdasarkan ayat-ayat al-Quran dan hadis-hadis yang disebutkan sebelumnya, telah dipahami bahwa awal waktu Subuh ditunjukkan dengan fenomena matahari berupa terbit

⁶² Lihat Q.S. al-Baqarah [02] ayat 187.

fajar. Dalam praktik, Rasulullah SAW salat Subuh ketika galas dan pernah pula saat *isfār* (sudah terang).

Adapun terkait istilah *Al-Galas* atau *al-taglīs* secara bahasa adalah gelap di akhir malam ketika bercampur dengan cahaya pagi (*ẓulmah ākhira al-lail izā ikhtalaṭat bi ḍau‘ al-ṣabāh*). Dalam sebuah hadits, Nabi SAW disebutkan bahwa Nabi SAW salat Suuh pada saat galas (gelap).⁶³

Galas (الغلس) didefinisikan oleh Badruddīn al-‘Ainī dalam *Syarḥ Sunan Abī Dāwūd* (II: 245) sebagai kegelapan akhir malam ketika bercampur dengan cahaya Subuh, dan yang dimaksud dengan galas itu bukan sebelum terbit fajar ṣādiq, tetapi yang dimaksud adalah bahwa beliau salat Subuh di awal waktunya, yaitu saat terbit fajar ṣādiq, dan ini adalah galas.

Sedangkan *al-isfār* secara bahasa adalah jelas dan terang (*wadaḥa, inkasyafa*).⁶⁴ Para ulama berbeda pendapat tentang keutamaan waktu salat Subuh antara *isfār* dan *taglīs*. Sejumlah ulama berpandangan bahwa *taglīs* lebih utama dari *isfār*, hal ini antara lain meruapakan pendapat Malik, Syafii, Ishaq, dan lainnya.

⁶³ Majma’ al-Lughah al-‘Arabiyyah, *Al-Mu’jam Al-Wasith*, Cet. IV. (Cairo: Maktabah asy-Syuruq ad-Dauliyyah, 2008). Hal. 682.

⁶⁴ Majma’ al-Lughah al-‘Arabiyyah, *Al-Mu’jam Al-Wasith*. Hal. 682.

Adapun Terkait hadis *asfirū bi al-fajr fa innahū a'zamu li al-ajr*" (Salat Subuhlah kalian ketika langit kekuning-kuningan, karena sesungguhnya dia lebih besar pahalanya), menurut kalangan yang mendukung *isfār*, maksud hadis ini adalah memastikan terbitnya fajar itu sendiri. Sedangkan penggalan sabda Nabi SAW. "*fa innahū a'zamu li al-ajr*" (karena sesungguhnya dia lebih besar pahalanya) semata menunjukkan sahnya salat sebelum *isfār*, namun ganjarannya lebih sedikit.⁶⁵

B. Fajar Ṣādiq Menurut Astronomi

1. Fajar Menurut Kajian Astronomi

Fenomena awal waktu Subuh dalam astronomi hampir sama dengan waktu Isya. Awal waktu Isya ditandai dengan mulai terlihatnya bintang-bintang dilangit disebabkan adanya perubahan langit dari terang ke gelap. Sementara itu waktu Subuh ditandai dengan mulai redupnya cahaya bintang-bintang dilangit disebabkan mulai munculnya sinar Matahari di ufuk timur yang menandakan adanya perubahan dari gelap ke terang.

Para ahli astronomi sebetulnya telah menyusun sebuah pedoman kasar tentang kehadiran twilight yang terdiri atas: astronomical twilight, nautical twilight, dan civil twilight.

⁶⁵ Musthafa bin al-'Adawy, *Mawaqit Ash-Shalah* (Mesir: Maktabah ath-Tharfin, n.d.). Hal. 138.

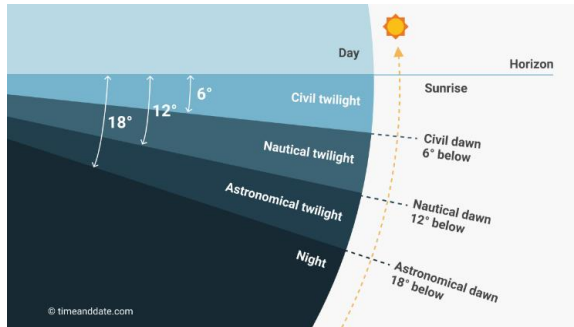
Sehingga secara otomatis akan ditemukan pembagian fajar (*dawn*) menjadi tiga bagian pula dengan masing-masing sudut depresi Matahari sebesar 6° , yaitu:⁶⁶

- a. *Astronomical Dawn* atau Fajar adalah kondisi ketika pusat Matahari berada pada posisi -18° di bawah ufuk;
- b. *Nautical Dawn* atau Fajar Nautika adalah kondisi ketika pusat Matahari berada pada posisi -12° di bawah ufuk.
- c. *Civil dawn* atau Fajar Sipil adalah kondisi ketika pusat Matahari berada pada posisi -6° di bawah ufuk.

Adapun terkait kondisi kecerlangan langit diantara tiga jenis fajar tersebut adalah

- a. Twilight Astronomis (*Astronomical Twilight*): kondisi kecerlangan langit pada selang waktu antara Fajar Astronomis dan Fajar Nautika.
- b. Twilight Nautika (*Nautical Twilight*): kondisi kecerlangan langit pada selang antara fajar Nautika dan Fajar Sipil.
- c. Twilight Sipil (*Civil Twilight*): kondisi kecerlangan langit pada selang antara Fajar Sipil dan Matahari terbit.

⁶⁶ Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya*. Hal. 15-16.



Gambar 1. Pembagian Kehadiran Fajar menurut Astronomi⁶⁷

Awal waktu salat sangat dipengaruhi oleh posisi dan ketinggian Matahari. Jadwal waktu salat tersebut dibuat berdasarkan pada kriteria tinggi Matahari. Penggunaan kriteria tinggi Matahari untuk waktu Subuh sendiri memiliki berbagai pendapat yaitu mulai dari -17° sampai -20° . Adapun tinggi Matahari adalah jarak busur sepanjang lingkaran vertikal dihitung dari ufuk sampai Matahari. Tinggi Matahari bernilai positif (+) yaitu ketika Matahari berada di atas ufuk, sedangkan Matahari bernilai negatif (-) yaitu ketika Matahari berada di bawah ufuk.

Fajar *sādiq* sendiri adalah hamburan cahaya Matahari oleh partikel-partikel di udara yang melingkupi Bumi. Dalam al-Quran fajar diibaratkan dengan ungkapan benang putih dari

⁶⁷ “Pembagian Kemunculan Fajar Secara Astronomis,” n.d., <https://www.timeanddate.com/astronomy/astronomical-twilight.html>. diakses pada November 2022

benang hitam, yaitu peralihan dari gelap malam menuju hadirnya cahaya. Dalam fisika, hitam berarti tidak ada cahaya yang terpancar dan putih berarti ada cahaya yang terpancar. Karena sumber cahaya itu dari Matahari dan penghamburannya adalah udara, maka cahaya fajar melintang di sepanjang ufuk (horizon, kaki langit).

Semakin mendekati ufuk, cahaya Matahari sebagai fajar *Ṣādiq* semakin terang. Jadi, batasan yang digunakan adalah posisi Matahari di bawah ufuk.⁶⁸ Dengan demikian yang dimaksud tanda awal waktu Subuh berupa fajar adalah sinar yang menyebar horizontal di sepanjang ufuk timur yang memenuhi langit bagian timur.

Pada malam hari, langit tidak gelap total sempurna karena adanya kontribusi dari cahaya alami, yaitu cahaya hamburan oleh atmosfer Bumi dari cahaya bintang dan adanya cahaya zodiak atau dikenal dengan istilah fajar semu (*fajr kāz ib*). Cahaya zodiak tampak di sepanjang garis semu ekliptika, berupa kabut berpendar yang melebar di bagian bawah dan semakin mengerucut ke atas, seperti bentuk piramid atau ekor serigala. Bagian bawah lebih terang dari bagian atasnya.

Fajar *kāz ib* merupakan fenomena ketampakan fisik di zaman Rasulullah SAW sehingga tampilan cahaya zodiak

⁶⁸ Djamaluddin, “Waktu Shubuh Ditinjau Secara Astronomi Dan Syar’i.”

hanya dapat terlihat jika langit gelap, tanpa cahaya bulan dan polusi cahaya dari lampu kota. Cahaya zodiak dapat dilihat dengan mata atau direkam dengan kamera yang dilengkapi dengan lensa fotografi bermedan luas. Oleh karena cahayanya sangat lemah, maka tidak mungkin melihatnya di dalam kota yang penuh dengan polusi cahaya yang kuat.

Cahaya zodiak berasal dari hamburan cahaya Matahari oleh partikel-partikel debu di ruang antar planet atau diluar atmosfer Bumi. Debu-debu tersebut mengelilingi Matahari dan berasal dari debu komet periode pendek atau komet lainnya.⁶⁹

Cahaya zodiak merupakan fenomena diluar atmosfer Bumi, sehingga dapat dibedakan dari cahaya senja/fajar (twilight) atau fajar *Ṣādiq*, baik proses pembentukannya, warna dan fisisnya. Cahaya zodiak ini muncul ketika matahari memantulkan partikel-partikel kecil langit yang sering disebut sebagai serpihan komet keluarga Yupiter⁷⁰. Menurut al-Biruni proses terjadinya fajar melalui tiga tahapan:⁷¹

⁶⁹ Disampaikan oleh Hendro Setiyanto dalam agenda Sharing Of Experience Imah Noong pada 26 November 2022

⁷⁰ Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya*. Hal. 6.

⁷¹ Nugroho Eko Atmanto, "Relevansi Konsep Fajar Dan Senja Dalam Kitab Al-Qanun Al-Masudi Bagi Penetapan Waktu Isya Dan Subuh," *Analisis* 19, no. 1 (2012): 95–105. Sebagaimana dikutip dari Muhammad bin ahmad al-biruni, *al qanun al-mas"udy*, juz.2. Beirut: dar al-kutub al-ilmiyah 1422/2002, Hal. 337

- a. Sinar fajar yang lemah, dengan bentuk berkas cahaya yang meruncing, memanjang dan tegak. Ini disebut fajar Subuh palsu dan dikenal juga dengan ekor serigala. Kemunculan fajar ini tidak membawa konsekuensi kewajiban apapun dari segi hukum (Syariat).
- b. Fajar horizontal di ufuk yang melingkar dan mulai menerangi seakan separuh wilayah Bumi menjadi terang. Keadaan ini mempengaruhi insting binatang dan manusia untuk mulai beraktifitas sesuai dengan kebiasaannya. Fajar inilah yang dikaitkan dengan kewajiban agama (salat Subuh).
- c. Ketiga, sinar fajar yang mulai nampak terang dengan diiringi warna merah yang mengikuti setelah dua tahap sebelumnya dan mendahului terbitnya Matahari, tahapan ini adalah waktu yang masih tersisa untuk manusia melaksanakan kewajiban agama (waktu salat Subuh).

2. Standar Waktu Subuh Menurut Astronom Muslim/Ahli Falak

Banyak tokoh-tokoh yang menyumbangkan pemikiran tentang kriteria waktu Subuh. Mulai dari tokoh islam abad pertengahan, sampai tokoh islam lokal Indonesia abad ini.

Berikut ini standar waktu subuh menurut para para tokoh:

No	Ahli Falak	Abad H/M	Standar Fajar	Sumber
1	Jābir al-Battānī (w. 317/929)	4/10	-18°	Zij al-Battāny
2	Kusyyār al-Jīlī (w. 350/961)	4/10	-18°	Risālah fī al- Usthurlāb
3	‘Abd ar-Raḥmān aṣ-Ṣūfī (w. 376/986)	4/10	-18°	Dikutip dari “Idhāh al- Qaul al-Haqq...”
4	Abū Raiḥān al- Bīrūnī (w. 440/1048)	5/11	-18° / - 17°	Al-Qānūn al- Mas’ūdy
5	Az-Zarqalī (w. 493 H/1100 M)	5/11	-18°	Dikutip dari “Idhāh al- Qaul al-Haqq...”.
6	Naṣīruddīn aṭ- Ṭūsī (w. 672/1273)	7/13	-18°	at-Tadzkirah fī ‘Ilm al- Hai’ah
7	Mu’ayyid ad-Dīn al- ‘Urḍī (w. 664/1266)	7/13	-18° / - 19°	Kitāb al-Hai’ah
8	Al-Hasan bin Ali al- Marrakusyī (w. stl 680/1281)	7/13	-20°	Jāmi’ al-Mabādy’ wa al-Ghāyāt fī ‘Ilm al- Mīqāt
9	Ibn Syātīr (w. 777/1375)	8/14	-19°	Risālah an-Naf’ al- ‘Ammfī al-‘Amal bi ar-Rub’ al- ‘Amm

10	Jamāluddīn al-Mardinī (w. 806/1403)	9/15	-19°	Risālah ad-Durr al-Mantsūr fī al-‘Amal bi Rub’ ad-Dustūr
11	Al-Qāḍī Zādah (w. 840/1436)	9/15	-18°	Syarh Mulakhkhash al-Jighminy fī al-Hai’ah
12	Aḥmad bin Rajab alMajdī (w. 850/1446)	9/15	-19°	Ghunyah al-Fahīm waath-Tharīq Ilā Hall at-Taqwīm
13	Izzuddīn al-Wafā’ī (w. 879/1474)	9/15	-19°	Risālah fī al-‘Amal bi Rub’ ad-Dā’irah
14	Sibt al-Mardinī (w. 912/1506)	10/16	-19°	Risālah fī al-‘Amal bi ar-Rub’ al-Mujayyab
15	Husain Zaid Mesir (w. 1887 M)	14/19	-19°	al-Mathla’ as-Sa’id fī Hisābāt al-Kawākib ‘alā ar-Rashd al-Jadīd
16	Muḥammad bin Yusūf al-Khayyāt	-	-19°	La’alā’ ath-Thall an-Nadiyah Syarh al-Bākūrah al-Janiyah fī ‘Amal al-Jaibiyyah
17	Aḥmad Khaṭīb Minangkabau (w. 1334/1915)	14/20	-19°	al-Jawāhir an-Naqiyyah fī al-‘A’māl al-Jaibiyyah

18	Muhammad Mukhtar bin 'Atharid Bogor (w. 1349/1930)	14/2 0	-19°	Taqrīb al-Maqshad fī al-‘Amal bi ar-Rub’ al-Mujayyab
19	Muhammad Ma’shum bin Ali (w. 1351 H/1933 M)	14/2 0	-19°	ad-Durūs al-Falakiyah
20	Hasan bin Yahya Jambi (w. 1940 M)	14/2 0	-19°	Nail al-Mathlūb fī A’māl al-Juyūb
21	Muhammad Thahir Jalaluddin (w. 1376 H/1956 M)	14/2 0	-20°	Nukhbah at-Taqrīrāt fī Hisāb al-Auqāt wa Samt al-Qiblah bi al-Lughāritmāt
22	Saadoe’ddin Djambek (w. 1397 H/ 1977 M)	20	-20°	Shalat dan Puasa di Daerah Kutub ⁷²
23	Muhammad Yasin bin Isa Padang (w. 1410 H/1990 M)	14/2 0	-19°	<i>Syarh Tsamarāt al-Wasilah al-Musamā bi al-Mawāhib al-Jazilah fī Azhār al-Khamilah</i>
24	Zubair Umar al-Jailany (w. 1411 H/1990 M)	15/2 0	-18°	<i>al-Khulāsah al-Wafīyyah fī al-Falak bi</i>

⁷² Saadoe’ddin Djambek, *Shalat Dan Puasa Di Daerah Kutub* (Jakarta: Bulan bintang, 1974). Hal. 8.

				<i>Jadâwil al-Lughâritmiyyah</i>
25	Muhammad Shalih bin Harun Kamboja	-	-19°	Pedoman Bahagia
26	Teungku Muhammad Ali Irsyad (w. 2003 M)	15/2 1	-19°	<i>adh-Dhahwah al-Kubrâ fi 'Ilm-al-Miqât</i>
27	Abd. Rachim (W. 1425 H/2004 M)	15/2 1	-20°	Ilmu Falak
28	Muhyiddin Khazin (w. 1438 H/2017 M)	21	-20°	Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik

Tabel 2. Ringkasan Standar Waktu Fajar Menurut Tokoh Islam

Dari penelusuran karya-karya astronom Muslim (1-20) di atas, menunjukkan bahwa standar waktu Subuh di kalangan astronom Muslim memiliki standar yang beragam yaitu berada dalam kisaran angka antara 16°-20° di bawah ufuk timur, di mana limit -18° dan -19° merupakan standar yang paling dominan digunakan di daerah timur tengah.

Sedangkan 8 tokoh terakhir, untuk waktu Subuh rerata menetapkan -19°, kecuali Syaikh Muhammad Thahir Jalaluddin, Saadod'din Djambek, Abd. Rachim dan Muhyiddin bin Khazin yang menetapkan -20°. Berikut adalah tabel dip waktu fajar menurut tokoh-tokoh ulama islam timur tengah dan tokoh Nusantara serta sumbernya.

C. Kecerlangan Langit Malam dan Polusi Cahaya dalam Pengamatan Fajar

Kecerlangan dalam KBBI diartikan sebagai keindahan dan keelokan.⁷³ Kecerlangan langit mengacu pada persepsi visual langit dan bagaimana ia menyebarkan dan menyebarkan cahaya. Fakta bahwa langit tidak sepenuhnya gelap di malam hari mudah terlihat. Jika sumber cahaya (misalnya Bulan dan polusi cahaya) dihilangkan dari langit malam, hanya cahaya bintang langsung yang akan terlihat.⁷⁴

Kecerlangan langit malam (*Night sky brightness*) yang gelap secara alami berasal dari tiga sumber cahaya, yaitu:

1. Gabungan cahaya bintang dalam galaksi Bima Sakti (*Milky Way*).
2. Cahaya yang berasal dari debu antar bintang yang menghasilkan cahaya yang menyebar di sepanjang bidang galaksi.
3. Cahaya integrasi antara bintang-bintang yang tidak diperhitungkan.

Dalam perkembangannya, dengan meluasnya program industrialisasi oleh manusia di Bumi, sehingga sumber gangguan kecerlangan langit yang dianggap paling dominan saat ini justru adalah cahaya buatan yang tumbuh pesat di mana-mana. Di sisi

⁷³ KBBI, "Arti Kecerlangan."

⁷⁴ Wikipedia, "Sky Brightness."

lain, pemerintah di semua negara terus melakukan upaya elektrifikasi (penerangan) terhadap daerah-daerah yang terpencil dan belum terjamah.⁷⁵

Selain berdampak pada usaha observasi kecerlangan langit, program elektrifikasi ternyata diketahui sebagai penyumbang terbesar atas perubahan perilaku satwa dan manusia. Banyak satwa yang beraktifitas pada siang hari dan menggunakan malam sebagai waktu istirahat total, namun kebiasaan mereka menjadi terganggu akibat semakin meningkatnya jumlah dan intensitas cahaya.

Observasi dalam dunia astronomi, pada prinsipnya adalah tentang kontras⁷⁶. Kontras sendiri merupakan komparasi kecerlangan cahaya obyek langit yang diamati dan kecerlangan cahaya latar belakangnya (langit). Hal ini tidak terkecuali dalam observasi/pengamatan fajar *ṣādiq* sebagai salah satu objek astronomi yang redup dan sangat tipis serta membutuhkan kondisi kecerlangan langit yang bebas polusi cahaya, sehingga fajar terbit dapat dideteksi dengan lebih valid.⁷⁷

Astronom amatir biasanya dalam mendeteksi langit melakukannya pencatatan terhadap besarnya cahaya bintang

⁷⁵ Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya*. Hal. 55-56.

⁷⁶ Narisada and Schreuder, *Light Pollution Handbook*, vol. 322, p. . Hal. 115.

⁷⁷ Basthoni, "Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia." Hal. 3.

paling redup yang terlihat dengan mata telanjang. Namun, *naked-eye limiting magnitude* (NELM) adalah kriteria yang buruk. Untuk membantu pengamat menilai kegelapan sebuah daerah, John E. Bortle telah membuat skala sembilan tingkat. Ini didasarkan pada hampir 50 tahun pengalaman pengamatan. Jika digunakan secara luas, ini akan memberikan standar yang konsisten untuk membandingkan pengamatan terkait polusi cahaya. Berikut 9 kelas tingkat kecerlangan langit malam menurut Bortle yang kemudian selanjutnya dikenal dengan istilah Skala Bortle⁷⁸. Secara ringkas dapat dilihat pada tabel berikut.

No/ Kelas	Kategori	NELM	Kecerlangan Langit (mpas)	Indikasi
1	<i>Excellent dark sky</i>	7,6-8,0	21,7-22,0	Warna fajar kāzib terlihat sangat jelas
2	<i>Typical truly dark</i>	7,1-7,5	21,5-21,7	Cahaya fajar kāzib masih cukup terang
3	<i>Rural sky</i>	6,6-7,0	21,3-21,5	Fajar kāzib terlihat di musim semi dan gugur (memanjang 60° di atas cakrawala sebelum fajar šādiq terbit) dan warnanya lemah

⁷⁸ Bortle, "GAUGING LIGHT POLLUTION: THE BORTLE DARK-SKY SCALE."

4	<i>Rural/sub urban transition</i>	6,1-6,5	20,4-21,3	Fajar kāzib masih tampak tetapi menghilang ketika ketinggiannya 45° di awal terbit fajar yang disebabkan polusi cahaya yang mulai muncul di sekitar ufuk
5	<i>Suburban sky</i>	5,6-6,0	19,1-20,4	Fajar kāzib terlihat sangat lemah pada malam terbaik (cerah) di setiap musim
6	<i>Bright suburban sky</i>	5,1-5,5	18,0-19,1	Fajar kāzib tidak terlihat sama sekali
7	<i>Suburban /urban</i>	4,6-5,0		
8	<i>City sky</i>	4,1-4,5	≤ 18,0	
9	<i>Inner-city sky</i>	≤ 4,0		

Tabel 3. Ringkasan Skala Bortle

Berdasarkan uraian tersebut bisa dikatakan bahwa lokasi dan kondisi ideal untuk pengamatan fajar ṣādiq adalah pengamatan di daerah dengan tingkat kecerlangan langit dengan kategori gelap tanpa gangguan cahaya buatan, maupun cahaya alami dari Bulan maupun saat kondisi mendung. Dengan pengamatan di lokasi dan

kondisi ideal maka akan diperoleh data pengamatan fajar yang juga ideal.⁷⁹ Untuk mengetahui pengaruh polusi cahaya terhadap pengamatan kemunculan fajar Ṣādiq sehingga penulis memilih tiga daerah dengan tingkat kecerlangan cahaya yang bervariasi, mulai dari daerah dengan kondisi gelap, sedang dan juga terang.

D. Instrumentasi dalam Pengamatan Fajar

Secara saintifik, fajar adalah titik pertemuan antara malam dan siang.⁸⁰ Secara syar'i sendiri, fajar adalah perjumpaan antara siang dan malam. Hal ini terdapat pada Q.S. al-Baqarah (2): 187. Dengan demikian, cara mendeteksi kehadirannya dapat dilakukan secara manual dengan melihat langsung pada ufuk timur beberapa saat sebelum Matahari terbit. Metode melihat langsung inilah yang dahulu digunakan oleh para sahabat di zaman Nabi SAW.

Hal yang perlu diketahui bahwa kelemahan terbesar jika menggunakan cara manual adalah:⁸¹

1. Ketidakmampuan mata manusia untuk merekam saat kehadiran fajar.

⁷⁹ Basthoni, "Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia." Hal. 22.

⁸⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Dawn#cite_note-1 diakses November 2022.

⁸¹ Majelis Tarjih dan Tajdid Pimpinan Pusat Muhammadiyah, *Materi Musyawarah Nasional Tarjih Muhammadiyah XXXI* (Gresik: Majelis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah, 2020). Hal. 264-265.

2. Menggunakan mata telanjang dinilai sangat subjektif.
3. Sukar menentukan standar kualifikasi perukyat karena bersifat subjektif.
4. Proses pengambilan maupun pemrosesan fajar tidak dapat diotomatisasi baik karena datanya diperoleh dari observasi dengan mata telanjang.
5. Lambat, tidak akurat, dan membutuhkan waktu yang lama;
6. Manusia merupakan sumber utama kesalahan besar (blunder) sehingga terjadi *human error*.

Sebagai upaya dalam menghindari kekurangan cara manual di atas, maka proses pengamatan fajar dengan rekaman otomatis menggunakan sensor modern harus dilakukan. Perekaman menggunakan sensor modern memudahkan manusia untuk dapat membandingkan dan menganalisis hasil rekaman. Hal ini dapat dilakukan untuk meyakinkan pendeteksian waktu kemunculan fajar dalam skala detik maupun menit. Dengan begitu, subjektivitas akan hilang, perekaman dan proses dapat diotomatisasi, standar kualitas akan lebih terjamin untuk memperoleh hasil yang cepat dan akurat. Sehingga kemudian, analisis data rekaman secara komprehensif dapat menjadi dasar atas keputusan yang akan diambil setelahnya.

Secara umum, alat perekam hadirnya fajar terbagi menjadi dua berdasarkan aspek sensor yaitu:

1. Non-imaging sensor

Alat *non-imaging* sensor yang paling populer digunakan di dunia adalah *Sky Quality Meter* (SQM). SQM digunakan oleh para peneliti lingkungan untuk meneliti dampak polusi cahaya terhadap kelakuan binatang, serta para astronom yang tertarik meneliti dampak polusi cahaya dan udara terhadap visibilitas objek-objek langit seperti galaksi, bintang, planet dan satelitnya, dsb.

SQM merekam kegelapan malam dalam satuan *magnitude per square arc second* (MPSAS) dengan interval waktu perekaman sesuai dengan kebutuhan (dinamakan resolusi temporal, penulis menggunakan 60 detik). Untuk kedua kasus lingkungan dan astronomi di atas, memang diperlukan harga magnitude absolut (terkalibrasi pada nilai satandar tertentu) karena para peneliti lingkungan dan astronomi memerlukan sebuah lokasi dengan kondisi kegelapan asli.

Untuk penelitian waktu Subuh, objek yang akan diteliti adalah perubahan kegelapan malam dari yang awalnya relatif lebih gelap sebelum munculnya fajar kemudian menjadi semakin terang ketika fajar muncul di ufuk timur, maka nilai MPSAS relatif sudah cukup dan perekaman harga MPSAS

absolut (terkalibrasi) tidak diperlukan. Dengan kata lain, tidak diperlukan SQM yang telah terkalibrasi.

SQM merekam data MPSAS yang berupa serangkaian angka yang sukar diinterpretasikan oleh orang awam karena bukan berupa gambar. Plot data MPSAS dan waktu memang menghasilkan gambar grafik. Di titik awal tempat jatuhnya grafik (tanda panah pada gambar) adalah merupakan titik kehadiran fajar *ṣādiq*. Untuk mencari titik ini, tidak diperlukan harga kegelapan absolut karena kita hanya membandingkan kondisi kegelapan titik tersebut secara relatif terhadap kegelapan di sekitarnya.

Namun, kelemahan terbesar non-imaging sensor adalah tidak memiliki sistem verifikasi internal untuk membuktikan kehadiran fajar. Untuk itu, selain mengoperasikan SQM untuk mendeteksi kehadiran fajar, di waktu yang sama dapat juga dilakukan pengoperasian *imaging sensor* (kamera) untuk memverifikasi kehadirannya.

Untuk selanjutnya, verifikasi menggunakan fotoini dapat dilakukan dengan beberapa teknik *image processing* dasar seperti analisis histogram, analisis *image adjustment*, *edge detection* dan sebagainya. Intinya membandingkan kondisi foto sebelum dan sesudah kehadiran fajar yang terdeteksi oleh SQM.

2. Imaging sensor

Peralatan imaging sensor untuk perekaman fajar memiliki pilihan yang tak terbatas yaitu berupa kamera digital berbagai jenis. Di antaranya:

- a) Berbagai jenis kamera DSLR dengan resolusi geometris yang beragam dari 16 MP (megapixel) sampai dengan 64 MP;
- b) Beberapa macam kamera All-Sky yang merupakan *panoramic camera* yang mampu merekam 360° kondisilangit setengah bulatan Bumi;
- c) Belasan macam gadget kamera dari berbagai merek seperti Lenovo, Samsung, iPhone, Xaio Mi, Asus, Vivo, dan lain- lain.
- d) Kamera drone, dll.

Untuk mengetahui waktu kemunculan fajar *ṣādiq* serta ketinggian Matahari khususnya ketika berada dibawah ufuk, dibutuhkan instrumen yang praktis, efisien dan komplit yang dapat membaca kemunculan fajar dalam bentuk angka serta dapat memverifikasi kemunculan citra cahaya fajar *ṣādiq*. Hal ini yang kemudian menjadi sebab terciptanya alat yang bernama SOOF. Dengan adanya instrumen yang dapat membaca dan mendeteksi kemunculan fajar serta menangkap cahaya fajar *ṣādiq*, akan memudahkan peneliti dan umat Islam untuk memastikan kapan fajar *ṣādiq* muncul, sehingga penentuan awal waktu salat Subuh dapat dilakukan dengan lebih mudah.

Dalam upaya untuk menguji akurasi dari SOOF, maka dengan menghadirkan alat lain yang telah *masyhur* digunakan selama ini untuk mengamati fajar dan syafaq. Dalam dunia internasional, alat yang telah diakui keakuratan dan stabilitasnya adalah *Sky Quality Meter* (SQM). Unihedron sendiri selaku pihak produksi dari SQM ini mengakui bahwa akurasi nilai bacaan yang dihasilkan oleh sensor di SQM dipengaruhi oleh suhu. Ada sensor suhu di SQM yang mengkompensasi efek ini. Ketika SQM pertama kali dinyalakan, sensor cahaya lebih dingin daripada saat daya menyala selama beberapa detik. Pembacaan pertama pada SQM tergantung pada suhu sekitar, yang akan menghasilkan nilai yang sedikit lebih tinggi daripada pembacaan berikutnya.⁸²

Untuk hasil yang paling akurat, yang terbaik adalah mengambil banyak data bacaan dan mengabaikan data bacaan pertama. Namun berdasarkan penelitian internasional yang dilakukan oleh Schnitt dkk. pada tahun 2013, menyimpulkan bahwa SQM cukup stabil dalam melakukan pengamatan di lokasi dengan rentang suhu 15 sampai 35 °C.⁸³ Falchi dkk. bahkan membuat suatu peta kecerahan langit dunia dengan menggunakan basis SQM ini.⁸⁴

⁸² Unihedron, "Reading Accuracy SQM."

⁸³ Schnitt et al., "Temperature Stability of the Sky Quality Meter."

⁸⁴ Falchi et al., "The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness."

BAB III
TINJAUAN UMUM
TENTANG SQM STAND ALONE DAN SOOF
DALAM PENGAMATAN FAJAR

A. *Sky Quality Meter (SQM) Stand Alone*

1. *Gambaran Umum SQM Stand Alone*

Sky Quality Meter (SQM) adalah instrumen untuk mengukur tingkat kecerlangan langit malam. SQM adalah alat yang dirancang oleh Dr. Doug Welch dan Antony Tekatch dan diproduksi oleh perusahaan asal Kanada, Unihedron. Alat ini merupakan alat fotometer modern dan sederhana yang berukuran saku, sehingga sangat mudah dibawa kemana-mana sehingga memungkinkan orang untuk menganalisis kualitas kecerlangan langit malam di semua tempat dan waktu.⁸⁵

Satuan hasil pengukuran SQM adalah *magnitude per square arc second* (MPSAS – magnitudo per detik busur kuadrat). Pada dasarnya semua jenis SQM yang telah diproduksi memiliki ukuran fisik yang sama, yakni dilengkapi dengan sensor cahaya, TAOS TSL237S dan filter penapis kanal sinar inframerah, HOYA CM 500.⁸⁶ Ukurannya sangat

⁸⁵ Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya*. Hal. 57-58.

⁸⁶ Jennifer Birriel and Jk Adkins, "A Simple, Portable Apparatus to Measure Night Sky Brightness at Various Zenith Angles," *Journal of the American Association of Variable Star Observers* 38, no. Garstang

portable (97 x 61 x 25 mm), kurang lebih sebesar telepon genggam (lebih tebal).

Dengan ditapisnya sinar inframerah, maka SQM hanya juga mengatur intensitas pada kanal cahaya tampak (*visible light*) dengan panjang gelombang 0,4-0,7 mikron. SQM juga mengukur temperatur sekitaran. Semua pengukuran fotometrianya langsung dikoreksi terhadap suhu yang tercatat ini. Alat ini bermanfaat untuk:⁸⁷

- a. Meneliti seberapa bagus kondisi langit sekitar kita
- b. Membandingkan nilai kecerlangan langit pada beberapa lokasi secara kuantitatif
- c. Merekam pergerakan polusi cahaya di sekitar kita
- d. Menetapkan pencahayaan kubah planetarium agar menyerupai langit yang sesungguhnya
- e. Memantau kecerlangan langit sepanjang malam, dari malam ke malam berikutnya, bahkan dari tahun ke tahun berikutnya, dll.

Setiap perangkat SQM, SQM-L, SQM-LU, ataupun SQM-LU-DL dikalibrasi dengan menggunakan sebuah pengukur

1989 (2010): 221–229, http://rammb.cira.colostate.edu/ramsd/online/goes-west_goes-east.asp.%0Ahttp://unihedron.com/projects/darksky/MeasureNightSkyBrightnessAtVariousZenithAngles-221.pdf. Hal. 222.

⁸⁷ <http://unihedron.com/projects/darksky/> diakses pada 5 November 2022.

cahaya *NIST-traceable*. Unihedron Corporation melaporkan melaporkan ketepatan dari hasil pengukurannya adalah $\pm 0.10 \text{ mag/arcsec}^2$ untuk pengukuran yang dibuat dengan satu perangkat. SQM mengukur seberapa banyak cahaya yang masuk ke dalam sensornya. SQM kemudian mengubah jumlah cahaya yang masuk tersebut menjadi satuan MPSAS.⁸⁸ Semakin besar angka MPSAS maka semakin gelap kondisi langit, semakin kecil angka MPSAS maka semakin banyak polusi cahaya pada suatu langit tersebut.

Pengukuran MPSAS adalah sebuah pengukuran berskala logaritmik. Dengan demikian, perubahan besar pada kecerlangan langit akan tercatat dengan perubahan numerik yang relatif kecil pada MPSAS datanya. Selain MPSAS, SQM juga merekam data lain, diantaranya:

- a. 37 baris data *header* yang diantaranya memuat informasi identifikasi non-teknis, seperti jenis instrumen, organisasi, nama pengamat, lokasi pengamatan, posisi lintang, bujur dan elevasi pengamatan, zona waktu lokal, pemilihan *field of view* (FoV) instrumen saat pengamatan, apakah pengukuran bergerak atau statis, resolusi temporal data yang diinginkan dll.

⁸⁸ Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya*. Hal. 59-60.

- b. Sedangkan data teknis yang direkam adalah: tanggal, waktu perekaman data, temperatur, jumlah bintang yang masuk dalam FoV, frekuensi dan nilai MPSAS.⁸⁹

Sky Quality Meter memberikan kemudahan bagi masyarakat umum untuk membantu dalam proses pengumpulan data kualitas langit malam di waktu dan tempat manapun, meskipun dengan akurasi yang berbeda. Artinya, para pegiat astronomi sudah tidak meragukan lagi akan kecanggihan alat tersebut.

Pada dasarnya, para ilmuwan ataupun pegiat astronomi sudah menguji atas hasil yang didapat dari alat tersebut, dengan spesifikasi yang memadai, bentuknya yang simpel, dan sangat mudah dibawa kemana-mana, yang kemudian mudah didapatkan, para pegiat astronomi sangat merekomendasikan alat tersebut untuk kegiatan observasi langit malam.

























Meskipun jenis-jenis Sky Quality Meter yang berbeda dan juga akan memperoleh hasil yang berbeda, tergantung dari spesifikasi alat tersebut, dimana ada sedikit perbedaan dari segi harga alat tersebut. Adapun istilah *Stand Alone* sendiri sebenarnya adalah istilah terkait posisi SQM yang diletakkan terpisah dari SOOF dalam rangka membedakan perangkat

⁸⁹ Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya*. Hal. 60.

pengambilan data angka kecerlangan langit dalam waktu dan tempat yang sama.

2. Jenis SQM

Ada beberapa jenis SQM, dimana Unihedron selaku pembuat dan pengembang alat fotometer berupa *Sky Quality Meter* telah membedakan jenis-jenis Sky Quality Meter dari segi model dan juga spesifikasinya. Meskipun ada perbedaan dari segi jenisnya, alat tersebut masih tetap berfungsi sebagaimana mestinya, hanya saja ada sedikit perbedaan dari segi kedetailan hasilnya.

Model	SQM	SQM-L	SQM-LE	SQM-LU	SQM-LU-DL	SQM-LR
Interface	 Handheld / Display	 Handheld / Display	 Ethernet	 USB	 USB	 RS232
FOV	 Wide	 Narrow	 Narrow	 Narrow	 Narrow	 Narrow
Reach	 Handheld	 Handheld	 Global	 5m (15')	 Autonomous	 100m (300')
Readings	 Single reading	 Single reading	 Single / Continuous	 Single / Continuous	 Single / Continuous	 Single / Continuous

Gambar 2. Komparasi SQM dari berbagai generasi⁹⁰

⁹⁰ www.unihedron.com/projects/darksky/comparison/ diakses pada 06 November 2022

a. SQM

SQM generasi pertama yaitu dibekali dengan tampilan pembaca data yang dapat dilihat secara langsung oleh pengamat dengan medan pandang yang luas. Pada SQM generasi yang pertama, pengambilan data dilakukan dengan cara pengamat memegang alat tersebut yang kemudian diarahkan ke langit atau ke arah yang dikehendaki oleh pengamat. Fitur dan spesifikasi SQM generasi pertama diantaranya adalah

- 1) Half Width Half Maximum (HWHM) dari sensitivitas sudut adalah 42°
- 2) Menggunakan baterai 9 Volt
- 3) Ukuran 9,7 x 6,1 x 2,54 cm
- 4) Waktu pengambilan sampel cahaya maksimum 80 detik⁹¹

b. SQM-L (Lens)

Model SQM generasi ke dua ini juga memiliki lensa yang fungsinya hampir sama dengan SQM generasi pertama. Hanya saja yang membedakan dari SQM yang sebelumnya adalah pada bidang pandang yang dimiliki SQM-L, bahwasannya SQM generasi ke dua mempunyai bidang pandang yang lebih sempit dibandingkan dengan

⁹¹ <http://unihedron.com/projects/darksky/> diakses pada 06 November 2022

SQM generasi yang pertama. Pada bidang yang sempit akan mendapatkan hail yang lebih akurat, karena cakupan yang sempit dapat meminimalisir polusi cahaya yang masuk ke dalam area sensor. Spesifikasi SQM generasi kedua ini sebagai berikut:

- 1) Half Width Half Maximum (HWHM) dari sensitivitas sudut adalah $\sim 10^\circ$. Full Width Half Maximum (FWHM) kemudian $\sim 20^\circ$. Sensitivitas terhadap sumber titik $\sim 19^\circ$ off-axis adalah faktor 10 lebih rendah dari on-axis. Sumber titik $\sim 20^\circ$ dan $\sim 40^\circ$ off-axis masing-masing akan mencatat magnitudo 3,0 dan 5,0 lebih samar.
 - 2) Beroperasi dengan baterai 9 Volt
 - 3) Mempunyai ukuran SQM 9,1 x 6,6 x 2,9 cm
 - 4) Mempunyai berat 0,14 kg
 - 5) Waktu maksimal pengambilan sampel cahaya 80 detik.⁹²
- c. SQM – LE (*Lens Ethernet*)

SQM generasi ketiga yaitu SQM – LE (*Lens Ethernet*). SQM generasi ketiga ini memiliki penghubung pembacaan data hasil pengamat melalui ethernet yang

⁹² <http://unihedron.com/projects/sqm-l/> diakses pada 06 November 2022

dapat tersambung secara global. Ketika pengamatan, alat tersebut dapat dihubungkan melalui ethernet ke komputer pengamat, sehingga terkoneksi dengan jaringan LAN. Ketika tahap pengambilan data, dapat diambil dengan cara single maupun continue, sesuai dengan interval waktu pengamatan yang dikehendaki oleh pengamat. Spesifikasi SQM generasi ke tiga ini adalah sebagai berikut:

- 1) Konektivitas Ethernet (Termasuk aplikasi untuk membaca data di Java, C, Perl, Python)
 - 2) Adaptor 5-6 VCD
 - 3) Berukuran 9,2 x 6,7 x 2,8 cm
 - 4) Waktu pengambilan sampel cahaya: 1-80 detik.⁹³
- d. SQM – LU (*Lens* USB)

SQM generasi ke empat ini memiliki tampilan pembaca data dengan hasil pengamatan yang bisa dihubungkan dengan kabel USB ke komputer pengamat. Ada sedikit perbedaan SQM generasi ke empat dengan generasi sebelumnya, yakni tipe LU tidak memerlukan sambungan ethernet ketika pengamatan. Untuk spesifikasinya, sama dengan generasi yang sebelumnya. Hanya saja untuk generasi yang ini bisa terkoneksi dengan

⁹³ <http://unihedron.com/projects/sqm-le/> diakses pada 06 November 2022

USB. Diantara fitur-fitur (tambahanya yang berbeda dengan generasi sebelumnya adalah:

- 1) Konektivitas via USB
- 2) Kabel USB 4,5 meter
- 3) USB flash drive⁹⁴

e. SQM - LU-DL (*Lens USB Data Logger*)

SQM generasi ke lima ini memiliki spesifikasi yang hampir sama dengan SQM-LU, perbedaannya ada pada ukuran dan massa serta penambahan fungsi DL (Data Logger), dimana SQM secara otomatis dapat merekam data dengan baterai adaptor tanpa koneksi komputer ketika pengamatan. SQM inilah yang digunakan dalam penelitian ketika munculnya fajar shodiq sebagai indikasi masuknya awal waktu Subuh. Spesifikasi SQM tersebut, sebagai berikut:

- 1) Dibekali dengan kabel USB
- 2) Berukuran 13,97 x 6,6 x 2,8 cm dengan berat 110 gram
- 3) Waktu pengambilan sampel cahaya: 1 - 80 detik
- 4) Kabel USB 4,5 meter

⁹⁴ <http://unihedron.com/projects/sqm-lu/> diakses pada 06 November 2022

- 5) Paket baterai eksternal untuk pencatatan data lapangan dengan daya 5 V
- 6) Kapasitas memori rekaman 10485761⁹⁵
- f. SQM – LR

SQM generasi ke enam ini dinamakan SQM Lens RS232. Alat ini merupakan hasil dari pengembangan dari SQM sebelumnya. Untuk SQM-LR, sudah dibekali dengan sambungan konektivitas RS232.⁹⁶ Untuk ukurannya sama dengan SQM LU.

3. Spesifikasi dan Fungsi *Sky Quality Meter (SQM) Stand Alone*

SQM yang digunakan dalam penelitian pengamatan kemunculan fajar *Sādiq* sebagai indikasi masuknya awal waktu salat Subuh adalah SQM generasi ke lima yaitu SQM LU-DL (Lens USB – Data Logger) yang ditempatkan secara *Stand Alone* disandingkan di samping SOOF. SQM LU-DL ini sudah dilengkapi dengan lensa untuk menangkap objek cahaya, koneksi USB, dan juga data logger yang berfungsi untuk merekam data dengan baterai adaptor tanpa koneksi komputer

⁹⁵ <http://unihedron.com/projects/sqm-lu-dl/> diakses pada 06 November 2022

⁹⁶ <http://unihedron.com/projects/sqm-lr/> diakses pada 06 November 2022

secara otomatis. Adapun detail spesifikasi SQM LU-DL sebagaimana berikut:

- a. Konektivitas USB
- b. Half Width Half Maximum dari sensitivitas sudut 10°
- c. Full Width Half Maximum adalah 20°
- d. Mempunyai ukuran $14 \times 6,6 \times 2,8$ cm dengan berat 110 gram
- e. Waktu pengambilan cahaya minimal 1 detik, dan maksimal 80 detik
- f. Dilengkapi kabel data USB untuk pencatatan data pada software Unihedron Device Manager
- g. Kapasitas penyimpanan pencatatan data sebesar 1 MB Flash, 32 bytes per record = 32768 records total.
- h. Real Time Clock (RTC) untuk menentukan waktu dengan akurat.
- i. Paket baterai eksternal untuk pencatatan data lapangan dengan daya 5 V, berat 160 gram

Dari spesifikasi tersebut, nampak telah ada peningkatan dari generasi yang sebelumnya, tentunya juga dibekali fitur-fitur yang baru pula, diantara fitur-fiturnya adalah sebagai berikut:

- a. Kecerahan langit dilaporkan dalam besaran magnitudo visual per detik busur persegi.
- b. Tersedia Suhu sensor, nomor model, dan nomor seri.

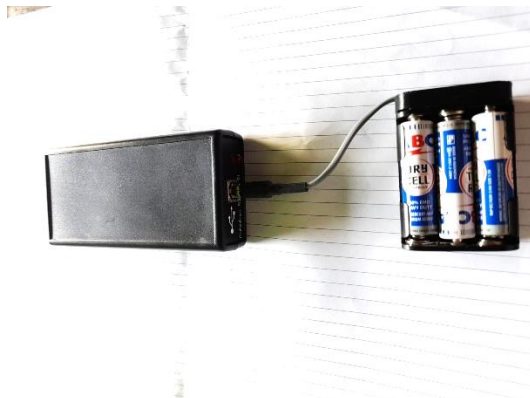
- c. Pembacaan presisi dapat dilakukan bahkan di saat keadaan tergelap.⁹⁷



Gambar 3. SQM LU-DL terlihat dari depan



Gambar 4. SQM LU-DL terlihat dari belakang



Gambar 5. SQM LU-DL terhubung dengan adaptor

⁹⁷ <http://unihedron.com/projects/sqm-lu-dl/> diakses pada 06 November 2022

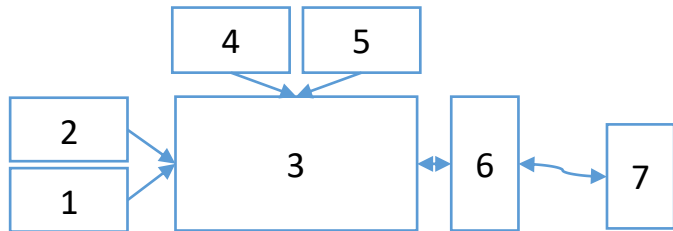


Gambar 6. SQM LU-DL Terhubung dengan Laptop via Kabel USB

4. Cara Kerja Sky Quality Meter LU-DL

SQM LU-DL mampu mengukur kecerahan langit malam dengan hasil bacaan yang presisi dengan menggunakan besaran MPSAS ($mag/arcsec^2$). Dalam proses pengambilan objek cahaya yang muncul, SQM LU-DL mampu menangkap objek cahaya dengan koneksi PC/laptop melalui kabel USB dan koneksi dengan adaptor daya (baterai). Hal ini dikarenakan SQM LU-DL terdapat fitur *internal recording*. Fitur ini sangat membantu efisiensi dalam perekaman kecerlangan fajar secara mandiri (*stand alone*).

Adapun bagan cara kerjanya sebagai berikut:



Gambar 7. Bagan komponen SQM LU-DL

Keterangan:

- (1) Sensor Suhu
- (2) Sensor Cahaya
- (3) Mikrokontroler
- (4) Memori flash
- (5) RTC
- (6) USB interface
- (7) Adaptor (baterai)/*Data Logging*

Adapun fungsi dari komponen bagan tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Sensor Suhu berfungsi untuk mengubah arus dari cahaya (foton) yang masuk menjadi frekuensi. Sehingga akurat dalam membedakan variasi kecerlangan langit.
- 2) Sensor cahaya pada SQM akan menangkap dan merekam cahaya sekitar yang terdeteksi oleh alat

tersebut dan kemudian diteruskan ke Mikrokontroler untuk diolah lebih lanjut.

- 3) Mikrokontroler berfungsi untuk mengubah frekuensi menjadi indeks kecerlangan dengan faktor kalibrasi, lalu disimpan di memori Flash
- 4) Memori Flash berfungsi sebagai penyimpanan data dan pembaca data yang kemudian diteruskan pada Real Time Clock untuk pengakurasian waktu;
- 5) RTC (Real Time Clock) berfungsi untuk menjaga waktu agar data yang disimpan memiliki catatan waktu;
- 6) USB interface menjadi sambungan ke komputer atau Adaptor/Data.
- 7) Adaptor/Data sebagai penyuplai data agar komponen SQM lainnya dapat berfungsi.

Untuk proses pengolahan data, dibutuhkan kabel USB yang berfungsi sebagai jembatan untuk mentransfer data dari SQM ke komputer melalui port USB atau USB interface.

Setelah kabel USB disambungkan dari SQM ke komputer maka data yang telah direkam oleh SQM dapat diolah dengan menggunakan *software Unihedron Device Manager (UDM)*. *Software* itulah yang selanjutnya digunakan untuk membaca hasil rekam data kecerlangan langit malam yang didapatkan oleh SQM sehingga dapat dianalisis oleh penulis.

5. Software *Unihedron Device Manager* (UDM)

Program Unihedron Device Manager (UDM) merupakan software yang dimaksudkan untuk digunakan dalam memelihara dan menguji koneksi Produk Unihedron Sky Quality Meter (SQM). Secara khusus UDM ini berfungsi untuk:

- a. Mengatur SQM sebelum digunakan dalam observasi.
- b. Membaca dan mengatur semua parameter SQM.
- c. Setup dan mengambil data dari meter data logging.
- d. Mencatat data dari SQM yang terhubung.

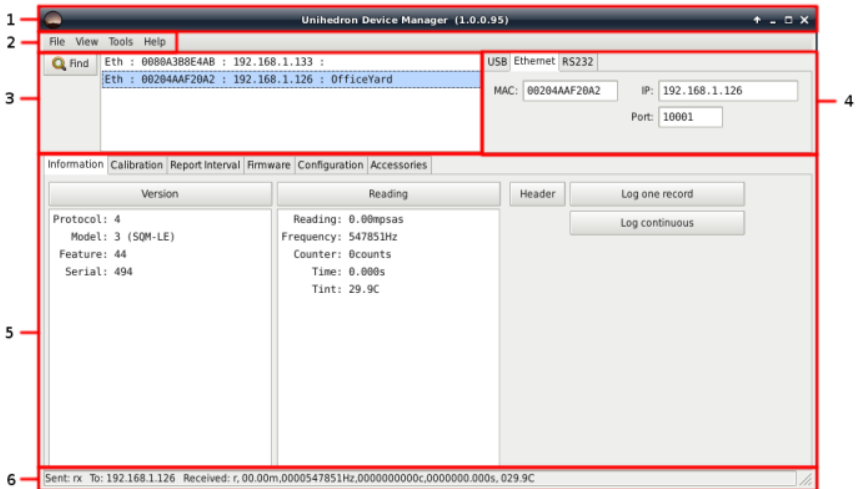
Software UDM sendiri telah disertakan pada CD yang dikirimkan bersama SQM-LU-DL. Selain itu, update dari versi terbaru dari UDM dapat diperoleh di laman <http://unihedron.com/projects/darksky/cd/>. UDM sebenarnya adalah program yang cukup sederhana yang harus terhubung pada komputer dengan sistem operasi Windows, Mac, atau Linux. Penulis sendiri mengoperasikan UDM di operasi Windows 10.

Berikut merupakan tampilan awal ketika UDM saat dioperasikan di Windows:



Gambar 8. Tampilan UDM ketika proses membuka software

Setelah memulai UDM, akan tampil layar utama sebagaimana berikut:



Gambar 9. Layar Utama UDM

Pada gambar di atas, diketahui bahwa terdapat 6 bagian pada tampilan jendela utama, yang terdiri atas jendela kontrol, menu, pencari detail perangkat, penampil

perangkat yang terhubung, jendela informasi, dan status.

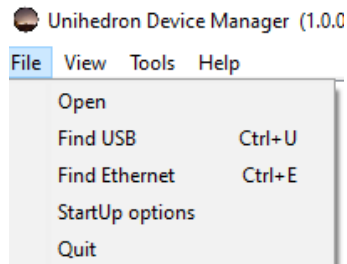
Adapun keterangannya sebagai berikut:

1) Jendela Kontrol

Pada jendela kontrol terdapat logo UDM dengan tulisan Unihedron Device Manager serta seri/versi aplikasinya.

2) Menu

Bagian Menu digunakan untuk membuka file, menemukan perangkat baru dan keluar dari program, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 10. Menu File

Pada bagian menu, terdapat beberapa pilihan menu, yaitu File, View, Tools, dan Help, dimana setiap menu mempunyai fungsi yang berbed-beda.

Pada menu File sendiri terdapat pilihan dengan fungsinya sebagai berikut:

- Open: membuka file atau laporan kalibrasi yang disimpan sebelumnya
- Find USB / Ethernet:
- StartUp options
- Quit

Pada menu *View* terdapat pilihan dan fungsinya sebagai berikut:

- Simulation
- Configuration
- Log
- Directories
- DL Header
- Plotter

Pada menu *Tools* terdapat pilihan dan fungsinya

- Old Log to dat
- dat to Moon csv
- Comn Terminal
- DL Retrive

Sementara untuk menu *Help*, terdapat pilihan:

- Command Line Information
- Version Info
- About

3) Penampil Perangkat Yang Terhubung

Pada kolom ini menampilkan identitas perangkat SQM yang terhubung dengan laptop/PC yang secara otomatis terdeteksi pada software UDM tersebut. Apabila perangkat tidak terdeteksi secara otomatis pada software tersebut, bisa menekan menu Find, maka perangkat SQM yang terhubung akan terdeteksi pada software tersebut.

4) Penampil detail perangkat yang terhubung

Pada kolom ini, akan menampilkan detail perangkat SQM yang sudah terhubung pada software

5) Jendela Informasi

Kolom jendela informasi ini berisikan kolom *Information, Calibration, Report Interval, Firmware, Data Logging, Dan Configuration*, dimana pada kolom ini mempunyai fungsi masing-masing. Adapun penjelasan dari menu tersebut dijelaskan pada tabel dibawah ini:

Tab	Fungsi
<i>Information</i>	Menampilkan informasi versi SQM yang terhubung pada komputer, menyajikan

	hasil bacaan data terbaru yang diperoleh SQM
<i>Calibration</i>	Menampilkan kolom pengaturan untuk mengatur data kalibrasi perangkat SQM
<i>Report Internal</i>	Menyajikan informasi dan kolom pengaturan untuk merubah informasi interval data perangkat SQM
<i>Firmware</i>	Berfungsi untuk memperbaiki gangguan, bisa juga untuk menambahkan fitur ketika terhubung SQM versi terbaru
<i>Data Logging</i>	Menampilkan pengaturan SQM yang akan digunakan observasi, dan juga bisa menampilkan rekam data yang ada pada perangkat SQM yang terhubung
<i>Configuration</i>	Menampilkan nilai kalibrasi perangkat dari pabrikan SQM

Tabel 4. Menu dan Fungsi tampilan UDM

6) Kolom Status

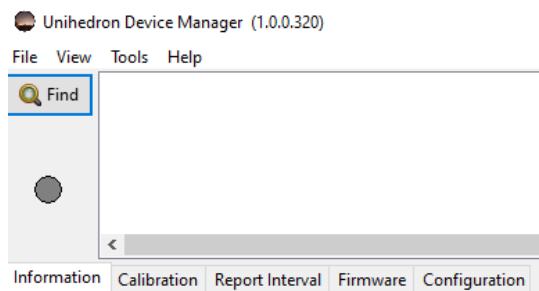
Kolom ini menampilkan status UDM yang sedang berjalan (terbuka).

6. Penggunaan Sky Quality Meter Terhadap Observasi Fajar Şādiq

a. Pengaturan SQM LU-DL

Adapun langkah-langkah pengaturan penggunaan Sky Quality Meter pada software UDM adalah sebagai berikut:

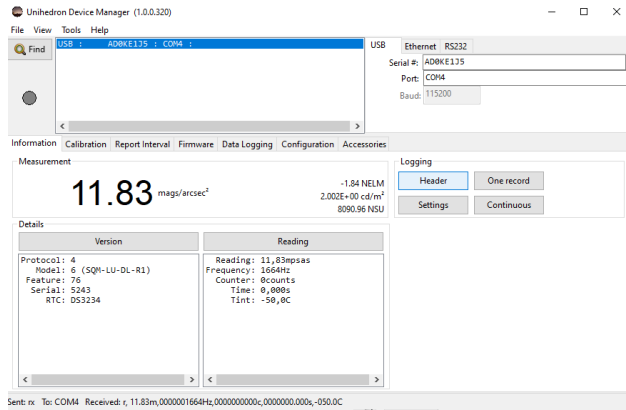
- 1) Hubungkan perangkat SQM dengan laptop/PC menggunakan kabel USB.
- 2) Buka software *Unihedron Device Manager* (UDM), kemudian pilih *Find* yang berfungsi untuk mencari perangkat yang sudah terhubung dengan laptop/PC.



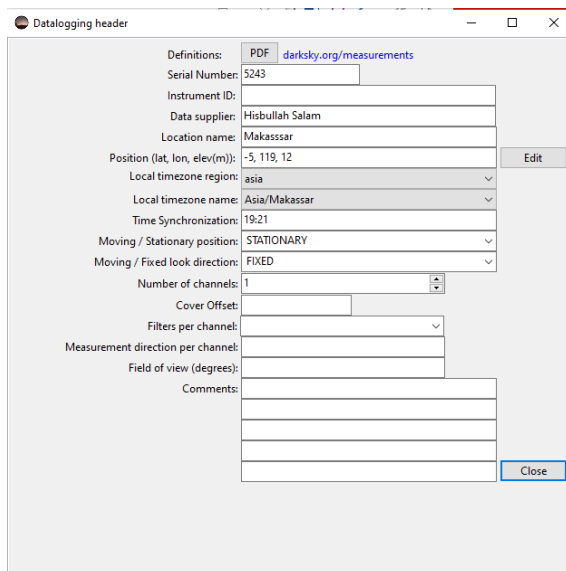
Gambar 11. Kolom Find

- 3) Pada kolom *Information*, pilih dan klik *Header* untuk memasukkan dan mengedit informasi umum yang diperlukan seperti

nama lokasi, posisi pengambilan data, posisi dihadapkannya SQM, dan lain sebagainya.

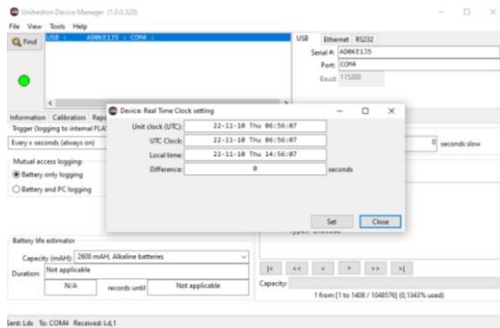


Gambar 12. Tampilan Layar Utama UDM

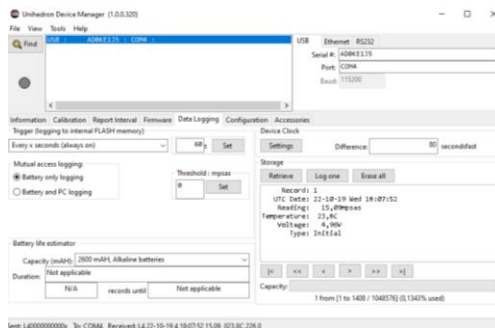


Gambar 13. Layar Header

- 4) Pilih tab *Data Logging*, pilih dan klik *setting* pada *device clock* untuk mensinkronisasikan SQM dengan waktu pada PC atau laptop, kemudian muncul dialog *real time clock*, kemudian klik set untuk penyesuaian waktu SQM dengan *device* yang digunakan.



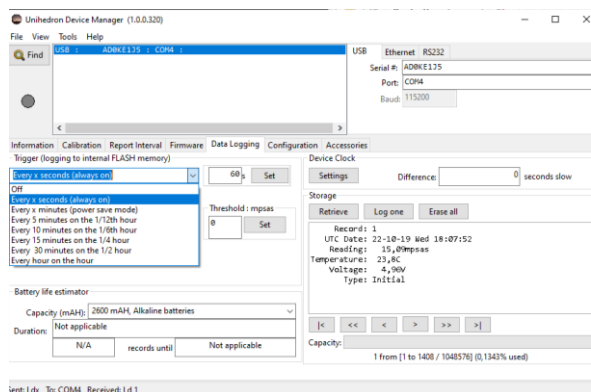
Gambar 14. Setting Device Clock



Gambar 15. Layar Utama UDM

Setelah pengaturan penyesuaian waktu SQM dengan Laptop, maka klik *close*.

- 5) Mengatur durasi intensitas perekaman data dengan cara, pilih every x second (always on) di kolom pilihan trigger (*while externally battery powered*). Set 60 s atau 1 menit, yang artinya proses rekam data dilakukan dalam interval waktu selama 60 detik sekali yang bertujuan untuk mendapatkan data konsisten.



Gambar 16. Pengaturan Interval Waktu Perekaman

Tahap selanjutnya adalah peralihan atau akuisisi data. Dalam tahap ini disajikan bagaimana alur didapatkan suatu data saat observasi. Adapun mekanisme akuisisi data adalah sebagai berikut:

- 1) Pemasangan SQM bisa diletakkan pada bidang datar seperti atap bangunan yang tinggi

jika ufuk terhalang oleh bangunan dan lain-lain atau menggunakan bantuan tripod pada daerah dengan ufuk yang mudah terlihat. Penulis sendiri menggunakan sebuah box dengan 4 kaki penyangga untuk menghindarkan alat dari gangguan hujan, sekaligus meminimalisir potensi cahaya dari arah belakang SQM maupun SOOF.



Gambar 17. Box wadah SOOF & SQM

- 2) Mengarahkan SQM menghadap ke ufuk timur (penentuan dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan kompas, aplikasi *Dioptra*, *Stellarium* dan sejenisnya)



Gambar 18. Pengarahan SQM ke ufuk Timur

- 3) Mengatur keseimbangan SQM agar dapat menjangkau area kemunculan fajar Ṣādiq
- 4) Memasang adaptor pada SQM sehingga dapat merekam otomatis kemunculan fajar dengan interval 1 kali per menit yang dilakukan pada kurun waktu pukul 02.00 WITA sampai dengan pukul 06.00 WITA

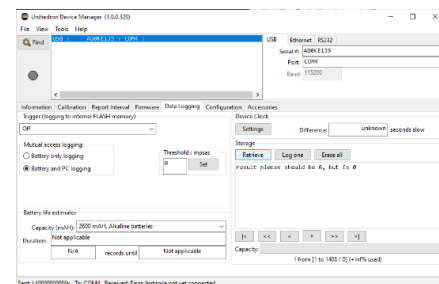


Gambar 19. SQM merekam data setelah dihubungkan ke Adaptor.

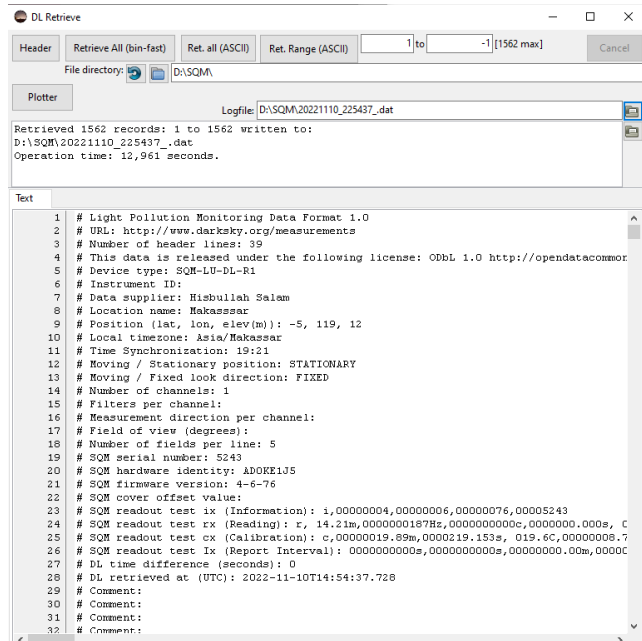
5) Adaptor/Baterai dilepas setelah waktu perekaman selesai.

Tahap selanjutnya adalah proses akuisisi data hasil pengamatan fajar shodiq menggunakan SQM. Adapun caranya adalah sebagai berikut:

1. Hubungkan SQM dengan laptop/PC menggunakan kabel yang disediakan.
2. Buka aplikasi UDM, klik *find*, pilih tab *data logging*, kemudian matikan SQM dengan cara klik Off pada Trigger (*while externally battery powered*)
3. Untuk mengetahui data yang sudah terdeteksi dan mau dipindahkan ke laptop/PC, pilih *Retrieve*. Kemudian akan tampil dialog *DL Retrieve*, selanjutnya pilih *Retrieve All*, maka seluruh data yang terekam akan ditampilkan dan tersimpan pada folder yang telah disiapkan.



Gambar 20. Tampilan Tab Data Logging



Gambar 21. Layar DL Retrive Tampilan data rekaman

B. Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF)

1. Gambaran Umum SOOF

SOOF ini merupakan instrumen yang dirancang pertama kali oleh Muhammad Basthoni. Beliau mulai bergelut di dunia Ilmu falak pada tahun 2015 ketika beliau melanjutkan Studi S2 Ilmu Falak di UIN Walisongo Semarang dan lulus pada tahun 2017. Beliau belajar secara otodidak dan membangun kajian-kajian ilmu falak bersama santri-santri beliau di pondok. Tahun 2018 beliau masuk di kepengurusan Lembaga

Falakiyah PWNU Jawa Tengah. Tahun 2022 beliau telah menyelesaikan program doktoralnya.

Fenomnena minimnya data pengamatan fajar Şadiq yang beliau peroleh dari berbagai sumber untuk mengerjakan disertasi S3 beliau menjadi awal usaha menciptakan sebuah instrumen baru. Beberapa kali beliau melakukan pengamatan di beberapa daerah seperti, Karimunjawa, Bawean, Batam dan Lampung. Dalam melakukan pengamatan beliau mengalami kesulitan seperti cuaca yang tidak menentu serta butuh beberapa hari untuk mendapatkan hasil data yang baik.

Sejak pengamatan di Karimunjawa beliau memikirkan tentang alat yang bisa merekam fajar secara mandiri. Dari situ beliau memikirkan dan mencari diinternet dan menemukan sebuah software yang bisa membaca SQM dari komputer mini. Berbekal kompetensi dan bakat yang dimiliki di bidang pemograman dan teknik komputer jaringan, beliau kemudian mulai merakit *software* itu. Awal 2020 beliau diminta membuat Makalah untuk dipresentasikan pada Seminar Nasional yang diadakan Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang.

Dalam paper beliau menulis tentang sistem yang baru beliau buat yaitu tipe sistem otomasi pengamatan fajar namun belum menjadi SOOF. Pada bulan Maret 2020, terbit edaran pembatasan kegiatan oleh pemerintah sehingga seminar itupun

tidak jadi dilaksanakan dan makalah belum bisa disebar luaskan. Kemudian bulan juni 2020 Gus Muid memberitahu beliau bahwa NU Gresik, NU Jatim dan Kementerian Agama sudah melakukan survei di beberapa tempat ideal untuk melakukan pengamatan dan lokasi yang akan dilakukan pengamatan adalah di Banyuwangi.

Beliau kemudian menawarkan sistem ini kepada Gus Muid untuk memasangnya di Banyuwangi. Gus Muid merangkai sendiri perangkat keras yang sudah dibeli dengan arahan beliau dari rumah dan software yang dikirim beliau dari Semarang ke Banyuwangi. SOOF mulai dikenal dikalangan pegiat Astronomi ketika Gus Muid persentasi di BHRD Jogja dan memperkenalkan alat ini untuk pertama kali ke publik. Sejak dari situlah tercetus nama Sistem Otomasi Observasi Fajar (SOOF). Tak lama setelah persentasi itu Muhammad Basthoni diminta untuk menulis di Jurnal Sains Dirgantara dengan Judul “A prototype of True Dawn Observation Automation System (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF))”.

Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) ini menggunakan beberapa software yang dirangkai sedemikian rupa. Cara kerja SOOF tergolong sederhana karena sensor SQM yang digunakan hanya merekam dan langsung masuk di Kartu SD setelah terkumpul maka otomatis terkirim ke Goole

Drive. Hasil lain dari pembacaan data SOOF itu menghasilkan foto, video, file .dat, dan kurva plotting data.



Gambar 22. SOOF yang dipasang di Bulukumba

Diawal perkembangannya, SOOF banyak mengalami kendala, mulai dari adaptor yang mati karena menyala selama 24 jam, jaringan sinyal yang hilang, dan listrik yang mati. Dari situasi itu maka Muhammad Basthoni memodifikasi SOOF dengan bisa mengontrol on dan off nya menggunakan Remote.it, tenaga listrik diganti dengan solar cell. Untuk perkembangan selanjutnya SOOF ini akan bisa mengamati fajar dan syafaq dengan syarat dipasang didaerah yang kelihatan ufuk barat dan timur.

2. Metode yang digunakan dalam SOOF

Sebelum menggunakannya dalam pengamatan, terlebih dahulu diawali dengan perakitan beberapa perangkat keras. Diantara perangkat keras yang digunakan adalah Raspi 4,

SQM, Kamera Raspi HQ + lensa, Orbit Wifi dan kabel penghubung serta sebuah box sebagai wadah SOOF. SQM yang digunakan pada sistem ini adalah SQM tipe LU atau generaso ke empat sebagai sensor utama dalam merekam kecerlangan cahaya fajar. SQM ini terhubung dengan Rasberry Pi 4.

SOOF dirancang untuk merekam gambar fajar sidik. Sementara modul kamera dihubungkan dengan Rasberry Pi melalui slot modul kamera. Daya menggunakan listrik rumahan atau menggunakan bantuan ganset. Sementara untuk akses internet menggunakan bantuan Orbit Wifi yang diposisikan di dalam box SOOF. Setelah data fajar Şadik direkam oleh SQM dan citra Fajar Şadik di rekam oleh kamera, data tersebut dikumpulkan didalam SD Card dan secara otomatis diunggah oleh Rasberry Pi ke Google Drive tujuan sehingga dapat diakses oleh pengguna untuk selanjutnya dilakukan analisis lebih lanjut.⁹⁸

3. Hardware yang digunakan dalam SOOF

- SQM tipe LU
- Camera RSPiHq + Lensa 16 mm
- Rasberry Pi 4

⁹⁸ Basthoni, “A Prototype of True Dawn Observation Automation System (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar).”

- Orbit Telkomsel Wifi
- Kabel USB & kabel LAN
- Box



Gambar 23. Hardware SOOF yang penulis gunakan⁹⁹

4. Software yang digunakan dalam SOOF

a. Sistem Operasi Rasbian

Merupakan *software* dengan sistem operasi linux gratis berbasis daban yang telah dioptimalkan dan diorientasikan untuk *hardware* Raspberry Pi dengan seri apapun, yang telah secara resmi disediakan oleh *Raspberry Pi Foundation* sebagai sistem operasi utama untuk keluarga Raspberry dari komputer papan

⁹⁹ Sumber: HP Samsung Galaxy A21S

tunggal. Raspberry Pi adalah cara cepat dan mudah untuk menginstal sistem operasi ke kartu micro SD yang siap digunakan dengan Raspberry Pi.¹⁰⁰

b. *Python Sky Quality Meter (PySQM)*

Adalah *software* berbasis bahasa python yang dirancang oleh Nievas & Zamorano (2014) untuk membaca, menyimpan, dan merencanakan data dari SQM- LU. *Software* ini akan terhubung ke SQM dan melakukan beberapa tes untuk menghubungkan SQM untuk memastikan siap untuk pengambilan data kecerahan langit. Program ini secara otomatis akan menyimpan data dalam dua format yaitu format *.dat* maupun grafik dalam format *.png*.

c. Allsky

Adalah kamera *AllSky* Nirkabel yang dioperasikan oleh Raspberry Pi 4. Penulis menggunakan perangkat lunak ini ketika menggunakan kamera Raspberry Pi HQ dengan lensa namun dapat diganti dengan kamera ZWO ASI.

d. Rclone (Rsync for Cloud Storage)

Adalah program berbasis CLI (*Command Line Interface*) yang berfungsi untuk melakukan

¹⁰⁰ www.raspberrypi.org diakses pada Oktober 2022

sinkronisasi file dan direktori lokal ke dan dari beberapa penyimpanan online (cloud storage), misalnya Google Drive dan lain sebagainya.¹⁰¹

e. AnyDesk

Merupakan aplikasi desktop jarak jauh yang didistribusikan oleh AnyDesk Software GmbH. Program perangkat lunak ini menyediakan akses jarak jauh independen ke komputer pribadi dan perangkat lain yang menjalankan aplikasi tersebut.

5. Instalasi SOOF

Instalasi sistem dapat dilakukan dengan enam langkah berikut:

- a. Pemasangan sistem operasi Raspbian pada kartu SD
- b. Konfigurasi operasi Raspbian sistem wifi sehingga dapat terhubung dengan Orbit 4G Wifi untuk instalasi dan konfigurasi perangkat lunak yang diperlukan
- c. Instalasi program remote seperti AnyDesk untuk mengontrol dan memelihara jarak jauh
- d. Pemasangan program PySQM dalam operasi Raspbian sistem

¹⁰¹ Basthoni, "A Prototype of True Dawn Observation Automation System (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar)."

- e. Pemasangan program Allsky
- f. Instalasi program Rclone
Adapun secara lebih rinci adalah sebagai berikut.
 - a. *Download* citra Raspbian dari situs web The Raspberry Foundation.
 - b. Kirim flash Raspberry pi Imager ke *memori card* SD dengan salah satu Program imager (balenaEtcher, Win32DiskImager, imgFlasher, atau lainnya).



Gambar 24. Raspberry pi Image

- c. Sebelum *mendownload* program lain, perlu mengkonfigurasi jaringan *Wifi* dari Raspbian karena proses instalasi untuk program selanjutnya dilakukan dari jarak jauh melalui jaringan *Wifi* yang dipancarkan oleh Orbit 4G *Wifi*.

Untuk tujuan ini, dua file perlu dibuat di direktori root kartu SD yang telah diinstal oleh Raspbian. Kedua file tersebut merupakan file kosong dengan nama *ssh* berfungsi untuk mengaktifkan fitur *ssh* (*secure shell connection*) pada Raspbian OS. File kedua adalah file

wpa_supplicant.conf dengan konten sebagai berikut:¹⁰²

```
Country=ID
```

```
Ctrl_interface=DIR=/var/run/wpa_supplicant  
GROUP=netdev
```

```
Update_config=1
```

```
Network={
```

```
ssid="NETWORK-NAME"
```

```
Psk="NETWORK-PASSWORD"
```

```
Key_mgmt=WPA-PSK}
```

Dimana data ssid diganti dengan nama jaringan wifi yang digunakan dan psk diisi dengan password jaringan wifi.

Proses penginstalan dan operasi *software* apapun ke system bisa dilakukan dari jarak jauh dengan menginstal program AnyDesk atau Remote.It dengan perintah berikut :

```
$>sudo apt update
```

```
$>sudo apt install remoteit
```

¹⁰² Basthoni, "A Prototype of True Dawn Observation Automation System (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar)."

Setelah konfigurasi jaringan selesai dilakukan, sistem Raspbian dapat diakses melalui ssh dengan aplikasi seperti Bitwise SSH Client. Melalui koneksi ssh, program PySQM dapat diunduh dengan perintah :

```
$> wget http://guaix.fis.ucm.es/sites/default/files/luminica\_files/PySQM.tar.gz
```

Dan ekstrak dengan perintah

```
$> tar -xvzf PySQM.tar.gz
```

Sebelum menjalankan program PySQM, perlu dilakukan penyesuaian data di file konfigurasi yang ada di file PySQM/config.py. Data yang perlu disesuaikan antara lain

- (1) Nama dan koordinat lokasi pengamatan
- (2) Nama identitas SQM
- (3) Port koneksi yang dibutuhkan SQM dengan sistem Raspbian¹⁰³
- (4) Lokasi folder penyimpanan data observasi
- (5) Batas waktu untuk memplot kurva dari data observasi

¹⁰³ Basthoni, "A Prototype of True Dawn Observation Automation System (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar)."

Aplikasi guna merekam citra dari fajar diperlukan untuk memverifikasi data observasi. Hal ini dapat dilakukan untuk membandingkan data hasil rekam SQM. Adapun aplikasi yang digunakan adalah aplikasi mencoder dan raspistill yang memiliki proses instalasi masing-masing sebagai berikut:

```
$>sudo apt-get install mencoder
```

Aplikasi raspistill tidak perlu diinstal karena sudah termasuk dalam sistem operasi Raspbian. Modul kamera dapat diaktifkan melalui perintah

```
$>raspi-config
```

Jika kita menggunakan kamera Raspberry Pi HQ atau ZWO ASI series di sistem ini kita perlu menginstal program AllSky melalui perintah:

```
$>sudo apt-get install git
```

```
$>git clone --recursive  
https://github.com/thomasjacquin/allsky.git
```

```
$>cd allsky
```

```
$>sudo ./install.sh
```

Data observasi yang direkam secara otomatis oleh PySQM, raspistill, mencoder, dan AllSky akan disimpan di Drive lokal. Untuk memudahkan akses data, data yang akan diunggah secara otomatis ke

penyimpanan cloud oleh aplikasi RClone dengan langkah-langkah instalasi sebagai berikut:¹⁰⁴

```
$>curl https://rclone.org/install.sh | sudo bash
```

Proses konfigurasi RClone dan Google Drive berlanjut dengan perintah dan konfigurasi berikut:

```
$>rclone config
```

```
n/s/q> n          # choose n (new)
name>gdrive       # fill with free caption, for
                  # example, Gdrive
Stroge>          # Select the number that matches
                  # the Google Drive number
Client_id>        # can be left empty
Client_secret>    # can be left empty
Scope>           # select scope, for example 1
Root_folder_id>  # can be left empty
service_account_file>
                  # This is
                  # where the JSON file goes!
y/n              # choose y for automatic
                  # configuration
```

Melakukan konfigurasi lanjutan seperti pada program PySQM, mencoder, raspistill, AllSky, dan

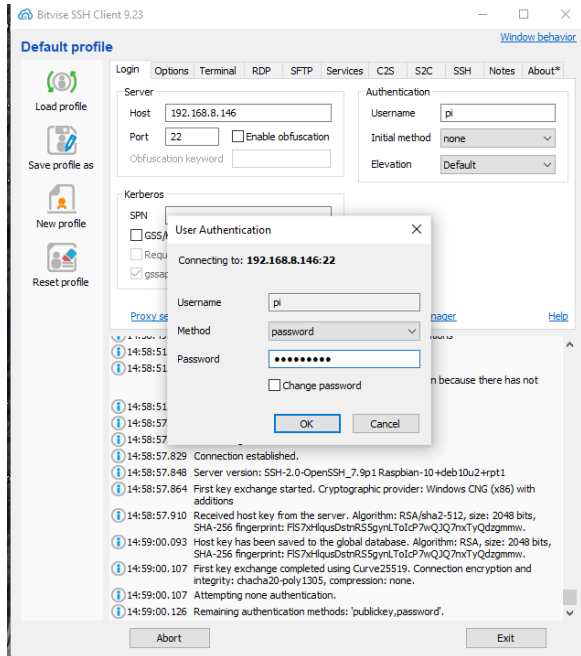
¹⁰⁴ Basthoni, “A Prototype of True Dawn Observation Automation System (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar).”

RClone agar dapat berjalan secara otomatis saat sistem melakukan *booting* dan secara otomatis merekam data pada waktu yang diinginkan.¹⁰⁵

6. Penggunaan SOOF

- a. Setelah seluruh komponen yang dibutuhkan terkumpul maka dilakukan perakitan *hardware* pada sistem seperti yang ditunjukkan pada gambar 23 di atas.
- b. Pemilihan lokasi strategis untuk melakukan pengamatan, seperti tidak adanya penghalang di ufuk timur dan tersedianya jaringan internet untuk akses data Google Drive.
- c. Pemasangan SOOF pada lokasi yang telah ditentukan
- d. Mengakses sistem SOOF melalui akses ssh dengan Bitwise SSH Client. Setelah *hostname* (disediakan oleh Remote.it) dan port telah dimasukkan, maka akan terhubung ke sistem dan pengguna memasukkan *user* serta *password* yang secara default adalah *pi* dan *raspbian*.

¹⁰⁵ Basthoni, "A Prototype of True Dawn Observation Automation System (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar)."



Gambar 25. Tampilan Bitvise SSH Client

- e. Memeriksa fungsi PySQM dengan perintah untuk PySQM : `$>ps-aux | grep "pysqm"` dan fungsi camera dengan membuka website allsky.
- f. PySQM selanjutnya akan bekerja secara otomatis saat sistem dihubungkan dengan daya (melakukan boot).
- g. Setelah proses perekaman selesai sesuai waktu yang ditentukan maka dilakukan pemindahan data

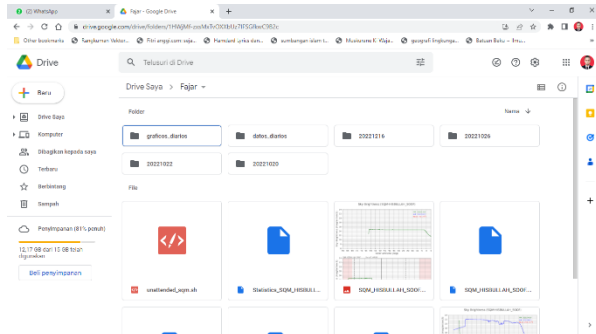
dari program PySQM dan Allsky ke Google drive dengan perintah berikut:

```
pi@allsky:~ $ rclone copy /home/pi/SQM/data  
Hisbullah:\Fajar – untuk data SQM
```

dan

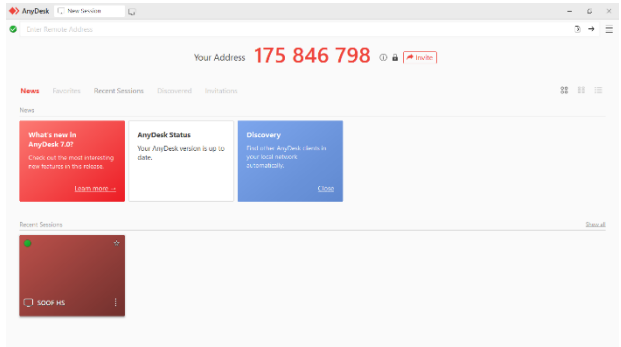
```
pi@allsky:~ $ rclone copy  
/home/pi/allsky/images/ Hisbullah:\Fajar – untuk  
data gambar dari kamera
```

- h. Mendownload hasil data berupa data foto, video, file dat., dan kurva plotting data yang dikirimkan oleh sistem ke Google Drive untuk selanjutnya di analisis lebih lanjut.



Gambar 26. Tampilan Google Drive lokasi tujuan data setelah perekaman

- i. Akses jarak jauh dapat dilakukan via program AnyDesk untuk mengontrol kondisi sistem SOOF.



Gambar 27. Tampilan *software* AnyDesk



Gambar 28. Skema Prototipe SOOF¹⁰⁶

¹⁰⁶ Basthoni, “A Prototype of True Dawn Observation Automation System (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar).” Hal. 36.

7. Hasil data SOOF

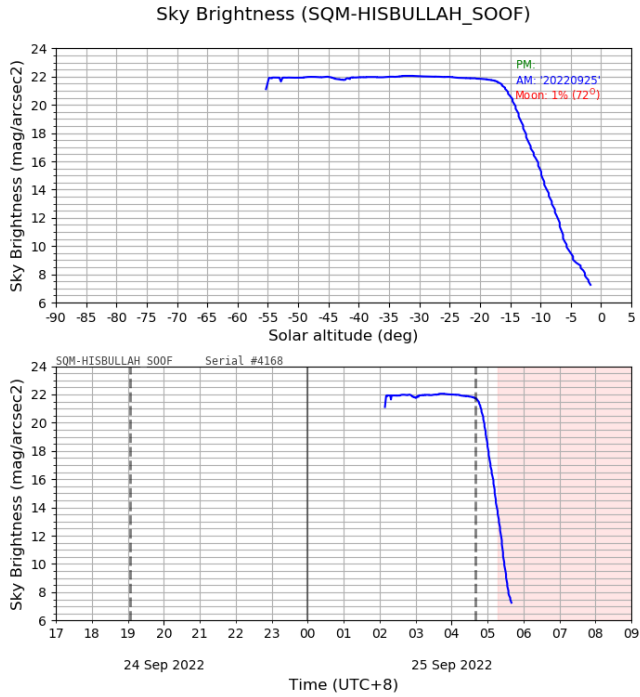
Data yang terkirim ke Google Drive diantaranya:

a. Daily_data

File ini berisi file dengan format *.dat* yang terekam oleh sensor SQM yang direkam 1 kali per 60 detik.

b. Daily_grafik

File ini berisi kurva/grafik dengan format *.png* atau *.jpg*. Grafik pada bagian atas menampilkan bahwa sudut ketinggian matahari pada kecerlangan langit lokasi tertetu, data sudut ketinggian Matahari tersebut kemudian diproses oleh program PySQM dalam pustaka PyEphem yang menggunakan algoritma Jean Meeus Low Accuracy yang kemudian diplotting otomatis oleh SOOF. Sementara, grafik bagian bawah menunjukkan hubungan antara waktu dengan nilai kecerlangan langit malam. Sensor pada SQM kemudian menghasilkan file dengan format *.dat* yang kemudian secara otomatis diplotting oleh sistem SOOF. Garis putus-putus pada grafik kedua menunjukkan posisi titik belok dimana fajar Şadik telah terbit sebagai pertanda masuknya awal waktu salat Subuh.



Gambar 29. Grafik pengamatan SOOF di Bulukumba

c. Foto

File ini berisi foto pengamatan dari kamera SOOF selama hari tertentu.



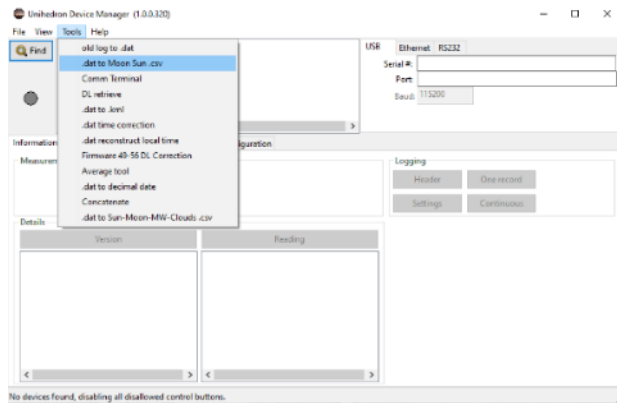
Gambar 30. Citra Fajar (Cahaya Merah) yang dipotret Oleh SOOF di Bulukumba

C. Pengolahan Data SOOF dan SQM SA

Sebelum beralih pada tahap pengolahan data menjadi bentuk grafik/kurva menggunakan software GNUPlot, format data yang dihasilkan (.dat) belum memuat derajat ketinggian matahari (*sun elevation*) yang selanjutnya dibutuhkan dalam pembuatan grafik sebagai sumbu x. Sehingga data yang memiliki format .dat kemudian dikonversi menjadi format .csv.

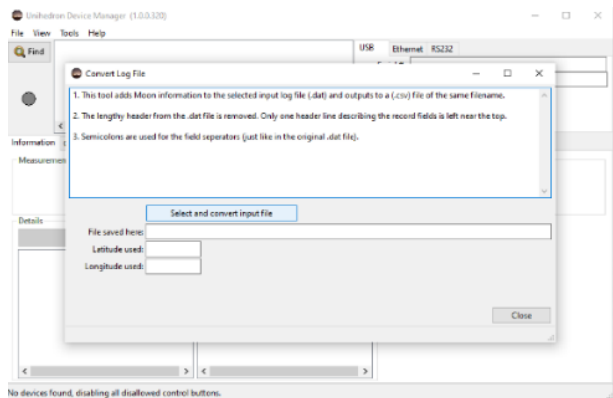
Konversi ini berlaku untuk data output dari SOOF dan SQM SA yang memiliki format data yang sama. Adapun langkahnya sebagai berikut.

1. Siapkan data hasil rekam SOOF atau SQM yang berformat .dat
2. Buka Software UDM
3. Pilih menu Tools
4. Pilih .dat to Moon Sun .csv



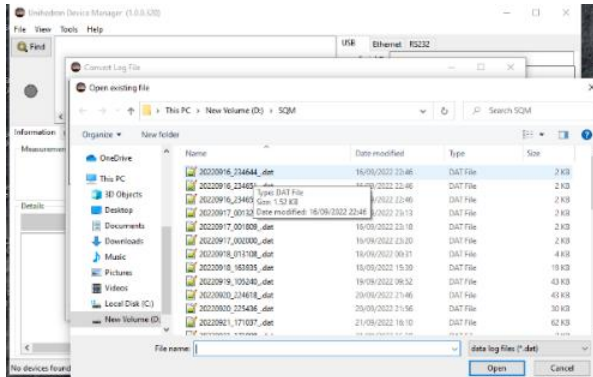
Gambar 31. Menu Tools untuk konversi data

5. Pilih dan cari file dengan format .dat yang akan dikonversi dengan klik Select and convert input file.



Gambar 32. Proses Konversi Data

- Setelah dipilih, klik open maka data akan terkonsversi di folder yang sama dengan data aslinya.



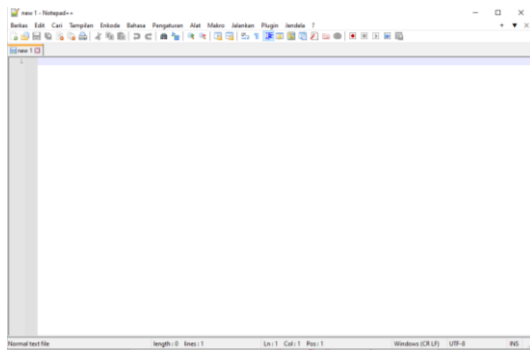
Gambar 33. Tahap akhir konversi data

Setelah tahap diatas selesai, kemudian data diolah menjadi bentuk grafik menggunakan software GNUPlot.

Hasil konversi data diatas kemudian berlanjut ke proses pengolahan data. Ouput data yang dihasilkan oleh SOOF dan SQM STAND ALONE tentang kecerlangan langit itu memiliki format yang sama, maka analisis datanya pun dapat dilakukan bersamaan dalam satu format kurva. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam melihat perbedaan/persamaan data dari keduanya.

Adapun tahap pengolahan data hasil pengamatan fajar Şādiq menggunakan instrumen SOOF dan SQM Stand Alone adalah sebagai berikut:

1. Pastikan data .csv yang akan diolah, dibuka dengan menggunakan software Notepad++ untuk memudahkan pembacaan data.
2. Buka lembaran baru dari software Notepad++



Gambar 34. Lembaran Baru Notepad++

3. Lalu ketik *command*/Perintah pada lembar kosong tersebut, seperti berikut:

```
#input file
#-----
input1="20220922 SOOF.csv"
input2="20220922 SQM SA.csv"

#judul
#-----
tx="KURVA CAHAYA FAJAR\nKabupaten
Bulukumba, Sulawesi Selatan\n22-09-2022"
```

```

#label data
#-----
I1="SOOF"
I2="SQM SA"

#setting pemisah kolom data
#-----
set datafile separator ";"

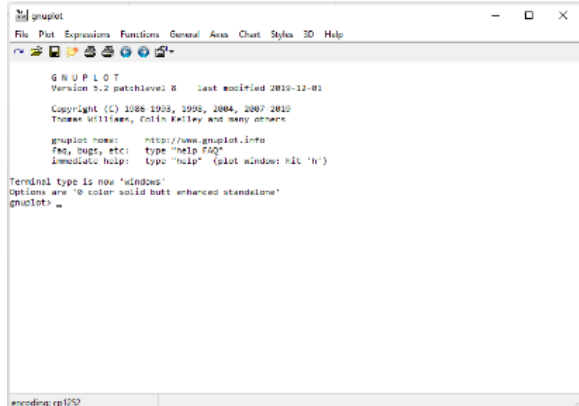
#setting judul, label x, y
#-----
set title tx
set xlabel "Sudut Depresi Matahari (derajat)"
set ylabel "Kecerlangan Langit Malam (mpsas)"

as=-18
naut=-12
civ=-6
set arrow from as, graph 0 to as, graph 1 nohead
set xtics add (as)
set arrow from naut, graph 0 to naut, graph 1
nohead
set xtics add (naut)
set arrow from civ, graph 0 to civ, graph 1
nohead
set xtics add (civ)

#plot data dan regresi linear
#-----
plot input1 using 10:6 t I1, \
input2 using 10:5 t I2

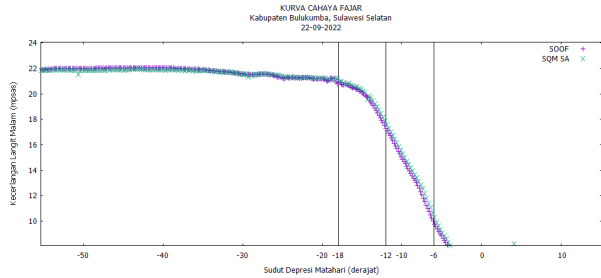
```

4. Lembar Notepad++ diatas kemudian disave dengan format .dat/.csv/.txt.
5. Buka software gnuplot 5.2 patchlevel 8



Gambar 35. Tampilan Awal GNUPlot

6. Pilih menu ikon *Open Script File*, pilih file data Notepad++ yang telah diisi dengan *command* di atas (poin 3). Maka secara otomatis, akan tampil sebuah kurva dengan sumbu “x” merupakan sudut depresi Matahari (dip) dengan satuan derajat dan sumbu “y” merupakan data kecerlangan langit malam dengan satuan mpsas.



Gambar 36. Tampilan Hasil Plot Kurva menggunakan software gnuplot

D. Hasil Pengolahan Data Pengamatan

Pengamatan fajar *Ṣādiq* untuk menemukan indikasi awal waktu salat Subuh ini dilaksanakan di tiga lokasi dengan tingkat kecerlangan langit malam yang berbeda-beda, yakni pada lokasi gelap, sedang dan terang. Tempat dengan kategori kegelapan 22,00 mpsa (kelas 1 skala Bortle) penelitiannya dilakukan di Pantai Samboang, Kecamatan Ekatiro, Kabupaten Bulukumba, Provinsi Sulawesi Selatan, yang mempunyai titik koordinat Kabupaten Bulukumba dengan koordinat $5^{\circ}29'17,615''$ LS $120^{\circ}26'37''$ BT.

Kemudian, lokasi dengan kategori kecerlangan langit sedang (agak gelap) dilaksanakan di Kebun Tebu, Desa Timbuseng, Kec. Polut, Kabupaten Takalar dengan tingkat kecerlangan langit sebesar 20,0 mpsa dengan titik koordinat $5^{\circ}21'58,9''$ LS $119^{\circ}30'49,1''$ BT. Selanjutnya, untuk tempat dengan kategori terang dilaksanakan di Pesantren Unismuh

Makassar, Kelurahan Gunung Sari, Kec. Rappocini, Kota Makassar yang mempunyai tingkat kecerlangan langit 15,0 mpsas dengan titik koordinat 5°11'0,1" LS 119°26'32,54" BT.

Pengamatan fajar *Ṣādiq* dilaksanakan selama 30 hari, namun setelah filterisasi hanya 15 hari yang datanya digunakan karena sisa data yang lain mendapatkan pengaruh cuaca (hujan) dan bulan purnama. Pengambilan data dilakukan mulai dari pukul 02.00 WITA sd. pukul 06.00 WITA, dimana setiap kali pengambilan data Sky Quality Meter menggunakan interval per 60 detik. Hal ini untuk mengetahui dan mendapatkan data yang konsisten setiap menitnya.

Beberapa alasan terkait pemilihan tiga lokasi penelitian tersebut, diantaranya adalah Pantai Samboang yang termasuk lokasi berkategori gelap (minim polusi cahaya). Klasifikasi ini didasarkan pada skala bortle. Skala bortle sendiri adalah skala klasifikasi dengan 9 tingkat yang mengukur kecerlangan langit malam pada suatu lokasi. Skala dimulai dari kelas 1 yang merupakan lokasi dengan kondisi langit paling gelap hingga kelas 9 yang merupakan lokasi dengan langit paling terang. Skala bortle didasarkan pada sejumlah kriteria di luar magnitudo batas mata telanjang atau *naked-eye limiting magnitudo* (NELM), yaitu kategori kecerlangan langit paling redup dari suatu benda langit yang

masih dapat diamati dengan mata telanjang (tanpa bantuan alat optik).

Berdasarkan pada *skala bortle*, Pantai Samboang di Kecamatan Ekatiro, Kabupaten Bulukumba tergolong sebagai lokasi yang memiliki polusi cahaya maupun polusi udara yang minim atau berkategori gelap. Hal ini bisa dilihat dari hasil penelitian yang mendapatkan hasil magnitudo kecerahan langit malam senilai 22,0 mpsas, dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kelas satu pada skala bortle.

Kemudian untuk lokasi kedua di kebun tebu, Desa Timbuseng, Kecamatan Polut, Kabupaten Takalar merupakan tempat dengan kategori sedang. Hal ini karena kondisi langit yang cukup memiliki polusi cahaya. Kategori tersebut berdasarkan hasil observasi lapangan, dimana lokasi tersebut mempunyai magnitudo kecerlangan langit malam senilai 20,0 mpsas. Nilai tersebut masuk dalam kategori sedang dalam pemetaan skala bortle.

Sementara untuk untuk lokasi ketiga di Pesantren Unismuh, Kecamatan Rappocini, Kota Makassar merupakan tempat yang tergolong kategori terang (kelas 9 skala Bortle). Kategori tersebut diambil dari hasil observasi langsung lapangan, dimana lokasi tersebut mempunyai magnitudo kecerlangan langit malam senilai 15 mpsas. Nilai tersebut

masuk dalam kategori kelas 9 dalam pemetaan skala bortle yang dikategorikan terang.

Pengambilan data dip tinggi matahari fajar Sādiq sejatinya telah dilaksanakan dalam waktu 30 hari, namun terjadi beberapa kendala di lokasi. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengumpulan data, seperti data klimatologi terkait cuaca dan intensitas hujan, kondisi alam yang meliputi ketebalan dan pergerakan awan di wilayah ufuk timur serta polusi cahaya disekitar termasuk cahaya bulan, dan lain-lain.

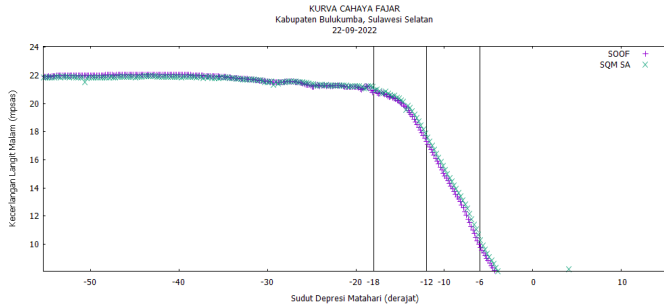
Selama proses pengumpulan data di lapangan terjadi beberapa kendala sehingga menghasilkan beberapa data yang kurang bagus disebabkan oleh faktor-faktor di atas, jadi data yang kemudian digunakan untuk dianalisis hanya data yang hasilnya baik, yang dapat menginterpretasikan kondisi alam di lokasi tersebut dimana hasil grafiknya rata mendatar yang membentuk garis horizontal. Bentuk grafik tersebut kemudian menjadi syarat untuk dilanjutkan dalam analisis regresi linear.

Hasil dari penelitian sudut depresi waktu Subuh menggunakan SOOF dan SQM SA¹⁰⁷ di Pantai Samboang, Kelurahan Bonto Kecamatan Ekatiro, Kabupaten Bulukumba; Kebun Tebu, Desa Timbuseng, Kec. Polut, Kabupaten

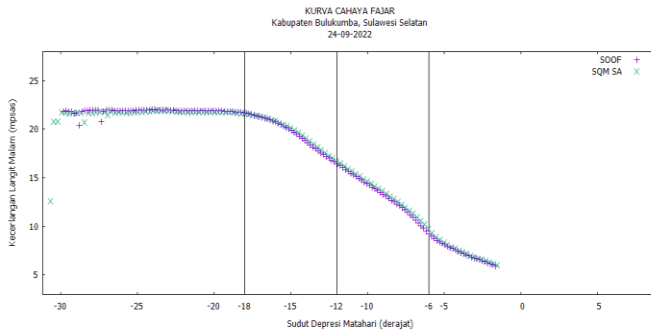
¹⁰⁷ Akuisi Data berbeda namun analisis GNUPLOT nya sama antara data SOOF dan SQM (dapat diproses bersamaan dalam satu tamplina plot dengan dua kurva)

Takalar, serta Pesantren Unismuh Makassar, Kelurahan Gunung Sari, Kec. Rappocini, Kota Makassar adalah sebagai berikut:

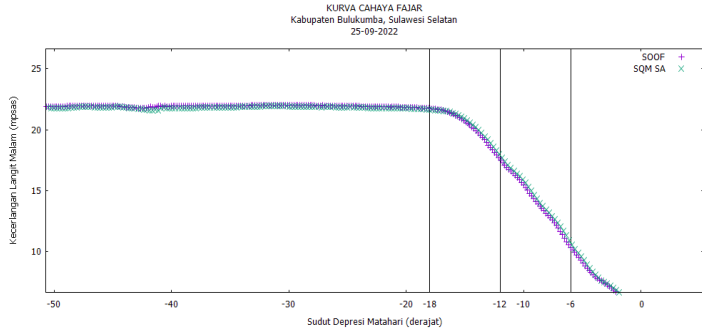
a. Bulukumba



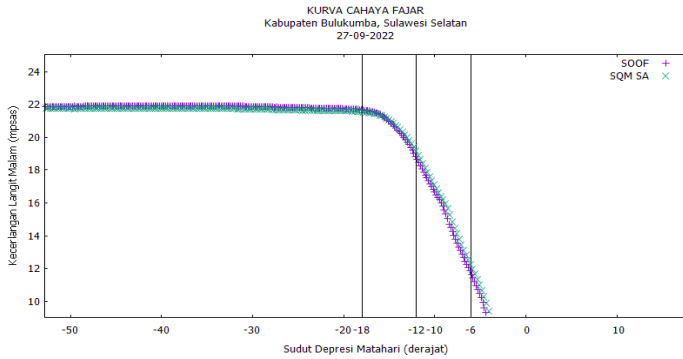
Gambar 37. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Pantai Samboang, 22 September 2022



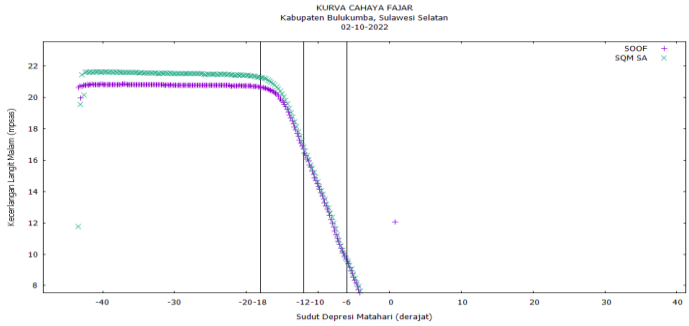
Gambar 38. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Pantai Samboang, 24 September 2022



Gambar 39. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Pantai Samboang, 25 September 2022

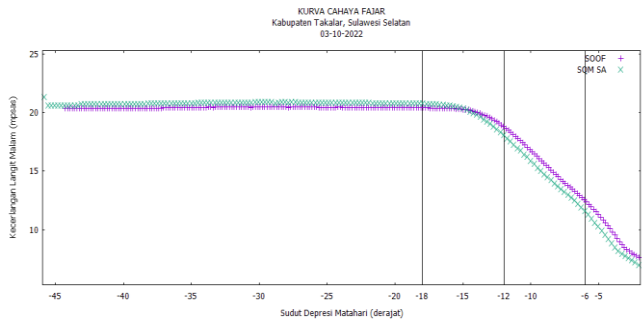


Gambar 40. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Pantai Samboang, 22 September 2022

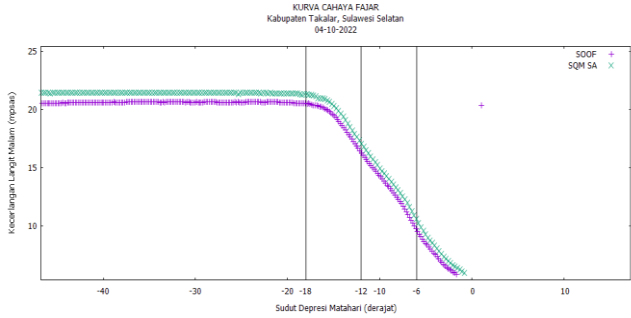


Gambar 41. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Pantai Samboang, 02 Oktober 2022

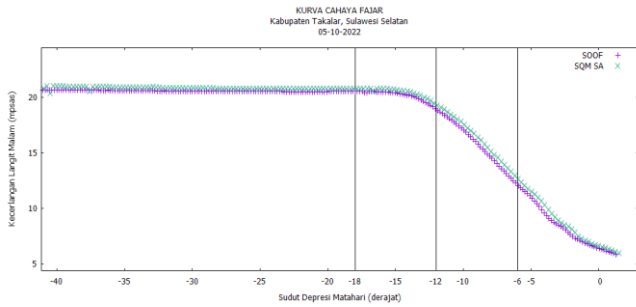
b. Kabupaten Takalar



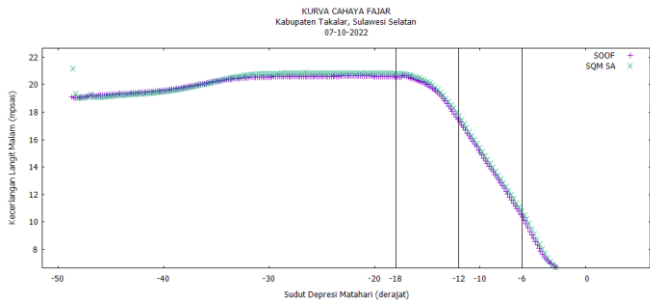
Gambar 42. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Takalar, 03 Oktober 2022



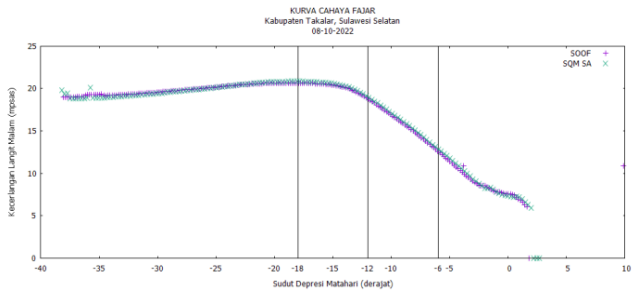
Gambar 43. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Takalar, 04 Oktober 2022



Gambar 44. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Takalar, 05 Oktober 2022

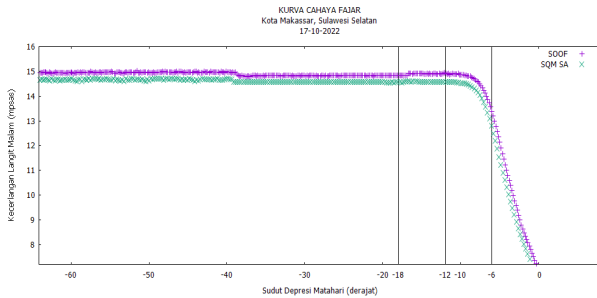


Gambar 45. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Takalar, 07 Oktober 2022

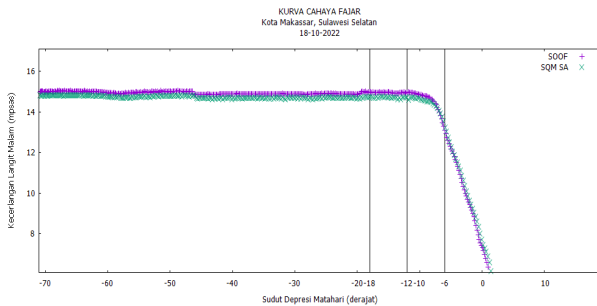


Gambar 46. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Takalar, 08 Oktober 2022

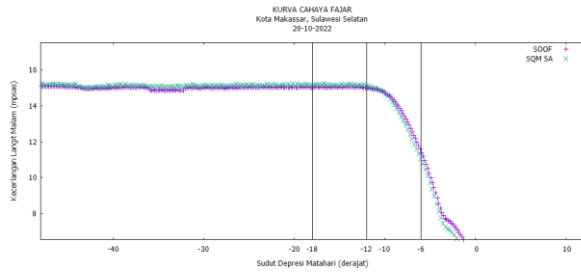
c. Makassar



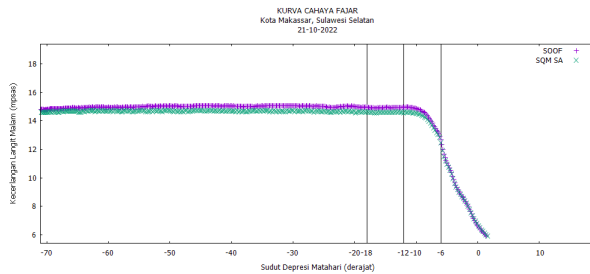
Gambar 47. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Makassar, 17 Oktober 2022



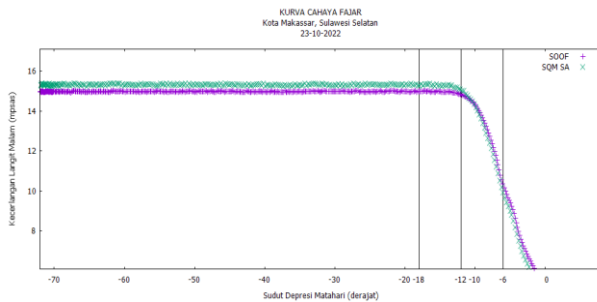
Gambar 48. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Makassar, 18 Oktober 2022



Gambar 49. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Makassar, 20 Oktober 2022



Gambar 50. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Makassar, 21 Oktober 2022



Gambar 51. Kurva hasil rekam SOOF dan SQM SA dari ufuk timur di Makassar, 23 Oktober 2022

Berikut adalah tabel rekapan perbandingan antara hasil pengamatan menggunakan SQM dan SOOF di tiga tempat berbeda.

No	Lokasi	Waktu	Illuminasi (%) – Kondisi Bulan	Cuaca	Kecerlangan Langit (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)	
						SOOF	SQM
1	Bulukumba	22 Sep 22	13,7-Wanning Crescent ¹⁰⁸	Berawan	22	- 18,3059°	- 17,8254°
		24 Sep 22	3-Wanning Crescent	Berawan	22	- 18,7899°	- 18,9569°
		25 Sep 22	1-Wanning Crescent	Cerah Berawan	22	- 19,1189°	- 19,5140°
		27 Sep 22	3-Waxing Crescent ¹⁰⁹	Berawan Cukup Tebal	21,9	-18,2409	-17,7429
		2 Okt 22	41-Waxing Crescent	Berawan Tipis	21,6	-19, 1882°	- 19,4160°
2	Takalar	3 Okt 22	55-First Quarter ¹¹⁰	Berawan	20,4	- 18,4530°	- 18,6759°

¹⁰⁸ *Wanning Crescent* atau Bulan Sabit Memudar adalah keadaan Bulan yang mulai mengecil dari keadaan setengah lingkaran pada hari ke-22 menjadi Bulan sabit tipis menjelang Bulan baru pada hari ke-29. Lihat Dinar Maftukh Fajar, *Modul Mata Kuliah: Bumi Dan Antariksa* (Jember: IAIN Jember, 2020). Hal. 9.

¹⁰⁹ *Waxing Crescent* atau Bulan sabit muda, yaitu keadaan munculnya Bulan sabit pertama (hilal) hingga Bulan tampak setengah lingkaran pada kuartil pertama (*First quarter*). Ini ditandai dengan membesarnya Bulan sabit hari pertama hingga hari ke-7. Lihat Fajar, *Modul Mata Kuliah: Bumi Dan Antariksa*. Hal. 9.

¹¹⁰ *First Quarter* atau Kuaril Pertama adalah keadaan Bulan berbentuk setengah lingkaran dari posisi awal berbentuk sabit (awal bulan). Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012). Hal. 174.

		4 Okt 22	63-Waxing Gibbous ¹¹¹	Berawan Tipis	20,6	- 18,4378°	- 18,6408°
		5 Okt 22	74-Waxing Gibbous	Awan Tebal	21,8	- 15,3822°	- 15,1146°
		7 Okt 22	91-Waxing-Gibbous	Berawan tipis di ufuk	20,6	- 16,6283°	- 17,9224°
		8 Okt 22	96-Waxing-Gibbous	Berawan	20,6	- 16,8948°	- 16,8223°
3	Makassar	17 Okt 22	55-Waning Gibbous ¹¹²	Berawan	14,9	- 9,11398°	- 9,96746°
		18 Okt 22	47-Last Quarter ¹¹³	Berawan	15	- 10,4639°	- 10,5431°
		20 Okt 22	26-Waning Crescent	Awan Tipis di Ufuk	15	- 12,4688°	- 12,0868°
		21 Okt 22	17-Waning Crescent	Mendung Flat	15	- 10,9657°	- 10,8362°
		23 Okt 22	6-Waning Crescent	Cukup Cerah	15	- 13,4247°	- 13,0400°

¹¹¹ Waxing Gibbous adalah proses membesarnya kenampakan Bulan dari setengah lingkaran menjadi Bulan purnama (full moon) atau kuartil kedua (*Second Quarter*). Ini terjadi pada hari ke-8 s/d hari ke-15. Lihat Fajar, *Modul Mata Kuliah: Bumi Dan Antariksa*. Hal. 9.

¹¹² Waning Gibbous adalah proses penurunan fase Bulan dari Bulan purnama menjadi setengah lingkaran pada kuartil ketiga (*Third Quarter*). Ini terjadi pada hari ke-15 s/d hari ke-21. Lihat Fajar, *Modul Mata Kuliah: Bumi Dan Antariksa*. Hal. 9.

¹¹³ Last Quarter (Kuartil Akhir) adalah awal fase akhir dari sebuah bulan dengan berbentuk setengah lingkaran. Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*. Hal. 174.

BAB IV

ANALISIS

PENGARUH TINGKAT KECERLANGAN LANGIT MALAM DALAM PENGAMATAN FAJAR ŠADIQ MENGUNAKAN SQM DAN SOOF

A. Analisis Pengaruh Tingkat Kecerlangan Langit Malam Terhadap Ketampakan Fajar Šadiq Melalui Pengamatan Menggunakan *Sky Quality Meter Stand Alone* dan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) di Sulawesi Selatan

Berdasarkan pemaparan di bab sebelumnya, dapat diketahui bahwa pada 15 hari pengamatan di tiga lokasi yang berbeda di Sulawesi Selatan, menghasilkan sudut depresi (dip) Matahari Subuh yang beragam. Perbedaan hasil pengamatan ini dipengaruhi oleh banyak variabel. Variabel yang mempengaruhi perbedaan dip Matahari Subuh ini diketahui sebagaimana disampaikan oleh Hendro Setyanto.

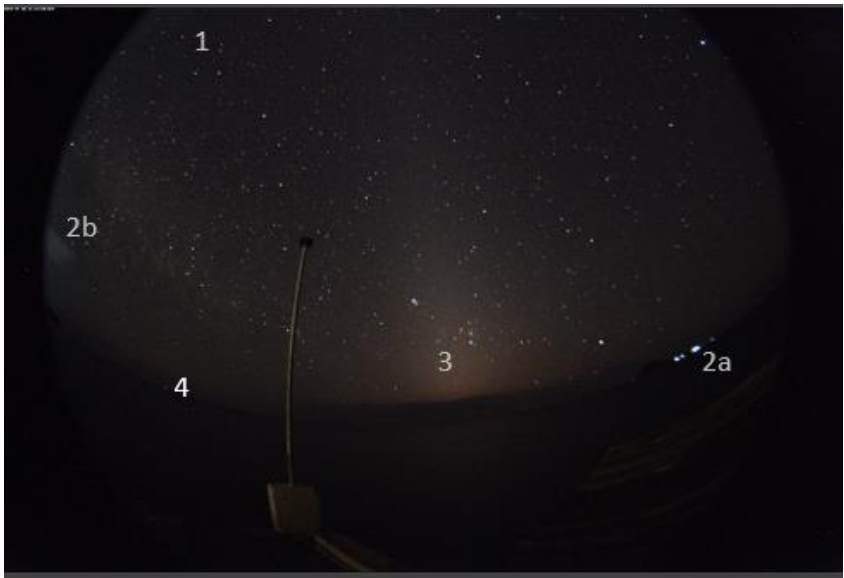
Variabel-variabel tersebut adalah:¹¹⁴

1. Arah pengamatan
2. Waktu pengamatan
3. Rentang pengamatan
4. Tehnik pengamatan

¹¹⁴ Disampaikan oleh Hendro Setiyanto pada sesi wawancara pada 1 Desember 2022

5. Lokasi pengamatan
6. Tehnik analisis pengamatan
7. Alat/instrumen pengamatan
8. Sumber cahaya

Terkait sumber cahaya, M. Basthoni dalam mengklasifikasikannya, membagi sumber cahaya menjadi 4 jenis cahaya. Sumber cahaya tersebut dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar 52. Sumber cahaya pada pengamatan Fajar oleh M. Basthoni

Adapun keterangan dari klasifikasi sumber cahaya di atas adalah sebagai berikut:

1. Cahaya Bintang (Kecerlangan berubah, cenderung tetap)

2. Cahaya Latar Depan (Polusi)
 - a) Lampu (Kecerlangan tetap)
 - b) Awan (Kecerlangan berubah, cenderung tidak teratur)
3. Cahaya Fajar Kāz īb (kecerlangan berubah dan teratur)
4. Cahaya Fajar Shodiq (kecerlangan berubah dan teratur)

Sementara itu, praktisi falak AR Sugeng Riadi mengatakan bahwa sejatinya bukan faktor instrumen yang menyebabkan beda dalam hasil pengamatan fajar Ṣādiq. Selama alat/instrumennya sama, meskipun beda orang dan beda lokasi tetap akan menghasilkan data yang sama, selama standar cara memakai alat itu sama. Beliau memberikan rekomendasi untuk pengamatan fajar adalah kamera DSLR karena menurut beliau fajar adalah “sinar” yang harus dilihat citra visualnya. Terkait SOOF, beliau sangat mengapresiasinya.¹¹⁵

Dalam kesempatan lain, tokoh astronomi Indonesia, Thomas Djamaluddin menegaskan bahwa masalah utama dari perbedaan dip waktu Subuh di Indonesia adalah gangguan polusi cahaya yang kadang tidak diperhatikan. Ada yang sama sekali mengabaikan polusi cahaya (seperti Prof. Tono Saksono). Ada yang mengetahui ada polusi

¹¹⁵ Disampaikan oleh AR Sugeng Riyadi pada sesi wawancara pada 1 Desember 2022.

cahaya, tetapi menganggap hasilnya setara dengan tanpa polusi cahaya (seperti Tim OIF UMSU).¹¹⁶

Thomas Djamaluddin melanjutkan, masalah kedua adalah adanya peneliti yang tidak memahami aspek fisis kemunculan fajar, sehingga lebih sibuk dengan model matematisnya bukan pada interpretasi fisis. Apa pun alatnya (SQM atau kamera), polusi cahaya tak terhindarkan. Solusinya hanya pada pemilihan lokasi yg gelap dan interpretasi kurva cahaya.¹¹⁷

Berdasarkan informasi tersebut, dapat diketahui bahwa polusi cahaya menjadi faktor yang paling berpengaruh dalam pengamatan fajar *Ṣādiq*, hal ini sangat masuk akal dan relevan karena kondisi langit pada zaman Rasulullah SAW saat mendeskripsikan bentuk fisis dari kedua fajar adalah sangat berbeda dengan kondisi langit saat ini, terlebih karena berbedanya latitude atau lintangnya.

Lintang suatu tempat sendiri sangat berpengaruh pada ketebalan atmosfer suatu lokasi yang akan menjadi media penghantar/penghambur cahaya fajar *kāz'ib* yang selanjutnya menjadi prasyarat masuknya fajar *Ṣādiq*. Sehingga untuk memperoleh data yang maksimal tentang sudut depresi waktu Subuh seperti di zaman Rasulullah, adalah dengan “mengkondisikan” langit sebagaimana

¹¹⁶ Disampaikan oleh Thomas Djamaluddin pada sesi wawancara pada 1 Desember 2022.

¹¹⁷ Disampaikan oleh Thomas Djamaluddin pada sesi wawancara pada 1 Desember 2022

langit di Zaman Rasulullah dalam arti kecerlangannya yang tidak terganggu oleh polusi cahaya. Sehingga sebagaimana yang disampaikan oleh Thomas Djamaluddin sebelumnya, bahwa solusinya hanya pada pemilihan lokasi yang gelap dan lokasi gelap dalam skala Bortle adalah kelas 1 dengan magnitudo 21,7-22,0 mpsas.

Setelah mengkaji standar waktu Subuh berdasarkan fiqh maka langkah pertama yang dilakukan sebelum melakukan pengamatan adalah melakukan pemetaan klasifikasi lokasi pengamatan berdasarkan tingkat kecerlangan langit malam melalui Skala Bortle. Penulis memilih 3 lokasi yang mewakili 3 kondisi kecerlangan langit pada skala Bortle yaitu kelas 1 (21,7-22,0 mpsas), kelas 4 (20,4-21,3 mpsas) dan kelas 9 ($\leq 18,0$ mpsas). Kemudian dilanjutkan pada tahap teknis penelitian tersebut diterapkan. Penelitian ini menggunakan instrumen/alat pengukuran yang berfungsi untuk mengukur kecerlangan langit, dalam hal ini SOOF dan SQM SA.

Beberapa alasan membandingkan alat SOOF dengan SQM adalah akurasi pendeteksi magnitudo kecerlangan langit oleh SQM telah diakui secara global¹¹⁸ oleh para pakar dan praktisi astronomi maupun para praktisi falak. Hal ini senada dengan seorang praktisi falak nasional yakni Hendro Setyianto yang mengatakan bahwa SQM adalah alat atau instrumen paling direkomendasikan dalam pengamatan kecerlangan langit karena keakuratannya. Beliau

¹¹⁸ Lihat Falchi et al., "The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness."

menjelaskan bahwa hal ini karena SQM memiliki ketelitian alat dengan skala pengukuran terkecil yaitu 0,01 magnitudo.¹¹⁹

Penelitian ini dilakukan selama 30 hari, namun setelah dilakukan filterisasi, seperdua data tidak digunakan karena adanya kendala teknis dan faktor hujan. Setelah data diakuisi dari masing-masing instrumen (SOOF dan SQM SA) kemudian dilakukan pengolahan dan analisis data secara bersama.

Untuk mengetahui Pengaruh Tingkat Kecerlangan Langit Malam Terhadap Ketampakan Fajar *Ṣādiq* Melalui Pengamatan Menggunakan *Sky Quality Meter Stand Alone* dan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF), maka akan dibandingkan data hasil rekam antara SOOF dan SQM SA.

Pengamatan fajar *Ṣādiq* menggunakan SOOF dan SQM SA selama 15 hari diketahui menghasilkan nilai yang berbeda-beda. Perbedaan yang dimaksud adalah perbedaan nilai hasil rekam antara SOOF dan SQM SA dalam satu hari sampai dengan 15 hari di tiga lokasi yang berbeda. Perbedaan ini tidak lepas dari perbedaan kecerlangan langit tiap lokasi tersebut yang dipengaruhi oleh cuaca dan gangguan polusi cahaya buatan seperti lampu rumah warga sekitar dan lampu kapal nelayan. Namun seperti apakah pengaruh tingkat kecerlangan langit pada pengamatan menggunakan kedua alat tersebut, hal inilah yang akan dilakukan analisis pada bab kali ini.

¹¹⁹ Disampaikan oleh Hendro Setiyanto pada sesi wawancara pada 1 Desember 2022.

Untuk menganalisis pengaruh tingkat kecerlangan langit pada pengamatan fajar Şādiq menggunakan SOOF dan SQM di tiga lokasi maka pertama kali dilakukan analisis ketinggian sudut depresi matahari awal Subuh. Dari tiga lokasi tersebut kemudian akan didapatkan tiga tingkat kecerlangan langit malam yang akan berpengaruh pada hasil perekaman data awal waktu Subuh tersebut.

Penulis sendiri menggunakan teknik Analisis Regresi Linear dan *Visual analysis* untuk mendeteksi kemunculan fajar *Şadik*. Dua metode ini dipilih karena bersifat kondisional terhadap kurva hasil plot data yang diperoleh. Analisis Regresi Linear hanya digunakan apabila kurva hasil plot memiliki garis lurus horizontal yang baik.

Analisis Regresi Linear merupakan analisis yang membutuhkan gradien dimana persamaan linear adalah $f(x) = ax + b$, sementara a adalah gradien. Analisis linear gradien membutuhkan batas nilai gradien berapa dikatakan telah belok. Maka diketahui bahwa di dalam garis linear pasti ada gradiennya, namun dalam hal ini gradien tidak menjadi fokus utama. Sehingga indikator titik belok suatu kurva adalah ketika lepas atau keluar atau di bawah garis putus-putus. Dimana garis putus-putus tersebut yaitu persamaan linear dikurangi sigma (standar deviasi).

Apabila tidak memenuhi syarat tersebut maka opsi selanjutnya adalah analisis visual. Selain efisien, analisis visual ini juga dapat memperlihatkan titik belok data secara fisis sehingga kita dapat

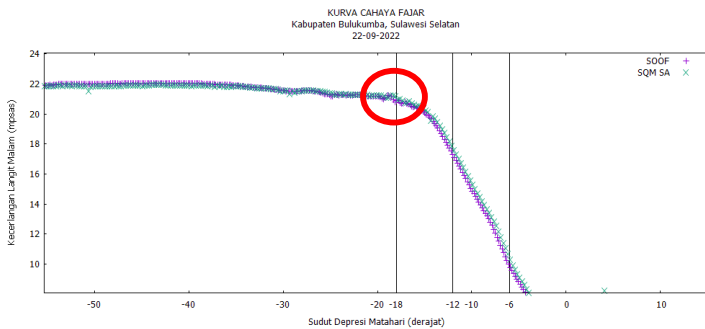
melihat titik belok dari kurva kecerlangan langit dengan mudah yang kemudian menjadi indikator kemunculan fajar sidik.

Berikut ini adalah hasil analisis dip waktu Subuh di tiga lokasi dengan tingkat kecerlangan langit yang berbeda menggunakan SOOF dan SQM SA:

1. Bulukumba

Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB ¹²⁰ (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
22 Sep 2022	13,7- Wanning Crescent ¹²¹	Berawan	22,00	-18,3059°	-17,8254°	Visual

Tabel 5. Data pengamatan pada tanggal 22 September 2022

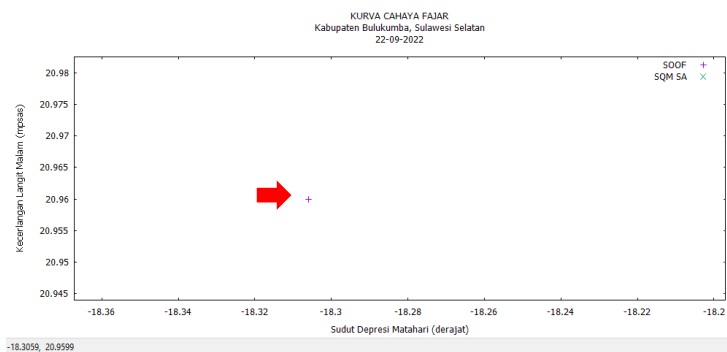


¹²⁰ *Night Sky Brightness* atau Kecerlangan Langit Malam

¹²¹ *Wanning Crescent* atau Bulan Sabit Memudar adalah keadaan Bulan yang mulai mengecil dari keadaan setengah lingkaran pada hari ke-22 menjadi Bulan sabit tipis menjelang Bulan baru pada hari ke-29. Lihat Fajar, *Modul Mata Kuliah: Bumi Dan Antariksa*. Hal. 9.

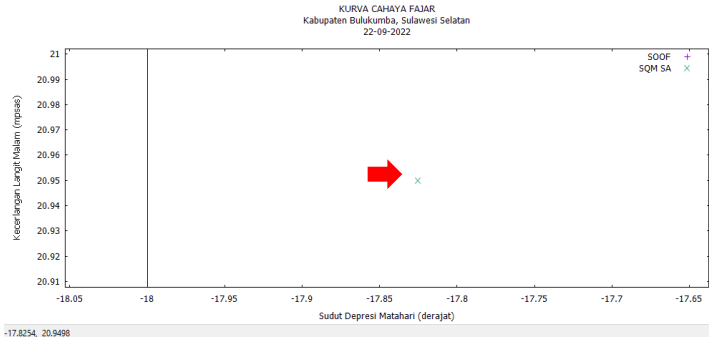
Gambar 53. Plot kurva pengamatan fajar pada tanggal 22 September 2022

Berdasarkan hasil analisis visual, dilihat bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -18° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara sfesifik titik belok kurva secara curam pada SOOF adalah $-18,3059^\circ$ (posisi tanda +).



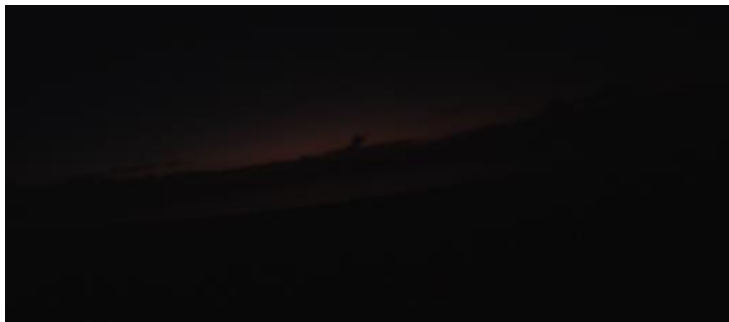
Gambar 54. Titik belok kurva SOOF pada tanggal 22 September 2022

Sedangkan titik belok pada kurva SQM SA adalah $-17,8254^\circ$ (posisi tanda x).



Gambar 55. Titik belok kurva SOOF pada tanggal 22 September 2022

Hasil diatas tidak lepas dari kondisi langit saat menjelang terbit fajar, terjadi pergerakan dari awan-awan di bagian ufuk timur. Hal ini dapat dilihat dari prediksi cuaca BMKG dan kondisi lapangan, hal ini dapat diverifikasi menggunakan hasil gambar yang diperoleh oleh camera SOOF, sebagai berikut:

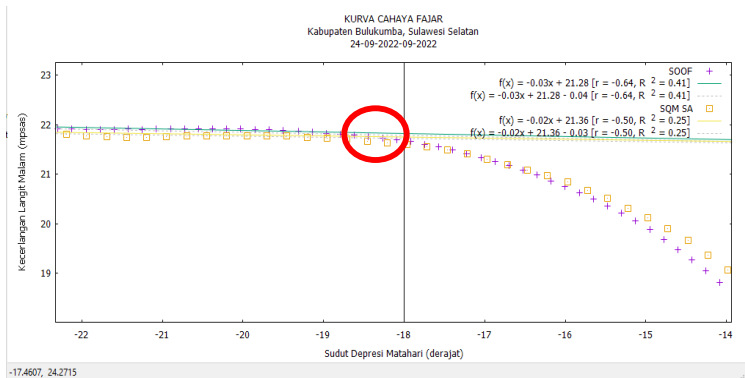


Gambar 56. Gambar hasil rekam kamera SOOF pada tanggal 22 September 2022

Bulan saat itu telah terbit dan berada di atas ufuk pada pukul 03.05 Wita dan terbenam pada 15.11 Wita. Meskipun berada di atas ufuk, bulan hanya memiliki iluminasi sebesar 13,7 % dengan kondisi *Wanning Crescent* (Menjelang bulan mati) sehingga pengaruhnya terhadap kecerlangan malam tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat dilihat dari magnitudo kecerlangan malam relatif masih pada angka 22.00 mpsas.

Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
24 Sep 2022	3–Wanning Crescent	Berawan	22	-18,7899°	-18,9569°	Regresi Linear

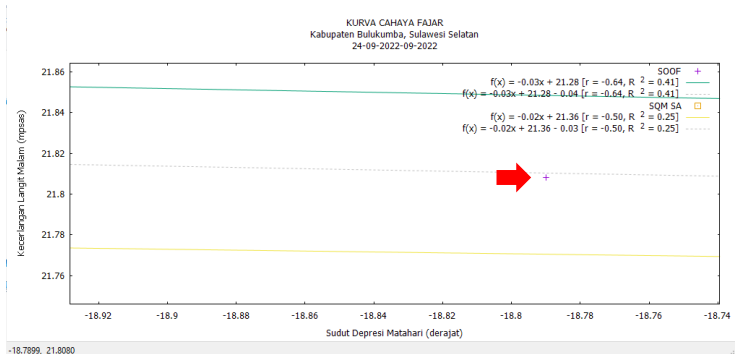
Tabel 6. Data pengamatan pada tanggal 24 September 2022



Gambar 57. Plot Kurva SOOF dan SQM SA tanggal 24 September 2022

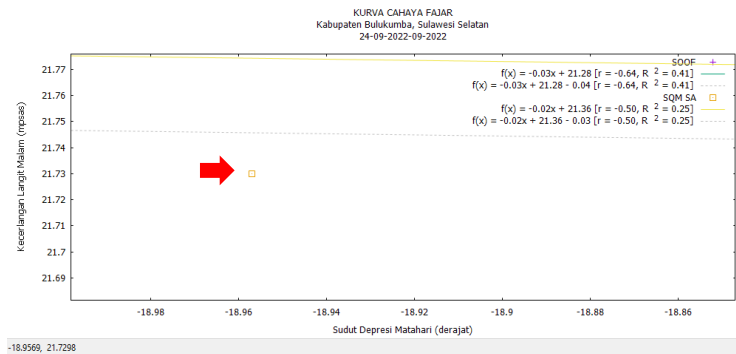
Berdasarkan analisis regresi linear di atas, dapat diketahui bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -18° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran

(zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara sfesifik, titik yang belok atau lepas dari garis putus-putus data SOOF adalah pada $-18,7899^\circ$ (posisi tanda +) seperti pada gambar berikut.



Gambar 58. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 24 September 2022

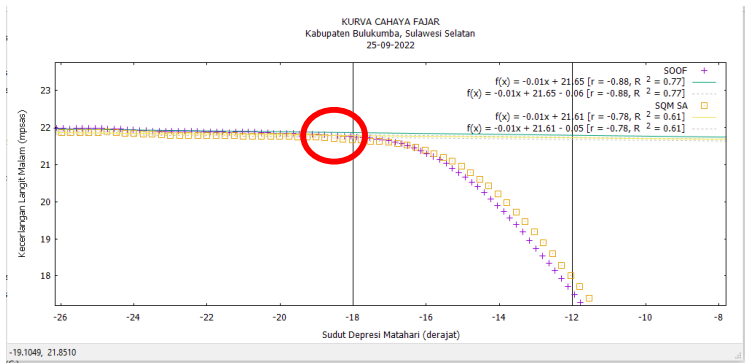
Sedangkan titik belok atau lepas dari garis putus-putus kurva SQM SA adalah pada $-18,9569^\circ$ (posisi tanda □) dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 59. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 24 September 2022

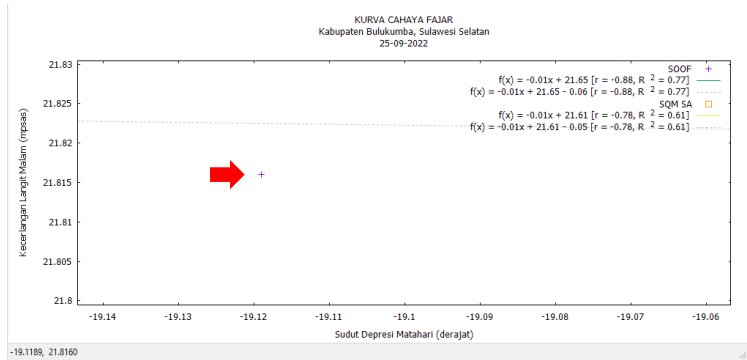
Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
25 Sep 2022	1-Wanning Cresent	Cerah Berawan	22	-19,1189°	-19,5140°	Regresi Linear

Tabel 7. Data pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 25 September 2022



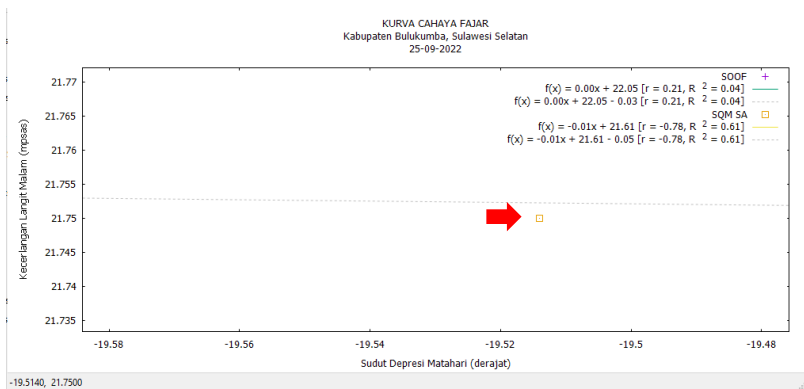
Berdasarkan hasil analisis regresi linear di atas, diketahui bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -19° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara sfesifik, titik yang belok atau lepas dari garis

putus-putus data SOOF adalah $-19,1189^\circ$ (posisi tanda $+$) seperti pada gambar berikut.



Gambar 60. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 25 September 2022

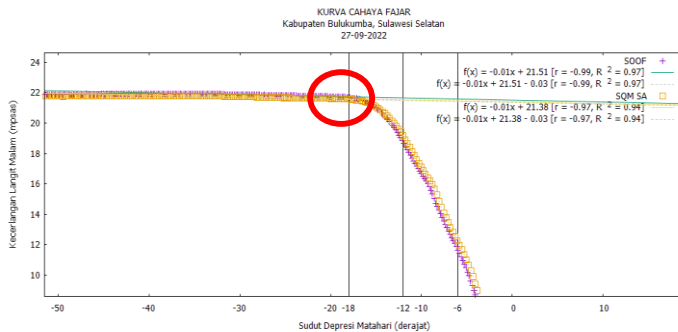
Sedangkan titik belok atau lepas dari garis putus-putus kurva SQM SA adalah pada $-19,5140^\circ$ (posisi tanda \square) dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 61. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 25 September 2022

Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
27 Sep 2022	3-Waxing Crescent ¹²²	Berawan	21,9	-18.2409	-17,7429	Regresi Linear
		Cukup tebal				

Tabel 8. Data hasil pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 27 September 2022

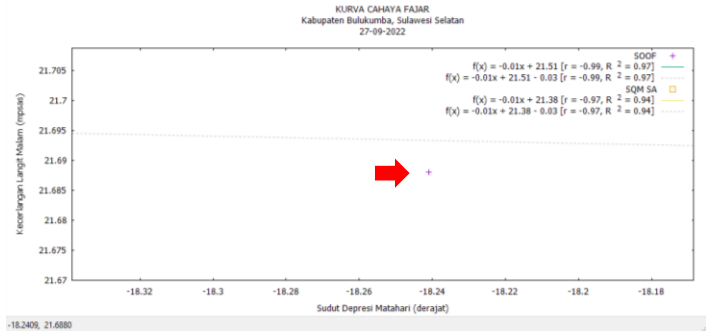


Gambar 62. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 27 September 2022

Berdasarkan hasil analisis regresi linear di atas, diketahui bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -19° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara sfesifik, titik yang belok atau lepas dari garis

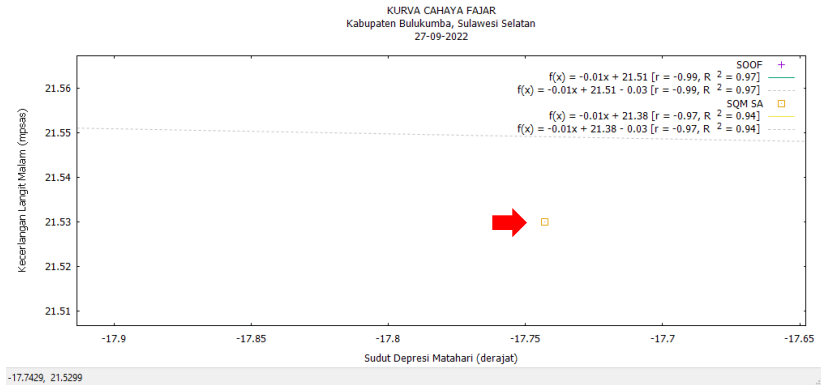
¹²² Waxing Crescent atau Bulan sabit muda, yaitu keadaan munculnya Bulan sabit pertama (hilal) hingga Bulan tampak setengah lingkaran pada kuartil pertama (*First quarter*). Ini ditandai dengan membesarnya Bulan sabit hari pertama hingga hari ke-7. Lihat Fajar, *Modul Mata Kuliah: Bumi Dan Antariksa*. Hal. 9.

putus-putus data SOOF adalah $-19,1189^\circ$ (posisi tanda $+$) seperti pada gambar berikut.



Gambar 63. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 27 September 2022

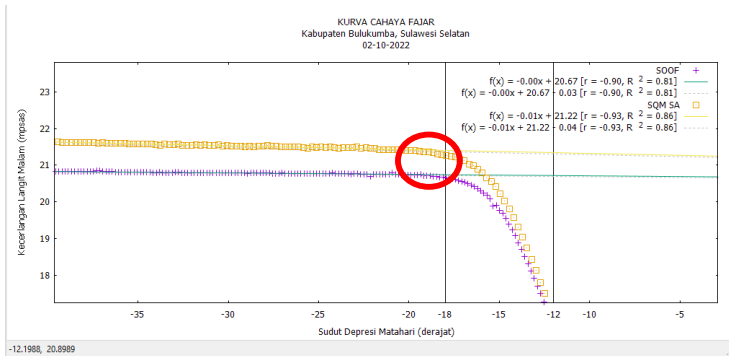
Sedangkan titik belok atau lepas dari garis putus-putus kurva SQM SA adalah pada $-17,7429^\circ$ (posisi tanda \square) dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 64. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 24 September 2022

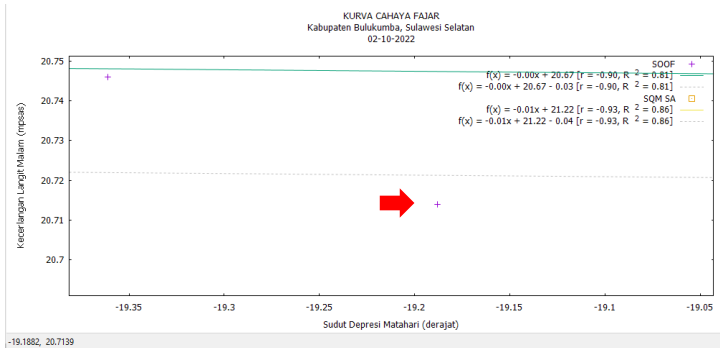
Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
02 Okt 2022	41-Waxing Crescent	Berawan	21,6	-19, 1882°	-19,4160°	Regresi Linear

Tabel 9. Data pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 02 Oktober 2022



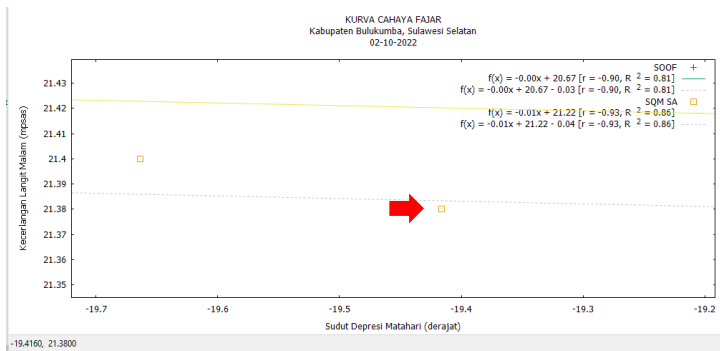
Gambar 65. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 02 Oktober 2022

Berdasarkan hasil analisis regresi linear di atas, diketahui bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -19° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara sfesifik, titik yang belok atau lepas dari garis putus-putus data SOOF adalah $-19,1882^\circ$ (posisi tanda +) seperti pada gambar berikut.



Gambar 66. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 02 Oktober 2022

Sedangkan titik belok atau lepas dari garis putus-putus kurva SQM SA adalah pada $-19,4160^\circ$ (posisi tanda □) dapat dilihat dari gambar berikut.

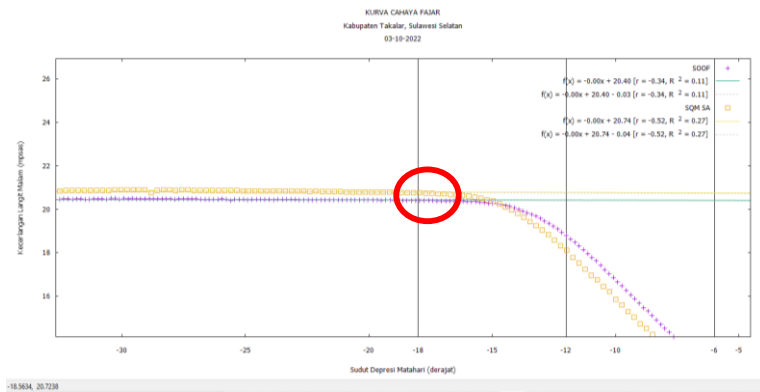


Gambar 67. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 02 Oktober 2022

2. Takalar

Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
3 Okt 22	55-First Quarter ¹²³	Berawan	20,4	-18,4530°	-18,6759°	Regresi Linear

Tabel 10. Data pengamatan fajar tanggal 03 Oktober 2022

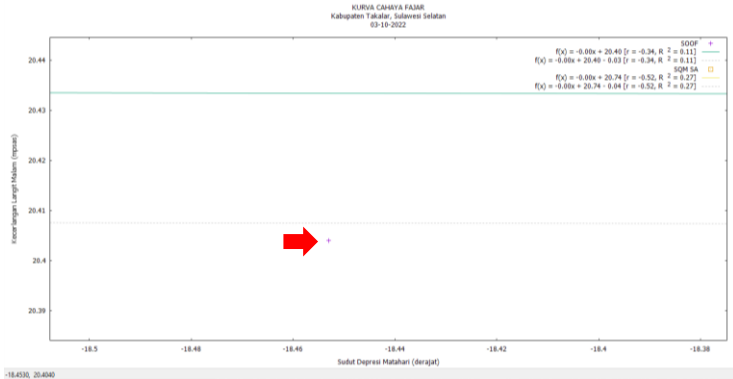


Gambar 68. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 03 Oktober 2022

Berdasarkan hasil analisis regresi linear di atas, diketahui bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -18° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara sfesifik, titik yang

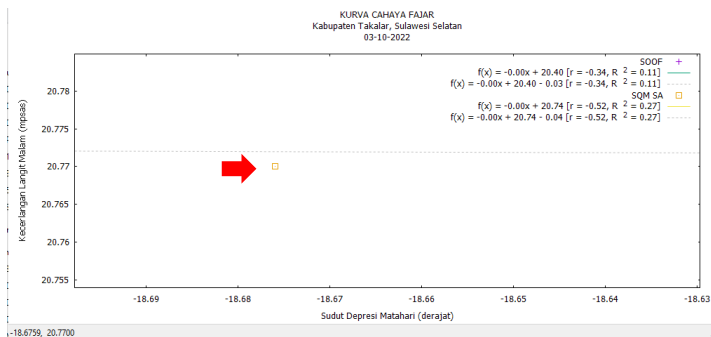
¹²³ *First Quarter* atau Kuaril Pertama adalah keadaan Bulan berbentuk setengah lingkaran dari posisi awal berbentuk sabit (awal bulan). Lihat Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*. Hal. 174.

belok atau lepas dari garis putus-putus data SOOF adalah $-18,4530^\circ$ (posisi tanda +) seperti pada gambar berikut.



Gambar 69. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 03 Oktober 2022

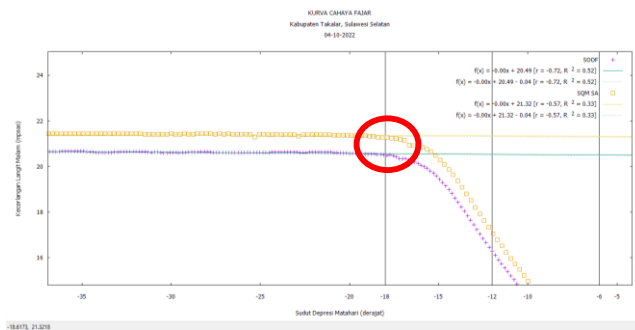
Sedangkan titik belok atau lepas dari garis putus-putus kurva SQM SA adalah pada $-18,9569^\circ$ (posisi tanda □) dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 70. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 03 Oktober 2022

Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
4 Okt 22	63-Waxing Gibbous ¹²⁴	Berawan Tipis	20,6	-18,4378°	-18,6408°	Regresi Linear

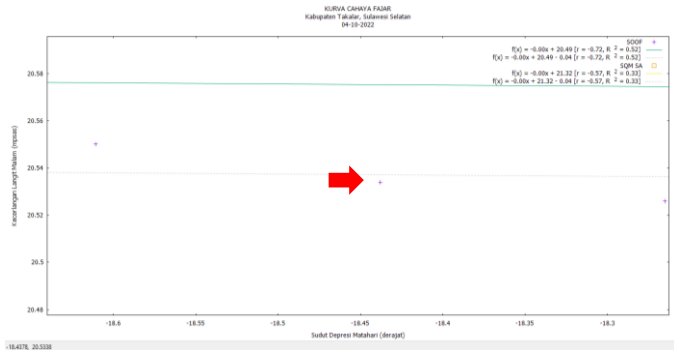
Tabel 11. Data Pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 04 Oktober 2022



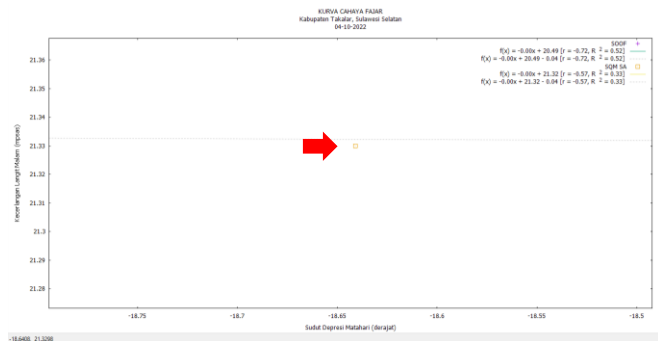
Gambar 71. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 04 Oktober 2022

Berdasarkan hasil analisis regresi linear di atas, diketahui bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -18° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara spesifik, titik yang belok atau lepas dari garis putus-putus data SOOF adalah $-18,4378^{\circ}$ (posisi tanda +) seperti pada gambar berikut.

¹²⁴ Waxing Gibbous adalah proses membesarnya kenampakan Bulan dari setengah lingkaran menjadi Bulan purnama (full moon) atau kuartil kedua (*Second Quarter*). Ini terjadi pada hari ke-8 s/d hari ke-15. Lihat Fajar, *Modul Mata Kuliah: Bumi Dan Antariksa*. Hal. 9.



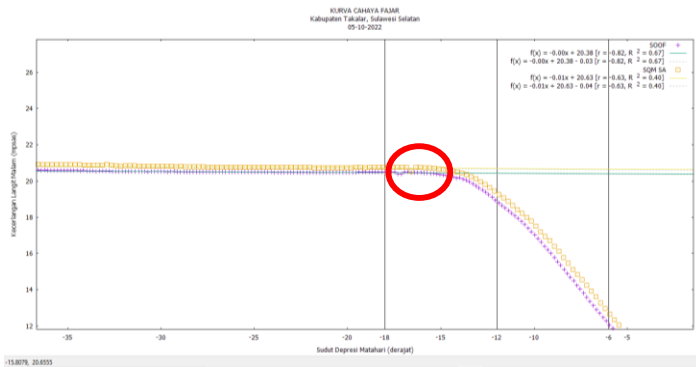
Gambar 72. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 04 Oktober 2022



Gambar 73. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 04 Oktober 2022

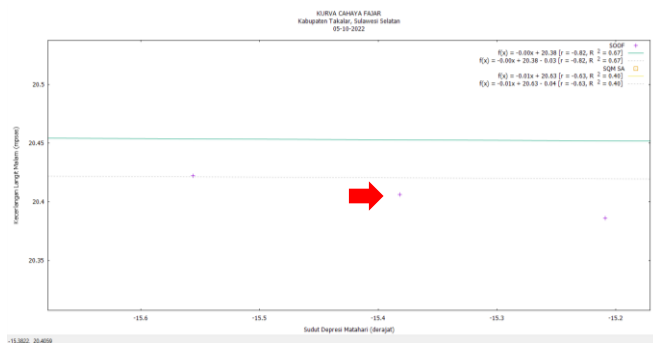
Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
5 Okt 22	74-Waxing Gibbous	Awan Tebal	21,8	-15,3822°	-15,1146°	Regresi Linear

Tabel 12. Data pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 05 Oktober 2022



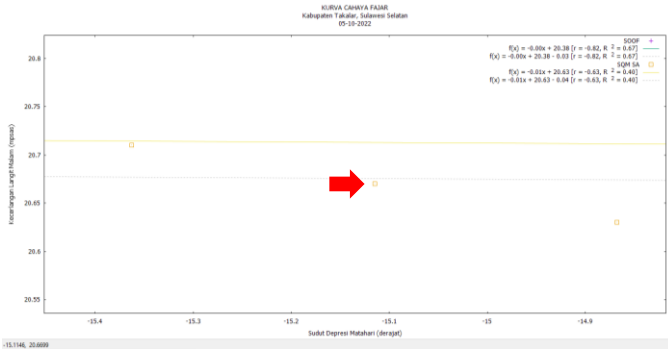
Gambar 74. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 05 Oktober 2022

Berdasarkan hasil analisis regresi linear di atas, diketahui bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -15° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara spesifik, titik yang belok atau lepas dari garis putus-putus data SOOF adalah $-19,1189^\circ$ (posisi tanda +) seperti pada gambar berikut.



Gambar 75. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 05 Oktober 2022

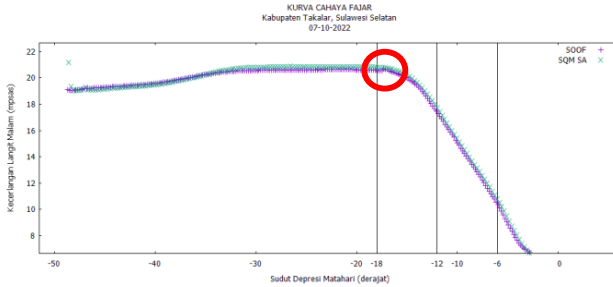
Sedangkan titik belok atau lepas dari garis putus-putus kurva SQM SA adalah pada $-15,1146^\circ$ (posisi tanda □) dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 76. Titik lepas Kurva SQM SA pada tanggal 05 Oktober 2022

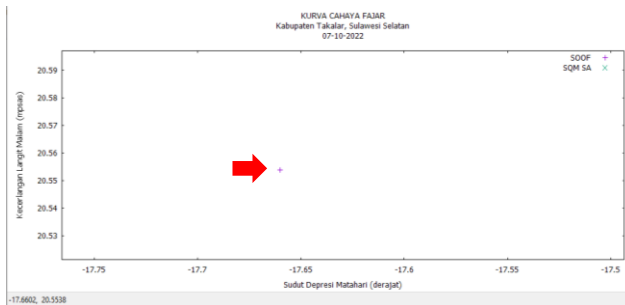
Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
7 Okt 22	91-Waxing- Gibbous	Berawan tipis di ufuk	20,6	-16,6283°	-17,9224°	Visual

Tabel 13. Data pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 07 Oktober 2022



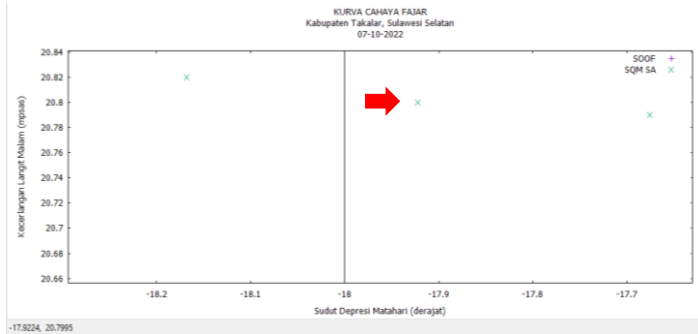
Gambar 77. Kurva pengamatan fajar pada tanggal 07 Oktober 2022

Berdasarkan hasil analisis visual, dilihat bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -17° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara spesifik titik belok kurva secara curam pada SOOF adalah $17,6602^{\circ}$ (posisi tanda +).



Gambar 78. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 07 Oktober 2022

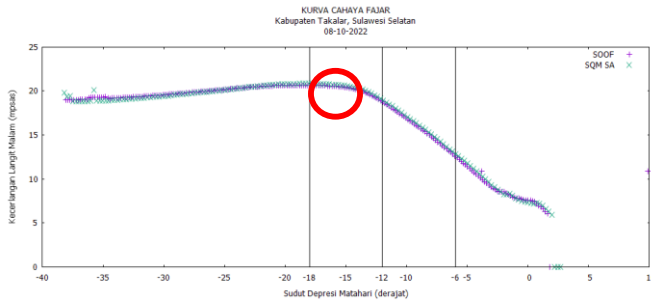
Sedangkan titik belok pada kurva SQM SA adalah $17,9224^{\circ}$ (posisi tanda x).



Gambar 79. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 07 Oktober 2022

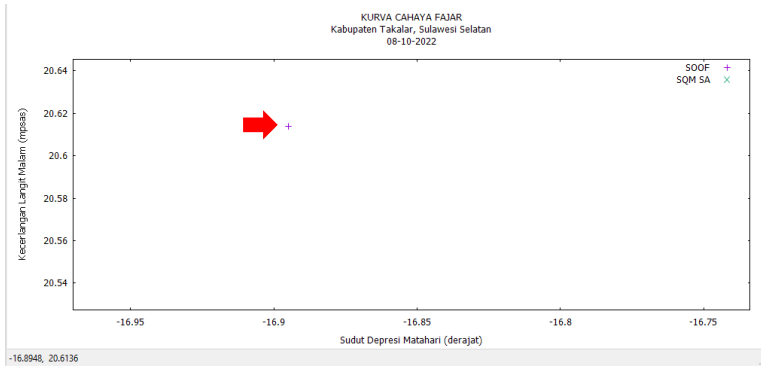
Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
8 Okt 2022	96-Waxing- Gibbous	Berawan	20,6	-16,8948°	-16,8223°	Visual

Tabel 14. Data pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 08 Oktober 2022



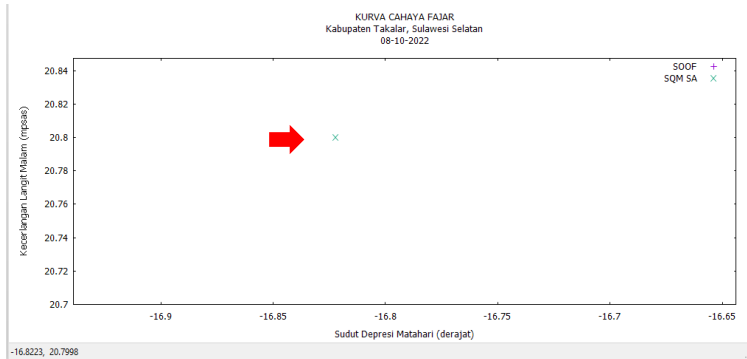
Gambar 80. Kurva pengamatan fajar pada tanggal 08 Oktober 2022

Berdasarkan hasil analisis visual, dilihat bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -16° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara spesifik titik belok kurva secara curam pada SOOF adalah $-16,8948^{\circ}$ (posisi tanda $+$). Hal ini dapat dilihat pada kurva berikut.



Gambar 81. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 08 Oktober 2022

Sedangkan titik belok pada kurva SQM SA adalah $-16,8223^{\circ}$ (posisi tanda x).



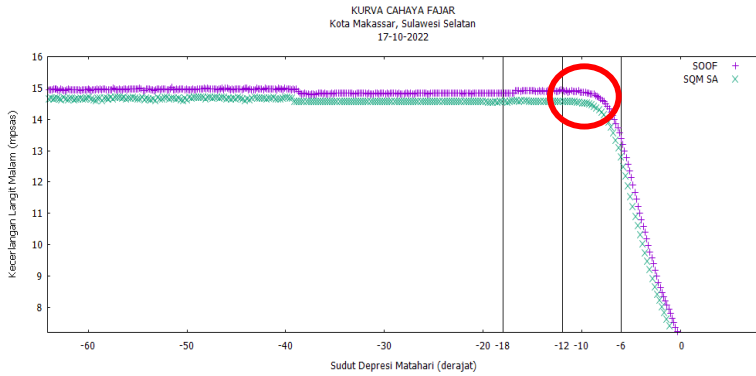
Gambar 82. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 08 Oktober 2022

3. Makassar

Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
17 Okt 22	55-Waning Gibbous ¹²⁵	Berawan	14,9	-9,11398°	-9,96746°	Visual

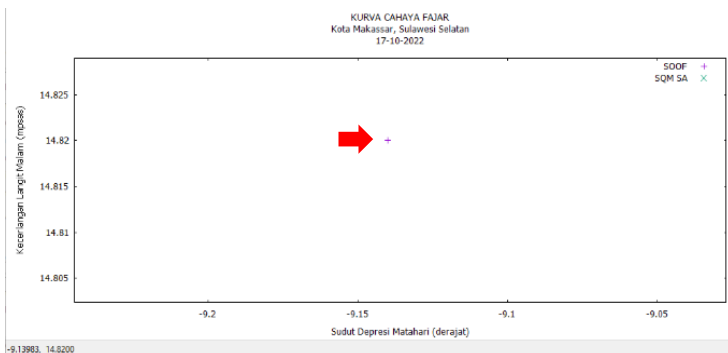
Tabel 15. Data pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 04 Oktober 2022

¹²⁵Waning Gibbous adalah proses penurunan fase Bulan dari Bulan purnama menjadi setengah lingkaran pada kuartil ketiga (*Third Quarter*). Ini terjadi pada hari ke-15 s/d hari ke-21. Lihat Fajar, *Modul Mata Kuliah: Bumi Dan Antariksa*. Hal. 9.



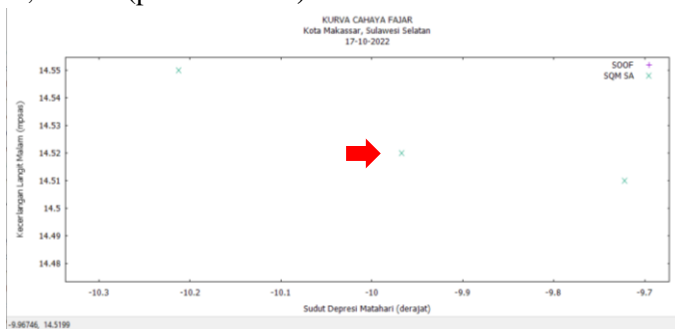
Gambar 83. Kurva pengamatan fajar pada tanggal 17 Oktober 2022

Berdasarkan hasil analisis visual, dilihat bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -9° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara sfesifik titik belok kurva secara curam pada SOOF adalah $-9,13983^\circ$ (posisi tanda +). Hal ini dapat dilihat pada kurva berikut.



Gambar 84. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 17 Oktober 2022

Sedangkan titik belok pada kurva SQM SA adalah $-9,96746^\circ$ (posisi tanda **x**).

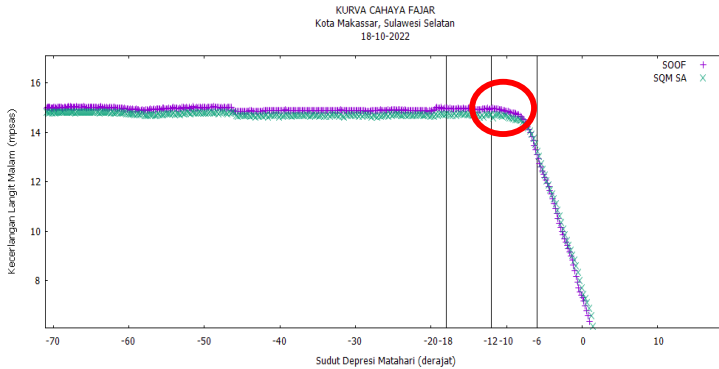


Gambar 85. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 17 Oktober 2022

Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh ($^\circ$)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
18 Okt 22	47-Last Quarter ¹²⁶	Berawan	15	$-10,4639^\circ$	$-10,5431^\circ$	Visual

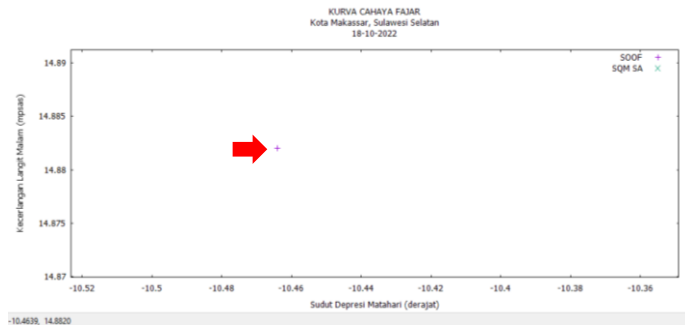
Tabel 16. Data pengamatan menggunakan SOOF dan SQM SA tanggal 18 Oktober 2022

¹²⁶ Last Quarter (Kuartil Akhir) adalah awal fase akhir dari sebuah bulan dengan berbentuk setengah lingkaran. Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*. Hal. 174.



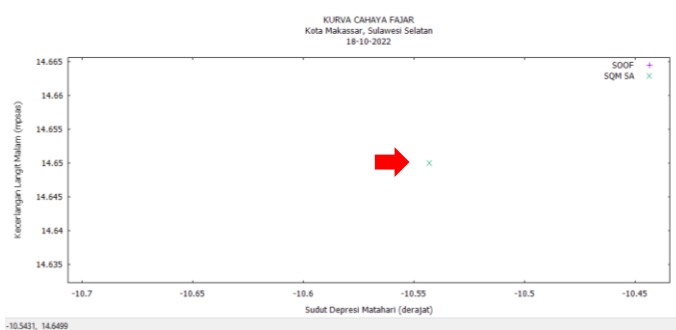
Gambar 86. Kurva pengamatan fajar pada tanggal 18 Oktober 2022

Berdasarkan hasil analisis visual, dilihat bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -10° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara spesifik titik belok kurva secara curam pada SOOF adalah $-10,4639^{\circ}$ (posisi tanda +). Hal ini dapat dilihat pada kurva berikut.



Gambar 87. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 18 Oktober 2022

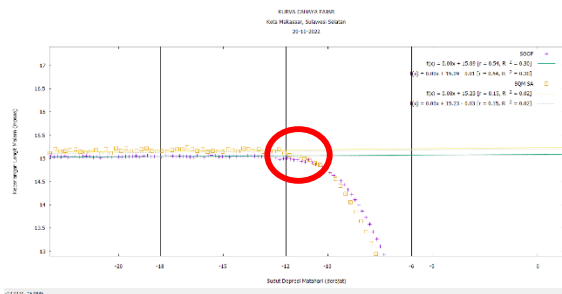
Sedangkan titik belok pada kurva SQM SA adalah -10,5431° (posisi tanda x).



Gambar 88. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 18 Oktober 2022

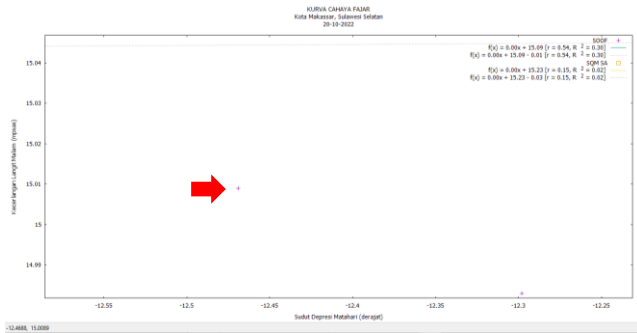
Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
20 Okt 22	26-Waning Crescent	Awan Tipis di Ufuk	15	-12,4688°	-12,0868°	Regresi Linear

Tabel 17. Data pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 20 Oktober 2022



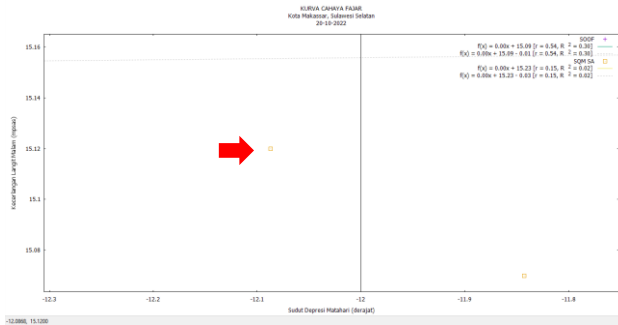
Gambar 89. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 20 Oktober 2022

Berdasarkan hasil analisis regresi linear di atas, diketahui bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -12° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara sfesifik, titik yang belok atau lepas dari garis putus-putus data SOOF adalah $-12,4688^\circ$ (posisi tanda $+$) seperti pada gambar berikut.



Gambar 90. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 10 Oktober 2022

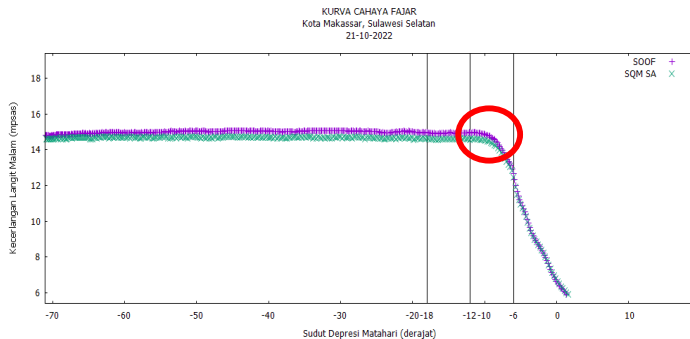
Sedangkan titik belok atau lepas dari garis putus-putus kurva SQM SA adalah pada $-12,0868^\circ$ (posisi tanda \square) dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 91. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 20 Oktober 2022

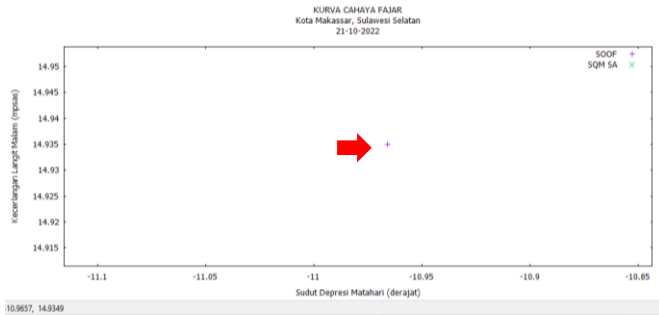
Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
21 Okt	17-Waning	Mendung	15	-10,9657°	-10,8362°	Visual
22	Cresent	Flat				

Tabel 18. Data Pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 21 Oktober 2022



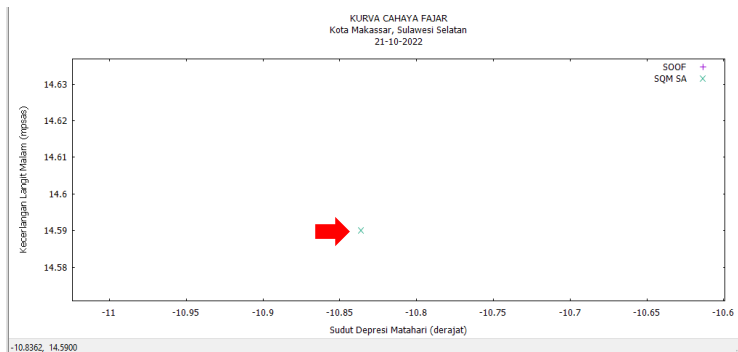
Gambar 92. Kurva pengamatan fajar pada tanggal 21 Oktober 2022

Berdasarkan hasil analisis visual, dilihat bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -10° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara spesifik titik belok kurva secara curam pada SOOF adalah $-10,9657^\circ$ (posisi tanda $+$). Hal ini dapat dilihat pada kurva berikut.



Gambar 93. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 21 Oktober 2022

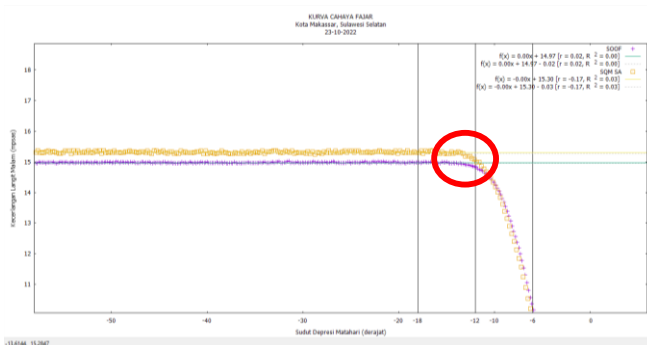
Sedangkan titik belok pada kurva SQM SA adalah $-10,8362^\circ$ (posisi tanda x).



Gambar 94. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 21 Oktober 2022

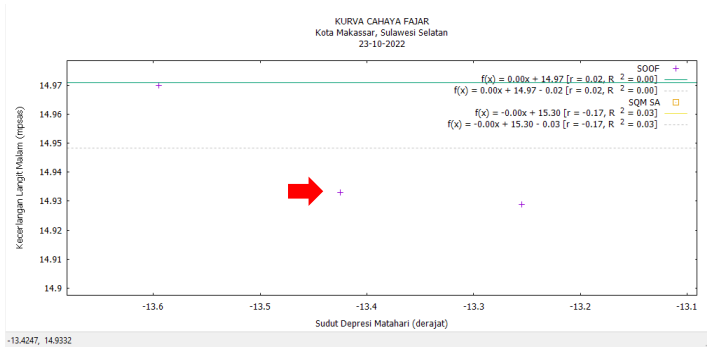
Waktu	Illum. (%) – Fase Bulan	Cuaca	NSB (MPSAS)	Dip Matahari Subuh (°)		Metode Analisis
				SOOF	SQM	
23 Okt 22	6-Waning Crescent	Cukup Cerah	15	-13,4247°	-13,0400°	Regresi Linear

Tabel 19. Data pengamatan SOOF dan SQM SA tanggal 23 Oktober 2022



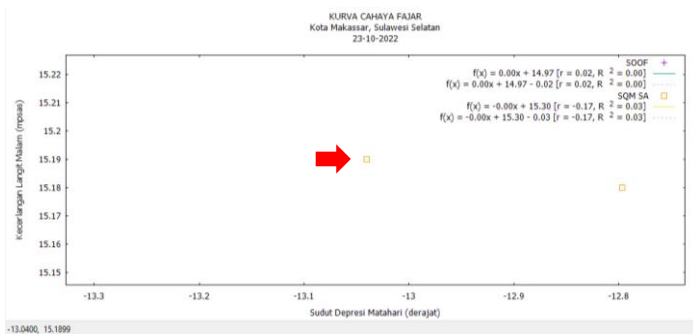
Gambar 95. Plot Kurva dan Analisis Linear SOOF dan SQM SA pada tanggal 23 Oktober 2022

Berdasarkan hasil analisis regresi linear di atas, diketahui bahwa kurva relatif curam pada sudut depresi sekitar -13° (lingkaran merah). Setelah dilakukan pembesaran (zoom in) pada daerah sekitar lingkaran merah tersebut didapatkan bahwa secara sfesifik, titik yang belok atau lepas dari garis putus-putus data SOOF adalah $-13,4247^\circ$ (posisi tanda +) seperti pada gambar berikut.



Gambar 96. Titik belok Kurva SOOF pada tanggal 23 Oktober 2022

Sedangkan titik belok atau lepas dari garis putus-putus kurva SQM SA adalah pada $-13,0400^\circ$ (posisi tanda □) dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 97. Titik belok Kurva SQM SA pada tanggal 23 Oktober 2022

Berdasarkan uraian analisis di atas, diketahui bahwa semakin cerlang langit suatu lokasi maka semakin rendah sudut depresi matahari Subuh pada lokasi tersebut, sebaliknya semakin

polutif suatu lokasi maka semakin tinggi sudut depresi matahari Subuh pada lokasi tersebut. Rumusan ini berlaku bagi kedua instrumen, SOOF maupun SQM SA.

Hal ini dapat dilihat dari pengaruh masing-masing daerah yang cukup signifikan pada kedua alat tersebut. Daerah Bulukumba memiliki kecerlangan yang baik (21,6 - 22,0 mpsas) sehingga hasil penelitian menggunakan SOOF cenderung menghasilkan Dip Matahari rendah kisaran $-18,24^{\circ}$ sd. $-19,18^{\circ}$. Hal demikian pula terjadi pada hasil penelitian menggunakan SQM SA yang cenderung menghasilkan Dip Matahari kisaran antara $-17,74^{\circ}$ sd $-19,51^{\circ}$.

Adapun daerah Takalar yang memiliki tingkat kecerlangan sedang, (20,4-21,8 mpsas) memberikan pengaruh yang cukup signifikan pada nilai dip waktu Subuh yang diperoleh dari hasil penelitian menggunakan SOOF yakni cenderung pada kisaran $-15,1^{\circ}$ sd $-18,4^{\circ}$. Hal demikian pula terjadi pada hasil penelitian menggunakan SQM SA yang menghasilkan Dip Matahari pada angka $-15,1^{\circ}$ sd $-18,6^{\circ}$.

Tingkat kecerlangan langit buruk (polutif) yang memiliki nilai kecerlangan langit 14,9-15,0 mpsas pada Kota Makassar semakin memberikan pengaruh terhadap tingginya dip matahari. Daerah tersebut memberikan pengaruh yang sangat signifikan pada SOOF karena menghasilkan data dip matahari pada angka $-9,1^{\circ}$ sd.

-13,4°. Sementara pada SQM SA menghasilkan nilai dip antara -9,9° sd. -13,0°.

Kata kuncinya adalah pengamatan ketinggian awal waktu Subuh itu adalah benar-benar harus dilaksanakan pada langit gelap sesuai dengan kegelapan malam pada zaman rasulullah SAW, dengan indikator tidak adanya polusi udara, polusi cahaya. Sehingga itu menjadi catatan penting supaya kita mendapatkan data yang akurat.¹²⁷

Hal yang perlu diperhatikan pula selain tingkat kecerlangan langit suatu lokasi adalah cuaca seperti pergerakan awan dan intensitas hujan. Sehingga tidak dianjurkan untuk meneliti pada musim hujan dan menjelang hujan. Selain itu, diperhatikan juga fase bulan yang menghasilkan iluminasi yang dapat menjadi polusi cahaya alami dalam pengamatan fajar.

B. Analisis Akurasi Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) pada pengamatan fajar ṣādiq di Sulawesi Selatan

Analisis uji-t independent test merupakan pengujian hipotesis. Uji t ini bermaksud untuk mengetahui signifikansi perbedaan data hasil rekam alat SOOF dan SQM SA dalam pengamatan fajar Ṣādiq selama 15 hari di 3 lokasi di Sulawesi Selatan.

¹²⁷ Disampaikan dalam sesi wawancara langsung pada Rabu, 7 Desember 2022.

Group Statistics					
Alat		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Dip	SOOF	15	-15.7251	3.51456	.90746
Subuh	SQM SA	15	-15.8070	3.53321	.91227

Tabel 20. Output Analisis Uji-t Independent test

Berdasarkan hasil analisis uji-t independen via SPSS, diketahui bahwa jumlah sampel masing-masing kelompok (alat) adalah sama yaitu 15 data sampel. Selain itu didapat nilai rerata dip menggunakan SOOF $-15,7251^{\circ}$ dan SQM SA $-15,8070^{\circ}$. Secara deskriptif dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rerera nilai statistika antara dip hasil pengamatan menggunakan SOOF dan menggunakan SQM SA. Untuk membuktikan apakah perbedaan tersebut signifikan atau tidak maka dapat dilihat pada tabel berikut.

Independent Samples Test											
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Significance One-Sided p	Significance Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
										Lower	Upper
DIP	Equal variances assumed	.029	.867	.064	28	.475	.950	.08185	1.28675	-2.55393	2.71763
	Equal variances not assumed			.064	27.999	.475	.950	.08185	1.28675	-2.55393	2.71763

Tabel 21. Output Uji t Independen menggunakan SPSS

Interpretasi dari output yang kedua, **Independent Samples Test** adalah diketahui bahwa nilai Sig. Levene's Test for Equality of Variances sebesar $0,867 > 0,05$. Artinya, varians data antara dip menggunakan SOOF dan SQM SA adalah HOMOGEN, sehingga penafsiran tabel Independent Samples Test berpedoman pada equal variances assumed untuk nilai Sig (one side dan two side) yaitu sebesar $0,475$ untuk one side dan $0,950$ untuk two side yang keduanya $> 0,05$. Berdasarkan hasil tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa H_0 diterima dan H_a ditolak, artinya terdapat persamaan antara rerata hasil Dip Subuh menggunakan instrumen SOOF dan SQM SA.

Berdasarkan analisis Uji t Independent tersebut, diketahui bahwa nilai dip waktu Subuh yang diperoleh dari alat SOOF memiliki persamaan dengan nilai dip waktu Subuh yang diperoleh dari alat SQM SA. Hal ini membuktikan bahwa alat SOOF akurat berdasarkan pengamatan lapangan dengan menyandingkannya dengan alat yang telah diakui akurat secara global yaitu Sky Quality Meter.

“Sistem yang ada dalam SOOF ini diakui luar biasa”¹²⁸ oleh AR Sugeng Riyadi, karena selain praktis dan efisien tapi juga dapat bersaing keakuratannya dengan alat atau instrumen yang telah masyhur digunakan oleh praktisi kecerlangan langit yang

¹²⁸ Disampaikan saat sesi wawancara pada kamis, 1 Desember 2022

ada di dunia astronomi. Seluruh komponen yang dimiliki oleh SOOF membuat instrumen ini menjadi primadona dalam pengamatan fajar di seluruh Indonesia, tak terkecuali oleh Kementerian Agama RI yang juga menggunakannya dalam beberapa kesempatan verifikasi awal waktu Salat Subuh.

Ahmad Izzuddin selaku ahli falak nasional menambahkan bahwa “Alat ini sudah cukup ideal yang berupaya untuk mendapatkan data yang cukup komprehensif dan beberapa hal kelemahan pada SQM sudah dikolaborasi dengan piranti-piranti yang lain”. Adapun terkait beberapa metode analisis yang digunakan oleh penulis, itu cukup memberikan gambaran, bagaimana kalau kita mendapatkan data yang tidak jauh berbeda selisihnya berarti cukup akurat. Hal ini berarti SOOF dapat diuji verifikasi dengan menggunakan berbagai pendekatan.”¹²⁹

Adapun untuk hasil dip matahari Subuh yang dijadikan patokan dalam tesis ini adalah bukan rerata yakni $-15,8^{\circ}$ sebagaimana yang tampil pada output analisis SPSS tersebut karena itu hanyalah nilai rerata dari keseluruhan hari dan lokasi pengamatan yang dilakukan. Nilai dip yang dijadikan rekomendasi dalam pengamatan dip matahari Subuh pada tesis ini adalah angka $-19,5^{\circ}$.

¹²⁹ Disampaikan dalam sesi wawancara langsung pada Rabu, 7 Desember 2022.

Hal ini berdasarkan pedoman fiqh yang disebutkan oleh Ahmad Yazid Fattah bahwa nilai yang diambil dari hasil pengamatan bukanlah hasil rata-rata karena bersifat akumulatif dan general tetapi yang dipilih adalah yang memiliki nilai paling rendah.¹³⁰ Senada dengan beliau, Pak Ahmad Izzuddin selaku ahli Falak Nasional juga menegaskan bahwa nilai pengamatan dip matahari Subuh yang harusnya digunakan adalah bukan rata-ratanya.¹³¹

¹³⁰ Disampaikan dalam sesi wawancara pada Sabtu, 3 Desember 2022.

¹³¹ Disampaikan dalam sesi wawancara langsung pada Rabu, 7 Desember 2022.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dituangkan dalam bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin cerlang suatu lokasi maka semakin rendah sudut depresi matahari Subuh lokasi tersebut, sebaliknya, semakin polutif suatu lokasi maka semakin tinggi sudut depresi matahari awal waktu Subuh lokasi tersebut. Rumusan ini berlaku bagi kedua instrumen baik SOOF maupun SQM SA.

Hal ini dapat dilihat dari pengaruh masing-masing daerah yang cukup signifikan pada kedua alat tersebut. Daerah Bulukumba memiliki kecerlangan yang baik (21,6 - 22,0 mpsas) sehingga hasil penelitian menggunakan SOOF cenderung menghasilkan Dip Matahari rendah kisaran -18,24° sd. -19,18°. Hal demikian pula terjadi pada hasil penelitian menggunakan SQM SA yang cenderung menghasilkan Dip Matahari kisaran antara -17,74° sd -19,51°.

Adapun daerah Takalar yang memiliki tingkat kecerlangan sedang, (20,4-21,8 mpsas) memberikan pengaruh yang cukup signifikan pada nilai dip waktu Subuh yang

diperoleh dari hasil penelitian menggunakan SOOF yakni cenderung pada kisaran $-15,1^{\circ}$ sd $-18,4^{\circ}$. Hal demikian pula terjadi pada hasil penelitian menggunakan SQM SA yang menghasilkan Dip Matahari pada angka $-15,1^{\circ}$ sd $-18,6^{\circ}$.

Tingkat kecerlangan langit buruk (polutif) yang memiliki nilai kecerlangan langit 14,9-15 mpsas pada Kota Makassar semakin memberikan pengaruh terhadap tingginya dip matahari awal waktu Subuh. Daerah tersebut memberikan pengaruh yang sangat signifikan pada SOOF karena menghasilkan data dip matahari pada angka $-9,1^{\circ}$ sd. $-13,4^{\circ}$. Sementara pada SQM SA menghasilkan nilai dip antara $-9,9^{\circ}$ sd. $-13,0^{\circ}$.

2. Tingkat akurasi Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) pada pengamatan fajar *ṣādiq* di Sulawesi Selatan tergolong sangat baik, hal ini terbukti setelah dilakukan analisis *uji Independen t test* untuk mengetahui signifikansi data sudut depresi matahari di 3 lokasi antara data hasil rekam SOOF dengan SQM SA didapatkan bahwa dalam tabel output Independent Samples Test yang berpedoman pada equal variances assumed untuk nilai Signifikansi yaitu sebesar $0,950 > 0,05$. Berdasarkan hasil tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa H_0 diterima dan H_a

ditolak, artinya terdapat persamaan antara rerata hasil Dip Subuh menggunakan instrumen SOOF dan SQM SA.

Hal ini membuktikan bahwa alat SOOF akurat berdasarkan pengamatan lapangan dengan menyandingkannya dengan alat yang telah diakui akurat secara global yaitu Sky Quality Meter. Sehingga SOOF sudah akurat dengan berbagai pendekatan dan penggunaannya bisa mewakili setidaknya dua instrumen lainnya yakni SQM maupun kamera.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka penulis dapat memberikan saran yaitu sebagai berikut:

1. Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) maupun SQM Stand Alone dapat digunakan sebagai alat verifikasi dalam penentuan awal waktu salat Subuh. Akan tetapi untuk memperoleh hasil yang akurat, kecerlangan langit suatu lokasi sangat penting untuk diperhatikan. Sangat diharuskan kondisi langit mesti cerlang yakni pada kelas 1 pada skala Bortle.
2. Daya listrik yang menjadi power supply untuk mengaktifkan instrumen menjadi kendala tersendiri apalagi pengamatan ideal dilakukan di daerah gelap yang

jauh dari jangkauan polusi cahaya. Opsi power supply alat portable perlu dihadirkan untuk memudahkan dan efisiensi penggunaan alat.

3. Masih perlu dilakukan pengembangan fitur hardware maupun software pada SOOF sehingga dapat menghasilkan data yang lebih akurat secara praktis dan efisien seperti pada fitur kamera di SOOF baiknya menggunakan spesifikasi kamera yang khusus untuk pengamatan astronomi seperti ZWO ASI seri 178 MC.
4. Sangat perlu diperhatikan daerah-daerah yang memiliki kecerlangan langit yang baik. Hal ini menjadi syarat utama dalam pelaksanaan pengamatan fajar agar nilainya dapat objektif dan faktual.
5. Proses instalasi menuntut user untuk memiliki kemampuan basic pada sistem berbasis linux. Hal ini akan menyulitkan para pemula dan membutuhkan waktu beberapa saat untuk sekedar melakukan instalasi sistem pada alat tersebut. Adanya suatu buku panduan paada alat ini akan memudahkan para pengguna pemula untuk mempersiapkan alat SOOF tersebut.
6. Perlu adanya SOP baik dari segi instrumen yang digunakan dan yang paling penting adalah lokasi yang dipilih harus dikondisikan. SOP ini dibuat oleh pemangku kebijakan, agar pengamatan fajar Ṣādiq memiliki pedoman

sehingga hasilnya dapat dipertanggung jawabkan kevalidannya.

7. Untuk menentukan instrumen mana yang akurat dalam pengamatan sudut depresi Matahari waktu Subuh, maka penulis berharap penelitian terkait instrumen semacamnya dapat diteruskan dan dikembangkan dengan metode analisis yang lebih akurat, sehingga dapat diketahui instrumen yang paling rekomended beserta analisisnya dalam pengamatan awal waktu Subuh di Indonesia.

C. Penutup

Segala Puji kepada Allah SWT. atas segala yang terjadi dengan skenario terbaik dari-Nya. Telah banyak nikmat yang terlalaikan untuk disyukuri. Termasuk diantaranya adalah kesehatan dan kesanggupan penulis dalam menyelesaikan tulisan yang penuh perjuangan ini sebagai syarat berharga untuk memperoleh kelulusan di Prodi Pascasarjana Ilmu Falak, Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya masukan, kritik yang membangun demi kelengkapan tesis ini agar dapat bermanfaat bagi para pembaca selanjutnya.

KEPUSTAKAAN

- A. Admiranto, Gunawan. *Menjelajahi Tata Surya*. Yogyakarta: Penerbit Kamisius, 2009.
- Abu Daud Sulaiman bin Asy'ats as-Sijistani. *Sunan Abi Daud*. Beirut: Darul Kutub al-Alamiyah, 1996.
- Ahmad bin 'Ali bin hajar al-'Asqala^{nī}. *Buluḡ Al-Mara^m Min Adillati Al-Ahka^m*. Mamlakah Arabiyah Suudiyah: Da^rul Qabas, 2014.
- Al-Baihaqi, Abu Bakar Ahmad bin Husayn. *Al-Sunan Al-Kubra*, 2003.
- Al-Buhairi, Mamduh Farhan. *Salah Kaprah Waktu Subuh*. Malang: Qiblati, 2009.
- al-Bukhari, Abu Abdillah Muhammad bin Isma'il. *Sahih Al-Bukhari*. Beirut: Daar Ibnu Katsir, 2002.
- An-Naisaburi, Muslim bin al-Hajjaj al-Qusyairi. *Shahih Muslim*. Riyadh: Daar Thoyyibah, 2006.
- an-Nawawi, Muhyiddin bin Syarf. *Shahih Muslim Syarh An-Nawawy*, j.3 (5-6). Edited by Shalah Uwaidhah & Muhammad Syahatah. Cairo: Dar al-Manar, 2003.
- Arumaningtyas, Eka Puspita, Moedji Raharto, and Dhani Herdiwijaya. "Morning Twilight Measured at Bandung and Jombang." *AIP Conference Proceedings* 1454, no. 1 (2011): 29–31.

- Az-Zuhaili, Wahbah. *Fiqh Al-Islami Wa Adillatuhu*. Beirut: Daarul Fikr, 1985.
- Azhari, Susiknan. *Ensiklopedia Hisab Rukyat*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012.
- Basthoni, M. “A Prototype of True Dawn Observation Automation System (Prototipe Sistem Otomatisasi Observasi Fajar)” 18, no. 1 (2020): 33–42.
- . “Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia.” UIN Walisongo Semarang, 2022.
- Birriel, Jennifer, and Jk Adkins. “A Simple, Portable Apparatus to Measure Night Sky Brightness at Various Zenith Angles.” *Journal of the American Association of Variable Star Observers* 38, no. Garstang 1989 (2010): 221–229. http://rammb.cira.colostate.edu/ramsdis/online/goes-west_goes-east.asp.%0Ahttp://unihedron.com/projects/darksky/MeasureNightSkyBrightnessAtVariousZenithAngles-221.pdf.
- Bortle, John E. “GAUGING LIGHT POLLUTION: THE BORTLE DARK-SKY SCALE.” Last modified 2006. <https://skyandtelescope.org/astronomy-resources/light-pollution-and-astronomy-the-bortle-dark-sky-scale/>.
- Departemen Agama RI. *Pedoman Penentuan Awal Waktu Salat Sepanjang Masa*. Jakarta: Direktorat Jendral Pembinaan Kelembagaan Agama Islam dan Direktorat Pembinaan Badan

- Peradilan Agama Islam, 1996.
- Djamiluddin, Thomas. “Waktu Shubuh Ditinjau Secara Astronomi Dan Syar’i.” Last modified 2020. <https://tdjamiluddin.wordpress.com/2010/04/15/waktu-shubuh-ditinjau-secara-astronomi-dan-syari/>.
- Djambek, Sa’doeddin. *Pedoman Penentuan Jadwal Waktu Salat Sepanjang Masa*. Jakarta: Bulan bintang, 1974.
- Djambek, Saadoe’ddin. *Shalat Dan Puasa Di Daerah Kutub*. Jakarta: Bulan bintang, 1974.
- Eko Atmanto, Nugroho. “Relevansi Konsep Fajar Dan Senja Dalam Kitab Al-Qanun Al-Masudi Bagi Penetapan Waktu Isya Dan Subuh.” *Analisis* 19, no. 1 (2012): 95–105.
- Fajar, Dinar Maftukh. *Modul Mata Kuliah: Bumi Dan Antariksa*. Jember: IAIN Jember, 2020.
- Falchi, Fabio, Pierantonio Cinzano, Dan Duriscoe, Christopher C.M. Kyba, Christopher D. Elvidge, Kimberly Baugh, Boris A. Portnov, Nataliya A. Rybnikova, and Riccardo Furgoni. “The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness.” *Science Advances* 2, no. 6 (2016): 1–26.
- Fauziah, Shifa. “SISTEM PENENTUAN AWAL WAKTU SALAT SUBUH MENGGUNAKAN SISTEM OTOMATISASI OBSERVASI FAJAR (SOOF).” UIN Walisongo Semarang, 2021.
- Furziah. “Waktu Shalat Subuh Menurut Tono Saksono.” UIN

- Walisongo Semarang, 2019.
- Hasan Bashori, Agus, and M. Syu'aib Al-Faiz. *Waktu Subuh Secara Syar'i, Astronomi, Dan Empiris*. Malang: YBM, 2015.
- Hasan, Rifki Hasan. "ASTRONOMICAL INTERPRETATION OF EARLY PRAYER TIMES (Study of Differences in Determination of Early Prayer Times From The Text and Astronomical Prespective)." *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy* 2, no. 2 (2021): 194–213.
- Herdiwijaya, Dhani. "WAKTU SUBUH (Tinjauan Pengamatan Astronomi)." *Jurnal Tarjih* 14, no. 1 (2017): 51–64.
- Hidayat, Bambang, and Dkk. *Ensiklopedia Astronomi*. Bandung: ITB, 1980.
- Imam An-Nawawi. *Al Majmu' Syarah Al Muhadzdzab Jilid 3*. Edited by Abdurrahim Ahmad, Umar Mujtahid, M Iqbal, Mukhlis B, and Sulthon Akbar. Cet. 1. Jakarta: Pustaka Azzam, 2009.
- KBBI. "Arti Kecerlangan." Last modified 2022. <https://kbbi.lektur.id/kecerlangan>.
- Kementerian Agama RI. *Al-Qur'an Dan Terjemah New Cordova*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2012.
- . *Al-Qur'an Dan Terjemahan*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2012.
- Majelis Tarjih dan Tajdid Pimpinan Pusat Muhammadiyah. *Materi*

- Musyawahar Nasional Tarjih Muhammadiyah XXXI*. Gresik: Majelis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah, 2020.
- Majma' al-Lughah al-'Arabiyyah. *Al-Mu'jam Al-Wasith*. Cet. IV. Cairo: Maktabah asy-Syuruq ad-Dauliyyah, 2008.
- Musthafa bin al-'Adawy. *Mawaqit Ash-Shalah*. Mesir: Maktabah ath-Tharfin, n.d.
- Narisada, Kohei, and Duco Schreuder. *Light Pollution Handbook. Astrophysics and Space Science Library*. Vol. 322, 2004.
- Noor, Laksmiyanti Annake Harijadi. "Analisis Perubahan Kecerahan Langit Waktu Fajar Dengan Sky Quality Meter." Institut Teknologi Bandung, 2019.
- Noor, Laksmiyanti Annake Harijadi, and Fahmi Fatwa Rosyadi Satria Hamdani. "The Dawn Skty Brightness Observations In The Preliminary Shubuh Prayer Time Determination." *QIJIS* 6, no. 1 (2018): 26–38.
- Rachim, Abdur. *Ilmu Falak*. Jakarta: Liberty, 1983.
- Rohmah, Nihayatur. "The Effect of Atmospheric Humidity Level to the Determination of Islamic Fajr/Morning Prayer Time and Twilight Appearance." *Journal of Physics: Conference Series* 771, no. 1 (2016): 8–11.
- Saksono, Tono. *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya*. Jakarta: UHAMKA Press, 2017.
- Saksono, Tono, and Mohamad Ali Fulazzaky. "Predicting the Accurate Period of True Dawn Using a Third-Degree

- Polynomial Model.” *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics* 9, no. 1 (2020): 238–244.
<https://doi.org/10.1080/20909977.2020.1738106>.
- Satori, Djam’an, and Aan Komariah. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta, 2020.
- Schnitt, Sabrina, Thomas Ruhtz, Jürgen Fischer, Franz Hölker, and Christopher C.M. Kyba. “Temperature Stability of the Sky Quality Meter.” *Sensors (Switzerland)* 13, no. 9 (2013): 12166–12174.
- Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan Kombinasi (Mixed Metode)*. Bandung: Alfabeta, 2020.
- Tjasyono, Bayong. *Ilmu Kebumihan Dan Antariksa*. Bandung: PT. Remaja Rosda Karya, 2009.
- Unihedron. “Reading Accuracy SQM.” Last modified 2022.
<http://www.unihedron.com/projects/darksky/faqsqm.php>.
- Wikipedia. “Sky Brightness.” Last modified 2022.
https://en.wikipedia.org/wiki/Sky_brightness.
- “Pembagian Kemunculan Fajar Secara Astronomis,” n.d.
<https://www.timeanddate.com/astronomy/astronomical-twilight.html>.
- “Peta Polusi Langit Malam Di Sulawesi Selatan.” Last modified 2022.
<https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=9.90&lat=-5.5160&lon=120.2862&layers=B0FFFFFFFFFFFFFFFFFFFF>

F.

Wawancara dengan Bapak Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M.Ag. pada
bulan Desember 2022

Wawancara dengan Bapak Prof. Dr. Thomas Djamaluddin pada
bulan Desember 2022

Wawancara dengan Bapak Hendro Setiyanto pada bulan Desember
2022

Wawancara dengan Bapak AR Sugeng Riyadi pada bulan
Desember 2022

Wawancara dengan Bapak KH. Ahmad Yazid Fattah pada bulan
Desember 2022

LAMPIRAN

1. Dokumentasi Penelitian Pengambilan Data

Persiapan pengambilan data Fajar di Pantai Samboang,
Kabupaten Bulukumba



Pengambilan data Fajar di Kebun Tebu, Kabupaten Takalar



Pengambilan data Fajar di Gedung Pesantren Mahasiswa
Unismuh, Kota Makassar



2. Wawancara secara langsung bersama Bapak Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M.Ag. pada hari Rabu, 07 Desember 2022

Penulis:

- 1) Bagaimana bapak melihat fenomena perbedaan dip matahari Subuh di Indonesia ?

Jawaban:

Perlu diketahui dahulu bahwa nilai dip matahari Subuh yang harusnya digunakan adalah bukan rata-rata
Kata kuncinya adalah mencari ketinggian awal waktu Subuh itu adalah benar-benar genap sesuai dengan kegelapan malam zaman rasulullah SAW, dengan indikator tidak adanya polusi udara, polusi cahaya. Sehingga itu menjadi catatan penting supaya kita mendapatkan data yang akurat.

Penulis:

- 2) Bagaimana pendapat bapak tentang penggunaan instrumen pengamatan fajar di Indonesia yang beragam dan menurut bapak, alat manakah yang paling akurat dari yang digunakan? Bagaimana pandangan Bapak terkait alat SOOF ?

Jawaban:

Saya kira alat ini sudah cukup ideal yang berupaya untuk mendapatkan data yang cukup komprehensif dan beberapa hal kelemahan pada SQM sudah dikolaborasi dengan piranti-piranti yang lain.

Penulis:

- 3) Menurut bapak, metode analisis mana yang dapat menginterpretasikan data dengan baik dan akurat ?

Jawaban:

Saya kira beberapa metode analisis itu cukup memberikan gambaran, bagaimana kalau kita mendapatkan data yang tidak jauh berbeda selisihnya berarti cukup akurat Hal ini berarti SOOF dapat diuji verifikasi dengan menggunakan berbagai pendekatan.

3. Wawancara bersama Bapak Pak AR Sugeng Riyadi (+62 813-9370-6090) Pada hari Kamis, 1 Desember 2022

Penulis:

- 4) Bagaimana pendapat bapak tentang penggunaan instrumen pengamatan fajar di Indonesia yang beragam dan menghasilkan nilai dip Subuh yang beragam pula ?

Jawaban:

Hemat saya sejatinya bukan faktor instrumen yg menyebabkan beda dalam hasilnya. Selama alat sama, meski beda orang dan beda lokasi tetap akan menghasilkan data yang sama, selama standart cara memakai alat itu sama. Saya menggunakan DSLR dan SQM memang beda karena beda alat. Dari pengalaman, DSLR lebih peka, mungkin karena DSLR yang saya pakai karena seri Da (astronomi).

Penulis:

- 5) Menurut Bapak sendiri, terkait instrumen ini. Selama memperhatikan instrumen yang digunakan di Indonesia, alat mana yang lebih akurat Pak Yai ?

Jawaban:

Karena fajar itu "sinar", maka kamera DSLR merupakan instrumen yang ideal dengan DSLR seri astronomi.

Penulis:

- 6) Untuk hasil dip matahari Subuh menggunakan DSLR yang Bapak temukan, berapa dip yang bapak dapatkan ? Apakah berbeda dengan dip matahari Kemenag saat ini ?

Jawaban:

Soal hasil itu tentatif, tergantung siapa yg menafsirkan. Foto Labuanbajo itu foto DSLR Da yg saya ambil. Dari foto itu ada yg "membaca" sabagai -20, ada yang -18.

4. Wawancara bersama Bapak Hendro Setiyanto (WA: +62 853-1599-9936) pada hari kamis, 1 Desember 2022

Penulis:

- 7) Bagaimana pendapat Bapak tentang perbedaan DIP waktu Subuh di Indonesia.

Jawaban:

Perbedaan DIP hasil penelitian dapat dikompilasikan penyebabnya karena;

- Arah pengamatan
- Waktu pengamatan
- rentang pengamatan
- tehnik pengamatan
- Lokasi pengamatan
- tehnik analisis pengamatan
- alat/instrumen pengamatan

Penulis:

- 8) Menurut bapak, alat apa yang akurat untuk pengamatan fajar ?

Jawaban

Alat yang paling akurat dan direkomendasikana adlah SQM karena memiliki ketelitian alat dengan skala pengukuran terkecil yakni 0,01 magnitudo

5. Wawancara bersama Bapak Prof. Thomas Djamaluddin (+62 815-7388-8987) pada Kamis 1 Desember 2022.

Penulis:

- 9) Bagaimana pendapat Prof tentang penggunaan instrumen pengamatan fajar di Indonesia yang beragam dan

menghasilkan data derajat matahari Subuh yang berbeda-beda ?

Jawaban:

Masalah utama dari perbedaan dip waktu Subuh di Indonesia adalah gangguan polusi cahaya yang kadang tidak diperhatikan. Ada yang sama sekali mengabaikan polusi cahaya (seperti Pak Tono). Ada yg tahu ada polusi cahaya, tetapi menganggap hasilnya setara dengan tanpa polusi cahaya (seperti Tim OIF UMSU). Masalah kedua, ada peneliti yg tdk memahami aspek fisis kemunculan fajar, sehingga lebih sibuk dg model matematisnya bukan pada interpretasi fisis.

Apa pun alatnya (SQM atau kamera), polusi cahaya tak terhindarkan. Solusinya hanya pd pemilihan lokasi yg gelap dan interpretasi kurva cahaya.

6. Wawancara bersama Bapak KH. Ahmad Yazid Fattah (WA: +62 813-3579-0009)

Pertanyaan:

10) Bagaimana pandangan Bapak terkait perbedaan dip matahari awal waktu Subuh yang terjadi di Indonesia dalam perspektif Fiqh ?

Jawaban:

Secara umum bahwa, fajar *Sādiq* itu menurut pandangan fiqh madzahibul arba'ah merupakan penanda awal waktu Subuh, waktu dimana bagi orang-orang yang berpuasa dimulai untuk berpuasa, dimana orang-orang pada malam

harinya yang boleh makan minum, maka saat muncul fajar inilah berakhir hukum jawaz (diperbolehkannya).

Secara Fiqh pula, ulama memberikan satu kesimpulan bahwa berdasarkan hadits Nabi bahwa fajar itu ada dua, ada yang punya nama Fajar Sidiq, ada yang Fajar Kāz'ib. Yang menjadi tolak ukur awal waktu Subuh adalah fajar Ṣādiq. Mengapa ada dua pembedaan, kāz'ib dan sidiq ? Kāz'ib artinya bohong, siding artinya benar.

Ada fenomena penampakan Fajar yang awal itu pasti adalah Fajar Kāz'ib, yang kedua adalah fajar Sidiq. Namun kadang kala di beberapa tempat, fajar kāz'ibnya tidak ada(tidak muncul). Secara kajian fiqh ini biasa saja, karena memang Nabi SAW. dalam hal ini cuman menceritakan bisa terjadi dua-duanya muncul atau salah satunya. Yakni fajar sidiqnya. Jadi fajar kāz'ib itu ada kalanya muncul, ada kalanya tidak.

Untuk menandai apakah fajar sidiq ini sudah muncul atau belum, perlu ada beberapa al-'alamat dalam istilah fiqh (tanda-tanda) secara spesifik, fajar sidiq itu seperti apa. Maka dalam kajian fiqh tentunya setiap produk ijtihad hukum harus punya dalil. Itu kaidah dalam fiqh, jadi tidak boleh ada satu produk hukum tidak ada dalilnya. Maka untuk ini, kita perlu kembali kepada sumber hukum yang paling valid dalam islam yakni Al-Qur'an dan hadits.

Dalam al-Qur'an dikatakan:

وَكُلُوا وَاشْرَبُوا حَتَّىٰ يَبَيِّنَ لَكُمُ الْخَيْطُ الْأَبْيَضُ مِنَ الْخَيْطِ الْأَسْوَدِ مِنَ الْفَجْرِ

“Makan dan minumlah kalian hingga menjadi jelas bagi kalian (perbedaan) antara benang putih dan benang hitam, yakni fajar. (QS Al-Baqarah 187)”

Dalam hadits pun disebutkan bahwa fajar itu ada dua. Terkait dengan observasi, menurut saya, ini salah satu bagian dari ijtihad selaku umat muslim, bagaimana kita betul2 bisa menangkap apa yang sudah disampaikan Nabi

Bahkan merupakan tugas dari para ahli (ahli kubra) untuk mengobservasi fajar yang akan dijadikan standar seluruh umat muslim untuk melaksanakan solat Subuh.

Setelah diskusi dengan Pak Izzuddin dan Pak Basthoni, saya fokus membahas kajian fiqh identifikasi fajar Ṣādiq maupun hadits. Intinya menurut saya, dapat disimpulkan bahwa identifikasi fajar Ṣādiq terbagi menjadi tiga kelompok pendapat, dengan kesimpulannya yaitu:

- Dalam identifikasi atau observasi fajar harus didasari pada Rukyah, jadi penetapan syahadah/keberhasilan melihat fajar dengan cara apapun harus berdasarkan rukyah, karena semua dalil mewajibkan umat muslim mengetahui

- Ketika seseorang melakukan observasi di lapangan, yang ditetapkan sebagai nilai munculnya fajar $\text{\$adiq}$ adalah nilai terkecilnya, bukan rata-rata. Contoh -20° .

7. Contoh data magnitudo dsb. dari hasil rekam SOOF dan SQM SA

➤ Data SOOF

UTC Date & Time:Local Date & Time;Temperature;Counts;Frequency;MSAS;MoonPhaseDeg;MoonElevDeg;MoonIllum%;SunElevDeg

2022-09-24T18:09:44.000;2022-09-25T02:09:44.000;27.70;1.440.565.000;0.320;21.110; -165.6; -44.791;1.6;-55.126

2022-09-24T18:11:02.000;2022-09-25T02:11:02.000;27.70;2.913.516.800;0.159;21.895; -165.6; -44.481;1.6;-54.805

2022-09-24T18:11:44.000;2022-09-25T02:11:44.000;27.70;2.935.830.400;0.157;21.912; -165.6; -44.312;1.6;-54.633

2022-09-24T18:12:26.000;2022-09-25T02:12:26.000;27.94;2.896.779.000;0.159;21.896; -165.6; -44.144;1.6;-54.46

2022-09-24T18:13:08.000;2022-09-25T02:13:08.000;27.94;2.864.015.000;0.161;21.880; -165.6; -43.976;1.6;-54.287

2022-09-24T18:13:50.000;2022-09-25T02:13:50.000;28.00;2.965.003.000;0.155;21.922; -165.6; -43.808;1.6;-54.115

2022-09-24T18:14:32.000;2022-09-25T02:14:32.000;28.00;2.995.189.000;0.154;21.932; -165.6; -43.641;1.6;-53.942

2022-09-24T18:15:14.000;2022-09-25T02:15:14.000;28.00;2.996.758.600;0.154;21.932; -165.6; -43.473;1.6;-53.769

2022-09-24T18:15:56.000;2022-09-25T02:15:56.000;28.00;2.997.665.800;0.154;21.932; -165.6; -43.305;1.6;-53.597

2022-09-24T18:16:38.000;2022-09-25T02:16:38.000;28.00;2.996.745.200;0.154;21.932; -165.6; -43.137;1.6;-53.424

2022-09-24T18:17:21.000;2022-09-25T02:17:21.000;28.00;2.986.711.000;0.154;21.926; -165.6; -42.965;1.6;-53.247

2022-09-24T18:18:03.000;2022-09-25T02:18:03.000;28.06;2.984.274.600;0.154;21.924; -165.6; -42.798;1.6;-53.074

2022-09-24T18:18:45.000;2022-09-25T02:18:45.000;28.30;2.945.877.800;0.157;21.910; -165.6; -42.631;1.6;-52.902

2022-09-24T18:19:27.000;2022-09-25T02:19:27.000;28.30;2.329.189.000;0.198;21.647; -165.7; -42.462;1.6;-52.729

2022-09-24T18:20:09.000;2022-09-25T02:20:09.000;28.30;2.812.532.400;0.158;21.897; -165.7; -42.294;1.6;-52.556

2022-09-24T18:20:51.000;2022-09-25T02:20:51.000;28.30;2.974.962.800;0.155;21.920; -165.7; -42.126;1.6;-52.383

2022-09-24T18:21:33.000;2022-09-25T02:21:33.000;28.30;2.985.352.000;0.154;21.928; -165.7; -41.958;1.6;-52.211

2022-09-24T18:22:15.000;2022-09-25T02:22:15.000;28.30;2.981.445.800;0.155;21.924; -165.7; -41.791;1.6;-52.037

2022-09-24T18:22:57.000;2022-09-25T02:22:57.000;28.30;2.975.263.800;0.155;21.922; -165.7; -41.623;1.6;-51.864

2022-09-24T18:23:39.000;2022-09-25T02:23:39.000;28.30;2.979.053.400;0.155;21.922; -165.7; -41.455;1.6;-51.691

2022-09-24T18:24:21.000;2022-09-25T02:24:21.000;28.30;2.992.879.000;0.154;21.930; -165.7; -41.287;1.6;-51.518

2022-09-24T18:25:03.000;2022-09-25T02:25:03.000;28.30;2.990.559.600;0.154;21.930; -165.7; -41.119;1.5;-51.346

2022-09-24T18:25:45.000;2022-09-25T02:25:45.000;28.30;2.993.085.600;0.154;21.930; -165.7; -40.951;1.5;-51.173

2022-09-24T18:26:27.000;2022-09-25T02:26:27.000;28.42;2.981.285.000;0.155;21.924; -165.7; -40.783;1.5;-51

2022-09-24T18:27:09.000;2022-09-25T02:27:09.000;28.60;2.972.575.800;0.155;21.920; -165.7; -40.615;1.5;-50.827

2022-09-24T18:27:51.000;2022-09-25T02:27:51.000;28.60;2.968.984.600;0.155;21.920; -165.7; -40.448;1.5;-50.654

2022-09-24T18:28:33.000;2022-09-25T02:28:33.000;28.60;2.968.270.600;0.155;21.920; -165.7; -40.281;1.5;-50.482

2022-09-24T18:29:15.000;2022-09-25T02:29:15.000;28.60;2.955.274.600;0.156;21.918; -165.7; -40.112;1.5;-50.307

2022-09-24T18:29:57.000;2022-09-25T02:29:57.000;28.60;2.954.743.400;0.156;21.920; -165.7; -39.944;1.5;-50.134

2022-09-24T18:30:39.000;2022-09-25T02:30:39.000;28.60;2.965.323.600;0.155;21.920; -165.7; -39.776;1.5;-49.961

2022-09-24T18:31:21.000;2022-09-25T02:31:21.000;28.60;2.971.130.000;0.155;21.920; -165.7; -39.608;1.5;-49.788

2022-09-24T18:32:03.000;2022-09-25T02:32:03.000;28.60;2.969.341.800;0.155;21.920; -165.8; -39.441;1.5;-49.615

2022-09-24T18:32:46.000;2022-09-25T02:32:46.000;28.60;2.959.056.600;0.156;21.920; -165.8; -39.268;1.5;-49.438

2022-09-24T18:33:28.000;2022-09-25T02:33:28.000;28.60;2.949.572.400;0.156;21.916; -165.8; -39.115; -49.265

2022-09-24T18:34:10.000;2022-09-25T02:34:10.000;28.84;2.969.730.000;0.155;21.924; -165.8; -38.932;1.5;-49.092

2022-09-24T18:34:52.000;2022-09-25T02:34:52.000;29.00;3.014.085.200;0.153;21.940; -165.8; -38.765;1.5;-48.918

2022-09-24T18:35:34.000;2022-09-25T02:35:34.000;29.00;3.053.564.800;0.151;21.952; -165.8; -38.597;1.5;-48.745

2022-09-24T18:36:16.000;2022-09-25T02:36:16.000;29.00;3.075.247.600;0.150;21.964; -165.8; -38.429;1.5;-48.572

2022-09-24T18:36:58.000;2022-09-25T02:36:58.000;29.00;3.098.780.200;0.149;21.970; -165.8; -38.261;1.5;-48.399

2022-09-24T18:37:40.000;2022-09-25T02:37:40.000;29.00;3.113.242.800;0.148;21.974; -165.8; -38.093;1.5;-48.226

2022-09-24T18:38:22.000;2022-09-25T02:38:22.000;29.00;3.125.087.800;0.147;21.980; -165.8; -37.925;1.5;-48.052

2022-09-24T18:39:04.000;2022-09-25T02:39:04.000;29.00;3.125.315.200;0.147;21.980; -165.8; -37.757;1.5;-47.879

2022-09-24T18:39:46.000;2022-09-25T02:39:46.000;29.00;3.121.923.200;0.148;21.980; -165.8; -37.589;1.5;-47.706

2022-09-24T18:40:28.000;2022-09-25T02:40:28.000;29.00;3.136.406.000;0.147;21.980; -165.8; -37.421;1.5;-47.532

2022-09-24T18:41:10.000;2022-09-25T02:41:10.000;29.00;3.137.811.200;0.147;21.980; -165.8; -37.253;1.5;-47.359

2022-09-24T18:41:52.000;2022-09-25T02:41:52.000;29.18;3.123.881.600;0.148;21.980; -165.8; -37.085;1.5;-47.186

2022-09-24T18:42:34.000;2022-09-25T02:42:34.000;29.30;3.113.837.400;0.148;21.976; -165.8; -36.917;1.5;-47.013

2022-09-24T18:43:16.000;2022-09-25T02:43:16.000;29.30;3.103.040.000;0.149;21.970; -165.8; -36.749;1.5;-46.839

2022-09-24T18:43:58.000;2022-09-25T02:43:58.000;29.30;3.095.487.800;0.149;21.970; -165.8; -36.581;1.5;-46.666

2022-09-24T18:44:40.000;2022-09-25T02:44:40.000;29.30;3.080.468.600;0.150;21.964; -165.9; -36.413;1.5;-46.493

2022-09-24T18:45:22.000;2022-09-25T02:45:22.000;29.30;3.071.550.400;0.150;21.958; -165.9; -36.245;1.5;-46.319

2022-09-24T18:46:04.000;2022-09-25T02:46:04.000;29.30;3.052.211.400;0.151;21.950; -165.9; -36.077;1.5;-46.146

2022-09-24T18:46:46.000;2022-09-25T02:46:46.000;29.30;3.055.987.000;0.151;21.952; -165.9; -35.909;1.5;-45.972

2022-09-24T18:47:28.000;2022-09-25T02:47:28.000;29.30;3.070.923.000;0.150;21.960; -165.9; -35.741;1.5;-45.799

2022-09-24T18:48:11.000;2022-09-25T02:48:11.000;29.30;3.093.508.200;0.149;21.970; -165.9; -35.569;1.5;-45.622

2022-09-24T18:48:53.000;2022-09-25T02:48:53.000;29.30;3.111.864.000;0.148;21.974;-165.9;-35.401;1.5;-45.448
2022-09-24T18:49:35.000;2022-09-25T02:49:35.000;29.30;3.125.331.000;0.147;21.980;-165.9;-35.233;1.5;-45.275
2022-09-24T18:50:17.000;2022-09-25T02:50:17.000;29.42;3.144.176.400;0.147;21.984;-165.9;-35.066;1.5;-45.101
2022-09-24T18:50:59.000;2022-09-25T02:50:59.000;29.48;3.159.482.800;0.146;21.990;-165.9;-34.898;1.5;-44.928
2022-09-24T18:51:41.000;2022-09-25T02:51:41.000;29.60;3.121.336.600;0.148;21.976;-165.9;-34.731;1.5;-44.754
2022-09-24T18:52:27.000;2022-09-25T02:52:27.000;29.60;3.062.996.600;0.150;21.956;-165.9;-34.546;1.5;-44.564
2022-09-24T18:53:09.000;2022-09-25T02:53:09.000;29.60;2.999.351.800;0.154;21.934;-165.9;-34.378;1.5;-44.391
2022-09-24T18:53:51.000;2022-09-25T02:53:51.000;29.60;2.970.432.000;0.155;21.922;-165.9;-34.211;1.5;-44.217
2022-09-24T18:54:33.000;2022-09-25T02:54:33.000;29.60;2.887.302.400;0.160;21.892;-165.9;-34.042;1.5;-44.044
2022-09-24T18:55:15.000;2022-09-25T02:55:15.000;29.60;2.837.992.000;0.162;21.872;-165.9;-33.874;1.5;-43.871
2022-09-24T18:55:57.000;2022-09-25T02:55:57.000;29.60;2.785.084.800;0.165;21.844;-165.9;-33.706;1.5;-43.697
2022-09-24T18:56:39.000;2022-09-25T02:56:39.000;29.60;2.763.068.000;0.167;21.832;-165.9;-33.538;1.5;-43.523
2022-09-24T18:57:21.000;2022-09-25T02:57:21.000;29.60;2.725.487.400;0.169;21.816;-166;-33.371;1.5;-43.35
2022-09-24T18:58:03.000;2022-09-25T02:58:03.000;29.60;2.735.592.800;0.168;21.820;-166;-33.202;1.5;-43.176
2022-09-24T18:58:45.000;2022-09-25T02:58:45.000;29.60;2.707.975.200;0.170;21.812;-166;-33.034;1.5;-43.003
2022-09-24T18:59:27.000;2022-09-25T02:59:27.000;29.60;2.625.001.000;0.176;21.778;-166;-32.866;1.5;-42.829
2022-09-24T19:00:09.000;2022-09-25T03:00:09.000;29.78;2.644.805.400;0.174;21.788;-166;-32.698;1.5;-42.655
2022-09-24T19:00:51.000;2022-09-25T03:00:51.000;29.84;2.607.886.800;0.177;21.774;-166;-32.531;1.5;-42.482
2022-09-24T19:01:33.000;2022-09-25T03:01:33.000;29.90;2.584.900.400;0.178;21.762;-166;-32.361;1.5;-42.308
2022-09-24T19:02:15.000;2022-09-25T03:02:15.000;29.92;2.626.445.400;0.175;21.782;-166;-32.193;1.5;-42.135
2022-09-24T19:02:57.000;2022-09-25T03:02:57.000;29.90;2.716.977.800;0.170;21.816;-166;-32.025;1.5;-41.961
2022-09-24T19:03:39.000;2022-09-25T03:03:39.000;29.90;2.859.194.000;0.161;21.880;-166;-31.857;1.5;-41.787
2022-09-24T19:04:21.000;2022-09-25T03:04:21.000;29.90;2.840.825.600;0.162;21.874;-166;-31.689;1.5;-41.614
2022-09-24T19:05:03.000;2022-09-25T03:05:03.000;29.90;2.759.843.000;0.167;21.830;-166;-31.521;1.5;-41.441
2022-09-24T19:05:45.000;2022-09-25T03:05:45.000;29.90;2.891.731.600;0.159;21.892;-166;-31.353;1.5;-41.267
2022-09-24T19:06:27.000;2022-09-25T03:06:27.000;29.90;3.007.523.600;0.153;21.936;-166;-31.185;1.5;-41.093
2022-09-24T19:07:10.000;2022-09-25T03:07:10.000;29.90;3.020.534.000;0.153;21.944;-166;-31.013;1.5;-40.915
2022-09-24T19:07:52.000;2022-09-25T03:07:52.000;29.90;2.982.525.200;0.155;21.926;-166;-30.845;1.5;-40.741
2022-09-24T19:08:34.000;2022-09-25T03:08:34.000;29.90;3.009.163.200;0.153;21.936;-166;-30.677;1.5;-40.568
2022-09-24T19:09:16.000;2022-09-25T03:09:16.000;29.90;2.999.811.600;0.154;21.932;-166;-30.509;1.5;-40.394
2022-09-24T19:09:58.000;2022-09-25T03:09:58.000;29.90;2.995.515.000;0.154;21.932;-166;-30.341;1.5;-40.222
2022-09-24T19:10:40.000;2022-09-25T03:10:40.000;29.90;3.029.912.000;0.152;21.942;-166;-30.173;1.5;-40.047
2022-09-24T19:11:22.000;2022-09-25T03:11:22.000;29.96;3.050.010.600;0.151;21.950;-166;-30.005;1.5;-39.873
2022-09-24T19:12:04.000;2022-09-25T03:12:04.000;30.08;3.044.048.800;0.151;21.950;-166;-29.837;1.5;-39.699
2022-09-24T19:12:46.000;2022-09-25T03:12:46.000;30.20;3.064.908.600;0.150;21.956;-166;-29.669;1.5;-39.526
2022-09-24T19:13:28.000;2022-09-25T03:13:28.000;30.20;3.071.821.400;0.150;21.960;-166;-29.501;1.5;-39.352
2022-09-24T19:14:10.000;2022-09-25T03:14:10.000;30.20;3.066.516.400;0.150;21.960;-166;-29.333;1.5;-39.178
2022-09-24T19:14:52.000;2022-09-25T03:14:52.000;30.20;3.064.550.400;0.150;21.956;-166;-29.165;1.5;-39.004
2022-09-24T19:15:34.000;2022-09-25T03:15:34.000;30.20;3.053.661.000;0.151;21.950;-166;-28.997;1.5;-38.831
2022-09-24T19:16:16.000;2022-09-25T03:16:16.000;30.20;3.065.325.600;0.150;21.956;-166;-28.829;1.5;-38.657
2022-09-24T19:16:58.000;2022-09-25T03:16:58.000;30.20;3.092.894.200;0.149;21.970;-166;-28.661;1.5;-38.483
2022-09-24T19:17:40.000;2022-09-25T03:17:40.000;30.20;3.097.804.200;0.149;21.970;-166;-28.493;1.5;-38.309
2022-09-24T19:18:22.000;2022-09-25T03:18:22.000;30.20;3.100.073.800;0.149;21.970;-166;-28.325;1.5;-38.135
2022-09-24T19:19:04.000;2022-09-25T03:19:04.000;30.20;3.106.311.400;0.148;21.970;-166;-28.157;1.5;-37.962
2022-09-24T19:19:46.000;2022-09-25T03:19:46.000;30.20;3.103.462.200;0.148;21.970;-166;-27.989;1.5;-37.788
2022-09-24T19:20:28.000;2022-09-25T03:20:28.000;30.20;3.104.183.600;0.148;21.970;-166;-27.821;1.5;-37.614
2022-09-24T19:21:10.000;2022-09-25T03:21:10.000;30.20;3.099.486.600;0.149;21.970;-166;-27.652;1.5;-37.441
2022-09-24T19:21:53.000;2022-09-25T03:21:53.000;30.20;3.087.664.800;0.149;21.970;-166;-27.481;1.5;-37.262
2022-09-24T19:22:35.000;2022-09-25T03:22:35.000;30.20;3.085.457.000;0.149;21.970;-166;-27.312;1.5;-37.089
2022-09-24T19:23:17.000;2022-09-25T03:23:17.000;30.20;3.072.719.200;0.150;21.962;-166;-27.144;1.5;-36.915
2022-09-24T19:23:59.000;2022-09-25T03:23:59.000;30.20;3.060.778.800;0.151;21.952;-166;-26.976;1.5;-36.741
2022-09-24T19:24:41.000;2022-09-25T03:24:41.000;30.28;3.055.326.200;0.151;21.950;-166;-26.808;1.4;-36.567
2022-09-24T19:25:23.000;2022-09-25T03:25:23.000;30.36;3.054.577.200;0.151;21.950;-166;-26.641;1.4;-36.393
2022-09-24T19:26:05.000;2022-09-25T03:26:05.000;30.44;3.058.339.400;0.151;21.950;-166;-26.472;1.4;-36.219
2022-09-24T19:26:47.000;2022-09-25T03:26:47.000;30.60;3.060.797.400;0.151;21.950;-166;-26.304;1.4;-36.045
2022-09-24T19:27:29.000;2022-09-25T03:27:29.000;30.60;3.061.156.000;0.151;21.952;-166;-26.136;1.4;-35.872
2022-09-24T19:28:11.000;2022-09-25T03:28:11.000;30.60;3.077.402.600;0.150;21.964;-166;-25.968;1.4;-35.698
2022-09-24T19:28:53.000;2022-09-25T03:28:53.000;30.60;3.095.735.800;0.149;21.970;-166;-25.801;1.4;-35.524
2022-09-24T19:29:35.000;2022-09-25T03:29:35.000;30.60;3.106.192.600;0.148;21.970;-166;-25.632;1.4;-35.35
2022-09-24T19:30:17.000;2022-09-25T03:30:17.000;30.60;3.116.904.400;0.148;21.978;-166;-25.464;1.4;-35.176
2022-09-24T19:30:59.000;2022-09-25T03:30:59.000;30.60;3.132.909.600;0.147;21.980;-166;-25.296;1.4;-35.002
2022-09-24T19:31:41.000;2022-09-25T03:31:41.000;30.60;3.145.712.200;0.146;21.986;-166;-25.128;1.4;-34.828
2022-09-24T19:32:23.000;2022-09-25T03:32:23.000;30.60;3.149.969.400;0.146;21.990;-166;-24.961;1.4;-34.654
2022-09-24T19:33:05.000;2022-09-25T03:33:05.000;30.60;3.152.371.200;0.146;21.990;-166;-24.792;1.4;-34.481
2022-09-24T19:33:47.000;2022-09-25T03:33:47.000;30.60;3.173.092.600;0.145;21.996;-166;-24.623;1.4;-34.307
2022-09-24T19:34:29.000;2022-09-25T03:34:29.000;30.60;3.161.953.400;0.146;21.988;-166;-24.443;1.4;-34.12
2022-09-24T19:35:15.000;2022-09-25T03:35:15.000;30.60;3.136.679.800;0.147;21.980;-166;-24.271;1.4;-33.942
2022-09-24T19:35:57.000;2022-09-25T03:35:57.000;30.60;3.142.798.600;0.147;21.982;-166;-24.103;1.4;-33.768
2022-09-24T19:36:39.000;2022-09-25T03:36:39.000;30.60;3.158.730.400;0.146;21.990;-166;-23.935;1.4;-33.594
2022-09-24T19:37:21.000;2022-09-25T03:37:21.000;30.60;3.179.805.400;0.145;21.994;-166;-23.767;1.4;-33.42
2022-09-24T19:38:03.000;2022-09-25T03:38:03.000;30.60;3.209.703.600;0.144;22.004;-166;-23.599;1.4;-33.246
2022-09-24T19:38:45.000;2022-09-25T03:38:45.000;30.60;3.233.075.400;0.143;22.018;-166;-23.431;1.4;-33.072
2022-09-24T19:39:27.000;2022-09-25T03:39:27.000;30.60;3.252.635.000;0.142;22.022;-166;-23.263;1.4;-32.899
2022-09-24T19:40:09.000;2022-09-25T03:40:09.000;30.60;3.284.815.000;0.140;22.034;-166;-23.095;1.4;-32.725
2022-09-24T19:40:51.000;2022-09-25T03:40:51.000;30.60;3.323.053.800;0.139;22.046;-166;-22.927;1.4;-32.551
2022-09-24T19:41:33.000;2022-09-25T03:41:33.000;30.60;3.346.248.800;0.138;22.050;-166;-22.759;1.4;-32.377
2022-09-24T19:42:15.000;2022-09-25T03:42:15.000;30.60;3.353.225.800;0.137;22.050;-166;-22.591;1.4;-32.203
2022-09-24T19:42:57.000;2022-09-25T03:42:57.000;30.60;3.355.194.400;0.137;22.050;-166;-22.423;1.4;-32.029
2022-09-24T19:43:39.000;2022-09-25T03:43:39.000;30.60;3.355.320.400;0.137;22.050;-166;-22.255;1.4;-31.855

2022-09-24T19:44:21.000;2022-09-25T03:44:21.000;30.60;3.356418.2000;0.137;22.050;-166.3;-22.087;1.4;-31.681
2022-09-24T19:45:03.000;2022-09-25T03:45:03.000;30.66;3.354618.4000;0.137;22.050;-166.3;-21.918;1.4;-31.507
2022-09-24T19:45:45.000;2022-09-25T03:45:45.000;30.72;3.341790.4000;0.138;22.050;-166.3;-21.75;1.4;-31.333
2022-09-24T19:46:27.000;2022-09-25T03:46:27.000;30.72;3.331053.4000;0.138;22.050;-166.3;-21.582;1.4;-31.159
2022-09-24T19:47:09.000;2022-09-25T03:47:09.000;30.84;3.329246.8000;0.138;22.050;-166.3;-21.414;1.4;-30.985
2022-09-24T19:47:51.000;2022-09-25T03:47:51.000;30.78;3.327223.8000;0.138;22.046;-166.4;-21.246;1.4;-30.811
2022-09-24T19:48:33.000;2022-09-25T03:48:33.000;30.84;3.314392.0000;0.139;22.040;-166.4;-21.078;1.4;-30.637
2022-09-24T19:49:15.000;2022-09-25T03:49:15.000;30.90;3.293174.8000;0.140;22.036;-166.4;-20.911;1.4;-30.463
2022-09-24T19:49:57.000;2022-09-25T03:49:57.000;30.90;3.274178.2000;0.141;22.030;-166.4;-20.742;1.4;-30.289
2022-09-24T19:50:40.000;2022-09-25T03:49:40.000;30.90;3.262037.8000;0.141;22.026;-166.4;-20.571;1.4;-30.111
2022-09-24T19:51:22.000;2022-09-25T03:51:22.000;30.90;3.243854.6000;0.142;22.020;-166.4;-20.402;1.4;-29.936
2022-09-24T19:52:04.000;2022-09-25T03:52:04.000;30.90;3.231716.0000;0.143;22.020;-166.4;-20.234;1.4;-29.762
2022-09-24T19:52:46.000;2022-09-25T03:52:46.000;30.90;3.227311.4000;0.143;22.012;-166.4;-20.066;1.4;-29.588
2022-09-24T19:53:28.000;2022-09-25T03:53:28.000;30.90;3.225101.8000;0.143;22.010;-166.4;-19.898;1.4;-29.414
2022-09-24T19:54:10.000;2022-09-25T03:54:10.000;30.90;3.221941.0000;0.143;22.010;-166.4;-19.731;1.4;-29.24
2022-09-24T19:54:52.000;2022-09-25T03:54:52.000;30.90;3.220364.4000;0.143;22.010;-166.4;-19.562;1.4;-29.066
2022-09-24T19:55:34.000;2022-09-25T03:55:34.000;30.90;3.211688.6000;0.143;22.006;-166.4;-19.394;1.4;-28.892
2022-09-24T19:56:16.000;2022-09-25T03:56:16.000;30.90;3.204834.2000;0.144;22.000;-166.4;-19.226;1.4;-28.718
2022-09-24T19:56:58.000;2022-09-25T03:56:58.000;30.90;3.206295.4000;0.144;22.000;-166.4;-19.057;1.4;-28.544
2022-09-24T19:57:40.000;2022-09-25T03:57:40.000;30.90;3.206587.8000;0.144;22.000;-166.4;-18.889;1.4;-28.37
2022-09-24T19:58:22.000;2022-09-25T03:58:22.000;30.90;3.199971.0000;0.144;22.000;-166.4;-18.721;1.4;-28.196
2022-09-24T19:59:04.000;2022-09-25T03:59:04.000;30.90;3.193158.6000;0.144;22.000;-166.4;-18.553;1.4;-28.022
2022-09-24T19:59:46.000;2022-09-25T03:59:46.000;30.90;3.190454.8000;0.144;22.000;-166.4;-18.385;1.4;-27.848
2022-09-24T20:00:28.000;2022-09-25T04:00:28.000;30.90;3.170720.6000;0.145;21.994;-166.5;-18.217;1.4;-27.674
2022-09-24T20:01:10.000;2022-09-25T04:01:10.000;30.90;3.160943.6000;0.146;21.990;-166.5;-18.049;1.4;-27.5
2022-09-24T20:01:52.000;2022-09-25T04:01:52.000;30.90;3.178119.4000;0.145;21.992;-166.5;-17.881;1.4;-27.325
2022-09-24T20:02:34.000;2022-09-25T04:02:34.000;30.90;3.180843.6000;0.145;21.998;-166.5;-17.713;1.4;-27.151
2022-09-24T20:03:16.000;2022-09-25T04:03:16.000;30.90;3.170852.4000;0.145;21.990;-166.5;-17.545;1.4;-26.977
2022-09-24T20:03:58.000;2022-09-25T04:03:58.000;30.90;3.161611.4000;0.146;21.990;-166.5;-17.377;1.4;-26.803
2022-09-24T20:04:40.000;2022-09-25T04:04:40.000;30.90;3.150220.2000;0.146;21.990;-166.5;-17.209;1.4;-26.629
2022-09-24T20:05:22.000;2022-09-25T04:05:22.000;30.90;3.141299.2000;0.147;21.982;-166.5;-17.041;1.4;-26.455
2022-09-24T20:06:04.000;2022-09-25T04:06:04.000;30.90;3.131604.4000;0.147;21.980;-166.5;-16.873;1.4;-26.281
2022-09-24T20:06:47.000;2022-09-25T04:06:47.000;30.90;3.124293.2000;0.147;21.980;-166.5;-16.701;1.4;-26.103
2022-09-24T20:07:29.000;2022-09-25T04:07:29.000;30.90;3.113686.6000;0.148;21.976;-166.5;-16.533;1.4;-25.928
2022-09-24T20:08:11.000;2022-09-25T04:08:11.000;30.90;3.107119.8000;0.148;21.970;-166.5;-16.365;1.4;-25.754
2022-09-24T20:08:53.000;2022-09-25T04:08:53.000;30.90;3.114010.8000;0.148;21.976;-166.5;-16.197;1.4;-25.58
2022-09-24T20:09:35.000;2022-09-25T04:09:35.000;30.90;3.121569.2000;0.148;21.980;-166.5;-16.029;1.4;-25.406
2022-09-24T20:10:17.000;2022-09-25T04:10:17.000;30.90;3.132415.0000;0.147;21.980;-166.5;-15.861;1.4;-25.232
2022-09-24T20:10:59.000;2022-09-25T04:10:59.000;30.90;3.137342.6000;0.147;21.980;-166.5;-15.693;1.4;-25.058
2022-09-24T20:11:41.000;2022-09-25T04:11:41.000;30.90;3.123660.8000;0.148;21.980;-166.5;-15.524;1.4;-24.884
2022-09-24T20:12:23.000;2022-09-25T04:12:23.000;30.90;3.105596.2000;0.148;21.970;-166.5;-15.356;1.4;-24.71
2022-09-24T20:13:05.000;2022-09-25T04:13:05.000;30.90;3.090136.0000;0.149;21.970;-166.6;-15.188;1.4;-24.535
2022-09-24T20:13:47.000;2022-09-25T04:13:47.000;30.90;3.069749.8000;0.150;21.958;-166.6;-15.021;1.4;-24.361
2022-09-24T20:14:29.000;2022-09-25T04:14:29.000;30.90;3.042557.4000;0.151;21.948;-166.6;-14.852;1.4;-24.187
2022-09-24T20:15:11.000;2022-09-25T04:15:11.000;30.90;3.019087.0000;0.153;21.940;-166.6;-14.684;1.4;-24.013
2022-09-24T20:15:53.000;2022-09-25T04:15:53.000;30.90;2.993775.0000;0.154;21.932;-166.6;-14.516;1.4;-23.839
2022-09-24T20:16:38.000;2022-09-25T04:16:38.000;30.90;2.967794.0000;0.155;21.920;-166.6;-14.346;1.4;-23.665
2022-09-24T20:17:20.000;2022-09-25T04:17:20.000;30.90;2.939241.8000;0.157;21.912;-166.6;-14.168;1.4;-23.478
2022-09-24T20:18:02.000;2022-09-25T04:18:02.000;30.90;2.934185.6000;0.157;21.910;-166.6;-14.14;1.4;-23.304
2022-09-24T20:18:44.000;2022-09-25T04:18:44.000;30.90;2.931821.4000;0.157;21.910;-166.6;-13.832;1.4;-23.13
2022-09-24T20:19:26.000;2022-09-25T04:19:26.000;30.90;2.922560.4000;0.158;21.910;-166.6;-13.664;1.4;-22.956
2022-09-24T20:20:08.000;2022-09-25T04:20:08.000;30.90;2.916734.4000;0.158;21.906;-166.6;-13.496;1.4;-22.781
2022-09-24T20:20:50.000;2022-09-25T04:20:50.000;30.90;2.913932.4000;0.158;21.900;-166.6;-13.328;1.4;-22.607
2022-09-24T20:21:32.000;2022-09-25T04:21:32.000;30.90;2.907348.0000;0.158;21.900;-166.6;-13.161;1.4;-22.433
2022-09-24T20:22:14.000;2022-09-25T04:22:14.000;30.90;2.900772.4000;0.159;21.896;-166.6;-12.992;1.4;-22.259
2022-09-24T20:22:56.000;2022-09-25T04:22:56.000;30.90;2.887650.2000;0.160;21.890;-166.6;-12.824;1.4;-22.085
2022-09-24T20:23:39.000;2022-09-25T04:23:39.000;30.90;2.878833.8000;0.160;21.890;-166.6;-12.652;1.4;-21.909
2022-09-24T20:24:21.000;2022-09-25T04:24:21.000;30.90;2.879420.4000;0.160;21.890;-166.6;-12.484;1.4;-21.732
2022-09-24T20:25:03.000;2022-09-25T04:25:03.000;30.90;2.872045.8000;0.160;21.888;-166.6;-12.316;1.4;-21.558
2022-09-24T20:25:45.000;2022-09-25T04:25:45.000;30.90;2.861898.6000;0.161;21.872;-166.7;-12.148;1.4;-21.384
2022-09-24T20:26:27.000;2022-09-25T04:26:27.000;30.90;2.881756.0000;0.160;21.882;-166.7;-11.981;1.3;-21.21
2022-09-24T20:27:09.000;2022-09-25T04:27:09.000;30.90;2.867226.4000;0.161;21.878;-166.7;-11.812;1.3;-21.035
2022-09-24T20:27:51.000;2022-09-25T04:27:51.000;30.90;2.857247.4000;0.161;21.878;-166.7;-11.644;1.3;-20.861
2022-09-24T20:28:33.000;2022-09-25T04:28:33.000;30.90;2.868464.6000;0.161;21.884;-166.7;-11.476;1.3;-20.687
2022-09-24T20:29:15.000;2022-09-25T04:29:15.000;30.90;2.828349.8000;0.163;21.860;-166.7;-11.308;1.3;-20.513
2022-09-24T20:29:57.000;2022-09-25T04:29:57.000;30.90;2.817264.8000;0.164;21.854;-166.7;-11.141;1.3;-20.338
2022-09-24T20:30:39.000;2022-09-25T04:30:39.000;30.90;2.806758.0000;0.164;21.850;-166.7;-10.972;1.3;-20.164
2022-09-24T20:31:21.000;2022-09-25T04:31:21.000;30.90;2.797643.2000;0.165;21.842;-166.7;-10.804;1.3;-19.99
2022-09-24T20:32:03.000;2022-09-25T04:32:03.000;30.90;2.785339.8000;0.165;21.840;-166.7;-10.636;1.3;-19.816
2022-09-24T20:32:45.000;2022-09-25T04:32:45.000;30.90;2.776164.6000;0.166;21.840;-166.7;-10.468;1.3;-19.642
2022-09-24T20:33:27.000;2022-09-25T04:33:27.000;30.90;2.763624.8000;0.167;21.830;-166.7;-10.313;-19.467
2022-09-24T20:34:09.000;2022-09-25T04:34:09.000;30.90;2.746135.0000;0.168;21.822;-166.7;-10.132;1.3;-19.293
2022-09-24T20:34:51.000;2022-09-25T04:34:51.000;30.90;2.723170.6000;0.169;21.816;-166.7;-9.964;1.3;-19.119
2022-09-24T20:35:33.000;2022-09-25T04:35:33.000;30.90;2.704309.8000;0.170;21.812;-166.7;-9.796;1.3;-18.945
2022-09-24T20:36:15.000;2022-09-25T04:36:15.000;30.90;2.707026.0000;0.170;21.812;-166.7;-9.628;1.3;-18.771
2022-09-24T20:36:57.000;2022-09-25T04:36:57.000;30.90;2.656459.8000;0.173;21.794;-166.7;-9.461;1.3;-18.596
2022-09-24T20:37:39.000;2022-09-25T04:37:39.000;30.90;2.629062.2000;0.175;21.778;-166.7;-9.292;1.3;-18.422
2022-09-24T20:38:22.000;2022-09-25T04:38:22.000;30.84;2.610884.0000;0.176;21.770;-166.8;-9.121;1.3;-18.244
2022-09-24T20:39:04.000;2022-09-25T04:39:04.000;30.90;2.579047.4000;0.179;21.760;-166.8;-8.952;1.3;-18.069

2022-09-24T20:39:46.000;2022-09-25T04:39:46.000;30.90;2.543.223.200;0.181;21.742;-166.8;-8.784;1.3;-17.895
2022-09-24T20:40:28.000;2022-09-25T04:40:28.000;30.90;2.517.117.800;0.183;21.730;-166.8;-8.616;1.3;-17.721
2022-09-24T20:41:10.000;2022-09-25T04:41:10.000;30.90;2.482.615.600;0.186;21.716;-166.8;-8.448;1.3;-17.547
2022-09-24T20:41:52.000;2022-09-25T04:41:52.000;30.90;2.438.446.200;0.189;21.696;-166.8;-8.281;1.3;-17.372
2022-09-24T20:42:34.000;2022-09-25T04:42:34.000;30.90;2.388.886.400;0.193;21.676;-166.8;-8.112;1.3;-17.198
2022-09-24T20:43:16.000;2022-09-25T04:43:16.000;30.90;2.339.542.000;0.199;21.638;-166.8;-7.944;1.3;-17.024
2022-09-24T20:43:58.000;2022-09-25T04:43:58.000;30.90;2.254.270.000;0.204;21.604;-166.8;-7.776;1.3;-16.85
2022-09-24T20:44:40.000;2022-09-25T04:44:40.000;30.78;2.166.437.600;0.213;21.564;-166.8;-7.608;1.3;-16.675
2022-09-24T20:45:22.000;2022-09-25T04:45:22.000;30.84;2.060.488.400;0.224;21.510;-166.8;-7.441;1.3;-16.501
2022-09-24T20:46:04.000;2022-09-25T04:46:04.000;30.90;1.935.913.000;0.238;21.442;-166.8;-7.273;1.3;-16.327
2022-09-24T20:46:46.000;2022-09-25T04:46:46.000;30.84;1.809.436.000;0.255;21.364;-166.8;-7.105;1.3;-16.153
2022-09-24T20:47:28.000;2022-09-25T04:47:28.000;30.84;1.691.307.600;0.273;21.286;-166.8;-6.937;1.3;-15.978
2022-09-24T20:48:10.000;2022-09-25T04:48:10.000;30.90;1.578.808.800;0.292;21.214;-166.8;-6.769;1.3;-15.804
2022-09-24T20:48:52.000;2022-09-25T04:48:52.000;30.90;1.469.013.800;0.314;21.136;-166.8;-6.601;1.3;-15.63
2022-09-24T20:49:34.000;2022-09-25T04:49:34.000;30.90;1.341.888.200;0.344;21.031;-166.8;-6.433;1.3;-15.455
2022-09-24T20:50:16.000;2022-09-25T04:50:16.000;30.78;1.201.644.800;0.384;20.901;-166.8;-6.265;1.3;-15.281
2022-09-24T20:50:58.000;2022-09-25T04:50:58.000;30.84;1.075.727.000;0.429;20.785;-166.9;-6.097;1.3;-15.107
2022-09-24T20:51:40.000;2022-09-25T04:51:40.000;30.78;963.282.000;0.479;20.669;-166.9;5.929;1.3;-14.933
2022-09-24T20:52:22.000;2022-09-25T04:52:22.000;30.78;855.526.200;0.540;20.535;-166.9;5.761;1.3;-14.758
2022-09-24T20:53:04.000;2022-09-25T04:53:04.000;30.78;756.166.400;0.611;20.399;-166.9;5.593;1.3;-14.584
2022-09-24T20:53:46.000;2022-09-25T04:53:46.000;30.72;658.679.600;0.701;20.245;-166.9;5.425;1.3;-14.41
2022-09-24T20:54:29.000;2022-09-25T04:54:29.000;30.84;564.180.200;0.819;20.077;-166.9;5.253;1.3;-14.231
2022-09-24T20:55:11.000;2022-09-25T04:55:11.000;30.78;480.108.800;0.962;19.902;-166.9;5.085;1.3;-14.057
2022-09-24T20:55:53.000;2022-09-25T04:55:53.000;30.84;410.623.400;1.125;19.733;-166.9;4.918;1.3;-13.883
2022-09-24T20:56:35.000;2022-09-25T04:56:35.000;30.90;350.767.400;1.318;19.560;-166.9;4.751;1.3;-13.709
2022-09-24T20:57:17.000;2022-09-25T04:57:17.000;30.78;296.592.600;1.558;19.376;-166.9;4.582;1.3;-13.534
2022-09-24T20:57:59.000;2022-09-25T04:57:59.000;30.78;249.091.000;1.857;19.186;-166.9;4.414;1.3;-13.36
2022-09-24T20:58:44.000;2022-09-25T04:58:44.000;30.84;202.521.000;2.285;18.958;-166.9;4.246;1.3;-13.179
2022-09-24T20:59:26.000;2022-09-25T04:59:26.000;30.78;166.794.600;2.775;18.744;-166.9;4.033;1.3;-12.999
2022-09-24T21:00:08.000;2022-09-25T05:00:08.000;30.84;138.741.800;3.333;18.542;-166.9;3.898;1.3;-12.825
2022-09-24T21:00:50.000;2022-09-25T05:00:50.000;30.78;114.606.400;4.034;18.336;-166.9;3.731;1.3;-12.65
2022-09-24T21:01:32.000;2022-09-25T05:01:32.000;30.78;95.541.400;4.845;18.136;-166.9;3.562;1.3;-12.476
2022-09-24T21:02:14.000;2022-09-25T05:02:14.000;30.84;78.631.400;5.887;17.924;-166.9;3.394;1.3;-12.302
2022-09-24T21:02:57.000;2022-09-25T05:02:57.000;30.90;64.793.200;7.137;17.716;-166.9;3.223;1.3;-12.123
2022-09-24T21:03:39.000;2022-09-25T05:03:39.000;30.84;52.759.200;8.768;17.495;-167;-3.055;1.3;-11.949
2022-09-24T21:04:21.000;2022-09-25T05:04:21.000;30.72;43.057.400;10.748;17.272;-167;-2.887;1.3;-11.775
2022-09-24T21:05:03.000;2022-09-25T05:05:03.000;30.90;35.949.400;12.861;17.074;-167;-2.719;1.3;-11.6
2022-09-24T21:05:45.000;2022-09-25T05:05:45.000;30.84;30.815.600;15.002;16.913;-167;-2.551;1.3;-11.426
2022-09-24T21:06:28.000;2022-09-25T05:06:28.000;30.90;26.687.600;17.290;16.754;-167;-2.379;1.3;-11.248
2022-09-24T21:07:11.000;2022-09-25T05:07:11.000;30.84;23.227.600;19.875;16.607;-167;-2.207;1.3;-11.069
2022-09-24T21:07:53.000;2022-09-25T05:07:53.000;30.78;19.655.800;23.540;16.423;-167;-2.039;1.3;-10.895
2022-09-24T21:08:35.000;2022-09-25T05:08:35.000;30.90;17.268.200;26.871;16.277;-167;-1.872;1.3;-10.72
2022-09-24T21:09:20.000;2022-09-25T05:09:20.000;30.84;14.516.200;31.514;16.096;-167;-1.692;1.3;-10.534
2022-09-24T21:10:02.000;2022-09-25T05:10:02.000;30.84;12.223.400;38.000;15.911;-167;-1.524;1.3;-10.359
2022-09-24T21:10:45.000;2022-09-25T05:10:45.000;30.78;9.989.400;45.600;15.684;-167;-1.352;1.3;-10.181
2022-09-24T21:11:27.000;2022-09-25T05:11:27.000;30.84;8.316.000;55.400;15.490;-167;-1.184;1.3;-10.007
2022-09-24T21:12:09.000;2022-09-25T05:12:09.000;30.78;6.786.800;67.800;15.261;-167;-1.016;1.3;-9.832
2022-09-24T21:12:51.000;2022-09-25T05:12:51.000;30.72;5.19.800;83.400;15.042;-167;-0.849;1.3;-9.658
2022-09-24T21:13:33.000;2022-09-25T05:13:33.000;30.84;4.338.200;103.600;14.775;-167;-0.681;1.3;-9.484
2022-09-24T21:14:15.000;2022-09-25T05:14:15.000;30.66;0.000;129.400;14.562;-167;-0.513;1.3;-9.309
2022-09-24T21:14:57.000;2022-09-25T05:14:57.000;30.72;0.000;160.400;14.343;-167;-0.345;1.3;-9.135
2022-09-24T21:15:39.000;2022-09-25T05:15:39.000;30.72;0.000;195.400;14.130;-167;-0.177;1.3;-8.961
2022-09-24T21:16:21.000;2022-09-25T05:16:21.000;30.84;0.000;234.200;13.932;-167;-0.009;1.3;-8.786
2022-09-24T21:17:03.000;2022-09-25T05:17:03.000;30.78;0.000;278.800;13.746;-167;1.0.158;1.3;-8.612
2022-09-24T21:17:45.000;2022-09-25T05:17:45.000;30.72;0.000;333.400;13.550;-167;1.0.396;1.3;-8.438
2022-09-24T21:18:27.000;2022-09-25T05:18:27.000;30.72;0.000;400.800;13.352;-167;1.0.494;1.3;-8.263
2022-09-24T21:19:09.000;2022-09-25T05:19:09.000;30.66;0.000;479.200;13.156;-167;1.0.662;1.3;-8.089
2022-09-24T21:19:51.000;2022-09-25T05:19:51.000;30.72;0.000;567.800;12.976;-167;1.0.831;1.3;-7.915
2022-09-24T21:20:33.000;2022-09-25T05:20:33.000;30.84;0.000;674.400;12.788;-167;1.0.997;1.3;-7.74
2022-09-24T21:21:15.000;2022-09-25T05:21:15.000;30.72;0.000;806.600;12.592;-167;1.1.165;1.3;-7.566
2022-09-24T21:21:57.000;2022-09-25T05:21:57.000;30.66;0.000;974.600;12.388;-167;1.1.333;1.3;-7.392
2022-09-24T21:22:39.000;2022-09-25T05:22:39.000;30.72;0.000;1.195.000;12.169;-167;1.1.501;1.3;-7.217
2022-09-24T21:23:21.000;2022-09-25T05:23:21.000;30.78;0.000;1.496.000;11.921;-167;1.1.668;1.3;-7.043
2022-09-24T21:24:03.000;2022-09-25T05:24:03.000;30.66;0.000;1.905.600;11.660;-167;1.1.836;1.3;-6.868
2022-09-24T21:24:45.000;2022-09-25T05:24:45.000;30.66;0.000;2.453.000;11.386;-167;1.2.004;1.3;-6.694
2022-09-24T21:25:27.000;2022-09-25T05:25:27.000;30.66;0.000;3.191.400;11.102;-167;1.2.172;1.3;-6.52
2022-09-24T21:26:09.000;2022-09-25T05:26:09.000;30.66;0.000;4.157.200;10.812;-167;1.2.34;1.3;-6.345
2022-09-24T21:26:52.000;2022-09-25T05:26:52.000;30.72;0.000;5.308.600;10.547;-167;1.2.511;1.3;-6.167
2022-09-24T21:27:34.000;2022-09-25T05:27:34.000;30.66;0.000;6.654.800;10.218;-167;1.2.679;1.3;-5.993
2022-09-24T21:28:16.000;2022-09-25T05:28:16.000;30.84;0.000;7.887.600;10.116;-167;1.2.847;1.3;-5.818
2022-09-24T21:28:58.000;2022-09-25T05:28:58.000;30.66;0.000;9.346.600;9.938;-167;2.3.015;1.3;-5.644
2022-09-24T21:29:40.000;2022-09-25T05:29:40.000;30.66;0.000;11.182.600;9.738;-167;2.3.182;1.3;-5.47
2022-09-24T21:30:22.000;2022-09-25T05:30:22.000;30.60;0.000;13.768.600;9.511;-167;2.3.35;1.2;-5.295
2022-09-24T21:31:04.000;2022-09-25T05:31:04.000;30.66;0.000;17.206.800;9.271;-167;2.3.518;1.2;-5.121
2022-09-24T21:31:46.000;2022-09-25T05:31:46.000;30.72;0.000;21.300.200;9.037;-167;2.3.685;1.2;-4.946
2022-09-24T21:32:28.000;2022-09-25T05:32:28.000;30.60;0.000;26.041.400;8.821;-167;2.3.853;1.2;-4.772
2022-09-24T21:33:10.000;2022-09-25T05:33:10.000;30.60;0.000;31.278.800;8.618;-167;2.4.021;1.2;-4.598
2022-09-24T21:33:52.000;2022-09-25T05:33:52.000;30.60;0.000;36.734.200;8.449;-167;2.4.189;1.2;-4.423
2022-09-24T21:34:34.000;2022-09-25T05:34:34.000;30.66;0.000;42.870.400;8.280;-167;2.4.356;1.2;-4.249

2022-09-24T21:35:16.000;2022-09-25T05:35:16.000;30.72;0.000;50.801.000;8.092;-167.24.524;1.2;-4.075
2022-09-24T21:35:58.000;2022-09-25T05:35:58.000;30.66;0.000;59.922.200;7.917;-167.24.692;1.2;-3.9
2022-09-24T21:36:40.000;2022-09-25T05:36:40.000;30.78;0.000;68.233.400;7.777;-167.24.821;1.2;-3.726
2022-09-24T21:37:22.000;2022-09-25T05:37:22.000;30.72;0.000;74.546.000;7.682;-167.25.027;1.2;-3.552
2022-09-24T21:38:04.000;2022-09-25T05:38:04.000;30.72;0.000;80.683.800;7.598;-167.25.195;1.2;-3.377
2022-09-24T21:38:46.000;2022-09-25T05:38:46.000;30.72;0.000;88.253.800;7.493;-167.25.362;1.2;-3.203
2022-09-24T21:39:28.000;2022-09-25T05:39:28.000;30.78;0.000;98.159.200;7.381;-167.25.53;1.2;-3.028
2022-09-24T21:40:10.000;2022-09-25T05:40:10.000;30.84;0.000;109.525.800;7.259;-167.25.698;1.2;-2.854
2022-09-24T21:40:56.000;2022-09-25T05:40:56.000;30.66;0.000;124.095.800;7.123;-167.25.861;1.2;-2.663
2022-09-24T21:41:38.000;2022-09-25T05:41:38.000;30.66;0.000;140.258.600;6.999;-167.3.6.049;1.2;-2.489
2022-09-24T21:42:20.000;2022-09-25T05:42:20.000;30.72;0.000;158.672.200;6.859;-167.3.6.217;1.2;-2.314
2022-09-24T21:43:03.000;2022-09-25T05:43:03.000;30.84;0.000;180.313.600;6.719;-167.3.6.388;1.2;-2.136
2022-09-24T21:43:48.000;2022-09-25T05:43:48.000;30.78;0.000;207.109.600;6.573;-167.3.6.568;1.2;-1.949
2022-09-24T21:44:30.000;2022-09-25T05:44:30.000;30.84;0.000;235.243.400;6.431;-167.3.6.736;1.2;-1.775
2022-09-24T21:45:12.000;2022-09-25T05:45:12.000;30.78;0.000;264.927.400;6.301;-167.3.6.903;1.2;-1.6
2022-09-24T21:45:54.000;2022-09-25T05:45:54.000;30.66;0.000;295.355.600;6.185;-167.3.7.071;1.2;-1.426
2022-09-24T21:46:36.000;2022-09-25T05:46:36.000;30.78;0.000;327.080.200;6.073;-167.3.7.238;1.2;-1.252
2022-09-24T21:47:18.000;2022-09-25T05:47:18.000;30.78;0.000;360.770.800;5.965;-167.3.7.406;1.2;-1.077
2022-09-24T21:48:00.000;2022-09-25T05:48:00.000;30.72;0.000;394.982.000;5.893;-167.3.7.574;1.2;-0.903
2022-09-24T21:48:43.000;2022-09-25T05:48:43.000;30.72;0.000;428.095.400;-0.000;-167.3.7.745;1.2;-0.724
2022-09-24T21:49:25.000;2022-09-25T05:49:25.000;30.78;0.000;461.185.200;-0.000;-167.3.7.913;1.2;-0.555
2022-09-24T21:50:07.000;2022-09-25T05:50:07.000;30.66;0.000;499.042.400;-0.000;-167.3.8.08;1.2;-0.376
2022-09-24T21:50:49.000;2022-09-25T05:50:49.000;30.60;0.000;538.037.400;-0.000;-167.3.8.248;1.2;-0.201
2022-09-24T21:51:32.000;2022-09-25T05:51:32.000;30.66;0.000;568.332.400;-0.000;-167.3.8.42;1.2;-0.023
2022-09-24T21:52:14.000;2022-09-25T05:52:14.000;30.78;0.000;580.397.800;-0.000;-167.3.8.587;1.2;0.152
2022-09-24T21:52:56.000;2022-09-25T05:52:56.000;30.78;0.000;579.919.000;-0.000;-167.3.8.755;1.2;0.326
2022-09-24T21:53:38.000;2022-09-25T05:53:38.000;30.90;0.000;579.880.600;-0.000;-167.3.8.922;1.2;0.5
2022-09-24T21:54:20.000;2022-09-25T05:54:20.000;30.78;0.000;579.855.200;-0.000;-167.4.9.09;1.2;0.675
2022-09-24T21:55:02.000;2022-09-25T05:55:02.000;30.72;0.000;579.864.800;-0.000;-167.4.9.257;1.2;0.849
2022-09-24T21:55:44.000;2022-09-25T05:55:44.000;30.78;0.000;579.858.800;-0.000;-167.4.9.425;1.2;1.024
2022-09-24T21:56:29.000;2022-09-25T05:56:29.000;30.78;0.000;579.866.000;-0.000;-167.4.9.604;1.2;1.21
2022-09-24T21:57:16.000;2022-09-25T05:57:16.000;30.90;0.000;579.871.400;-0.000;-167.4.9.792;1.2;1.406
2022-09-24T21:57:58.000;2022-09-25T05:57:58.000;30.84;0.000;579.832.200;-0.000;-167.4.9.959;1.2;1.58
2022-09-24T21:58:40.000;2022-09-25T05:58:40.000;30.78;0.000;579.853.200;-0.000;-167.4.10.127;1.2;1.754
2022-09-24T21:59:22.000;2022-09-25T05:59:22.000;30.90;0.000;579.791.000;-0.000;-167.4.10.294;1.2;1.929
2022-09-24T22:00:04.000;2022-09-25T06:00:04.000;30.90;0.000;579.744.800;-0.000;-167.4.10.462;1.2;2.103
2022-09-24T22:00:46.000;2022-09-25T06:00:46.000;31.02;0.000;579.680.200;-0.000;-167.4.10.629;1.2;2.278
2022-09-24T22:01:28.000;2022-09-25T06:01:28.000;30.90;0.000;579.688.800;-0.000;-167.4.10.797;1.2;2.452

➤ Data SQM SA

UTC Date & Time;Local Date & Time;Temperature;Voltage;MSAS;Record type;MoonPhaseDeg;MoonElevDeg;MoonIllum%;SunElevDeg

2022-09-24T18:07:23.000;2022-09-25T02:07:23.000;24.8;4.97;16.33;0;-165.6;-44.976;1.6;-55.193
2022-09-24T18:08:23.000;2022-09-25T02:08:23.000;25.1;4.97;16.88;1;-165.6;-44.736;1.6;-54.947
2022-09-24T18:09:23.000;2022-09-25T02:09:23.000;25.1;4.97;19.47;1;-165.6;-44.497;1.6;-54.702
2022-09-24T18:10:23.000;2022-09-25T02:10:23.000;25.1;4.97;21.85;1;-165.6;-44.257;1.6;-54.456
2022-09-24T18:11:23.000;2022-09-25T02:11:23.000;25.1;4.97;21.77;1;-165.6;-44.017;1.6;-54.210
2022-09-24T18:12:23.000;2022-09-25T02:12:23.000;25.1;4.97;21.69;1;-165.6;-43.777;1.6;-53.964
2022-09-24T18:13:23.000;2022-09-25T02:13:23.000;25.1;4.97;21.82;1;-165.6;-43.537;1.6;-53.717
2022-09-24T18:14:23.000;2022-09-25T02:14:23.000;25.1;4.97;21.81;1;-165.6;-43.298;1.6;-53.471
2022-09-24T18:15:23.000;2022-09-25T02:15:23.000;24.8;4.97;21.81;1;-165.6;-43.058;1.6;-53.225
2022-09-24T18:16:23.000;2022-09-25T02:16:23.000;24.8;4.97;21.82;1;-165.6;-42.818;1.6;-52.979
2022-09-24T18:17:23.000;2022-09-25T02:17:23.000;24.8;4.97;21.82;1;-165.6;-42.578;1.6;-52.733
2022-09-24T18:18:23.000;2022-09-25T02:18:23.000;24.4;4.97;21.83;1;-165.6;-42.338;1.6;-52.486
2022-09-24T18:19:23.000;2022-09-25T02:19:23.000;24.4;4.97;21.81;1;-165.7;-42.098;1.6;-52.240
2022-09-24T18:20:23.000;2022-09-25T02:20:23.000;24.4;4.97;21.83;1;-165.7;-41.859;1.6;-51.993
2022-09-24T18:21:23.000;2022-09-25T02:21:23.000;24.4;4.97;21.83;1;-165.7;-41.619;1.6;-51.747
2022-09-24T18:22:23.000;2022-09-25T02:22:23.000;24.4;4.97;21.83;1;-165.7;-41.379;1.6;-51.501
2022-09-24T18:23:23.000;2022-09-25T02:23:23.000;24.1;4.96;21.83;1;-165.7;-41.139;1.6;-51.254
2022-09-24T18:24:23.000;2022-09-25T02:24:23.000;24.1;4.96;21.83;1;-165.7;-40.899;1.6;-51.007
2022-09-24T18:25:23.000;2022-09-25T02:25:23.000;24.1;4.97;21.83;1;-165.7;-40.659;1.5;-50.761
2022-09-24T18:26:23.000;2022-09-25T02:26:23.000;24.1;4.97;21.82;1;-165.7;-40.419;1.5;-50.514
2022-09-24T18:27:23.000;2022-09-25T02:27:23.000;24.1;4.97;21.81;1;-165.7;-40.179;1.5;-50.267
2022-09-24T18:28:23.000;2022-09-25T02:28:23.000;23.8;4.97;21.79;1;-165.7;-39.940;1.5;-50.021
2022-09-24T18:29:23.000;2022-09-25T02:29:23.000;23.8;4.97;21.79;1;-165.7;-39.700;1.5;-49.774
2022-09-24T18:30:23.000;2022-09-25T02:30:23.000;23.8;4.97;21.80;1;-165.7;-39.460;1.5;-49.527

2022-09-24T18:31:23.000;2022-09-25T02:31:23.000;23.8;4.97;21.80;1;-165.7;-39.220;1.5;-49.280
2022-09-24T18:32:23.000;2022-09-25T02:32:23.000;23.8;4.97;21.79;1;-165.8;-38.980;1.5;-49.033
2022-09-24T18:33:23.000;2022-09-25T02:33:23.000;23.8;4.97;21.78;1;-165.8;-38.740;1.5;-48.787
2022-09-24T18:34:23.000;2022-09-25T02:34:23.000;23.8;4.97;21.82;1;-165.8;-38.500;1.5;-48.540
2022-09-24T18:35:23.000;2022-09-25T02:35:23.000;23.5;4.97;21.85;1;-165.8;-38.260;1.5;-48.293
2022-09-24T18:36:23.000;2022-09-25T02:36:23.000;23.5;4.97;21.85;1;-165.8;-38.020;1.5;-48.046
2022-09-24T18:37:23.000;2022-09-25T02:37:23.000;23.5;4.97;21.89;1;-165.8;-37.780;1.5;-47.799
2022-09-24T18:38:23.000;2022-09-25T02:38:23.000;23.5;4.97;21.89;1;-165.8;-37.540;1.5;-47.551
2022-09-24T18:39:23.000;2022-09-25T02:39:23.000;23.5;4.97;21.89;1;-165.8;-37.300;1.5;-47.304
2022-09-24T18:40:23.000;2022-09-25T02:40:23.000;23.5;4.97;21.89;1;-165.8;-37.060;1.5;-47.057
2022-09-24T18:41:23.000;2022-09-25T02:41:23.000;23.5;4.97;21.88;1;-165.8;-36.820;1.5;-46.810
2022-09-24T18:42:23.000;2022-09-25T02:42:23.000;23.5;4.97;21.87;1;-165.8;-36.580;1.5;-46.563
2022-09-24T18:43:23.000;2022-09-25T02:43:23.000;23.5;4.97;21.87;1;-165.8;-36.340;1.5;-46.316
2022-09-24T18:44:23.000;2022-09-25T02:44:23.000;23.5;4.97;21.85;1;-165.8;-36.100;1.5;-46.068
2022-09-24T18:45:23.000;2022-09-25T02:45:23.000;23.5;4.97;21.85;1;-165.9;-35.860;1.5;-45.821
2022-09-24T18:46:23.000;2022-09-25T02:46:23.000;23.5;4.96;21.85;1;-165.9;-35.620;1.5;-45.574
2022-09-24T18:47:23.000;2022-09-25T02:47:23.000;23.5;4.97;21.85;1;-165.9;-35.380;1.5;-45.327
2022-09-24T18:48:23.000;2022-09-25T02:48:23.000;23.2;4.97;21.87;1;-165.9;-35.140;1.5;-45.079
2022-09-24T18:49:23.000;2022-09-25T02:49:23.000;23.5;4.97;21.89;1;-165.9;-34.900;1.5;-44.832
2022-09-24T18:50:23.000;2022-09-25T02:50:23.000;23.2;4.97;21.91;1;-165.9;-34.660;1.5;-44.585
2022-09-24T18:51:23.000;2022-09-25T02:51:23.000;23.2;4.97;21.89;1;-165.9;-34.420;1.5;-44.337
2022-09-24T18:52:23.000;2022-09-25T02:52:23.000;23.2;4.97;21.85;1;-165.9;-34.180;1.5;-44.090
2022-09-24T18:53:23.000;2022-09-25T02:53:23.000;23.2;4.97;21.84;1;-165.9;-33.940;1.5;-43.842
2022-09-24T18:54:23.000;2022-09-25T02:54:23.000;23.2;4.97;21.80;1;-165.9;-33.700;1.5;-43.595
2022-09-24T18:55:23.000;2022-09-25T02:55:23.000;23.2;4.97;21.77;1;-165.9;-33.460;1.5;-43.347
2022-09-24T18:56:23.000;2022-09-25T02:56:23.000;23.2;4.97;21.78;1;-165.9;-33.220;1.5;-43.100
2022-09-24T18:57:23.000;2022-09-25T02:57:23.000;23.2;4.97;21.73;1;-166.0;-32.980;1.5;-42.852
2022-09-24T18:58:23.000;2022-09-25T02:58:23.000;23.2;4.97;21.72;1;-166.0;-32.740;1.5;-42.605
2022-09-24T18:59:23.000;2022-09-25T02:59:23.000;23.2;4.97;21.64;1;-166.0;-32.500;1.5;-42.357
2022-09-24T19:00:23.000;2022-09-25T03:00:23.000;23.2;4.97;21.66;1;-166.0;-32.260;1.5;-42.109
2022-09-24T19:01:23.000;2022-09-25T03:01:23.000;23.2;4.97;21.59;1;-166.0;-32.020;1.5;-41.862
2022-09-24T19:02:23.000;2022-09-25T03:02:23.000;23.2;4.97;21.60;1;-166.0;-31.780;1.5;-41.614
2022-09-24T19:03:23.000;2022-09-25T03:03:23.000;23.2;4.97;21.66;1;-166.0;-31.540;1.5;-41.366
2022-09-24T19:04:23.000;2022-09-25T03:04:23.000;23.2;4.97;21.58;1;-166.0;-31.300;1.5;-41.119
2022-09-24T19:05:23.000;2022-09-25T03:05:23.000;23.2;4.97;21.79;1;-166.0;-31.060;1.5;-40.871
2022-09-24T19:06:23.000;2022-09-25T03:06:23.000;23.2;4.97;21.84;1;-166.0;-30.820;1.5;-40.623
2022-09-24T19:07:23.000;2022-09-25T03:07:23.000;23.2;4.97;21.78;1;-166.0;-30.580;1.5;-40.375
2022-09-24T19:08:23.000;2022-09-25T03:08:23.000;23.2;4.97;21.80;1;-166.0;-30.340;1.5;-40.128
2022-09-24T19:09:23.000;2022-09-25T03:09:23.000;23.2;4.97;21.79;1;-166.0;-30.100;1.5;-39.880
2022-09-24T19:10:23.000;2022-09-25T03:10:23.000;23.2;4.97;21.81;1;-166.1;-29.860;1.5;-39.632
2022-09-24T19:11:23.000;2022-09-25T03:11:23.000;23.2;4.97;21.81;1;-166.1;-29.620;1.5;-39.384
2022-09-24T19:12:23.000;2022-09-25T03:12:23.000;23.2;4.97;21.81;1;-166.1;-29.380;1.5;-39.136
2022-09-24T19:13:23.000;2022-09-25T03:13:23.000;23.2;4.97;21.79;1;-166.1;-29.140;1.5;-38.888
2022-09-24T19:14:23.000;2022-09-25T03:14:23.000;23.2;4.97;21.79;1;-166.1;-28.900;1.5;-38.641
2022-09-24T19:15:24.000;2022-09-25T03:15:24.000;23.2;4.97;21.78;1;-166.1;-28.656;1.5;-38.389
2022-09-24T19:16:24.000;2022-09-25T03:16:24.000;23.2;4.97;21.80;1;-166.1;-28.416;1.5;-38.141
2022-09-24T19:17:24.000;2022-09-25T03:17:24.000;23.2;4.97;21.81;1;-166.1;-28.176;1.5;-37.893
2022-09-24T19:18:24.000;2022-09-25T03:18:24.000;23.2;4.97;21.82;1;-166.1;-27.936;1.5;-37.645
2022-09-24T19:19:24.000;2022-09-25T03:19:24.000;23.2;4.97;21.83;1;-166.1;-27.696;1.5;-37.397
2022-09-24T19:20:24.000;2022-09-25T03:20:24.000;23.2;4.97;21.85;1;-166.1;-27.456;1.5;-37.149
2022-09-24T19:21:24.000;2022-09-25T03:21:24.000;23.2;4.97;21.84;1;-166.1;-27.215;1.5;-36.901
2022-09-24T19:22:24.000;2022-09-25T03:22:24.000;23.2;4.97;21.84;1;-166.2;-26.975;1.5;-36.653
2022-09-24T19:23:24.000;2022-09-25T03:23:24.000;23.2;4.97;21.84;1;-166.2;-26.735;1.5;-36.405
2022-09-24T19:24:24.000;2022-09-25T03:24:24.000;23.2;4.97;21.84;1;-166.2;-26.495;1.5;-36.157
2022-09-24T19:25:24.000;2022-09-25T03:25:24.000;23.2;4.97;21.83;1;-166.2;-26.255;1.4;-35.909
2022-09-24T19:26:24.000;2022-09-25T03:26:24.000;23.2;4.97;21.83;1;-166.2;-26.015;1.4;-35.661
2022-09-24T19:27:24.000;2022-09-25T03:27:24.000;23.2;4.97;21.83;1;-166.2;-25.775;1.4;-35.413
2022-09-24T19:28:24.000;2022-09-25T03:28:24.000;23.2;4.97;21.83;1;-166.2;-25.535;1.4;-35.164
2022-09-24T19:29:24.000;2022-09-25T03:29:24.000;23.2;4.97;21.84;1;-166.2;-25.295;1.4;-34.916
2022-09-24T19:30:24.000;2022-09-25T03:30:24.000;23.2;4.97;21.85;1;-166.2;-25.055;1.4;-34.668
2022-09-24T19:31:24.000;2022-09-25T03:31:24.000;23.2;4.97;21.87;1;-166.2;-24.815;1.4;-34.420
2022-09-24T19:32:24.000;2022-09-25T03:32:24.000;23.2;4.96;21.88;1;-166.2;-24.575;1.4;-34.172
2022-09-24T19:33:24.000;2022-09-25T03:33:24.000;23.2;4.97;21.88;1;-166.2;-24.335;1.4;-33.924
2022-09-24T19:34:24.000;2022-09-25T03:34:24.000;23.2;4.96;21.89;1;-166.2;-24.095;1.4;-33.676
2022-09-24T19:35:24.000;2022-09-25T03:35:24.000;23.2;4.97;21.89;1;-166.3;-23.855;1.4;-33.427

2022-09-24T19:36:24.000;2022-09-25T03:36:24.000;23.2.4.97;21.91;1;-166.3;-23.615;1.4;-33.179
2022-09-24T19:37:24.000;2022-09-25T03:37:24.000;23.2.4.97;21.92;1;-166.3;-23.375;1.4;-32.931
2022-09-24T19:38:24.000;2022-09-25T03:38:24.000;23.2.4.97;21.93;1;-166.3;-23.135;1.4;-32.683
2022-09-24T19:39:24.000;2022-09-25T03:39:24.000;23.2.4.97;21.93;1;-166.3;-22.895;1.4;-32.435
2022-09-24T19:40:24.000;2022-09-25T03:40:24.000;23.2.4.97;21.95;1;-166.3;-22.655;1.4;-32.186
2022-09-24T19:41:24.000;2022-09-25T03:41:24.000;23.2.4.97;21.96;1;-166.3;-22.415;1.4;-31.938
2022-09-24T19:42:24.000;2022-09-25T03:42:24.000;23.2.4.97;21.95;1;-166.3;-22.175;1.4;-31.690
2022-09-24T19:43:24.000;2022-09-25T03:43:24.000;23.2.4.97;21.95;1;-166.3;-21.935;1.4;-31.442
2022-09-24T19:44:24.000;2022-09-25T03:44:24.000;23.2.4.97;21.94;1;-166.3;-21.695;1.4;-31.193
2022-09-24T19:45:24.000;2022-09-25T03:45:24.000;23.2.4.97;21.94;1;-166.3;-21.455;1.4;-30.945
2022-09-24T19:46:24.000;2022-09-25T03:46:24.000;23.2.4.97;21.94;1;-166.3;-21.214;1.4;-30.697
2022-09-24T19:47:24.000;2022-09-25T03:47:24.000;23.2.4.97;21.94;1;-166.3;-20.974;1.4;-30.448
2022-09-24T19:48:24.000;2022-09-25T03:48:24.000;23.2.4.97;21.94;1;-166.4;-20.734;1.4;-30.200
2022-09-24T19:49:24.000;2022-09-25T03:49:24.000;23.2.4.97;21.92;1;-166.4;-20.494;1.4;-29.952
2022-09-24T19:50:24.000;2022-09-25T03:50:24.000;23.2.4.97;21.92;1;-166.4;-20.254;1.4;-29.703
2022-09-24T19:51:24.000;2022-09-25T03:51:24.000;23.2.4.97;21.91;1;-166.4;-20.014;1.4;-29.455
2022-09-24T19:52:24.000;2022-09-25T03:52:24.000;23.2.4.97;21.91;1;-166.4;-19.774;1.4;-29.207
2022-09-24T19:53:24.000;2022-09-25T03:53:24.000;23.2.4.97;21.91;1;-166.4;-19.534;1.4;-28.958
2022-09-24T19:54:24.000;2022-09-25T03:54:24.000;23.2.4.97;21.91;1;-166.4;-19.294;1.4;-28.710
2022-09-24T19:55:24.000;2022-09-25T03:55:24.000;23.2.4.97;21.90;1;-166.4;-19.054;1.4;-28.461
2022-09-24T19:56:24.000;2022-09-25T03:56:24.000;23.2.4.97;21.89;1;-166.4;-18.814;1.4;-28.213
2022-09-24T19:57:24.000;2022-09-25T03:57:24.000;23.2.4.97;21.89;1;-166.4;-18.574;1.4;-27.965
2022-09-24T19:58:24.000;2022-09-25T03:58:24.000;23.2.4.97;21.89;1;-166.4;-18.334;1.4;-27.716
2022-09-24T19:59:24.000;2022-09-25T03:59:24.000;23.2.4.97;21.89;1;-166.4;-18.094;1.4;-27.468
2022-09-24T20:00:24.000;2022-09-25T04:00:24.000;23.2.4.97;21.84;1;-166.5;-17.854;1.4;-27.219
2022-09-24T20:01:24.000;2022-09-25T04:01:24.000;23.2.4.97;21.89;1;-166.5;-17.614;1.4;-26.971
2022-09-24T20:02:24.000;2022-09-25T04:02:24.000;23.2.4.97;21.89;1;-166.5;-17.374;1.4;-26.722
2022-09-24T20:03:24.000;2022-09-25T04:03:24.000;22.8.4.97;21.89;1;-166.5;-17.134;1.4;-26.474
2022-09-24T20:04:24.000;2022-09-25T04:04:24.000;22.8.4.97;21.88;1;-166.5;-16.894;1.4;-26.225
2022-09-24T20:05:24.000;2022-09-25T04:05:24.000;22.8.4.97;21.87;1;-166.5;-16.654;1.4;-25.977
2022-09-24T20:06:24.000;2022-09-25T04:06:24.000;22.8.4.97;21.87;1;-166.5;-16.414;1.4;-25.728
2022-09-24T20:07:24.000;2022-09-25T04:07:24.000;22.8.4.96;21.87;1;-166.5;-16.174;1.4;-25.480
2022-09-24T20:08:24.000;2022-09-25T04:08:24.000;22.8.4.96;21.87;1;-166.5;-15.934;1.4;-25.231
2022-09-24T20:09:24.000;2022-09-25T04:09:24.000;22.8.4.97;21.87;1;-166.5;-15.695;1.4;-24.983
2022-09-24T20:10:24.000;2022-09-25T04:10:24.000;22.8.4.97;21.88;1;-166.5;-15.455;1.4;-24.734
2022-09-24T20:11:24.000;2022-09-25T04:11:24.000;22.8.4.97;21.86;1;-166.5;-15.215;1.4;-24.486
2022-09-24T20:12:24.000;2022-09-25T04:12:24.000;22.8.4.97;21.85;1;-166.5;-14.975;1.4;-24.237
2022-09-24T20:13:24.000;2022-09-25T04:13:24.000;22.8.4.97;21.84;1;-166.6;-14.735;1.4;-23.989
2022-09-24T20:14:24.000;2022-09-25T04:14:24.000;22.8.4.97;21.83;1;-166.6;-14.495;1.4;-23.740
2022-09-24T20:15:24.000;2022-09-25T04:15:24.000;22.8.4.97;21.82;1;-166.6;-14.255;1.4;-23.492
2022-09-24T20:16:24.000;2022-09-25T04:16:24.000;22.8.4.97;21.81;1;-166.6;-14.015;1.4;-23.243
2022-09-24T20:17:24.000;2022-09-25T04:17:24.000;22.8.4.97;21.79;1;-166.6;-13.775;1.4;-22.995
2022-09-24T20:18:24.000;2022-09-25T04:18:24.000;22.8.4.97;21.79;1;-166.6;-13.535;1.4;-22.746
2022-09-24T20:19:24.000;2022-09-25T04:19:24.000;22.8.4.97;21.79;1;-166.6;-13.295;1.4;-22.497
2022-09-24T20:20:24.000;2022-09-25T04:20:24.000;22.8.4.97;21.79;1;-166.6;-13.055;1.4;-22.249
2022-09-24T20:21:24.000;2022-09-25T04:21:24.000;22.8.4.97;21.79;1;-166.6;-12.815;1.4;-22.000
2022-09-24T20:22:24.000;2022-09-25T04:22:24.000;22.8.4.97;21.79;1;-166.6;-12.575;1.4;-21.752
2022-09-24T20:23:24.000;2022-09-25T04:23:24.000;22.8.4.97;21.78;1;-166.6;-12.335;1.4;-21.503
2022-09-24T20:24:24.000;2022-09-25T04:24:24.000;22.8.4.97;21.78;1;-166.6;-12.095;1.4;-21.254
2022-09-24T20:25:24.000;2022-09-25T04:25:24.000;22.8.4.97;21.77;1;-166.6;-11.855;1.4;-21.006
2022-09-24T20:26:24.000;2022-09-25T04:26:24.000;22.8.4.97;21.77;1;-166.7;-11.615;1.3;-20.757
2022-09-24T20:27:24.000;2022-09-25T04:27:24.000;22.8.4.97;21.77;1;-166.7;-11.375;1.3;-20.508
2022-09-24T20:28:24.000;2022-09-25T04:28:24.000;22.8.4.97;21.77;1;-166.7;-11.135;1.3;-20.260
2022-09-24T20:29:24.000;2022-09-25T04:29:24.000;22.8.4.97;21.77;1;-166.7;-10.895;1.3;-20.011
2022-09-24T20:30:24.000;2022-09-25T04:30:24.000;22.8.4.97;21.76;1;-166.7;-10.655;1.3;-19.762
2022-09-24T20:31:24.000;2022-09-25T04:31:24.000;22.8.4.97;21.75;1;-166.7;-10.415;1.3;-19.514
2022-09-24T20:32:24.000;2022-09-25T04:32:24.000;22.8.4.97;21.74;1;-166.7;-10.175;1.3;-19.265
2022-09-24T20:33:24.000;2022-09-25T04:33:24.000;22.5.4.97;21.74;1;-166.7;-9.935;1.3;-19.016
2022-09-24T20:34:24.000;2022-09-25T04:34:24.000;22.5.4.97;21.72;1;-166.7;-9.697;1.3;-18.768
2022-09-24T20:35:24.000;2022-09-25T04:35:24.000;22.5.4.97;21.70;1;-166.7;-9.457;1.3;-18.519
2022-09-24T20:36:24.000;2022-09-25T04:36:24.000;22.5.4.97;21.68;1;-166.7;-9.217;1.3;-18.270
2022-09-24T20:37:24.000;2022-09-25T04:37:24.000;22.5.4.97;21.67;1;-166.7;-8.977;1.3;-18.022
2022-09-24T20:38:24.000;2022-09-25T04:38:24.000;22.5.4.97;21.66;1;-166.8;-8.737;1.3;-17.773
2022-09-24T20:39:24.000;2022-09-25T04:39:24.000;22.5.4.97;21.63;1;-166.8;-8.497;1.3;-17.524
2022-09-24T20:40:24.000;2022-09-25T04:40:24.000;22.5.4.97;21.62;1;-166.8;-8.258;1.3;-17.276

2022-09-24T20:41:24.000;2022-09-25T04:41:24.000;22.5:4.97;21.60:1;-166.8;-8.018;1.3;-17.027
2022-09-24T20:42:24.000;2022-09-25T04:42:24.000;22.5:4.97;21.57:1;-166.8;-7.778;1.3;-16.778
2022-09-24T20:43:24.000;2022-09-25T04:43:24.000;22.5:4.97;21.53:1;-166.8;-7.538;1.3;-16.529
2022-09-24T20:44:24.000;2022-09-25T04:44:24.000;22.5:4.97;21.47:1;-166.8;-7.298;1.3;-16.281
2022-09-24T20:45:24.000;2022-09-25T04:45:24.000;22.5:4.97;21.39:1;-166.8;-7.058;1.3;-16.032
2022-09-24T20:46:24.000;2022-09-25T04:46:24.000;22.5:4.97;21.29:1;-166.8;-6.819;1.3;-15.783
2022-09-24T20:47:24.000;2022-09-25T04:47:24.000;22.5:4.97;21.19:1;-166.8;-6.579;1.3;-15.534
2022-09-24T20:48:24.000;2022-09-25T04:48:24.000;22.5:4.97;21.09:1;-166.8;-6.339;1.3;-15.286
2022-09-24T20:49:24.000;2022-09-25T04:49:24.000;22.5:4.97;20.96:1;-166.8;-6.099;1.3;-15.037
2022-09-24T20:50:24.000;2022-09-25T04:50:24.000;22.5:4.97;20.78:1;-166.8;-5.860;1.3;-14.788
2022-09-24T20:51:24.000;2022-09-25T04:51:24.000;22.5:4.97;20.61:1;-166.9;-5.620;1.3;-14.539
2022-09-24T20:52:24.000;2022-09-25T04:52:24.000;22.5:4.97;20.42:1;-166.9;-5.380;1.3;-14.291
2022-09-24T20:53:24.000;2022-09-25T04:53:24.000;22.5:4.97;20.21:1;-166.9;-5.140;1.3;-14.042
2022-09-24T20:54:24.000;2022-09-25T04:54:24.000;22.5:4.97;19.97:1;-166.9;-4.901;1.3;-13.793
2022-09-24T20:55:24.000;2022-09-25T04:55:24.000;22.5:4.97;19.72:1;-166.9;-4.661;1.3;-13.544
2022-09-24T20:56:24.000;2022-09-25T04:56:24.000;22.5:4.97;19.46:1;-166.9;-4.421;1.3;-13.296
2022-09-24T20:57:24.000;2022-09-25T04:57:24.000;22.5:4.97;19.19:1;-166.9;-4.181;1.3;-13.047
2022-09-24T20:58:24.000;2022-09-25T04:58:24.000;22.5:4.97;18.90:1;-166.9;-3.942;1.3;-12.798
2022-09-24T20:59:24.000;2022-09-25T04:59:24.000;22.5:4.97;18.59:1;-166.9;-3.702;1.3;-12.549
2022-09-24T21:00:24.000;2022-09-25T05:00:24.000;22.5:4.97;18.29:1;-166.9;-3.462;1.3;-12.300
2022-09-24T21:01:24.000;2022-09-25T05:01:24.000;22.5:4.97;18.00:1;-166.9;-3.223;1.3;-12.052
2022-09-24T21:02:24.000;2022-09-25T05:02:24.000;22.5:4.97;17.71:1;-166.9;-2.983;1.3;-11.803
2022-09-24T21:03:24.000;2022-09-25T05:03:24.000;22.5:4.97;17.40:1;-167.0;-2.743;1.3;-11.554
2022-09-24T21:04:24.000;2022-09-25T05:04:24.000;22.5:4.97;17.10:1;-167.0;-2.504;1.3;-11.305
2022-09-24T21:05:24.000;2022-09-25T05:05:24.000;22.5:4.97;16.84:1;-167.0;-2.264;1.3;-11.056
2022-09-24T21:06:24.000;2022-09-25T05:06:24.000;22.5:4.97;16.62:1;-167.0;-2.024;1.3;-10.808
2022-09-24T21:07:24.000;2022-09-25T05:07:24.000;22.5:4.97;16.40:1;-167.0;-1.785;1.3;-10.559
2022-09-24T21:08:24.000;2022-09-25T05:08:24.000;22.5:4.97;16.18:1;-167.0;-1.545;1.3;-10.310
2022-09-24T21:09:24.000;2022-09-25T05:09:24.000;22.5:4.96;15.92:1;-167.0;-1.305;1.3;-10.061
2022-09-24T21:10:24.000;2022-09-25T05:10:24.000;22.5:4.97;15.64:1;-167.0;-1.066;1.3;-9.812
2022-09-24T21:11:24.000;2022-09-25T05:11:24.000;22.5:4.97;15.33:1;-167.0;-0.826;1.3;-9.563
2022-09-24T21:12:24.000;2022-09-25T05:12:24.000;22.5:4.97;15.00:1;-167.0;-0.587;1.3;-9.315
2022-09-24T21:13:24.000;2022-09-25T05:13:24.000;22.5:4.96;14.67:1;-167.0;-0.347;1.3;-9.066
2022-09-24T21:14:24.000;2022-09-25T05:14:24.000;22.5:4.97;14.34:1;-167.0;-0.107;1.3;-8.817
2022-09-24T21:15:24.000;2022-09-25T05:15:24.000;22.5:4.97;14.01:1;-167.0;0.132;1.3;-8.568
2022-09-24T21:16:24.000;2022-09-25T05:16:24.000;22.5:4.97;13.74:1;-167.1;0.372;1.3;-8.319
2022-09-24T21:17:24.000;2022-09-25T05:17:24.000;22.5:4.97;13.47:1;-167.1;0.611;1.3;-8.070
2022-09-24T21:18:24.000;2022-09-25T05:18:24.000;22.5:4.97;13.20:1;-167.1;0.851;1.3;-7.822
2022-09-24T21:19:24.000;2022-09-25T05:19:24.000;22.5:4.97;12.93:1;-167.1;1.090;1.3;-7.573
2022-09-24T21:20:24.000;2022-09-25T05:20:24.000;22.5:4.97;12.66:1;-167.1;1.330;1.3;-7.324
2022-09-24T21:21:24.000;2022-09-25T05:21:24.000;22.5:4.97;12.37:1;-167.1;1.569;1.3;-7.075
2022-09-24T21:22:24.000;2022-09-25T05:22:24.000;22.5:4.97;12.07:1;-167.1;1.809;1.3;-6.826
2022-09-24T21:23:24.000;2022-09-25T05:23:24.000;22.5:4.97;11.72:1;-167.1;2.048;1.3;-6.577
2022-09-24T21:24:24.000;2022-09-25T05:24:24.000;22.5:4.97;11.34:1;-167.1;2.288;1.3;-6.328
2022-09-24T21:25:24.000;2022-09-25T05:25:24.000;22.5:4.97;10.94:1;-167.1;2.527;1.3;-6.079
2022-09-24T21:26:24.000;2022-09-25T05:26:24.000;22.5:4.97;10.53:1;-167.1;2.767;1.3;-5.831
2022-09-24T21:27:24.000;2022-09-25T05:27:24.000;22.5:4.97;10.18:1;-167.1;3.006;1.3;-5.582
2022-09-24T21:28:24.000;2022-09-25T05:28:24.000;22.5:4.97;9.90:1;-167.1;3.246;1.3;-5.333
2022-09-24T21:29:24.000;2022-09-25T05:29:24.000;22.5:4.97;9.62:1;-167.2;3.485;1.3;-5.084
2022-09-24T21:30:24.000;2022-09-25T05:30:24.000;22.5:4.97;9.29:1;-167.2;3.725;1.2;-4.835
2022-09-24T21:31:24.000;2022-09-25T05:31:24.000;22.5:4.97;8.94:1;-167.2;3.964;1.2;-4.586
2022-09-24T21:32:24.000;2022-09-25T05:32:24.000;22.5:4.97;8.61:1;-167.2;4.203;1.2;-4.337
2022-09-24T21:33:24.000;2022-09-25T05:33:24.000;22.5:4.97;8.33:1;-167.2;4.443;1.2;-4.088
2022-09-24T21:34:24.000;2022-09-25T05:34:24.000;22.5:4.97;8.09:1;-167.2;4.682;1.2;-3.839
2022-09-24T21:35:24.000;2022-09-25T05:35:24.000;22.5:4.97;7.84:1;-167.2;4.922;1.2;-3.591
2022-09-24T21:36:24.000;2022-09-25T05:36:24.000;22.5:4.97;7.62:1;-167.2;5.161;1.2;-3.342
2022-09-24T21:37:24.000;2022-09-25T05:37:24.000;22.5:4.97;7.47:1;-167.2;5.400;1.2;-3.093
2022-09-24T21:38:24.000;2022-09-25T05:38:24.000;22.8:4.97;7.35:1;-167.2;5.640;1.2;-2.844
2022-09-24T21:39:24.000;2022-09-25T05:39:24.000;22.5:4.97;7.20:1;-167.2;5.879;1.2;-2.595
2022-09-24T21:40:24.000;2022-09-25T05:40:24.000;22.5:4.97;7.04:1;-167.2;6.118;1.2;-2.346
2022-09-24T21:41:24.000;2022-09-25T05:41:24.000;22.5:4.97;6.86:1;-167.3;6.358;1.2;-2.097
2022-09-24T21:42:24.000;2022-09-25T05:42:24.000;22.5:4.97;6.68:1;-167.3;6.597;1.2;-1.848
2022-09-24T21:43:24.000;2022-09-25T05:43:24.000;23.2:4.97;6.49:1;-167.3;6.836;1.2;-1.599
2022-09-24T21:44:24.000;2022-09-25T05:44:24.000;22.5:4.97;6.31:1;-167.3;7.075;1.2;-1.350
2022-09-24T21:45:24.000;2022-09-25T05:45:24.000;22.8:4.97;6.14:1;-167.3;7.315;1.2;-1.102

2022-09-24T21:46:24.000;2022-09-25T05:46:24.000;22.5;4.97;5.99;1;-167.3;7.554;1.2;-0.853
2022-09-24T21:47:24.000;2022-09-25T05:47:24.000;22.5;4.97;0.00;1;-167.3;7.793;1.2;-0.604
2022-09-24T21:48:24.000;2022-09-25T05:48:24.000;22.8;4.97;0.00;1;-167.3;8.032;1.2;-0.355
2022-09-24T21:49:24.000;2022-09-25T05:49:24.000;22.5;4.97;0.00;1;-167.3;8.272;1.2;-0.106
2022-09-24T21:50:24.000;2022-09-25T05:50:24.000;23.2;4.97;0.00;1;-167.3;8.511;1.2;0.143
2022-09-24T21:51:24.000;2022-09-25T05:51:24.000;23.2;4.97;0.00;1;-167.3;8.750;1.2;0.392
2022-09-24T21:52:24.000;2022-09-25T05:52:24.000;22.8;4.97;0.00;1;-167.3;8.989;1.2;0.641
2022-09-24T21:53:24.000;2022-09-25T05:53:24.000;23.2;4.97;0.00;1;-167.3;9.228;1.2;0.890
2022-09-24T21:54:24.000;2022-09-25T05:54:24.000;22.8;4.97;0.00;1;-167.4;9.467;1.2;1.139
2022-09-24T21:55:24.000;2022-09-25T05:55:24.000;22.5;4.97;0.00;1;-167.4;9.706;1.2;1.388
2022-09-24T21:56:24.000;2022-09-25T05:56:24.000;22.8;4.97;0.00;1;-167.4;9.946;1.2;1.637
2022-09-24T21:57:24.000;2022-09-25T05:57:24.000;22.8;4.97;0.00;1;-167.4;10.185;1.2;1.886
2022-09-24T21:58:24.000;2022-09-25T05:58:24.000;22.8;4.97;0.00;1;-167.4;10.424;1.2;2.134
2022-09-24T21:59:24.000;2022-09-25T05:59:24.000;23.2;4.97;0.00;1;-167.4;10.663;1.2;2.383
2022-09-24T22:00:24.000;2022-09-25T06:00:24.000;22.8;4.97;0.00;1;-167.4;10.902;1.2;2.632
2022-09-24T22:01:24.000;2022-09-25T06:01:24.000;23.5;4.97;0.00;1;-167.4;11.141;1.2;2.881
2022-09-24T22:02:24.000;2022-09-25T06:02:24.000;23.5;4.97;0.00;1;-167.4;11.380;1.2;3.130
2022-09-24T22:03:24.000;2022-09-25T06:03:24.000;23.5;4.97;0.00;1;-167.4;11.619;1.2;3.379
2022-09-24T22:04:24.000;2022-09-25T06:04:24.000;23.8;4.97;0.00;1;-167.4;11.858;1.2;3.628
2022-09-24T22:05:24.000;2022-09-25T06:05:24.000;24.1;4.97;0.00;1;-167.4;12.097;1.2;3.877
2022-09-24T22:06:24.000;2022-09-25T06:06:24.000;24.4;4.97;0.00;1;-167.4;12.336;1.2;4.126
2022-09-24T22:07:24.000;2022-09-25T06:07:24.000;24.4;4.97;0.00;1;-167.5;12.575;1.2;4.375
2022-09-24T22:08:24.000;2022-09-25T06:08:24.000;25.1;4.97;0.00;1;-167.5;12.814;1.2;4.624
2022-09-24T22:09:24.000;2022-09-25T06:09:24.000;25.1;4.97;0.00;1;-167.5;13.053;1.2;4.873
2022-09-24T22:10:24.000;2022-09-25T06:10:24.000;25.7;4.97;0.00;1;-167.5;13.291;1.2;5.122
2022-09-24T22:11:24.000;2022-09-25T06:11:24.000;26.1;4.97;0.00;1;-167.5;13.530;1.2;5.371
2022-09-24T22:12:24.000;2022-09-25T06:12:24.000;26.1;4.97;0.00;1;-167.5;13.769;1.2;5.620
2022-09-24T22:13:24.000;2022-09-25T06:13:24.000;26.7;4.97;0.00;1;-167.5;14.008;1.2;5.868
2022-09-24T22:14:24.000;2022-09-25T06:14:24.000;27.0;4.97;0.00;1;-167.5;14.247;1.2;6.117
2022-09-24T22:15:24.000;2022-09-25T06:15:24.000;27.0;4.97;0.00;1;-167.5;14.486;1.2;6.366
2022-09-24T22:16:24.000;2022-09-25T06:16:24.000;28.0;4.97;0.00;1;-167.5;14.724;1.2;6.615

8. Contoh foto hasil rekam kamera SOOF

Hasil foto berikut tidak dimasukkan dalam analisis karena kamera yang digunakan belum memiliki kelayakan konfigurasi seperti mata manusia karena kualitas rendah dan terdapat gangguan pada sensor (berjamur) dan bukan full frame sehingga membatasi area pengambilan gambar. Sehingga berdasarkan ini, untuk menghindari adanya bias data, maka gambar-gambar berikut hanya ditampilkan pada lampiran.

a. Bulukumba

1) 22 September 2022



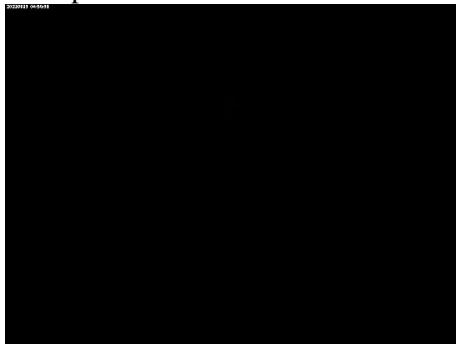
04:52:15 = -15°

2) 24 September 2022



04:54:10 = $-14,1^{\circ}$

3) 25 September 2022



04:50:58 = $-15,1^{\circ}$

4) 27 September 2022



04:54:41 = -14°

5) 2 Oktober 2022



04:33:23 = $-18,6^{\circ}$

b. Takalar

1) 03 Oktober 2022



04:30:18 = -20°

2) 04 Oktober 2022



04:39:22 = $-17,7^{\circ}$

3) 05 Oktober 2022



04:39:22 = -17,6°

4) 07 Oktober 2022



04:41:47 = -16,8°

5) 08 Oktober 2022



04:50:55 = $-14,4^{\circ}$

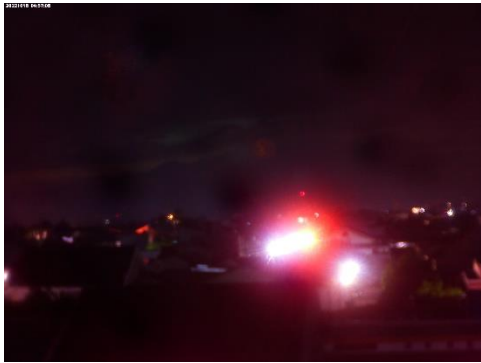
c. Makassar

1) 17 Oktober 2022



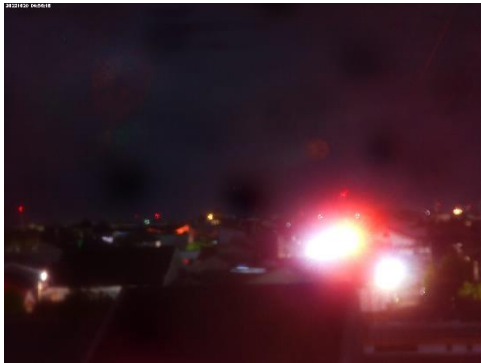
04:54:57 = $-12,6^{\circ}$

2) 18 Oktober 2022



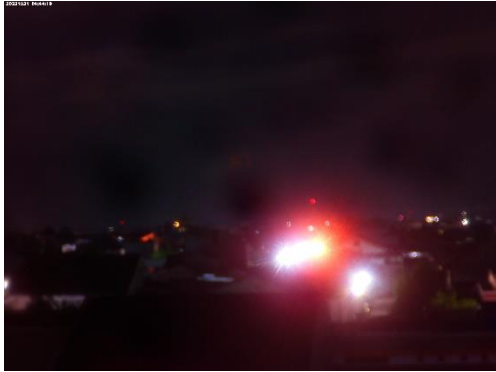
04:57:08 = -12°

3) 20 Oktober 2022



04:56:16 = -12°

4) 21 Oktober 2022



04:44:19 = $-14,7^{\circ}$

5) 23 Oktober 2022



04:48:26 = $-13,6^{\circ}$

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama : Hisbullah Salam
Tempat, Tanggal Lahir : Bulu'bumbang, 17 april 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Asal Daerah : Kabupaten Takalar
Handphone (WA) : 085817710954
e-Mail : assalambullah@gmail.com
Status : Belum Menikah
Alamat Domisili : Jl. Ringin Sari I, Ngaliyan,
Semarang

B. Riwayat Pendidikan

SD : SDN No. 53 Sauleya (2002-2008)
SMP : SMPN 1 POLUT (2008-2011)
SMA : SMAN 2 POLUT (2011-2014)
Perguruan Tinggi : Program Studi Pendidikan Fisika,
FKIP, Universitas Muhammadiyah
Makassar (2014-2019)

C. Pengalaman Organisasi

1. Ketua Bidang Kemuhammadiyah Himaprodi Pendidikan Fisika (2016-2017)
2. PLT. Ketua Umum Himaprodi Pendidikan Fisika (2016-2017)
3. Ketua Bidang Tabligh PK IMM FKIP Unismuh Makassar (2017-2018)
4. Ketua Bidang Tabligh PC IMM Kab. Takalar (2018-2019)
5. Musyrif Pesantren Mahasiswa KH. Djamaluddin Amien Unismuh Makassar (2019-Sekarang)
6. Anggota Bidang II Asosiasi Pengelola Asrama PTM/PTA (ASLAMA) (2022-2023)

D. Publikasi

1. Problematika Bentuk Bumi: Kajian Komparatif Historis Sains Serta Perspektif Al-Qur'an Dan Sunnah (Jurnal Al-Afaq: 2022)
2. Pengamatan Fajar Şādiq Menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar *Dan Sky Quality Meter Stand Alone* Di Sulawesi Selatan (Study Komparatif) (Jurnal Syaksia : 2022)