

**EFEK POLUSI CAHAYA DALAM PENGAMATAN
HILAL DI INDONESIA
(Analisis Kriteria Kecerlangan Langit Menurut Nur
Nafhatun Md Shariff)**

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat guna Memperoleh
Gelar Magister dalam Ilmu Falak



Oleh:
BALKIS SIFARA ALAWIYA
NIM: 2202048006

**PROGRAM MAGISTER ILMU FALAK
PASCASARJANA
UIN WALISONGO SEMARANG
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama lengkap : **Balkis Sifara Alawiya**

NIM : 2202048006

Judul Penelitian : **Efek Polusi Cahaya dalam Pengamatan Hilal di Indonesia**

(Analisis Kriteria Kecerlangan Langit Menurut Nur Nafhatun Md Shariff).

Program Studi : Ilmu Falak

menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

EFEK POLUSI CAHAYA DALAM PENGAMATAN HILAL DI INDONESIA

(Analisis Kriteria Kecerlangan Menurut Langit Nur Nafhatun Md Shariff)

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

Semarang, 14 Desember 2023

Pembuat Pernyataan,



Balkis Sifara Alawiya

NIM: 2202048006



**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 : **Balkis Sifara Alawiya**

NIM : 2202048006

Judul : **EFEK POLUSI CAHAYA DALAM PENGAMATAN HILAL DI INDONESIA**

(Analisis Kriteria Kecerlangan Langit Menurut Nur Nafhatun Md Shariff)

telah dilakukan revisi sesuai saran dalam Sidang Ujian Tesis pada tanggal 20 Desember 2023 dan layak dijadikan syarat memperoleh Gelar Magister dalam bidang Ilmu Falak.

NAMA

TANGGAL

TANDA TANGAN

Dr. Mahsun, M.Ag.
Ketua Majelis

3-1-2024

Prof. Dr. Muslich Shabir, MA.
Sekertaris

3-1-2024

Dr. H. Tolkah M.A.
Penguji 1

3-1-2024

Dr. Amir Tajrid, M.Ag.
Penguji 2

3/01 2024

NOTA PEMBIMBING I

NOTA DINAS

Semarang, 18 Desember 2023

Kepada

Yth. Direktur Pascasarjana

UIN Walisongo

Di Semarang

Assalamu'alaikumu wr. wb.

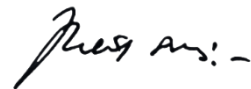
Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi terhadap Tesis yang ditulis oleh:

Nama : **Balkis Sifara Alawiya**
NIM : 2202048006
Program Studi : Ilmu Falak
Judul : Efek Polusi Cahaya dalam Pengamatan Hilal (Analisis Kriteria Kecerlangan Langit Nur Nafhatun Md Shariff).

Kami memandang bahwa Tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Pascasarjana Universitas Islam Negeri Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Ujian Tesis.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I



Prof. Dr. Muslich Shabir, MA.

NIP. 195606301981031003

NOTA PEMBIMBING II

NOTA DINAS

Semarang, 13 Desember 2023

Kepada

Yth. Direktur Pascasarjana

UIN Walisongo

Di Semarang

Assalamu 'alaikumu wr. wb.

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

Nama : **Balkis Sifara Alawiya**

NIM : 2202048006

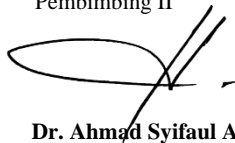
Program Studi : Ilmu Falak

Judul : Efek Polusi Cahaya dalam Pengamatan Hilal (Analisis Kriteria Kecerlangan Langit Nur Nafhatun Md Shariff).

Kami memandang bahwa Tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Pascasarjana Universitas Islam Negeri Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Ujian Tesis.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Pembimbing II



Dr. Ahmad Syifaul Anam, M.H.

NIP. 198001202003121001

MOTTO

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا مَا تَرَى فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِنْ تَفْؤُوتٍ فَارْجِعِ الْبَصَرَ هَلْ تَرَى مِنْ فُؤُودٍ

“(Dia juga) yang menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu tidak akan melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pengasih ketidakseimbangan sedikit pun. Maka, lihatlah sekali lagi! Adakah kamu melihat suatu cela?”

(Q.S. Al-Mulk [67]:3)¹

¹ Departemen Agama Republik Indonesia, Al Quran dan Terjemahannya, (Bandung: Syamin Cipta Media, 2005), 526.

PERSEMBAHAN

Dengan rendah hati dan rasa syukur yang mendalam, tesis ini saya persembahkan sebagai ungkapan penghargaan dan terima kasih kepada mereka yang telah memberikan warna dan makna dalam perjalanan penulisan ini. Segala perjuangan dan dedikasi ini saya letakkan di hadapan-Nya, Allah SWT., sebagai bentuk pengabdian.

Selain itu saya ucapkan terimakasih kepada orang tua tercinta, Bapak Alwi dan Ibu Inur, yang telah mengasuh dan mendidik penulis menjadi individu yang berbakti terhadap agama dan bangsa. Doa serta semangat yang terus menerus diberikan sepanjang hidup sangat memotivasi penulis.

Keenam sahabat baikku, Wali, dan Tiara. Persembahan tesis ini adalah ungkapan rasa terima kasih mendalam atas kebersamaan, dukungan, dan inspirasi yang kalian berikan. Serta kehadiran sahabat saya juga Sasa, Naya, dan Ara. Meskipun berjarak jauh, kalian telah menjadi sumber dukungan, tawa, dan inspirasi yang tak tergantikan selama perjalanan penulisan tesis ini.

Teman tersayangku, Fadhel, terima kasih atas setiap tawa, dukungan, dan cinta yang telah kau bagikan. Setiap momen terasa lebih berharga dan penuh makna. Semoga kita dapat terus bersama melalui setiap momen indah ke depannya.

Seluruh anggota keluarga besar, atas dukungan dan doa yang diberikan, semoga Allah SWT. membalas kebaikan yang telah kalian berikan.

ABSTRAK

Judul : Effects of Light Pollution on Moon Sighting in Indonesia (Analysis of Sky Brightness Criteria according to Nur Nafhatun Md Shariff)

Penulis : Balkis Sifara Alawiya

NIM : 2202048006

Penelitian ini menggali dampak polusi cahaya terhadap praktik Rukyatul hilal dengan memfokuskan analisis pada kriteria kecerlangan langit yang diusung oleh Nur Nafhatun Md Shariff. Dalam perspektif islami, hilal memiliki peran sentral dalam menentukan awal bulan hijriyah, menjadikan pengamatannya sebagai praktik ibadah yang sangat penting. Kriteria kecerlangan langit yang ditetapkan oleh Nur Nafhatun menjadi panduan kritis dalam melihat dampak polusi cahaya terhadap visibilitas hilal. Kriteria tersebut menegaskan bahwa lokasi dengan kecerlangan langit di bawah 16 mpsas tidak memungkinkan untuk melihat hilal.

Pertanyaan penelitian mengenai kontribusi Nur Nafhatun Md Shariff dalam menganalisis kriteria kecerlangan langit dalam konteks pengamatan hilal dan apakah terdapat perbedaan signifikan dalam hasil pengamatan visibilitas hilal antara lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda, Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh polusi cahaya terhadap keterlihatan hilal.

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kualitatif, melakukan penelitian lapangan di lima lokasi Indonesia - Bandung, Semarang, Medan, Waingapu, dan Manado, dengan kondisi langit yang berbeda-beda. Melalui pengamatan langsung di lapangan, studi ini berhasil mengumpulkan data terperinci mengenai berbagai faktor atmosfer dan lingkungan yang berpengaruh terhadap visibilitas hilal. Setiap lokasi dipilih karena uniknya kondisi langit, memberikan wawasan penting tentang bagaimana faktor-faktor ini berinteraksi dan mempengaruhi kemampuan pengamatan hilal, suatu praktek penting dalam penentuan kalender hijriyah di lingkungan yang berbeda.

Nur Nafhatun Md Shariff berkontribusi dalam analisis kriteria kecerlangan langit untuk pengamatan hilal, mengkaji dampak polusi cahaya terhadap visibilitasnya. Penelitiannya di Telok Kemang, Kuala Lumpur, dan Coonabarabran menyoroti hubungan antara kecerlangan langit, polusi cahaya, dan efektivitas pengamatan hilal. Hasilnya menunjukkan bahwa keberhasilan rukyatul hilal dipengaruhi oleh kondisi langit, penggunaan teknologi, dan keahlian pengamat. Ia merekomendasikan penggunaan metode pengamatan yang lebih canggih, pemilihan lokasi strategis, kampanye kesadaran, dan pelatihan berkelanjutan untuk memastikan keaslian pengamatan hilal di Indonesia, menghadapi beragam kondisi langit.

ABSTRACT

Title : **Efek Polusi Cahaya dalam Pengamatan Hilal
(Analisis Kriteria Kecerlangan Langit Nur Nafhatun
Md Shariff)**

Author : Balkis Sifara Alawiya

NIM : 2202048006

This study explores the impact of light pollution on the practice of Rukyatul hilal by focusing on the sky brightness criteria proposed by Nur Nafhatun Md Shariff. From an Islamic perspective, the hilal plays a central role in determining the start of the lunar month, making its observation a critically important religious practice. Nur Nafhatun's established criteria for sky brightness become a critical guide in assessing the impact of light pollution on the visibility of the hilal. These criteria assert that locations with sky brightness below 16 mpsas are not conducive for observing the hilal.

The research questions revolve around Nur Nafhatun Md Shariff's contributions to analyzing sky brightness criteria in the context of hilal observation and whether there is a significant difference in the results of hilal visibility observations between locations with varying levels of light pollution. The primary aim of this study is to identify the influence of light pollution on the visibility of the hilal.

Adopting a qualitative approach, this research involves field studies in five different locations across Indonesia - Bandung, Semarang, Medan, Waingapu, and Manado, each with unique sky conditions. Through direct field observations, the study successfully gathers detailed data on various atmospheric and environmental factors affecting the visibility of the hilal. Each location was selected for its unique sky conditions, providing vital insights into how these factors interact and influence the ability to observe the hilal, a key practice in determining the Hijri calendar in diverse environments.

Nur Nafhatun Md Shariff contributes to the analysis of sky brightness criteria for hilal observation, examining the impact of light pollution on

its visibility. Her research in Telok Kemang, Kuala Lumpur, and Coonabarabran highlights the relationship between sky brightness, light pollution, and the effectiveness of hilal observation. The findings indicate that the success of Rukyatul hilal is influenced by sky conditions, the use of technology, and the expertise of the observers. She recommends the adoption of more advanced observation methods, strategic location selection, awareness campaigns, and ongoing training to ensure the authenticity of hilal observations in Indonesia, amidst diverse sky conditions.

العنوان: تأثير تلوث الضوء على مراقبة الهلال (تحليل معايير سطوع السماء حسب نور نفهاتون مد شريف)

الباحث: بلكيس سفارا الوبا

رقم الطالب: ٢٢٠٢٠٤٨٠٠٦

الدراسة هذه تستكشف تأثير التلوث الضوئي على ممارسة رؤية الهلال، من خلال التركيز على معايير سطوع السماء المقترحة من قبل نور نفهاتون مد شريف. من منظور إسلامي، يلعب الهلال دورًا مركزيًا في تحديد بداية الشهر القمري، مما يجعل رؤيته ممارسة دينية مهمة للغاية. تعتبر معايير نور نفهاتون المؤسسة لسطوع السماء مرشدًا حاسمًا في تقييم تأثير التلوث الضوئي على رؤية الهلال. تؤكد هذه المعايير أن المواقع ذات سطوع السماء الأقل من 16 mpsas غير مناسبة لرصد الهلال.

تدور أسئلة البحث حول إسهامات نور نفهاتون مد شريف في تحليل معايير سطوع السماء في سياق رصد الهلال، وسواء كان هناك فارق كبير في نتائج مراقبة رؤية الهلال بين المواقع ذات مستويات متفاوتة من التلوث الضوئي. الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو تحديد تأثير التلوث الضوئي على رؤية الهلال.

باعتقاد نصح نوعي، تتضمن هذه البحث دراسات ميدانية في خمسة مواقع مختلفة في إندونيسيا - باندونج، سيمارانج، ميدان، واينجابو، ومانادو، وكل منها لديه ظروف سماء فريدة. من خلال المراقبات الميدانية المباشرة، تقوم الدراسة بجمع بيانات مفصلة حول مختلف العوامل الجوية والبيئية التي تؤثر على رؤية الهلال. تم اختيار كل موقع لظروفه الفريدة في السماء، مما يوفر رؤى حيوية حول كيفية تفاعل هذه العوامل وتأثيرها على القدرة على مراقبة الهلال، وهو ممارسة رئيسية في تحديد التقويم الهجري في بيئات متنوعة.

تساهم نور نفهاتون مد شريف في تحليل معايير سطوع السماء لمراقبة الهلال، باستكشاف تأثير التلوث الضوئي على رؤيته. تسلط بحثها في تلوك كيمانغ، كوالا لمبور، وكونا باربران الضوء على العلاقة بين سطوع السماء والتلوث الضوئي، وفعالية مراقبة الهلال. تشير النتائج إلى أن نجاح رؤية الهلال يتأثر بظروف السماء، واستخدام التكنولوجيا، وخبرة المراقبين. توصي بتبني أساليب مراقبة أكثر تطورًا، واختيار مواقع استراتيجية، وحملات توعية، وتدريب مستمر لضمان صحة مراقبة الهلال في إندونيسيا، وسط ظروف سماء متنوعة.

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Pedoman transliterasi yang digunakan adalah Sistem Transliterasi Arab Latin Berdasarkan SKB Menteri Agama RI No.158/1987 dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan No. 0543b/U/1987 tertanggal 22 Januari 1988.

A. Konsonan

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
أ	Alif	Tidak dilambangkan	Tidak dilambangkan
ب	Ba	B	Be
ت	Ta	T	Te
ث	Şa	ş	es (dengan titik di atas)
ج	Jim	J	Je
ح	Ĥa	ĥ	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	Şad	ş	es (dengan titik di bawah)
ض	Đad	đ	de (dengan titik di bawah)
ط	Ṭa	ṭ	te (dengan titik di bawah)
ظ	Ẓa	ẓ	zet (dengan titik di bawah)
ع	‘ain	‘	koma terbalik (di atas)

غ	Gain	G	Ge
ف	Fa	F	Ef
ق	Qaf	Q	Ki
ك	Kaf	K	Ka
ل	Lam	L	El
م	Mim	M	Em
ن	Nun	N	En
و	Wau	W	We
ه	Ha	H	Ha
ء	Hamzah	'	Apostrof
ي	Ya	Y	Ye

B. Vokal

1. Vokal Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
َ	Fathah	a	a
ِ	Kasrah	i	i
ُ	Dammah	u	u

2. Vokal Rangkap

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
يَ...ئِ	Fathah dan ya	Ai	a dan u
وُ...ؤ	Fathah dan wau	Au	a dan u

Contoh:

- وَسَطٌ *Wasat*
- تَعْدِيلٌ *Ta'dil*
- مَيْلٌ *Mail*
- قَوْسٌ *Qous*

C. Maddah

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
ا...ى...	Fathah dan alif atau ya	Ā	a dan garis di atas
ى...	Kasrah dan ya	Ī	i dan garis di atas
و...	Dammah dan wau	Ū	u dan garis di atas

Contoh:

- اجْتِمَاع *Ijtimā'*
- اِخْتِلَافٌ *Ikhtilāf*
- غُرُوب *Gurūb*

D. Ta' Marbutah

Jika kata terakhir dengan ta' marbutah diikuti oleh kata yang menggunakan kata sandang *al* serta bacaan kedua kata itu terpisah, maka ta' marbutah itu ditransliterasikan dengan "h".

Contoh:

- رَاوِدَةُ الْأَطْفَالِ *raudah al-atfāl/raudahtul atfāl*
- حِصَّةُ الْأَرْضِ *Ḥiṣṣah al-Arḍ/Ḥiṣṣatul al-Arḍ*
- طَلْحَةُ *ṭalhah*

E. Syaddah (Tasydid)

Syaddah atau tasydid yang dalam tulisan Arab dilambangkan dengan sebuah tanda, tanda syaddah atau tanda tasydid, ditransliterasikan dengan huruf, yaitu huruf yang sama dengan huruf yang diberi tanda syaddah itu.

Contoh:

- خَاصَّةٌ *Khāṣṣah*
- الْبِرُّ *al-birr*

F. Kata Sandang

Baik diikuti oleh huruf *syamsiyah* maupun *qamariyah*, kata sandang ditulis terpisah dari kata yang mengikuti dan dihubungkan dengan tanpa sempang.

Contoh:

- الزَّمَانُ *az-zamanu*
- الْقَمَرُ *al-qamaru*
- الشَّمْسُ *asy-syamsu*

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah, Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Penulis ingin menyampaikan rasa syukur kepada Allah SWT., yang dengan limpahan rahmat, petunjuk, dan anugerah-Nya, memungkinkan penelitian ini diselesaikan. Ucapan selawat dan salam selalu penulis tujukan kepada Nabi Muhammad SAW, utusan Allah yang menjadi teladan bagi seluruh umat manusia. Ungkapan rasa syukur ini disertai dengan kesadaran akan peran penting *Sayyidina* Muhammad dalam membawa keberkahan ilmu pengetahuan, baik dalam aspek agama maupun sains. Dedikasi dan perannya sebagai teladan memberikan dorongan besar bagi penulis untuk berkomitmen memberikan kontribusi yang bermanfaat dalam kemajuan agama dan ilmu pengetahuan. Selain itu, penulis juga ingin mengungkapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut memberikan dukungan, bimbingan, dan motivasi selama perjalanan penelitian ini.

Penelitian ini merupakan bagian dari upaya penulis untuk menyelidiki dampak polusi cahaya terhadap pengamatan hilal, dengan mengambil fokus pada analisis kriteria kecerlangan langit yang dilakukan oleh Nur Nafhatun Md Shariff. Keterbatasan pandangan terhadap langit akibat polusi cahaya menjadi tantangan yang signifikan dalam pengamatan astronomi, khususnya dalam menentukan awal bulan. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT, yang telah memberikan kami kekuatan dan petunjuk dalam menyelesaikan penelitian ini. Tak lupa, kami juga ingin menyampaikan terima kasih kepada Nur Nafhatun Md Shariff yang telah memberikan sumbangan ilmiah melalui analisis kriteria kecerlangan langitnya, menjadi landasan utama dalam penelitian ini.

Penulis dengan tulus mengakui bahwa dirinya adalah manusia yang tidak luput dari keterbatasan dan mungkin melakukan kesalahan dalam perjalanan penelitian ini. Kesadaran akan hal tersebut menjadi motivasi untuk menerima kritik konstruktif yang dapat membantu perbaikan penelitian ini. Dalam konteks ini, penelitian ini tidak dapat mencapai hasil optimal tanpa dukungan dan masukan dari berbagai pihak.

Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Kedua orang tua penulis, bapak Alwi dan ibu Nyimas Inur, nenek penulis Amnah dan Cek Ama, dan seluruh keluarga besar penulis atas segala doa, dukungan, dan motivasi.
2. Dr. H. Mohammad Arja Imroni, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang yang telah merestui topik penelitian ini dan memberikan fasilitas belajar dari awal hingga akhir.
3. Pembimbing I dan II. Prof. Dr. Muslich Shabir, MA. dan Dr. Ahmad Syifaul Anam, M.H., yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tesis ini.
4. Ketua dan Sekretaris Program Magister Ilmu Falak, Pengelola serta para Dosen Pengajar di lingkungan Fakultas Syari'ah dan Hukum Universitas Islam Walisongo Semarang, yang telah membekali berbagai pengetahuan sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan tesis.
5. Pihak Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika bagian Pusat Seismologi Teknik Geofisika Potensial dan Tanda Waktu, khususnya kepada bapak Himawan Widyanto, S.Si., M.Si. selaku kepala bagian, bapak Iswanudin, S.Si., dan Ibu Al Khansa Rodhiyah, yang telah memberikan kesempatan untuk penulis dalam penggalian data terkait penelitian.
6. Era Zulfialina serta Seluruh teman-teman Pasca Ilmu Falak Angkatan 2022. Terima kasih telah membantu studi penulis. Setiap semester yang kalian berikan, selalu membuat kesan tersendiri dalam ingatan penulis.
7. Teman-teman daring di komunitas Dunia Teyvat yang selalu menanti penulis di *isekai* untuk diskusi berbagai topik. Meskipun trivia namun hal itu tetap bermanfaat bagi penulis. *WAIFU HUSBU overmeta!!!*
8. Sahabat baik saya selama mengenyam pendidikan pascasarjana Tiara Ajeng Setyowati, Wali Cosara, dan Muhammad Said Fadhel, yang telah membantu penulis baik secara suport mental maupun material.

9. Sahabat kecilku Karlin Azzahra, Ainaya Lutfi Anindia, dan Aifsyah Farhana Yunas, yang turut memberikan mental support meski terhalang jarak dan terus meluangkan waktu untuk penulis.

Semarang, 14 Desember 2023

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters that appear to read 'Balkis Sifara Alawiya'.

Balkis Sifara Alawiya

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
NOTA PEMBIMBING I	vii
NOTA PEMBIMBING II	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiv
PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN	xviii
KATA PENGANTAR.....	xxii
DAFTAR ISI	xxvi
DAFTAR TABEL	xxviii
DAFTAR GAMBAR.....	xxix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	12
C. Tujuan dan Manfaat	12
D. Kajian Pustaka	14
E. Metode Penelitian	16
F. Sistematika Pembahasan	19
BAB II TINJAUAN UMUM VISIBILITAS HILAL DAN POLUSI CAHAYA	21
A. Definisi Hilal dan Visibilitas Hilal dalam Perspektif Astronomi.....	21

B.	Dasar Hukum Rukyatul Hilal	31
C.	Pemahaman Terkait Polusi Cahaya Serta Skala Bortle dalam Pelaksanaan Rukyat	36
BAB III	PERTIMBANGAN KONSEP DALAM PENETAPAN KRITERIA KECERLANGAN LANGIT DALAM RUKYATUL HILAL	61
A.	Sky Quality Meter Sebagai Pembatas Kriteria Kecerlangan Langit Dalam Pengamatan Hilal.....	61
B.	Biografi dan Konsep Kecerlangan Langit Menurut Nur Nafhatun Md Shariff.....	71
C.	Variabilitas Perbandingan data Kecerlangan Langit BKMGM	77
BAB IV	DAMPAK POLUSI CAHAYA TERHADAP PENGAMATAN HILAL: EVALUASI STANDAR KECERLANGAN LANGIT OLEH NUR NAFHATUN MD SHARIFF	99
A.	Analisis dampak Polusi Cahaya dalam Pengamatan Hilal	99
B.	Analisis Terkait Praktik Rukyatul Hilal dalam Beberapa Faktor.....	117
BAB V	PENUTUP	129
A.	Kesimpulan.....	129
B.	Saran.....	132
DAFTAR PUSTAKA		135
LAMPIRAN		141
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		145

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelas Skala Bortle.....	52
Tabel 3.1 Hasil Pengambilan Data SQM Nur Nafhatun	81
Tabel 3.2 Lokasi hilal Terlihat Periode 1444 H.....	86
Tabel 3.3 Rekap data SQM serta hilal.....	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kriteria Danjon.....	30
Gambar 2.2 Komposisi <i>Airglow</i>	45
Gambar 2.3 Jenis Polusi Cahaya.....	47
Gambar 2.4 Kecerlangan Langit Skala Bortle.....	52
Gambar 3.1 SQM <i>Classic</i>	69
Gambar 3.2 SQM-L.....	70
Gambar 3.3 SQM-LE.....	72
Gambar 3.4 SQM-LR.....	73
Gambar 3.5 SQM LU-DL.....	74
Gambar 3.6 SQM LU.....	75
Gambar 3.7 Gambar Grafik Data SQM Semarang.....	85
Gambar 3.8 Gambar Grafik Data SQM Semarang	85
Gambar 3.9 Citra hilal Bulan Safar 1444 Waingapu.....	90
Gambar 3.10 Citra hilal Waingapu Jumadil Akhir 1444 H.....	91
Gambar 3.11 Citra hilal Bulan Safar 1444 BMKG Medan.....	93
Gambar 3.12 Grafik Kecerlangan Langit Waingapu	98
Gambar 3.13 Grafik Kecerlangan Langit Semarang	99
Gambar 3.14 Grafik Kecerlangan Langit Medan	101
Gambar 3.15 Grafik Kecerlangan Langit Manado.....	103

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pengamatan hilal, yang merupakan praktek krusial dalam menentukan awal bulan dalam kalender Hijriyah di dunia Islam, kini menghadapi tantangan signifikan akibat meningkatnya polusi cahaya, khususnya di area perkotaan. Tradisi ini, yang tidak hanya penting secara religius tapi juga memiliki implikasi luas dalam kehidupan sosial dan budaya umat Islam, seperti menentukan awal Ramadhan, Syawal, dan Zulhijah, kini terancam oleh peningkatan cahaya buatan yang mengurangi visibilitas benda-benda langit, termasuk hilal. Perubahan lingkungan langit ini menimbulkan kekhawatiran tentang kelangsungan dan akurasi dari praktik pengamatan hilal yang telah lama berlangsung.

Fatwa Majelis Ulama Indonesia Nomor 2 Tahun 2004 mengatur tentang bagaimana menentukan awal bulan dalam kalender Hijriyah, yang digunakan oleh umat Islam di Indonesia. Menurut fatwa tersebut, penetapan awal bulan kamariah dilakukan dengan menggunakan metode hisab (perhitungan matematis) dan rukyat (pengamatan hilal). Tanggung jawab menentukan dan menetapkan awal bulan kamariah berada pada Menteri Agama Republik Indonesia. Menteri Agama menggunakan teknis perhitungan prediksi dan melakukan observasi hilal. Tujuan utama dari penetapan awal

bulan ini adalah untuk mencapai penyatuan kalender Hijriyah di kalangan umat Islam di Indonesia. Oleh karena itu, seluruh umat Islam diwajibkan untuk mengikuti penetapan tersebut agar terjadi keseragaman dalam menggunakan kalender Hijriyah.¹

Seperti yang kita ketahui bahwa MABIMS telah melakukan pergantian kriteria hilal berkali kali, seperti pada 2016 lalu dimana MABIMS memberikan kriteria 2^o untuk tinggi, 3^o elongasi dan umur hilal 8 jam. Namun pada 2021 yang lalu MABIMS menyepakati kriteria baru dimana tinggi hilal menjadi 3^o serta Elongasi 6,4^o. Kriteria ini baru di gunakan pada januari 2022 yang lalu. Pemerintah telah menetapkan konsep imkanur rukyat yang mencakup faktor-faktor lebih dari sekadar posisi hilal. Kontras antara cahaya hilal dan *syafaq* juga menjadi pertimbangan, karena kadangkadangkang hilal tidak terlihat meskipun sudah berada di atas ufuk. Ada tiga aspek yang diperhitungkan dalam parameter ini, yaitu tinggi hilal, elongasi, dan umur bulan. Tujuan dari kriteria ini adalah untuk menghindari kesalahan dalam menentukan hasil rukyat, serta mengatasi keterbatasan hisab dalam menentukan awal bulan. Dengan adanya kriteria pemerintah ini, diharapkan ada kesepakatan bersama antara pengamal hisab dan rukyat.²

¹ Badan Hisab dan Rukyat DEPAG RI, Almanak Hisab Rukyat, (Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama, 1983), 34.

² Thomas Djamaluddin, Matahari dan Lingkungan Antariksa seri ke-4, (Jakarta: Dian Rakyat, 2010), 67.

Perubahan kriteria lama MABIMS (2, 3 dan 8) diawali dengan muzakarah rukyat dan takwim Islam di Malaysia pada tanggal 2-4 Agustus 2016. Indonesia mengusulkan perubahan kriteria ketinggian 4° dan elongasi 7°. Malaysia mengusulkan kriteria ketinggian 3° dan elongasi 5°. Singapura merujuk pada Mohammad Odeh dengan mengusulkan elongasi minimal 6,4°, sementara Brunei Darussalam mengusulkan batas minimal umur bulan 19 jam dan elongasi 6,4°. Berhubung belum ada kesepakatan maka dibentuklah tim khusus untuk perbaikan kriteria *imkānūr rukyah*. Dilanjutkan dengan seminar internasional fikih falak di Jakarta pada tanggal 28-30 November 2017 menghasilkan Rekomendasi Jakarta 2017 dengan batas minimal imkanur rukyat yaitu tinggi hilal 3° dan sudut elongasi 6,4°.³

Kriteria MABIMS mengalami perubahan karena dianggap bahwa kriteria 2, 3, dan 8 terlalu rendah. hilal sabit dengan ketinggian yang rendah tersebut sangat tipis dan sulit terlihat karena tidak mampu mengatasi . Secara global, tidak ada hilal yang dapat diamati dengan ketinggian 2° dan elongasi 3°, bahkan dengan menggunakan teleskop sekalipun. Batas optimal untuk keberhasilan rukyat bukan saat matahari terbenam, tetapi saat mulai meredup (best time). *imkānūr rukyah* secara umum ditentukan oleh ketebalan hilal dan gangguan *syafaq*. hilal yang lebih tebal akan terlihat dan mampu mengatasi. Demikian pula, jika elongasi lebih besar, hilal juga akan

³ Nuril Farida Maratus, "Implementasi Neo Visibilitas hilal MABIMS di Indonesia." *Ahkam* 10, (2022), 242.

terlihat. Menurut Mohammad Odeh, batas minimal elongasi agar hilal terlihat adalah $6,4^\circ$. Data ini diperkuat oleh analisis hisab selama ratusan tahun saat matahari terbenam di Banda Aceh dan Pelabuhan Ratu, yang menunjukkan bahwa elongasi $6,4^\circ$ menjadi syarat agar hilal sudah berada di atas ufuk pada saat matahari terbenam. Berdasarkan data rukyat, kesaksian yang tidak diragukan lagi adalah ketika hilal sudah mencapai ketinggian minimal 3° .⁴

Menurut teori hisab, awal bulan ditentukan melalui perhitungan posisi matahari dan bulan. Jika hasil perhitungan menunjukkan bahwa hilal (bulan sabit) sudah berada di atas ufuk, maka keesokan harinya dianggap sebagai awal bulan baru. Dalam pandangan kelompok hisab, asalkan hilal sudah terlihat di atas ufuk tanpa adanya batasan minimal, maka itu sudah dianggap sebagai awal bulan baru. Namun, kelompok rukyat memiliki pandangan yang berbeda. Mereka memaknai awal bulan sebagai keterlihatan hilal di atas ufuk. Jadi, jika menurut perhitungan hisab hilal sudah berada di atas ufuk, namun dalam pengamatan praktis (rukyat), hilal belum terlihat, maka belum dapat dikatakan bahwa bulan baru dimulai. Dengan demikian, penetapan awal bulan menurut kelompok rukyat harus didasarkan pada pengamatan langsung (rukyat) bukan perhitungan (hisab).

⁴ Thomas Djamaluddin, “Bismillah, Indonesia Menerapkan Kriteria Baru MABIMS” dalam <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2022/02/23/bismillahindonesiamenerapkan-kriteria-baru-mabims/>, diakses 15 Juni 2023.

Dalam konteks astronomi, ada beberapa faktor yang memengaruhi kemungkinan rukyat hilal, termasuk refraksi atmosfer, partikel di udara, dan kelembaban udara. Selain itu, perlu diingat bahwa rukyat hilal melibatkan perbandingan antara cahaya hilal yang tipis dan redup dengan cahaya *syafaq* (senja) yang masih terang. Oleh karena itu, saat melakukan rukyat, penting untuk memastikan bahwa cahaya hilal telah mengalahkan cahaya *syafaq*.⁵

Namun terkait dengan kontras hilal, tidak hanya cahaya *syafaq* saja yang menjadi problem utama, melainkan polusi cahaya juga berkontribusi terhadap gangguan visibilitas hilal. penulis menemukan sebuah kutipan dalam artikel milik Abdurahman Ozlem yang mengatakan ketika hilal mendekati ufuk, efek buruk seperti refraksi atmosfer serta awan, kabut, debu, atau polusi akan mengurangi kontras hilal dan memperburuknya⁶

penelitian ini juga dipandu oleh pentingnya memahami dampak polusi cahaya terhadap praktik Rukyatul Hilal, khususnya dalam konteks kriteria kecerlangan langit yang diperkenalkan oleh Nur Nafhatun Md Shariff. Dalam Islam, Hilal memiliki peran sentral dalam menentukan awal bulan hijriyah, yang menjadikan pengamatannya sebagai praktik ibadah yang sangat penting. Kriteria kecerlangan langit yang ditetapkan oleh Nur Nafhatun menjadi

⁵ Novi Arijatul Mufidoh, "Problematika Implementasi Rekomendasi Jakarta 2017 tentang Penyatuan Kalender Global Hijriah Tunggal di Indonesia", Tesis UIN Walisongo, 2021, 75.

⁶ Abdurrahman ÖZLEM, "A Simplified Crescent Visibility Criterion", (Istanbul: Turkey, 2014), 13.

panduan utama dalam menilai dampak polusi cahaya terhadap visibilitas Hilal.

Seperti yang diketahui, dari semua pergantian kriteria MABIMS, tidak ada satupun yang mempertimbangkan adanya efek polusi Cahaya pada ketampakan hilal. Menurut teori hisab, awal bulan ditentukan melalui perhitungan posisi matahari dan bulan. Jika hasil perhitungan menunjukkan bahwa hilal (bulan sabit) sudah berada di atas ufuk, maka keesokan harinya dianggap sebagai awal bulan baru. Dalam pandangan kelompok hisab, asalkan hilal sudah terlihat di atas ufuk tanpa adanya batasan minimal, maka itu sudah dianggap sebagai awal bulan baru. Namun, kelompok rukyat memiliki pandangan yang berbeda. Mereka memaknai awal bulan sebagai keterlihatan hilal di atas ufuk. Jadi, jika menurut perhitungan hisab hilal sudah berada di atas ufuk, namun dalam pengamatan praktis (rukyat), hilal belum terlihat, maka belum dapat dikatakan bahwa bulan baru dimulai. Dengan demikian, penetapan awal bulan menurut kelompok rukyat harus didasarkan pada pengamatan langsung (rukyat) bukan perhitungan (hisab).

Saat pelaksanaan rukyat (pengamatan hilal), seringkali kita menghadapi kendala dalam melihat hilal. Hal ini sejalan dengan literatur hadis yang menyebutkan bahwa jika hilal tidak terlihat dengan mata telanjang, maka bulan sebelumnya harus digenapkan. Kendala ini merupakan hal umum yang dialami oleh para pengguna metode rukyat dengan prinsip Imkanur Rukyat, karena kriteria minimal ketinggian hilal yang rendah, yaitu hanya 3 derajat. Dalam

konteks astronomi, ada beberapa faktor yang memengaruhi kemungkinan rukyat hilal, termasuk refraksi atmosfer, partikel di udara, dan kelembaban udara. Selain itu, perlu diingat bahwa rukyat hilal melibatkan perbandingan antara cahaya hilal yang tipis dan redup dengan cahaya syafaq (senja) yang masih terang. Oleh karena itu, saat melakukan rukyat, penting untuk memastikan bahwa cahaya hilal telah mengalahkan cahaya syafaq.⁷

Namun terkait dengan kontras hilal, tidak hanya Cahaya syafaq saja yang menjadi problem utama, melainkan polusi Cahaya juga berkontribusi terhadap gangguan visibilitas hilal. penulis menemukan sebuah kutipan dalam artikel milik Abdurahman Ozlem yang mengatakan Ketika hilal mendekati ufuk, efek buruk seperti refraksi atmosfer serta awan, kabut, debu, atau polusi akan mengurangi kontras hilal dan memperburuknya⁸

Dalam beberapa penelitian yang ditemukan menyatakan salah satu faktor pengganggu utama dalam ketampakan hilal adalah polusi Cahaya. Seperti yang terdapat pada penelitian milik Abdurahman Ozlem yang berjudul “A Simplified Crescent Visibility Criterion” serta penelitian Machzumy “Effect of Geographical Environment on Success Rate of Rukyat hilal at Observatorium CASA Assalam” dimana dalam kedua penelitian

⁷ Novi Arijatul Mufidoh, “Problematika Implementasi Rekomendasi Jakarta 2017 tentang Penyatuan Kalender Global Hijriah Tunggal di Indonesia”, Tesis UIN Walisongo, 2021, 75.

⁸ Abdurrahman ÖZLEM, “A Simplified Crescent Visibility Criterion”, (Istanbul: Turkey, 2014), 13.

tersebut memuat gagasan yang menyatakan bahwa polusi cahaya berpengaruh dalam ketampakan hilal. Namun kedua penelitian tersebut tidak menjelaskan secara lanjut mengenai efek polusi cahaya terhadap visibilitas hilal. Salah satu penelitian yang memuat alasan serta penjelasan lebih rinci mengenai efek polusi cahaya terhadap visibilitas hilal adalah penelitian milik Nur Nafhatun Md Shariff dengan judul “The Impact of Light Pollution on Islamic New Moon (hilal) Observation”

Penelitian milik Nur Nafhatun Md Shariff mengkaji dampak polusi cahaya terhadap keterlihatan hilal. Data diambil menggunakan Sky Quality Meter (SQM) yang mencatat magnitudo visual per arcsecond persegi (mpsas) untuk mengukur batas magnitudo langit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembacaan antara 16-22 mpsas, peluang untuk melihat hilal tinggi. Jika kurang dari 16 mpsas, hilal tidak terlihat. Hasil utama dari penelitian ini adalah untuk menemukan parameter penting dalam pengamatan hilal yang mengarah pada proposisi sebuah kriteria baru yaitu batas magnitudo langit.⁹

Akan tetapi penulis menemukan sebuah masalah dalam kriteria milik Nur Nafhatun Md Shariff yang menyatakan lokasi dengan kecerlangan langit di bawah 16 mpsas tidak memungkinkan untuk melihat hilal. Dari beberapa data pra-riset yang diambil dari

⁹ Nur Nafhatun Md Shariff et al., “The Impact of Light Pollution on Islamic New Moon (hilal) Observation,” (*International Journal of Sustainable Lighting* 19 2017), Diakses pada 12 Juni 2023, doi.org/10.26607/ijsl.v19i1.61.

tiga lokasi dengan kecerlangan langit berbeda, yaitu Jambi dengan kecerlangan 19,79 mpsas, medan dengan kecerlangan 18,07 mpsas, serta semarang dengan kecerlangan 14,23 mpsas. Dimana untuk Jambi dan Medan yang lokasinya memenuhi kriteria kecerlangan langit milik Nur Nafhatun Md malah menjadi lokasi yang tidak pernah menyumbang hilal dalam kegiatan rukyat rutin yang dilakukan. Sementara untuk semarang dengan kecerlangan 14,23 mpsas menjadi penyumbang hilal pada ramadhan 1444 H yang lalu.

Dari konteks astronomi tersebut, penulis mengambil beberapa permasalahan, *Pertama*, ditemukan kesenjangan dalam kriteria yang dimiliki oleh Nur Nafhatun Md dimana pada pernyataannya yang mengatakan bahwa lokasi dengan kecerlangan langit dibawah 16 mpsas menjadi lokasi sulit untuk melihat hilal. Dalam hal ini Imkanur rukyat secara umum ditentukan oleh ketebalan hilal dan gangguan syafaq (cahaya senja). hilal yang lebih tebal akan terlihat dan mampu mengatasi cahaya senja. Demikian pula, jika elongasi lebih besar, hilal juga akan terlihat. Namun belum ditemukan argumen yang memperkuat kriteria milik Nur Nafhatun Md, Untuk itu diperlukan data pengamatan yang secara kuantitas dan kualitas memadai untuk menguatkan atau mengoreksi kriteria tersebut.

Belum adanya argumen tentang polusi cahaya dalam metode pengamatan hilal kriteria baru neo-MABIMS menunjukkan adanya kekosongan yang perlu diperhatikan dalam penentuan tanggal dan awal bulan dalam konteks agama Islam. Polusi cahaya, yang

disebabkan oleh cahaya buatan yang berlebihan di daerah perkotaan, telah menjadi faktor yang mengganggu pengamatan hilal secara akurat. Hal ini dapat menyebabkan kesulitan dalam menentukan awal bulan dan penentuan tanggal penting dalam kalender Islam, seperti awal Ramadhan atau hari-hari penting lainnya.

Kedua, kurangnya perhatian terhadap polusi cahaya pada markaz lokasi Ketika Rukyat oleh beberapa pihak yang tidak mempertimbangkan efek polusi cahaya dalam pengamatannya. Penting untuk memperhatikan polusi cahaya saat melakukan rukyatul hilal, Beberapa tempat mungkin tidak mempertimbangkan masalah ini, yang mengakibatkan hilal tidak terlihat meskipun upaya telah dilakukan untuk mengikuti kriteria yang lebih baik. Polusi cahaya terjadi ketika cahaya buatan manusia dari lampu jalan, gedung, atau fasilitas lainnya menciptakan kecerahan di langit malam yang mengaburkan pandangan terhadap objek langit, termasuk hilal. Tempat-tempat dengan tingkat polusi cahaya yang tinggi mungkin mengalami kesulitan dalam mengamati hilal walaupun telah menerapkan berbagai kriteria untuk ketampakan hilal. Oleh karena itu, penting untuk mencari tempat yang minim polusi cahaya ketika melakukan rukyatul hilal agar dapat meningkatkan peluang melihat hilal dengan jelas.

Penelitian ini dirancang untuk menyelidiki secara mendalam dampak polusi cahaya terhadap praktik pengamatan hilal, dengan fokus pada analisis kriteria kecerlangan langit yang dikembangkan oleh Nur Nafhatun Md Shariff. Kriteria ini menetapkan ambang

batas kecerlangan langit di bawah 16 mpsas sebagai kondisi yang ideal untuk mengamati hilal, memberikan parameter yang jelas untuk menilai pengaruh polusi cahaya terhadap visibilitas hilal. Dengan menganalisis data dari berbagai lokasi di Indonesia, penelitian ini bertujuan untuk mengungkap hubungan antara tingkat polusi cahaya dan keberhasilan pengamatan hilal, serta untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi hasil pengamatan.

Kajian ini tidak hanya penting dalam konteks keagamaan tetapi juga dalam konteks lingkungan dan sosial, mengingat dampak luas polusi cahaya. Penelitian ini diharapkan memberikan wawasan baru tentang bagaimana praktek Rukyatul Hilal dapat beradaptasi dengan tantangan modernitas, dan sekaligus memberikan rekomendasi bagi para praktisi, komunitas muslim, dan pembuat kebijakan untuk memastikan kelangsungan pengamatan hilal yang otentik. Dengan demikian, studi ini mengusulkan strategi yang dapat membantu meminimalisir dampak negatif polusi cahaya dan mempertahankan tradisi pengamatan hilal sebagai bagian penting dari identitas dan warisan budaya Islam.

Dari permasalahan tersebut penulis mengambil kesimpulan serta menarik sebuah judul penelitian tentang “*EFEK POLUSI CAHAYA DALAM PENGAMATAN hilal (Analisis Kriteria Kecerlangan Langit Nur Nafhatun Md Shariff)*”.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kontribusi Nur Nafhatun Md Shariff dalam menganalisis kriteria kecerlangan langit dalam konteks pengamatan hilal?
2. Adakah perbedaan signifikan dalam hasil pengamatan visibilitas hilal antara lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda?

C. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menjawab permasalahan yang dikaji, yaitu:

1. **Manfaat Teoritis**, Kajian ini bertujuan untuk memahami secara mendalam bagaimana polusi cahaya mempengaruhi kriteria tersebut dan untuk menemukan masalah yang mungkin timbul, serta mencari solusinya. Melalui analisis aspek fisis terkait, seperti intensitas dan penyebaran cahaya buatan manusia di langit malam, penelitian ini dapat mengungkap pengaruh polusi cahaya terhadap pengamatan hilal dan keakuratan kriteria kecerlangan langit milik Nur Nafhatun Md Syariff. Dengan demikian, diharapkan hasil dari studi fisis ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam dan solusi efektif untuk mengatasi masalah yang mungkin muncul dalam penerapan kriteria baru hilal. Hal ini akan membantu penentuan awal bulan Hijriah dilakukan dengan lebih akurat dan konsisten.

2. **Manfaat Praktis,** Untuk mendapatkan perbedaan signifikan dalam hasil pengamatan visibilitas hilal antara lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda. Dengan hasil ini diharapkan ditemukan metode koreksi penentuan awal bulan untuk daerah polutif. Selain itu, berdasarkan hasil tersebut bisa diprediksi terlihat atau tidaknya hilal di suatu lokasi berdasarkan tingkat kecerlangan langit malamnya. Bagi peneliti, upaya menjawab permasalahan penelitian di atas merupakan tantangan yang menarik dan komplek. Terlebih didorong keinginan untuk memberikan kontribusi pemikiran tentang adanya pengaruh polusi cahaya terhadap ketampakan hilal. Pengaruh polusi cahaya terhadap ketampakan benda-benda langit tersebut, khususnya hilal, perlu diperhatikan sehingga secara kuantitas diketahui pengaruh polusi cahaya terhadap ketampakan hilal. Pengaruh polusi cahaya terhadap ketampakan hilal ini selanjutnya bisa digunakan untuk menentukan korelasi antara sudut depresi atau ketinggian Matahari dengan terbenamnya syafaq dan awal bulan di Indonesia setelah dikoreksi efek polusi cahaya yang formulasinya telah ditemukan sebelumnya. Fenomena tersebut perlu dikaji lebih lanjut dari berbagai aspek guna memberikan jawaban yang lebih akurat terhadap polemik yang akhir-akhir ini berkembang di masyarakat. Selanjutnya penelitian ini diharapkan mampu menjadi bahan acuan dari tinjauan astronomi sehingga hasil penelitian tentang kajian ulang kriteria dalam menentukan lokasi untuk dilakukannya

Rukyatul hilal, sesuai dengan tuntunan syar’i dan sains modern sehingga hasil yang diperoleh lebih sah.

D. Kajian Pustaka

Terdapat beberapa kajian yang berkaitan dengan tema dalam tesis ini, mulai dari efek dari polusi Cahaya terhadap pelaksanaan rukyat, serta visibilitas hilalnya.

Abdulloh Hasan melakukan penelitian dalam tesisnya mengenai faktor yang mempengaruhi pelaksanaan rukyat pada CASA Assalam Surakarta dan Menara al Husna Masjid Agung, dimana penelitian tersebut memuat data observasi yang menghasilkan pembuktian bahwa polusi Cahaya berpengaruh pada ketinggian lokasi tempat pelaksanaan Rukyat.¹⁰ Hasil penelitian ini sangat berpengaruh dalam visibilitas serta analisis data SQM dan data hilal yang penulis miliki dalam tesis ini.

Nur Nafhatun Md Shariff, yang menulis sebuah artikel tentang dampak Polusi Cahaya pada Pengamatan Bulan Baru Islam (hilal), dimana penelitian ini mencatat magnitudo yang berada pada angka 16-22 mpsas sangat berpeluang tinggi untuk menyaksikan hilal, sementara untuk langit yang memiliki magnitudo kurang dari

¹⁰ Abdulloh Hasan, “Efek Polusi Cahaya Terhadap Pelaksanaan Rukyat,” (Tesis, Universitas Islam Negeri Walisongo, 2019).

16 mpsas, akan sulit melihat hilal.¹¹ tesis ini berfokus pada bantahan tentang parameter kecerlangan langit untuk visibilitas hilal.

Dhani Herdiwijaya, dalam tulisannya tentang Implikasi Pengukuran Kecerahan Langit Senja pada Salat Fajr dan Pengamatan Sabit Muda mendapatkan hasil survei terhadap pengukuran kecerahan langit senja dengan pita lebar menggunakan fotometer portabel dengan resolusi 5 detik, di lima lokasi dengan elevasi yang berbeda. Kecerahan langit zenit yang paling gelap mencapai 22,9 MPASS, dimana Bulan sabit muda yang dapat diamati, yang berusia kurang dari 24 jam, memiliki kecerahan langit dalam rentang 8-16 magnitudo/detik busur. Ini setara dengan magnitudo terbatas visual teleskop 2,9 hingga 9,3.¹² Sama seperti penelitian sebelumnya, tesis ini berusaha membantah parameter kecerlangan langit yang didapatkan dari data survei artikel tersebut.

Machzummy, yang menulis artikel perihal dampak Lingkungan Geografis pada Tingkat Keberhasilan Rukyat hilal di Observatorium CASA Assalam, dimana dalam penelitian tersebut mendapatkan hasil Tingkat keberhasilan rukyat yang rendah di observatorium CASA Assalam disebabkan oleh faktor eksternal, yaitu situasi lingkungan di lokasi observatorium yang terletak di

¹¹ Nur Nafhatun Md Shariff et al., "The Impact of Light Pollution on Islamic New Moon (hilal) Observation," (*International Journal of Sustainable Lighting* 19 2017), Diakses pada 12 Juni 2023, doi.org/10.26607/ijsl.v19i1.61.

¹² Dhani Herdiwijaya, "Implications of Twilight Sky Brightness Measurements on Fajr Prayer and Young Crescent Observation", (*7th International Conference on Physics and Its Applications*, 2014)

pusat kota. Kondisi ini menyulitkan pelaksanaan observasi hilal karena keadaan perkotaan yang rentan terhadap pencemaran udara dan cahaya. Oleh karena itu, semakin tinggi tingkat pencemaran, semakin sulit juga untuk melakukan pengamatan terhadap hilal.¹³ penelitian dalam tesis ini akan menambah data kongkrit dari penelitian sebelumnya dengan membandingkan data SQM yang tidak ada di dalam artikel ini.

M. Basthoni, dalam disertasinya yang meneliti efek polusi Cahaya terhadap penentuan fajar *shadiq*, namun berbeda dengan penelitian penulis yang mencari kesinambungan antara polusi Cahaya dengan hilal pada senja¹⁴ akan tetapi penelitian ini menjadi patokan dalam kriteria ciri polusi Cahaya serta pembahasannya.

Abdurahman Ozlem, dalam artikelnya yang membahas beberapa kriteria hilal pada beberapa kasus, contohnya untuk lokasi perkotaan yang penuh polusi Cahaya.¹⁵ Fokus penelitian tesis ini akan membuktikan kriteria dari Ozlem tersebut.

E. Metode Penelitian

1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

¹³ Machzumy, "Effect of Geographical Environment on Success Rate of Rukyat hilal at Observatorium CASA Assalam", (*Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 5, 2019)

¹⁴ M. Basthoni, "*Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia*", (Universitas Islam Negeri Walisongo, 2022).

¹⁵ Abdurrahman ÖZLEM, "A Simplified Crescent Visibility Criterion", (Istanbul: Turkey, 2014)

Penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan Jenis penelitian lapangan (*field research*) yang melibatkan pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan untuk mengumpulkan data yang diperlukan. Pada penelitian ini, peneliti akan melakukan observasi langsung mengenai dampak polusi cahaya terhadap pengamatan hilal dengan menggunakan Sky Quality Meter (SQM) untuk mencatat magnitudo visual per arcsecond persegi (mpsas) sebagai ukuran kecerlangan langit, serta melibatkan pengukuran dan analisis data numerik yang berkaitan dengan kecerlangan langit, Untuk meningkatkan intensitas penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah pendekatan astronomi untuk sesuai dengan sifat penelitian yang lebih berbasis pada pengalaman nyata. Proses penyimpulan dilakukan secara induktif dengan menganalisis dinamika hubungan antara fenomena yang diamati menggunakan logika alamiah.

2. Sumber data

Terdapat dua sumber data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sumber data primer dan data sekunder. Sumber data primer dalam penelitian ini adalah data SQM dari lokasi yang terindikasi dan tidak terindikasi polusi cahaya serta data dokumen laporan hasil dari rukyatul hilal dari lokasi terkait. Sementara untuk sumber sekundernya tesis ini menggunakan artikel yang di tulis oleh Nur Nafhatun Md Shariff dengan judul "*The Impact of Light Pollution on Islamic New Moon (hilal) Observation*".

3. Fokus Penelitian

Penelitian ini berfokus pada analisis data SQM dengan data hasil ruykat, sehingga menemukan sebuah signifikansi polusi cahaya terhadap visibilitas hilal.

4. Teknik Pengumpulan data

Untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode observasi. Dalam penelitian ini, data observasi dikumpulkan dengan mengikuti langkah-langkah yang sistematis. Lokasi observasi dipilih untuk mencakup berbagai tingkat polusi cahaya, kemudian Sky Quality Meter (SQM) digunakan untuk mengukur magnitudo visual per arcsecond persegi (mpsas) pada setiap lokasi. Selama observasi, pengamatan hilal dilakukan sesuai dengan prosedur yang ditentukan dan hasilnya dicatat. Selain itu, data terkait waktu, tanggal, dan lokasi observasi juga dicatat. Setelah pengumpulan data selesai, analisis statistik digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara signifikansi kriteria Nur Nur Nafhatun Md Shariff dan visibilitas hilal.

5. Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, teknik analisis data yang digunakan adalah pendekatan kombinasi antara analisis deskriptif dan analisis statistik inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran umum tentang data yang terkumpul, melalui statistik deskriptif seperti mean, median, dan grafik, untuk mengidentifikasi pola dan karakteristik awal data.

Sementara itu, analisis statistik inferensial akan dilakukan untuk menguji hipotesis dan mengidentifikasi hubungan antara tingkat kecerlangan langit (mpsas) dan kemampuan mengamati hilal, dengan menerapkan metode statistik seperti uji hipotesis. Kombinasi dari kedua teknik analisis ini akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang dampak polusi cahaya terhadap pengamatan hilal, serta memungkinkan penulis untuk menyampaikan hasil penelitian secara rinci dan mendalam dalam sub bab teknik analisis data.

F. Sistematika Pembahasan

Secara umum, penulisan penelitian ini mengikuti struktur dengan lima bab, di mana setiap bab dibagi lagi menjadi beberapa sub pembahasan. Berikut adalah susunan penulisan penelitian ini:

Bab I Pendahuluan. Bab ini meliputi pembahasan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kajian pustaka, metode penelitian, dan sistematika pembahasan.

Bab II Tinjauan Umum, yang berisi mengenai pembahasan umum hilal serta rukyatul hilal yang kemudian akan disinkronkan dengan karakteristik polusi Cahaya.

Bab III mengungkap permasalahan polusi Cahaya dalam visibilitas hilal berdasarkan data SQM serta data hasil Rukyatul hilal.

Bab IV yang berisi analisis data SQM serta data hasil Rukyatul hilal yang akan disajikan dalam bentuk analisis statistika

dan setelah itu dilakukan analisis deskriptif untuk menilai bagaimana kesesuaian signifikansi polusi cahaya.

Bab V Penutup. Bab ini memuat kesimpulan, saran atau rekomendasi, dan penutup.

BAB II

TINJAUAN UMUM VISIBILITAS HILAL DAN POLUSI CAHAYA

A. Definisi Hilal dan Visibilitas Hilal dalam Perspektif Astronomi

Visibilitas hilal adalah adopsi kata bahasa Inggris yang berasal dari hisab *imkānur rukyah* yang memiliki arti perhitungan kemungkinan hilal terlihat. Visibilitas hilal, perhitungan kemungkinan terlihatnya bulan sabit, berasal dari metode hisab *imkānur rukyah* dalam ilmu falak Islam. Metode ini menjadi dasar untuk menentukan awal bulan baru, yaitu penentuan dengan probabilitas rukyah yang sangat penting untuk penanggalan Ramadan, Idul Fitri, dan perayaan keagamaan lainnya, perhitungan melibatkan faktor usia bulan, elevasi matahari dan bulan. Dengan kemajuan teknologi, model matematis diperbaiki untuk memprediksi visibilitas hilal secara lebih akurat, membantu umat Islam menentukan awal bulan sesuai ketentuan agama. Ini mencerminkan hubungan erat antara ilmu falak dan keyakinan keagamaan dalam penanggalan Hijriyah yang mengikuti peredaran bulan di langit.¹

Dalam menghitung kemungkinan rukyah, tidak hanya pertimbangan terhadap keberadaan hilal di atas ufuk yang menjadi faktor utama, tetapi juga memperhitungkan aspek-aspek lain yang

¹ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008), 79.

dapat mempengaruhi terlihatnya hilal. Aspek pentingnya bukan hanya hilal yang berada di atas ufuk, melainkan juga tinggi hilal di atas ufuk dan posisinya yang cukup jauh dari arah matahari. Dengan demikian, dalam perhitungan hisab imkan rukyah, praktik pelaksanaan rukyah (*actual sighting*) juga menjadi bagian yang diperhitungkan dan diantisipasi.²

Mazhab hilal dalam konteks *imkānūr rukyah* sebenarnya mirip dengan cara hilal di atas ufuk yang terlihat. Penetapan awal bulan dilakukan saat hilal sudah muncul di atas horizon pengamat ketika Matahari tenggelam. Namun, dalam mazhab hilal *imkānūr rukyah* ini, ada persyaratan minimum ketinggian hilal, biasanya berkisar antara 5° hingga 10° . Badan hisab dan rukyat Internasional yang berkantor pusat di Istanbul, Turki, menetapkan ketinggian hilal minimal sebesar 7° , meskipun penelitian dari Commite For Crescent Observation (CFCO) Amerika Serikat menunjukkan bahwa hilal umumnya tidak terlihat jika ketinggiannya kurang dari 10° .³

Perlu diingat bahwa persyaratan minimum ketinggian hilal sebenarnya merupakan hasil perhitungan hisab yang bertujuan untuk memfasilitasi tugas rukyat agar hilal dapat terlihat. Ketentuan mengenai ketinggian hilal minimum ini sejatinya berkaitan dengan kebutuhan untuk mengurangi intensitas sinar Matahari yang telah tenggelam, sehingga tidak mengganggu perukyat dalam melihat hilal. Namun, perlu diakui bahwa kendala utama dalam rukyat adalah

² Ibid., 80.

³ Ibid..., 81.

keberadaan awan, kabut, dan asap yang tidak dapat diprediksi atau disimulasikan.⁴

Di Indonesia, istilah hilal sangat populer di kalangan umat Islam, terutama menjelang awal bulan Ramadhan dan Syawal, dan telah diakui sebagai bagian dari bahasa baku, sebagaimana tercantum dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia yang mendefinisikan hilal sebagai bulan sabit atau bulan yang muncul pada tanggal satu bulan kamariah. Meskipun demikian, penjelasan ini tidak sering ditemui dalam kitab-kitab tafsir karya ulama Indonesia. Sebagai contoh, Mahmud Junus dan Oemar Bakry mengartikan hilal sebagai bulan, sementara Bachtiar Surin dalam tafsirnya, *Adz-Dzikra*, mengartikan "hilal" sebagai bulan muda. Interpretasi ini sejalan dengan pendapat Hasby ash-Shiddieqy yang menyatakan bahwa hilal adalah bulan baru. Dari berbagai definisi tersebut, dapat dipahami bahwa hilal merujuk pada bulan sabit pada hari pertama yang menjadi tanda terjadinya bulan baru dalam kalender hijriyah.⁵

Dalam perspektif astronomi, "hilal" merujuk pada fase bulan sabit yang terlihat sebagai sejumput cahaya di ujung bulan ketika terlihat dari Bumi. Fase ini terjadi ketika matahari menerangi sisi yang tidak terlihat dari bulan, sehingga hanya sebagian kecil dari bulan yang dapat terlihat dari Bumi. hilal muda atau baru biasanya

⁴ Tono Saksono, *Mengkompromikan Hisab & Rukyat*, (Bekasi: Amythas Publicita, 2007), 148.

⁵ Susiknan Azhari, *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*, 91.

terlihat setelah bulan baru, dan kemunculannya menjadi tanda awal dari awal bulan baru dalam kalender lunar, seperti kalender hijriyah dalam tradisi Islam. Posisi hilal tergantung pada sudut antara Matahari, Bulan, dan Bumi.⁶

Astronomi memainkan peran penting dalam menentukan kapan hilal akan terlihat dan membantu dalam menghitung awal bulan dalam sistem kalender lunar. Para astronom menggunakan perangkat lunak dan perhitungan matematis untuk memprediksi secara akurat kapan hilal akan muncul di langit, dan informasi ini sering digunakan dalam menentukan awal bulan Ramadan atau Syawal dalam kalender Islam.⁷

Perlu diketahui bahwa istilah "bulan baru" dalam astronomi memiliki perbedaan dengan definisi bulan baru dalam kalender Islam. Dalam konteks astronomi, bulan baru terjadi secara serentak untuk seluruh dunia, dan pada saat itu belum tentu bulan dapat terlihat dengan mata manusia. Syarat mutlak untuk terjadinya bulan baru tampaknya adalah terjadinya konjungsi atau *ijtima'*, yaitu ketika posisi bulan dan matahari berada pada bujur yang sama. Dalam istilah astronomi, peristiwa ini disebut sebagai bulan baru. Kesepakatan umum adalah bahwa peristiwa *ijtima'* merupakan batas penentuan astronomis antara bulan Kamariah yang sedang

⁶ *Ibid...*, 92.

⁷ Hasna Tuddar Putri, "Redefinisi hilal Dalam Perspektif Fikih Dan Astronomi," *al-Ahkam: Jurnal Pemikiran Hukum Islam*, vol. 22, no. 1, tahun 2012, 101.

berlangsung dan bulan Kamariah berikutnya. Oleh karena itu, para ahli astronomi umumnya menggunakan istilah *ijtima'*, konjungsi, atau *new moon* sebagai awal perhitungan bulan baru, yang berarti bahwa dalam konteks ini, "hilal" mengacu pada bulan yang telah mengelilingi bumi dengan sempurna.⁸

Dalam perspektif astronomi, "hilal" dapat diartikan sebagai visibilitas hilal, karena esensinya adalah hasil kolaborasi antara metode hisab (perhitungan) dan rukyat (pengamatan) untuk menghasilkan interpretasi astronomi atas dalil fikih yang digunakan. Secara astronomis, penyatuan keduanya dapat dilakukan dengan mudah selama terdapat kesepakatan dan kerelaan untuk mencapai titik temu. Namun, perlu ditekankan bahwa kriteria astronomi yang digunakan untuk menentukan awal bulan (*new month*) tidak hanya bergantung pada fenomena bulan muda (*new moon*). Sejak zaman Babilonia, zaman Rasulullah, hingga saat ini, kriteria yang lebih dominan adalah keterlihatan (*visibility*) bulan sabit baru atau anak bulan (hilal) daripada konjungsi itu sendiri. Oleh karena itu, perlu dibuat perbedaan yang jelas antara *new moon* dan *new month*.⁹

Bulan mengalami revolusi hingga kembali membentuk posisi garis lurus antara Matahari, Bulan, dan Bumi, yang disebut konjungsi, dalam periode waktu 29 hari 12 jam 44 menit 2,8 detik. Proses ini merupakan satu siklus bulan. Dari perspektif astronomi,

⁸ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008), 94.

⁹ *Ibid...*, 95.

hilal atau fase bulan baru didefinisikan sebagai saat bulan berada dalam satu garis bujur yang sama dengan matahari dan bumi. Pada fase ini, bulan terlihat hanya sebagian kecil setelah melewati konjungsi, bagian yang disinari matahari ini disebut hilal dan menandakan awal bulan baru.¹⁰

Pada aspek astronomi, memiliki keyakinan bahwa bulan selalu ada dan posisinya dapat dihitung, meskipun tidak selalu terlihat melalui observasi atau perhitungan. Oleh karena itu, membahas objek yang sudah berada di bawah ufuk bukanlah praktek umum dalam astronomi. Dari perspektif astronomi, hilal bukanlah soal keberadaan (karena yang diukur atau dihitung adalah posisi bulan, bukan hilal itu sendiri), melainkan merupakan masalah ketampakan yang dapat berubah tergantung pada sudut pandang pengamat. Konsep hilal dalam astronomi menyoroti fenomena ketampakan, di mana bulan terlihat sebagai hilal dari suatu titik, namun dari sudut pandang yang berbeda, bulan dapat tampak sebagai purnama. Astronomi tidak hanya mempertimbangkan aspek posisi, tetapi juga ketampakan. Dalam pandangan astronomi, hisab (komputasi) dan rukyat (observasi) dianggap setara dan dapat saling menggantikan. Hilal, dalam konteks astronomi, bukanlah fenomena yang berkaitan dengan eksistensi atau keberadaan.

Kriteria visibilitas hilal memainkan peran penting dalam menentukan apakah hilal dapat diamati di suatu lokasi. Meskipun

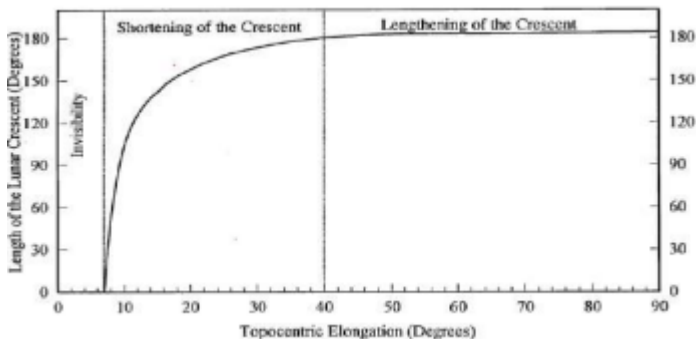
¹⁰ *Ibid...*, 96.

dalam prakteknya kriteria visibilitas hilal belum umum digunakan, mungkin karena belum tersebar luas di masyarakat. Kriteria utama yang banyak diterapkan adalah keberadaan bulan di atas ufuk, yang pada dasarnya menjadi syarat utama untuk *wujūd al-hilal*. Berdasarkan data Badan Hisab dan Rukyat Departemen Agama RI, hilal dengan ketinggian 2° dapat di rukyat, yang berarti perbedaan waktu terbenamnya hanya sekitar 8 menit, angka ini jauh di bawah ambang batas kriteria visibilitas hilal. Selain itu ada beberapa jenis kriteri visibilitas hilal yang di ketahui:

a. Kriteria Andre Danjon (*Dajon Limit*)

kriteria ini pertama kali di idekan oleh seorang astronom prancis yang merupakan direktur Observatorium Strasbourg, yang bernama Andre Danjon pada 1931. Pengamatan fenomena oleh Danjon memiliki signifikansi penting dalam menentukan visibilitas pertama bulan sabit lunar. Hal ini menunjukkan bahwa tidak dapat melihat bulan sabit, terlepas dari usianya, jika kurang dari 7 derajat dari batas Danjon. Bulan pada fase tertentu dapat memiliki elongasi yang bervariasi dari matahari, tergantung pada garis lintang dan apakah berada dekat perigee atau apogee. Danjon juga mencatat bahwa karena bulan baru tidak dapat melampaui $5,5^\circ$ utara atau selatan matahari, yang kurang dari batas 7° , maka bulan sabit lunar harus menghilang selama periode tertentu setiap bulan kalender. Hal ini terbukti dari 75 data pengukuran, dimana penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan panjang bulan sabit dengan menghitung busur defisiensi dalam setiap kasus. Defisiensi ini diukur sebagai jumlah

kontraksi bulan sabit yang terkena cahaya matahari, dengan mempertimbangkan perpanjangan elosentrik dan jumlah paralaks bulan.



Gambar 2.1 Kriteria danjon

b. kriteria visibilitas hilal Lembaga Penerbangan dan Antariksa tahun 2000

pada tahun 2000, Thomas Jamaludin dari Lembaga Penerbangan Antariksa (LAPAN) menyarankan adanya kriteria baru untuk visibilitas hilal, yang merupakan penyempurnaan dari kriteria MABIMS yang melibatkan 20° ketinggian, 30° elongasi, dan umur hilal 8 jam. Usulan ini merujuk pada data kompilasi Kementerian Agama Republik Indonesia sebagai dasar penetapan awal Kamariah. Kriteria minimum untuk visibilitas mencakup umur hilal lebih dari 8 jam, jarak sudut antara bulan dan matahari lebih dari $6,40$, perbedaan tinggi lebih dari 4° , dan perbedaan azimuth lebih dari 6° . Usulan tersebut mengoreksi kriteria MABIMS karena menurutnya, hilal sulit terlihat jika visibilitasnya berada di bawah angka tersebut. Meskipun

kriteria tersebut bersifat sementara, dia menambahkan bahwa terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan, seperti gangguan pengamatan yang disebabkan oleh observasi tunggal atau interferensi dari planet Merkurius dan Venus di ufuk barat. Selain itu, aspek yang lebih penting adalah kontras antara hilal dan langit.¹¹

c. Kriteria Neo-MABIMS

Kriteria MABIMS mengalami perubahan karena dianggap bahwa kriteria 2, 3, dan 8 terlalu rendah. hilal sabit dengan ketinggian yang rendah tersebut sangat tipis dan sulit terlihat karena tidak mampu mengatasi cahaya senja. Secara global, tidak ada hilal yang dapat diamati dengan ketinggian 2° dan elongasi 3° , bahkan dengan menggunakan teleskop sekalipun. Batas optimal untuk keberhasilan rukyat bukan saat matahari terbenam, tetapi saat cahaya senja mulai meredup (best time). *imkānur rukyah* secara umum ditentukan oleh ketebalan hilal dan gangguan *syafaq* (cahaya senja). hilal yang lebih tebal akan terlihat dan mampu mengatasi cahaya senja. Demikian pula, jika elongasi lebih besar, hilal juga akan terlihat. Menurut Mohammad Odeh, batas minimal elongasi agar hilal terlihat adalah $6,4^\circ$. Data ini diperkuat oleh analisis hisab selama ratusan tahun saat matahari terbenam di Banda Aceh dan Pelabuhan Ratu, yang menunjukkan bahwa elongasi $6,4^\circ$ menjadi syarat agar hilal sudah berada di atas ufuk pada saat matahari terbenam. Berdasarkan data

¹¹ Thomas Djamaluddin, *Astonomi Memberi Solusi Penyatuan Umat*, (Jakarta: LAPAN, 2011), 19.

rukyat, kesaksian yang tidak diragukan lagi adalah ketika hilal sudah mencapai ketinggian minimal 3°. ¹²

Kriteria visibilitas hilal ada sebagai jembatan untuk konsep astronomi dan konsep fikih dalam penyusunan kalender islam. Penyatuan kalender Islam dalam perspektif astronomi sangat memungkinkan, karena konsep dasar yang membentuk struktur kalender Islam sudah mapan. Dalam pandangan astronomi, hilal adalah bagian dari proses kontinu pembentukan dan perubahan sabit bulan yang terjadi dalam fenomena fase bulan. Terbentuknya sabit bulan sangat terkait dengan geometri posisi bumi, bulan, dan matahari. Pendekatan ilmiah terhadap hilal bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan syariat dalam menetapkan awal bulan Kamariah.

Andrew Crumey menyatakan bahwa kontras dari suatu visibilitas bergantung pada sejauh mana pencahayaan objek target B_t setara dengan kecerahan permukaannya dibandingkan dengan pencahayaan latar sekitar B . Ia menyajikan persamaan terkait hal tersebut.

$$C = \frac{B_t - B}{B} = \frac{\Delta B}{B}$$

Pada pengamatan target melalui layar transparan atau objek astronomi dalam atmosfer, sebagian yang mencakup target

¹² Thomas Djamaluddin, “Bismillah, Indonesia Menerapkan Kriteria Baru MABIMS” dalam <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2022/02/23/bismillahindonesiamenerapkan-kriteria-baru-mabims/>, diakses 15 Juni 2023.

memberikan kontribusi pencahayaan B, dengan ΔB yang setara dengan B_t . Ketika peningkatan ΔB mencapai ambang visibilitas sesuai dengan kriteria yang ditetapkan, maka C menjadi kontras ambang batas. Dalam hal target dengan luas area sudut S, seseorang juga dapat mempertimbangkan iluminasi yang setara dengan magnitudo tampak.

Thomas Djamaluddin menyatakan bahwa selain faktor cuaca, pemahaman terhadap kontras juga memiliki peran penting dalam pengamatan visibilitas hilal. Menurutnya, hilal yang berada terlalu rendah atau terlalu dekat dengan posisi matahari bisa sulit terlihat karena kekurangan perbedaan cahaya yang memadai. Kontras hilal yang sangat tipis cenderung tercampur dengan cahaya senja. Dalam praktiknya, pengamat sering menggunakan teleskop yang dilengkapi dengan CCD dan filter visual untuk melakukan pengamatan hilal. Meskipun demikian, penggunaan alat ini tidak selalu optimal karena kesulitan membedakan cahaya hilal dengan latar belakangnya yang serupa.¹³

B. Dasar Hukum Rukyatul Hilal

Dalam menjalankan syariat islam penentuan waktu tentunya penting untuk kelangsungan ibadah, dimana hampir seluruh ibadah islam dilakukan di beberapa waktu tertentu. Salah satu contoh ibadah seperti yang di sebutkan sebelumnya adalah ibadah puasa Ramadhan

¹³ Erwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Fajar & Syafak: Dalam Kesarjanaan Astronom Muslim dan Ulama Nusantara*, (Yogya: LKiS, 2018), 2.

serta ibadah haji, dimana kedua ibadah tersebut hanya bisa dilakukan pada waktu tertentu. Karena hal tersebut kita membutuhkan penentuan waktu yang akurat untuk menjalankan ibadah tersebut. Salah satu metode penentuan waktu atau bulan untuk melakukan puasa Ramadhan serta haji adalah metode Rukyatul hilal. Rukyatul hilal atau pengamatan bulan sabit memiliki peran yang sentral. Landasan hukum ini memandu umat Islam dalam menentukan awal bulan hijriah, yang menjadi dasar penentuan berbagai ibadah dan aktivitas penting dalam kehidupan sehari-hari.

Dapat digambarkan bahwa Rukyatul hilal sangat penting dalam konteks hukum Islam. Dasar hukum dari Rukyatul hilal ini menjadi pijakan utama dalam menentukan awal bulan Kamariah, sehingga memahami prinsip-prinsipnya merupakan hal yang esensial. Rukyatul hilal, sebagai dasar dalam menentukan bulan baru, memiliki dasar hukum yang kokoh dalam ajaran Islam. Dasar hukum Rukyatul hilal, yang membahas observasi bulan sabit dalam konteks penentuan awal bulan kamariah, memiliki akar hukum yang mengakar pada prinsip-prinsip ajaran Islam. Pengamatan terhadap hilal, atau bulan sabit, sejalan dengan petunjuk agama yang mengatur aspek-aspek ibadah dan kehidupan sehari-hari umat Islam. Dalam sub bab ini, kita akan mengeksplorasi landasan hukum yang melandasi praktik rukyatul hilal, menggali urgensi, dan keterkaitannya dengan ketentuan-ketentuan agama Islam.

Al-Qur'an sebagai sumber utama ajaran Islam telah secara tegas menjelaskan beberapa waktu atau bulan yang memiliki signifikansi

khusus dalam ibadah umat Islam. Firman Allah dalam Al-Qur'an memberikan pedoman yang jelas mengenai momen-momen yang harus diperhatikan dan dihormati oleh umat Islam. Beberapa ayat Al-Qur'an menyoroti pentingnya waktu-waktu tertentu, seperti bulan Ramadhan yang dijelaskan sebagai bulan di mana Al-Qur'an diturunkan sebagai petunjuk bagi umat manusia. Selain itu, ayat-ayat lain juga menggarisbawahi kekhususan bulan Zulhijah, terutama pada hari Arafah yang menjadi inti ibadah haji. Dengan demikian, Al-Qur'an bukan hanya sebagai petunjuk moral, tetapi juga sebagai panduan waktu bagi umat Islam, memandu mereka untuk meraih keberkahan dan mendekatkan diri kepada Allah pada waktu-waktu yang telah diamanahkan. Sebagai contohnya ada di beberapa ayat berikut:

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْأَهْلِ ۖ قُلْ هِيَ مَوَافِئُ لِلنَّاسِ وَالْحَجِّ ۚ وَلَيْسَ الْبِرُّ بِأَنْ تَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ ظُهُورِهَا وَلَكِنَّ الْبِرَّ مَنِ اتَّقَىٰ
وَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ أَبْوَابِهَا ۚ وَاتَّقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ

“Mereka bertanya kepadamu (Nabi Muhammad) tentang bulan sabit.52) Katakanlah, “Itu adalah (penunjuk) waktu bagi manusia dan (ibadah) haji.” Bukanlah suatu kebajikan memasuki rumah dari belakangnya, tetapi kebajikan itu adalah (kebajikan) orang yang bertakwa. Masukilah rumah-rumah dari pintu-pintunya, dan bertakwalah kepada Allah agar kamu beruntung.” (al-Baqarah 2:189)¹⁴

Ayat ini memberikan jawaban atas pertanyaan tentang penentuan waktu dengan melihat bulan sabit. Ayat ini menekankan bahwa bulan sabit adalah petunjuk waktu yang ditentukan oleh Allah untuk

¹⁴ Departemen Agama Republik Indonesia, Al Quran dan Terjemanaannya, (Bandung: Syamin Cipta Media, 2005), 39.

kepentingan umat manusia, termasuk untuk menentukan waktu-waktu ibadah haji.

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسُ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ ۖ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ النِّسْبِ وَالْحِسَابَ ۗ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ

“Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya. Dialah pula yang menetapkan tempat-tempat orbitnya agar kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu.) Allah tidak menciptakan demikian itu, kecuali dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada kaum yang mengetahui.” (Q.S Yunus 10:5)¹⁵

hilal, juga dikenal sebagai bulan sabit atau *Crescent*, merujuk pada bagian bulan yang terang karena pantulan sinar matahari. hilal ini muncul saat terjadi konjungsi dan dapat terlihat setelah matahari terbenam. Pentingnya hilal ini sebagai penanda awal pergantian bulan dalam sistem kalender Hijriah, sebagaimana disebutkan dalam surah Al-Qur'an seperti yang di atas.

حَدَّثَنَا آدَمُ حَدَّثَنَا شُعْبَةُ حَدَّثَنَا مُحَمَّدُ بْنُ زَيْدٍ قَالَ سَمِعْتُ أَبَا هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ يَقُولُ قَالَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ صَوْمُوا لِلرُّؤْيِيَةِ وَأَفْطِرُوا لِلرُّؤْيِيَةِ فَإِنْ غُيِبَ عَلَيْكُمْ فَأَكْمِلُوا عِدَّةَ شَعْبَانَ ثَلَاثِينَ (رواه البخاري)

“Adam telah menceritakan kepadaku, Syu’bah telah menceritakan kepadaku, Muhammad bin Ziyad telah menceritakan kepadaku berkata bahwasanya saya mendengar Abu Hurairah (semoga Allah mmeridainya) berkata Rasulullah pernah bersabda: “Berpuasalah kalian karena melihat hilal dan berbukalah kalian karena melihat

¹⁵ Departemen Agama Republik Indoneia, Al Quran dan Terjemanaannya, (Bandung: Syamin Cipta Media, 2005), 208.

hilal. Maka jika tertutup oleh awan maka sempurnakanlah bilangan Sya'ban 30 hari.” (H.R. Bukhari)¹⁶

حَدَّثَنَا أَبُو بَكْرِ بْنُ أَبِي شَيْبَةَ حَدَّثَنَا أَبُو أُسَامَةَ حَدَّثَنَا عُبَيْدُ اللَّهِ عَنْ نَافِعٍ عَنِ ابْنِ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ ذَكَرَ رَمَضَانَ فَضَرَبَ بِيَدَيْهِ فَقَالَ الشَّهْرُ هَكَذَا وَ هَكَذَا ثُمَّ عَقَدَ إِجْمَاعَهُ فِي الثَّالِثَةِ فَصُومُوا لِرُؤْيَيْهِ وَأَفْطِرُوا لِرُؤْيَيْهِ فَإِنْ أغمِيَ عَلَيْكُمْ فَأَقْدِرُوا لَهُ ثَلَاثِينَ. (رواهُ مُسْلِمٌ)

“Dari Ibn Umar ra, bahwasanya Rasulullah saw menuturkan tentang bulan Ramadan, maka beliau menunjukkan dengan kedua tangannya dan bersabda:” satu bulan itu demikian, demikian dan demikian. Kemudian beliau melipat ibu jarinya pada hitungan yang ketiga. Maka berpuasalah kamu sekalian karena melihat hilal dan berbukalah karena melihatnya. Jika terhalang mendung olehmu, maka takdirkanlah ia tigapuluh hari.” (H.R Muslim)

Pelaksanaan puasa Ramadhan diwajibkan dengan mengamati hilal sebagai penanda awal bulan. Meskipun tidak semua umat Islam diharuskan secara langsung mengamati hilal, akan tetapi cukup jika "kesaksian mengenai terlihatnya hilal dapat dipercayai, bahkan jika hanya berdasarkan laporan seseorang yang dianggap adil". Jika pandangan terhambat oleh awan, baik pada awal maupun akhir bulan Ramadhan, maka penetapan durasi bulan tersebut diatur menjadi tiga puluh hari. Prinsip-prinsip ini menggambarkan fleksibilitas dalam penentuan waktu berpuasa dengan mempertimbangkan ketersediaan

¹⁶ Muhammad Ibn Isma'il Al Bukhari, Sahih Bukhari, Juz I, (Beirut: Dar Al Kutub Al 'Ilmiyah, 1992), 588.

informasi yang dapat dipercaya, sekaligus menunjukkan pentingnya kedisiplinan waktu dalam praktik ibadah umat Islam.¹⁷

Dari banyaknya dalil Al-Qur'an dan Hadist tidak banyak penjelasan rinci mengenai pelaksanaan rukyat, tentunya hal tersebut menjadi tantangan untuk umat Islam dalam melakukan penelitian ilmiah guna mengklarifikasi, merinci, dan mengukur pedoman umum yang terkandung dalam nash Al-Qur'an dan Hadis. Sesuai dengan sifat penelitian ilmiah, tidak ada yang dianggap sebagai kebenaran mutlak yang berlaku sepanjang masa dan di setiap tempat. Semua aspek memiliki sifat dinamis, terus berkembang seiring waktu dan konteksnya.¹⁸

C. Pemahaman Terkait Polusi Cahaya Serta Skala Bortle dalam Pelaksanaan Rukyat

Dalam tengah kehidupan modern yang penuh dengan cahaya buatan, fenomena polusi cahaya menjadi tantangan yang semakin nyata dan membutuhkan perhatian serius. Meskipun terkadang diabaikan, polusi cahaya memiliki dampak yang signifikan, tidak hanya terhadap lingkungan, tetapi juga terhadap kesehatan manusia dan ekosistem alam. Kilauan cahaya yang

¹⁷ Ichtijaanto, *Almanak Hisab Rukyat*, (Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1981), 8.

¹⁸ *Ibid.*..., 9.

berlebihan di malam hari tidak hanya merusak keindahan langit bintang, tetapi juga mengganggu ritme alami lingkungan.¹⁹

Polusi cahaya, dengan pesatnya pertumbuhan perkotaan dan peningkatan penggunaan penerangan buatan, semakin menjadi tantangan serius dalam konteks rukyatul hilal, yang merupakan praktik penting dalam menentukan awal bulan dalam kalender Islam. Polusi cahaya dapat secara signifikan mengurangi visibilitas hilal, menyulitkan pengamat untuk mengamati secara akurat. Fenomena ini tidak hanya mengganggu ketepatan penentuan awal bulan Kamariah, tetapi juga menantang aspek spiritual dan keagamaan dari rukyatul hilal, yang secara tradisional melibatkan pengamatan langsung di malam hari.²⁰

1. Problematika Polusi Cahaya

Seperti yang kita ketahui polusi cahaya adalah cahaya berlebihan yang berasal dari produksi cahaya buatan ataupun alami yang memberi dampak buruk pada lingkungan serta pengamatan dalam langit malam. Polusi cahaya muncul ketika matahari mulai tenggelam dimana kebanyakan polusi cahaya yang muncul ini berasal dari kegiatan manusia, seperti penggunaan lampu pada malam hari. Meskipun, penggunaan

¹⁹ Aubé, M., & Simoneau, A. *Physical behaviour of anthropogenic light propagation into the nocturnal environment*, (Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2017), 370.

²⁰ *Ibid*..., 376.

lampu yang berlebihan dan pemasangan yang tidak sesuai dapat menimbulkan masalah polusi cahaya.

Ada beberapa faktor yang paling mempengaruhi polusi cahaya, Faktor-faktor yang menyebabkan polusi cahaya meliputi sinar lampu jalan, penerangan bangunan, dan lampu-lampu kota. Dampak dari polusi cahaya termasuk gangguan pada observasi astronomi, gangguan terhadap kehidupan malam bagi hewan dan tumbuhan, serta dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Peningkatan penggunaan lampu di malam hari dan penggunaan jenis lampu yang terlalu terang dapat mengakibatkan cahaya yang tersebar secara berlebihan. Cahaya yang tidak terarah ini dapat menciptakan langit malam yang terang, yang menghalangi kemampuan untuk melihat bintang dan fenomena alam lainnya. Selain itu, polusi cahaya dapat memengaruhi ritme alami makhluk hidup, seperti gangguan terhadap siklus tidur manusia dan navigasi hewan nocturnal.

Polusi cahaya dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu polusi cahaya dalam ruangan dan luar ruangan, seperti yang dijelaskan oleh Rajkhowa pada tahun 2014. Pencahayaan luar ruangan umumnya dimanfaatkan untuk kepentingan keselamatan, rekreasi, dan dekorasi. Meskipun demikian, sistem pencahayaan yang kurang optimal dan berlebihan dapat menyebabkan terjadinya polusi cahaya. Polusi cahaya luar ruangan umumnya berasal dari lampu jalan, lampu neon, dan papan reklame yang menyala, seperti yang disoroti oleh Pun dan So pada tahun 2012.

Kendala ini tidak hanya terbatas pada wilayah tertentu, melainkan dialami secara global, dengan banyak negara yang belum memiliki badan resmi yang bertugas untuk mengendalikan polusi cahaya, seperti yang diungkapkan oleh Herdiwijaya pada tahun 2016. Mengurangi polusi cahaya dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya melalui kegiatan seperti Earth Hour, di mana lampu dimatikan selama satu jam pada tanggal tertentu.²¹

Fabio Falchi, seorang peneliti polusi cahaya dari Light Pollution Science and Technology di Italia, mendefinisikan polusi cahaya sebagai perubahan dalam tingkat pencahayaan alami malam yang disebabkan oleh sumber cahaya buatan manusia. Dalam buku "Light Pollution Handbook" karya Kohei Narisada dan Duco Schreuder, polusi cahaya dijelaskan sebagai hasil dari hamburan cahaya yang naik ke atmosfer dan dipantulkan kembali, sehingga kembali ke bawah dan mencapai mata pengamat. Menurut International Dark-Sky Association, polusi cahaya terjadi ketika penggunaan cahaya buatan (Cahaya Artifisial) tidak tepat atau berlebihan, dapat menyebabkan dampak serius pada lingkungan, manusia, satwa liar, dan iklim.

Cahaya artifisial adalah cahaya yang dihasilkan oleh sumber buatan manusia, seperti lampu listrik, lampu neon, atau

²¹ Arwin Juli Rakhmadi dkk, "Pengukuran Tingkat Polusi Cahaya dan Awal Waktu Subuh di OIF UMSU dengan Menggunakan Sky Quality Meter", *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, vol. 12, no. 2, tahun 2020, 59.

lampu lainnya yang digunakan untuk penerangan. Berbeda dengan cahaya alami, seperti cahaya matahari atau bulan, cahaya artifisial diciptakan oleh perangkat listrik atau elektronik. Penerangan menggunakan cahaya artifisial umumnya digunakan di dalam ruangan, pada malam hari, atau di tempat-tempat yang membutuhkan pencahayaan tambahan.

Penggunaan cahaya artifisial yang berlebihan atau tidak tepat dapat menyebabkan polusi cahaya, yang menciptakan gangguan terhadap lingkungan malam dan dapat memiliki dampak negatif pada kesehatan manusia, kehidupan hewan, dan observasi astronomi. Oleh karena itu, pengelolaan dan penggunaan cahaya artifisial yang bijak menjadi penting untuk mengurangi dampak polusi cahaya. Sebuah kutipan dari brosur yang diterbitkan oleh International Astronomical Union (IAU), sebuah organisasi astronomi internasional, menjelaskan bahwa polusi cahaya terjadi ketika cahaya buatan yang tidak tepat digunakan, sehingga cahaya berlebihan dari lampu tersebut dipancarkan ke atas, mencapai atmosfer, dan kemudian dihamburkan oleh aerosol, menghasilkan pendar langit yang terlihat dari jauh. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa polusi cahaya adalah dampak negatif dari penggunaan berlebihan

cahaya buatan manusia, yang dapat merugikan lingkungan sekitar.²²

Selain cahaya buatan manusia, aerosol juga memiliki peran dalam menyebabkan polusi cahaya. Hal ini disebabkan oleh kemampuan aerosol untuk menyebarkan cahaya ke berbagai arah ketika terkandung di atmosfer. Aerosol sendiri merujuk pada sekelompok partikel padat yang mengambang dalam medium gas untuk jangka waktu yang cukup lama, mulai dari permukaan lapisan atmosfer hingga stratosfer. Pembentukan aerosol dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti angin yang membawa debu di daerah tertentu, penguapan, atau letusan gunung berapi.²³

Aktivitas manusia, terutama pembakaran bahan bakar fosil, juga dapat menyebabkan peningkatan jumlah aerosol. Kejadian seperti kebakaran hutan, yang terjadi di beberapa negara termasuk Indonesia, dapat menghasilkan jumlah aerosol yang signifikan dan tersebar hingga ke lokasi yang sangat jauh. Dengan demikian, baik faktor alamiah maupun aktivitas manusia dapat berkontribusi pada kandungan aerosol di atmosfer, yang pada gilirannya berperan dalam menyebarkan cahaya dan menciptakan polusi cahaya. Polusi cahaya, suatu fenomena yang muncul akibat penggunaan berlebihan dan tidak tepat cahaya buatan manusia,

²² M. Basthoni, "*Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia*", (Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo, 2022), 81.

²³ *Ibid*..., 83.

memiliki beberapa bentuk yang mencakup pengaruh cahaya artifisial dan kontribusi aerosol dalam atmosfer.²⁴

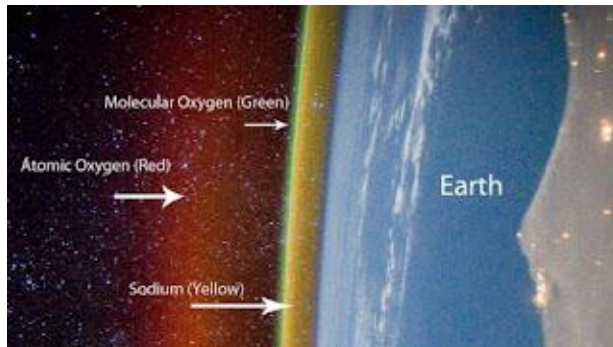
Polusi cahaya dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan komposisinya, yaitu:

- a) *Airglow*, atau pijaran udara adalah termasuk dalam kategori polusi cahaya alamiah. Pijaran udara (*airglow*) adalah emisi cahaya samar oleh atmosfer Bumi yang membuat langit malam tidak sepenuhnya gelap. Ditemukan pertama kali oleh Anders Ångström pada tahun 1868, pijaran udara disebabkan oleh berbagai proses atmosfer atas, termasuk rekombinasi ion-ion yang terionisasi oleh cahaya matahari, luminesensi akibat tabrakan sinar kosmis, dan kemiluminesensi oleh oksigen dan nitrogen pada ketinggian beberapa ratus kilometer.²⁵ Pijaran udara tidak terlihat pada siang hari karena cahaya matahari. *Airglow* terbagi menjadi tiga kategori, yaitu cahaya malam, cahaya senja, dan *dayglow*. Cahaya malam terjadi di malam hari ketika hampir tidak ada sinar matahari langsung atau penyebab Rayleigh tersebar. Cahaya senja, atau *Twilight Glow*, adalah emisi *Airglow* ketika matahari bersinar di wilayah atmosfer yang memancarkan cahaya dari bawah, dengan sudut zenit matahari antara 90 hingga 110 derajat. Sedangkan *Day*

²⁴ *Ibid...*, 84.

²⁵ Malcolm S. Longair, *High Energy Astrophysics: Particles, Photons and Their Detection* (Britania Raya: Cambridge University Press, 1992), 27.

Glow, terjadi ketika sinar matahari memasuki atmosfer dari atas, dengan sudut zenit matahari antara 0 hingga 90 derajat.²⁶



Gambar 2.2 Komposisi *Airglow*²⁷

- b) *Skyglow* adalah cahaya lampu yang disebarkan secara tidak teratur, kadang-kadang dipancarkan dari permukaan tanah atau struktur bangunan, dengan tujuan mengubah warna langit malam dan menghambat pengamatan objek astronomi. Efek dari penyebaran cahaya ini adalah langit yang semula gelap menjadi lebih terang, menyulitkan observasi benda langit di daerah tersebut. *Skyglow* disebabkan oleh cahaya buatan manusia yang dipantulkan atau tersebar oleh partikel-partikel atmosfer seperti debu dan uap air. Sumber-sumber cahaya seperti lampu jalan, penerangan bangunan, dan

²⁶ *Ibid...*, 28.

²⁷ <https://www.sainspedia.web.id/perbedaan-airglow-aurora-dan-raylight-scattering/> diakses pada 3 Desember 2023.

reklame yang dipancarkan ke atas dapat menyebabkan fenomena ini.²⁸

- c) *Light Trespass*, atau Polusi Cahaya Silau adalah mengacu pada fenomena di mana cahaya buatan manusia menembus atau mencapai wilayah yang seharusnya tidak mendapatkan cahaya tersebut. Dalam konteks ini, cahaya yang menyilaukan atau tidak diinginkan dapat merambat ke area yang seharusnya tetap gelap, seperti lingkungan tempat tinggal, taman, atau wilayah konservasi. Beberapa contoh polusi cahaya silau meliputi lampu jalan yang menerangi bagian dalam rumah-rumah warga, atau lampu taman yang menyinari daerah pejalan kaki di malam hari. Polusi cahaya silau dapat mengakibatkan gangguan pada aktivitas sehari-hari manusia, seperti tidur, dan juga dapat memiliki dampak negatif pada ekosistem dan kehidupan satwa liar. *Light Trespass* juga dapat disebabkan oleh desain penerangan yang buruk, ketidaksempurnaan dalam perangkat pencahayaan, atau ketidaksesuaian antara jenis lampu yang digunakan dan kebutuhan pencahayaan di lokasi tersebut.²⁹

²⁸ Cinzano, P., Falchi, F., & Elvidge, C. D. "The first world atlas of the artificial night sky brightness", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328, 3, (2001), 689.

²⁹ Hölker, F., et al. The dark side of light: A transdisciplinary research agenda for light pollution policy. *The Resilience Alliance: Ecology and Society*, Vol. 15, No. 4, (2010), 13.

d) *Color pollution*, atau polusi warna cahaya, merujuk pada fenomena ketika cahaya buatan manusia menghasilkan spektrum warna yang berbeda-beda dan menciptakan suatu lingkungan dengan tingkat kecerahan yang tidak seimbang secara warna. Hal ini terutama terjadi ketika lampu menggunakan jenis lampu yang menghasilkan banyak warna atau ketika ada campuran berbagai jenis sumber cahaya dengan suara warna yang berbeda. Penyebab *color pollution* dapat bervariasi dan sering kali terkait dengan penggunaan lampu dengan teknologi yang berbeda-beda, seperti lampu natrium tinggi, lampu LED, dan lampu lainnya. Perbedaan dalam spektrum cahaya yang dipancarkan oleh lampu-lampu ini dapat menciptakan ketidakseimbangan warna di lingkungan sekitarnya.³⁰



³⁰ Kyba, C. C. M., et al. Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances*, Vol. 3, No. 11, (2017), 170.

Gambar 2.3 Jenis Polusi Cahaya³¹

Polusi cahaya memunculkan dampak yang signifikan terhadap praktik astronomi, menciptakan tantangan dan pembatasan bagi para pengamat langit. Secara utuh, peningkatan kecerahan langit malam karena polusi cahaya mengakibatkan reduksi drastis pada visibilitas benda langit. Para astronom, baik profesional maupun amatir, sering kali mengalami kesulitan melihat objek-objek langit malam dengan detail yang diperlukan untuk observasi dan penelitian. Cahaya berlebihan dari sumber polusi cahaya juga memengaruhi kontras antara objek-objek langit dan latar belakang langit, menyulitkan identifikasi dan analisis objek-objek lemah.³²

Observatorium astronomi profesional, yang umumnya dibangun di lokasi terpencil untuk menghindari polusi cahaya, dapat terganggu oleh peningkatan aktivitas manusia dan pencahayaan buatan di sekitarnya. Para astronom profesional yang bergantung pada deteksi sinyal cahaya yang sangat lemah untuk penelitian mereka terkadang terbatas oleh tingkat polusi cahaya yang tinggi. Fotografi langit malam juga terpengaruh, dengan hasil yang kurang memuaskan dan kemampuan untuk

³¹ <https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-explained/light-pollution> diakses pada 27 November 2023

³² Cinzano, P., Falchi, F., & Elvidge, C. D, *The first world atlas of the artificial night sky brightness...*, 707

menangkap detail yang rumit menjadi terbatas oleh cahaya berlebih.³³

Penting untuk diketahui bahwa astronomi amatir juga merasakan dampak dari polusi cahaya. Para pengamat langit amatir mungkin mengalami ketidaknyamanan karena pengaruh polusi cahaya, mengurangi kepuasan dan kualitas pengalaman mereka. Di sisi lain, upaya pelestarian dan perlindungan terhadap situs observasi langit malam gelap semakin mendapatkan perhatian. Organisasi seperti *International Dark-Sky Association* (IDA) berdedikasi untuk mempertahankan dan melindungi langit malam yang gelap sebagai aset berharga untuk astronomi dan keindahan alam. Kesadaran tentang dampak polusi cahaya terhadap astronomi mendorong upaya untuk mengembangkan kebijakan dan teknologi pencahayaan yang lebih bijaksana agar dapat meminimalkan gangguan terhadap pengamatan langit malam. Melalui tindakan bersama, masyarakat dapat berkontribusi pada pelestarian kegelapan langit malam dan memastikan bahwa astronomi dapat terus memberikan wawasan yang mendalam tentang alam semesta.³⁴

2. Skala Bortle dalam pengamatan hilal

³³ alchi, F., et al., *The new world atlas of artificial night sky brightness. Science Advances: Social and Interdisciplinary Sciences*, Vol. 2, No. 6, (2016), 160.

³⁴ *Ibid*..., 168.

Skala Bortle, yang diakui secara luas sebagai alat pengukur polusi cahaya di langit malam, memiliki peranan signifikan terhadap pengamatan astronomi. Skala ini mencakup sembilan kategori yang merinci tingkat kegelapan langit malam, mulai dari kelas 1 (langit sangat gelap) hingga kelas 9 (langit sangat terang dan dipenuhi polusi cahaya). Melalui kategorisasi ini, Skala Bortle memberikan panduan bagi para pengamat untuk menilai sejauh mana langit malam di suatu lokasi terpengaruh oleh cahaya buatan manusia, memungkinkan mereka memilih situs pengamatan yang optimal.³⁵

Sebagai contoh, lokasi dengan klasifikasi rendah di Skala Bortle, seperti kelas 1 atau 2, menawarkan kondisi langit malam yang sangat gelap, ideal untuk mengamati fenomena langit seperti hilal pada fase awal bulan. Keadaan ini memberikan pengamat kesempatan untuk melihat hilal dengan jelas dan memperoleh informasi yang lebih akurat tentang fase bulan yang baru dimulai. Namun, ketika lokasi pengamatan memiliki tingkat klasifikasi yang tinggi di Skala Bortle, terutama kelas 8 atau 9, dampak polusi cahaya sangat besar. Cahaya berlebih dari penerangan jalan umum dan perkotaan dapat menyebabkan hilangnya visibilitas hilal atau mempersulit identifikasinya. Kondisi ini mengingatkan kita akan pentingnya menjaga kegelapan langit malam untuk mendukung praktek astronomi, termasuk

³⁵ John E. Bortle, *"Galaxy Season and Light-Pollution Observing"*, (Sky & Telescope, 2001), 101.

pengamatan hilal yang memiliki nilai signifikan dalam beberapa budaya dan kepercayaan religius.³⁶

Dalam konteks pengamatan hilal, Skala Bortle juga menyoroti pentingnya pemilihan lokasi yang tepat untuk menjaga kejernihan dan visibilitas hilal. Para pengamat dan peneliti mengacu pada klasifikasi Skala Bortle untuk memastikan bahwa lokasi pengamatan memenuhi kriteria langit malam yang optimal untuk mencapai hasil pengamatan yang akurat dan bermutu tinggi. Dengan demikian, Skala Bortle bukan hanya alat evaluasi polusi cahaya tetapi juga menjadi panduan penting bagi para astronom, termasuk yang tertarik pada pengamatan hilal, dalam memilih dan mengatur lokasi pengamatan yang sesuai dengan kebutuhan mereka.³⁷

John E. Bortle menciptakan skala ini dan mempublikasikannya dalam edisi Februari 2001 majalah *Sky & Telescope* berdasarkan hampir 50 tahun pengalaman pengamatan, untuk menggambarkan jumlah polusi cahaya di langit malam untuk membantu astronom amatir mengevaluasi kegelapan suatu lokasi pengamatan, dan sekunder, untuk membandingkan tingkat kegelapan antar lokasi pengamatan. Skala ini berkisar dari Kelas 1, langit tergelap yang dapat ditemukan di Bumi, hingga Kelas 9, langit perkotaan. Skala ini memberikan beberapa kriteria untuk

³⁶ Kohei Narisada, *Light Pollution Handbook*, (Springer: Berline, 2017), 322.

³⁷ *Ibid.*..., 169.

setiap tingkat di luar magnitudo batas mata telanjang (NELM). Keakuratan dan kegunaan skala ini telah dipertanyakan dalam penelitian terbaru. Tabel di bawah ini merangkum deskripsi kelas-kelas Bortle. Untuk beberapa kelas, perbedaan yang sangat drastis dapat terjadi dari satu kelas ke kelas berikutnya, misalnya, dari Bortle 4 ke 5.³⁸



Gambar 2.4 Kecerlangan Langit Skala Bortle³⁹

Table 2.1

Table Kelas Skala Bortle

Class	Judul	NELM	Approx. SQM	Deskripsi	Warna
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

³⁸ *Ibid*...,344.

³⁹ <https://optcorp.com/blogs/telescopes-101/the-bortle-scale> diakses pada 1 Desember 2023.

			mag/arc sec ²		
1	Excellent dark-sky site	7.6–8.0	21.75~	<ul style="list-style-type: none"> • Cahaya zodiak terlihat dan berwarna • Gegenschein terlihat • Pita zodiak terlihat • Airglow mudah terlihat • Wilayah Scorpius dan Sagittarius di Bima Sakti melemparkan bayangan yang jelas • Banyak konstelasi, terutama yang lebih redup, hampir tidak terkenal di antara jumlah bintang yang besar • Banyak gugus Messier dan gugus bola terlihat dengan mata telanjang • M33 (Galaksi Triangulum) adalah objek mata telanjang yang dapat terlihat langsung • Magnitudo batas dengan teleskop reflektor berdiameter 12,5 inci (32 cm) adalah 17,5 (dengan usaha) • Venus dan Jupiter memengaruhi adaptasi gelap 	Hitam
2	Typical truly	7.1–7.5	21.6–21.75	<ul style="list-style-type: none"> • Cahaya zodiak berwarna kuning jelas dan cukup terang untuk 	Abu-Abu

	dark site			<p>melemparkan bayangan pada senja dan fajar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Airglow mungkin terlihat lemah di dekat horizon • Awan hanya terlihat sebagai lubang gelap di langit • Sekitar terlihat hampir tidak terlihat terhadap langit • Bima Sakti musim panas sangat terstruktur • Banyak objek Messier dan gugus bola terlihat dengan mata telanjang • M33 mudah terlihat dengan mata telanjang • Magnitudo batas dengan teleskop reflektor berdiameter 12,5 inci adalah 16,5 	
3	Rural sky	6.6–7.0	21.3–21.6	<ul style="list-style-type: none"> • Cahaya zodiak mencolok pada musim semi dan musim gugur, dan warnanya masih terlihat • Beberapa polusi cahaya terlihat di horizon • Awan terang di dekat horizon, gelap di atas kepala • Sekitar yang lebih dekat terlihat samar-samar • Bima Sakti musim panas masih terlihat kompleks 	Biru

				<ul style="list-style-type: none"> • M15, M4, M5, dan M22 adalah objek mata telanjang • M33 dengan mudah terlihat dengan penglihatan teralihkan • Magnitudo batas dengan reflektor berdiameter 12,5 inci adalah 16 	
4	Bright er rural	6.3– 6.5	20.8– 21.3	<ul style="list-style-type: none"> • Cahaya zodiak masih terlihat, tetapi tidak membentang hingga separuh ke zenith pada senja atau fajar • Kubah polusi cahaya terlihat ke beberapa arah • Awan terang di arah sumber cahaya, gelap di atas kepala • Sekitar terlihat dengan jelas, bahkan dari kejauhan • Bima Sakti yang cukup tinggi di atas horizon masih mengesankan, tetapi kurang mendetail • M33 adalah objek yang sulit terlihat dengan penglihatan teralihkan, hanya terlihat ketika tinggi di langit • Magnitudo batas dengan reflektor berdiameter 12,5 inci adalah 15,5 	Hija u/Ku ning

4.5	Semi-Suburban/Transition sky	6.1–6.3	20.3–20.8	<ul style="list-style-type: none"> • Awan memiliki kilau abu-abu di zenith dan tampak terang di arah satu atau lebih kubah cahaya kota yang mencolok • Bima Sakti hanya terlihat samar-samar - 10–15 derajat di atas horizon. Namun, Great Rift, ketika di atas kepala dan dengan transparansi yang baik, masih jelas terlihat. • Meskipun pandangan terhadap gugus bola terang melalui aperture 10 inci dan lebih besar mencolok, bagian luar galaksi sulit atau tidak mungkin terlihat. • Magnitudo batas dengan reflektor berdiameter 12,5 inci adalah 15,2 	Kuning
5	Suburban sky	5.6–6.0	19.25–20.3	<ul style="list-style-type: none"> • Hanya jejak-jejak cahaya zodiak terlihat pada malam terbaik di musim gugur dan musim semi • Polusi cahaya terlihat di sebagian besar, jika tidak semua arah • Awan jauh lebih terang daripada langit • Bima Sakti tidak terlihat di dekat horizon, dan terlihat pucat di atas kepala. Bima Sakti musim 	Orange

				<p>dingin, bahkan langsung di atas kepala, cukup halus.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saat bulan setengah (kuartal pertama/terakhir) di lokasi yang gelap langit terlihat seperti ini, tetapi dengan perbedaan bahwa langit terlihat biru gelap • Magnitudo batas dengan reflektor berdiameter 12,5 inci adalah 15 	
6	Bright suburban sky	5.1–5.5	18.5–19.25	<ul style="list-style-type: none"> • Cahaya zodiak tidak terlihat • Polusi cahaya membuat langit dalam jarak 35° dari horizon bersinar berwarna abu-abu putih • Awan di mana saja di langit tampak cukup terang • Bahkan awan tinggi (cirrus) tampak lebih terang daripada latar belakang langit • Sekitar terlihat dengan mudah • Bima Sakti hanya terlihat di dekat zenit • M33 tidak terlihat, M31 terlihat cukup nyata • Magnitudo batas dengan reflektor berdiameter 12,5 inci adalah 14,5 	Merah

7	Suburban/urban transition	4.6–5.0	18.00–18.5	<ul style="list-style-type: none"> • Polusi cahaya membuat seluruh langit tampak abu-abu terang • Sumber cahaya kuat terlihat di semua arah • Awan terang terang • Bima Sakti hampir atau benar-benar tidak terlihat • M31 dan M44 mungkin terlihat, tetapi tanpa rincian • Melalui teleskop, objek Messier yang paling terang adalah bayangan pucat dari bentuk aslinya • Saat bulan purnama di lokasi yang gelap, langit terlihat seperti ini, tetapi dengan perbedaan bahwa langit terlihat biru • Magnitudo batas dengan reflektor berdiameter 12,5 inci adalah 14 	Merah
8	City sky	4.1–4.5	<18.00	<ul style="list-style-type: none"> • Langit berwarna abu-abu terang atau oranye - seseorang dapat dengan mudah membaca bintang-bintang yang membentuk pola konstelasi yang familiar mungkin lemah atau tidak terlihat • M31 dan M44 hanya terlihat samar-samar oleh pengamat berpengalaman pada malam yang baik 	Putih

				<ul style="list-style-type: none"> • Bahkan dengan teleskop, hanya objek Messier yang terang yang dapat terdeteksi • Magnitudo batas dengan reflektor berdiameter 12,5 inci adalah 13 	
9	Inner-city sky	4.0		<ul style="list-style-type: none"> • Langit sangat terang • Banyak bintang yang membentuk konstelasi tidak terlihat dan banyak konstelasi yang lebih redup juga tidak terlihat • Selain Pleiades, tidak ada objek Messier yang terlihat dengan mata telanjang • Satu-satunya objek yang dapat diamati adalah Bulan, planet, satelit terang, dan beberapa gugus bintang paling terang. 	Putih

Bagi pengamat astronomi amatir, ukuran kecerahan langit yang paling kuat dan nyaman adalah magnitudo terbatas mata telanjang atau teleskopik. Ini juga merupakan kriteria yang dapat dilaporkan langsung tanpa harus menggunakan kategori klasifikasi Bortle. Bintang-bintang dengan magnitudo visual 7,7 di wilayah langit 25° di setiap sisi yang mencapai puncak dekat zenith bagi pengamat di Amerika Serikat daratan ($\delta = 18^\circ$ hingga 43° , kecuali Lyra-Hercules dan Equuleus-Delphinus). Meskipun

area ini tidak tersebar merata di sekitar bola langit (untuk menghindari efek kecerahan latar belakang Bima Sakti), setidaknya satu harus mudah diamati dekat zenith kapan saja dalam setahun.⁴⁰

Untuk menghitung kegelapan langit menggunakan grafik ini, cukup teliti seluruh area grafik dan tandai sebanyak mungkin bintang yang dapat dikenali yang berada dekat ambang penglihatan teralihkan. Jangan tandai bintang yang dapat diidentifikasi dengan penglihatan langsung atau yang mudah dengan penglihatan teralihkan; cobalah memilih bintang dekat ambang batas. Identifikasi dengan cara ini setidaknya 10 bintang lemah. Kemudian, hitung jumlah bintang yang berada dalam setiap interval magnitudo yang ditunjukkan dalam kunci di kiri bawah, yang mengidentifikasi langkah setengah magnitudo yang sesuai dengan kategori Bortle. Kecerahan langit yang dominan adalah magnitudo rata-rata dari dua interval terlemah yang ditandai:

$$SB = (t_1m_1 + t_2m_2) / (t_1+t_2)$$

di mana t adalah jumlah dan m adalah magnitudo bracket yang lebih lemah yang menentukan interval magnitudo bin. Sebagai contoh, perhitungan 7 bintang dengan magnitudo 5.0–5.49 dan 9 bintang dengan magnitudo 5.5–5.99, jadi:

⁴⁰ <https://www.handprint.com/ASTRO/bortle.html> diakses pada 17 november 2023

$SB = (75.5+96.0)/(7+9) = (38.5+54)/16 = 5.78 = \text{Bortle } 5$
(perkotaan)

Magnitudo batasnya mungkin berbeda dari pengamat lain, tetapi perbedaan ini dalam akurasi visual akan mentransfer ke semua tugas visual lainnya. Skala Bortle inevitably menggabungkan perbedaan dalam kecerahan langit dan perbedaan dalam kemampuan deteksi individu.

Pentingnya Skala Bortle dalam konteks pengamatan hilal terletak pada kemampuannya memberikan panduan tentang tingkat polusi cahaya di suatu lokasi. Lokasi dengan klasifikasi rendah pada skala tersebut memberikan keuntungan bagi para pengamat hilal, memungkinkan mereka melihat hilal dengan lebih jelas dan akurat. Sebaliknya, lokasi dengan polusi cahaya tinggi mungkin memerlukan upaya tambahan untuk melihat hilal dengan tepat. Pemahaman terhadap tingkat polusi cahaya yang diindikasikan oleh Skala Bortle dapat membantu memilih lokasi pengamatan yang optimal untuk pengamat hilal. Hal ini memberikan kontribusi signifikan pada pengalaman dan keberhasilan pengamatan hilal, yang memiliki nilai penting dalam beberapa tradisi dan kalender agama.

BAB III

PERTIMBANGAN KONSEP DALAM PENETAPAN KRITERIA KECERLANGAN LANGIT DALAM RUKYATUL HILAL

A. Sky Quality Meter Sebagai Pembatas Kriteria Kecerlangan Langit Dalam Pengamatan Hilal

Sky Quality Meter (SQM) adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengukur tingkat kecerlangan langit, diproduksi oleh perusahaan Unihedron yang berbasis di Kanada. Berbentuk kotak kecil yang mudah dimasukkan ke dalam saku, alat ini tersedia untuk digunakan oleh siapa saja, termasuk para astronomer. SQM memungkinkan individu untuk menilai kualitas kecerlangan langit pada berbagai lokasi dan waktu tanpa harus mengandalkan peralatan profesional yang lebih akurat dan rinci.

Sky Quality Meter (SQM) dapat berperan sebagai pembatas kriteria kecerlangan langit dalam pengamatan hilal. SQM merupakan perangkat yang dirancang khusus untuk mengukur tingkat kecerahan langit malam. Dalam konteks pengamatan hilal, kecerahan langit menjadi faktor krusial yang memengaruhi kemampuan melihat dan mendeteksi hilal, terutama pada awal bulan baru. Penggunaan SQM dalam pengamatan hilal membawa beberapa keuntungan. Pertama-tama, SQM memberikan pengukuran yang objektif terhadap tingkat kecerahan langit, mengurangi tingkat subjektivitas yang mungkin muncul dalam pengamatan manual. Hasil pengukuran

dari SQM memberikan indikasi langsung tentang kondisi kecerlangan langit, membantu pengamat untuk menentukan apakah kondisi langit mendukung pengamatan hilal atau tidak. Selain itu, SQM dapat menjadi pembatas kriteria karena memberikan data yang dapat direkam dan dianalisis. Dengan memantau data kecerlangan langit dari SQM secara berkala, pengamat dapat mengidentifikasi pola atau tren dalam kondisi kecerlangan langit pada lokasi tertentu. Hal ini memungkinkan penentuan kriteria kecerlangan langit yang optimal untuk pengamatan hilal.

Penggunaan SQM sebagai pembatas kriteria kecerlangan langit dalam pengamatan hilal juga dapat memperhitungkan faktor-faktor seperti polusi cahaya, yang dapat mempengaruhi kecerahan langit. SQM memberikan pengukuran yang lebih rinci dan akurat terhadap polusi cahaya, membantu pengamat untuk memilih lokasi pengamatan yang minimal terpengaruh oleh cahaya buatan manusia. Dengan demikian, penggunaan SQM sebagai pembatas kriteria kecerlangan langit dapat meningkatkan objektivitas, akurasi, dan konsistensi dalam pengamatan hilal, memberikan landasan ilmiah yang kuat untuk menentukan waktu awal bulan baru.

Data pengamatan yang dihasilkan oleh SQM sudah disajikan dalam satuan kecerlangan langit, yakni magnitudo per satuan detik busur persegi (mpdbp) atau mpsas dalam bahasa Inggris (magnitude/arcsec²). Nilai akan diperoleh saat langit

mulai menunjukkan tanda-tanda keredupannya. Saat alat ini digunakan pada langit yang masih siang, hasilnya akan cenderung tipis. Sebaliknya, jika pengukuran dilakukan setelah fajar habis, nilai akan tetap statis atau berada pada garis lurus pada kurvanya. Penting untuk diingat bahwa semakin besar nilai $\text{mag}/\text{arsec}^2$, menunjukkan bahwa langit menjadi semakin gelap hingga fajar sepenuhnya menghilang.

Unihedron sendiri sudah mengembangkan beberapa jenis SQM berikut adalah jenis serta spesifikasi SQM milik unihedron:

1. SQM- Generasi Pertama, atau SQM *classic* Alat ini memiliki Bidang Pandang yang lebar atau sudut pandang yang luas (*wide*) dengan sensitivitas sudut sekitar 42 derajat yang memungkinkan pengukuran kecerahan langit dengan sudut pandang yang luas. Ditenagai oleh baterai 9 V, alat ini kompak dengan ukuran 3,8 x 2,4 x 1 inci, memudahkan untuk dibawa dan digunakan di lokasi pengamatan astronomi. Waktu pengambilan cahaya maksimum alat ini adalah 80 detik, memberikan fleksibilitas untuk memperoleh data yang cukup selama sesi pengamatan.



Gambar 3.1 SQM Classic¹

2. SQM-L, Alat ini memiliki Bidang Pandang yang cukup fleksibel dimana bisa di atur dari sensitivitas sudut 10° hingga 20° , Alat ini dilengkapi dengan baterai berdaya 9 V, memberikan daya yang handal untuk pengukuran kecerahan langit. Dengan ukuran yang kompak, yaitu 3,6 x 2,6 x 1,1 inci, serta berat sekitar 0,14 kg, alat ini sangat portabel dan mudah dibawa ke lokasi pengamatan astronomi. Waktu pengambilan cahaya maksimum yang mencapai 80 detik memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk memperoleh data yang memadai selama sesi pengamatan. Keunggulan dalam ukuran, bobot, dan waktu pengambilan cahaya menjadikan alat ini efisien dan praktis untuk keperluan pengukuran kecerahan langit.



Gambar 3.2 SQM-L²

¹ <http://www.unihedron.com/projects/darksky/> diakses pada 27 November 2023

² <http://www.unihedron.com/projects/darksky/> diakses pada 27 November 2023

3. SQM-LE (Lu Estro), Model ini adalah versi yang lebih canggih dari SQM-L dan memiliki kemampuan penyimpanan data yang lebih lama. SQM-LE dapat digunakan untuk pemantauan jangka panjang dan penelitian. Alat ini dilengkapi dengan adaptor 5-6 V, memberikan fleksibilitas dalam daya pengoperasian. Dengan dimensi yang kompak, yaitu 3,6 x 2,6 x 1,1 inci, alat ini mudah dibawa dan cocok untuk lokasi pengamatan astronomi. Waktu pengambilan cahaya minimum yang hanya 1 detik memungkinkan pengguna mendapatkan data dengan cepat, sedangkan waktu pengambilan cahaya maksimum mencapai 80 detik memberikan opsi untuk pengukuran yang lebih mendalam. Kelebihan lainnya adalah kemampuan membaca data melalui aplikasi berbasis Java, C, Perl, dan Python, serta konektivitas dengan port Ethernet, mempermudah penggunaan dan integrasi dengan sistem yang lebih luas. Dengan fitur-fitur tersebut, alat ini menawarkan solusi yang komprehensif dan dapat diandalkan untuk pemantauan kecerahan langit dengan berbagai kemungkinan aplikasi.



Gambar 3.3 SQM-LE³

4. SQM-LR, Sky Quality Meter model ini menampilkan Half Width Half Maximum (HWHM) sensitivitas sudut sekitar 10° , dengan Full Width Half Maximum (FWHM) sekitar 20° , memberikan presisi tinggi dalam pengukuran kecerahan langit. Sensitivitasnya terhadap sumber titik mencapai sekitar 19° , sementara untuk sumber titik di kisaran 20° hingga 40° . Dengan dimensi yang kompak, yaitu 3,6 x 2,6 x 1,1 inci, dan bobot hanya 0,14 kg, alat ini mudah dibawa dan ditempatkan di lokasi pengamatan. Waktu pengambilan cahaya dapat disetel dari 1 hingga 80 detik, memberikan fleksibilitas dalam pengumpulan data. Alat ini juga dilengkapi dengan port VGA Cable untuk koneksi yang mudah dengan perangkat lain. Dengan fitur-fitur ini, Sky Quality Meter ini dirancang untuk

³ <http://www.unihedron.com/projects/darksky/> diakses pada 27 November 2023

memberikan solusi komprehensif dalam pemantauan kecerahan langit dengan tingkat akurasi yang tinggi.



Gambar 3.4 SQM-LR⁴

5. SQM LU-DL, Sky Quality Meter (SQM) model ini menonjol dengan setengah lebar setengah maksimum (HWHM) sensitivitas sudut sekitar 10° , sementara *Full Width Half Maximum* (FWHM) mencapai $\sim 20^\circ$, memberikan akurasi tinggi dalam pengukuran kecerahan langit. Sensitivitas terhadap sumber titik berkisar sekitar 19° , sementara sumber titik di rentang 20° hingga 40° dapat diukur. Dengan ukuran yang kompak, yaitu $5,5 \times 2,6 \times 1,1$ inci, alat ini mudah dibawa ke lokasi pengamatan. Waktu pengambilan cahaya dapat disetel mulai dari 1 hingga 80 detik, memberikan fleksibilitas dalam pengumpulan data. Alat ini juga dilengkapi dengan konektivitas port USB untuk kemudahan penggunaan dan transfer data. Dengan fitur-fitur ini, SQM model ini dirancang untuk

⁴ <http://www.unihedron.com/projects/darksky/> diakses pada 27 November 2023

memberikan solusi terpadu dalam pemantauan kecerahan langit dengan tingkat akurasi yang tinggi.



Gambar 3.5 SQM LU-DL⁵

6. SQM LU, Sky Quality Meter (SQM) ini menonjol dengan setengah lebar setengah maksimum (HWHM) sensitivitas sudut sekitar 10° , sementara *Full Width Half Maximum* (FWHM) mencapai $\sim 20^\circ$, memberikan presisi tinggi dalam pengukuran kecerahan langit. Sensitivitas terhadap sumber titik berkisar sekitar 19° , dengan kemampuan mengukur sumber titik di rentang sudut 20° hingga 40° . Dengan ukuran yang kompak, yaitu $3,6 \times 2,6 \times 1,1$ inci, alat ini mudah dibawa ke lokasi pengamatan. Waktu pengambilan cahaya dapat disetel mulai dari 1 hingga 80 detik, memberikan fleksibilitas dalam pengumpulan data. Dengan fitur-fitur ini, SQM model ini didesain untuk memberikan solusi komprehensif dalam pemantauan kecerahan langit dengan tingkat akurasi yang tinggi.

⁵ <http://www.unihedron.com/projects/darksky/> diakses pada 27 November 2023



Gambar 3.6 SQM LU⁶

Dalam konteks penelitian ini, digunakan dua varian model Sky Quality Meter, yaitu SQM-LU (SQM Lens USB) dan SQM-LU-DL (SQM Lens USB Data-Logger). Perbedaan kunci antara keduanya terletak pada keberadaan atau ketiadaan memori internal untuk menyimpan data perekaman. SQM-LU tidak dilengkapi dengan memori penyimpanan internal, sehingga dalam melakukan perekaman data, perangkat harus terhubung dengan komputer. Sebaliknya, model SQM-LU-DL memiliki memori penyimpanan internal yang memungkinkan penggunaannya tanpa perlu terhubung ke komputer, cukup dengan menyambungkannya ke baterai atau perangkat komputer lainnya.⁷

SQM-LU-DL (*SQM Lens USB Data-Logger*) memiliki beberapa keunggulan yang menjadikannya pilihan yang sangat cocok untuk kebutuhan rukyatul hilal atau pengamatan bulan

⁶ <http://www.unihedron.com/projects/darksky/> diakses pada 27 November 2023

⁷ M. Batoni, “Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia” (Disertasi: Universitas Islam Negeri Walisongo, 2022), 103.

baru dalam konteks Islam. Keistimewaan utama dari model ini terletak pada adanya memori penyimpanan internal. Memori ini memungkinkan pengguna untuk melakukan pengukuran kecerahan langit dan menyimpan data pengukuran tanpa perlu koneksi langsung dengan komputer. Fitur ini sangat berguna ketika perangkat digunakan di lapangan, memberikan kemudahan dan fleksibilitas tanpa memerlukan peralatan tambahan yang rumit. Portabilitas SQM-LU-DL juga menjadi nilai tambah yang signifikan. Dengan desain yang kompak dan mudah dibawa, perangkat ini memungkinkan pengguna untuk membawanya ke berbagai lokasi pengamatan dengan lancar. Hal ini sangat penting untuk kegiatan rukyatul hilal yang sering melibatkan perpindahan lokasi guna memastikan pengamatan yang optimal.

Selain itu, SQM-LU-DL tetap memberikan fleksibilitas koneksi dengan kemampuan disambungkan ke baterai atau perangkat komputer lainnya. Ini memberikan pengguna opsi daya yang lebih luas, bergantung pada kondisi lapangan dan ketersediaan daya listrik. Waktu pengambilan cahaya yang dapat diatur (1 hingga 80 detik) juga menjadi fitur yang sangat berharga, memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan pengukuran sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lingkungan yang spesifik. Dengan kombinasi fitur-fitur tersebut, SQM-LU-DL bukan hanya alat yang praktis, tetapi juga menjadi solusi

yang andal untuk mendukung pengamatan rukyatul hilal dengan tingkat akurasi dan kenyamanan yang tinggi.

B. Biografi dan Konsep Kecerlangan Langit Menurut Nur Nafhatun Md Shariff

Nur Nafhatun Md Shariff adalah penulis karya ilmiah dengan judul *The Impact of Light Pollution on Islamic New Moon (hilal) Observation*, beliau mengenyam pendidikan di university of Malaya di Kuala Lumpur, Malaysia. Penelitiannya dengan judul *The Impact of Light Pollution on Islamic New Moon (hilal) Observation* membahas tentang pengaruh kecerlangan langit terhadap pengamatan hilal. Penelitian ini bermula karena tidak adanya studi tentang batas magnitudo langit. Nur Nafhatun awalnya memiliki hipotesis bahwa polusi cahaya benar-benar memiliki dampak pada pengamatan sabit bulan (hilal), yang didasarkan pada laporan pengamatan hilal dari tahun 1972 hingga 2015 oleh JAKIM (Jabatan Kemajuan Islam Malaysia). Sebelum tahun 1990, hilal lebih sering terlihat pada hari ke-29. Setelah tahun 1990, hilal lebih sering terlihat pada hari ke-30.⁸

Studi terbaru menunjukkan bahwa tingkat polusi cahaya di Telok Kemang (Malaysia) semakin memburuk akibat cahaya

⁸ Nur Nafhatun Md Shariff, "The impact of light Pollution on Islamic New moon (hilal) Observation", *International Journal of Sustainable Lighting* (2017), 19.

buatan. Salah satu masalah utama yang telah memengaruhi keterlihatan hilal selama bertahun-tahun adalah cahaya buatan yang salah arah, berlebihan, dan mengganggu. Cahaya buatan yang tidak diinginkan inilah yang disebut sebagai polusi cahaya dan hal ini tidak dapat dihindari. Saat ini, masyarakat memang peduli terhadap lingkungan tetapi menganggap masalah lain lebih penting. Karena itu, masyarakat belum cukup menyadari dampak dari polusi cahaya meskipun polusi cahaya memiliki dampak. Polusi cahaya mungkin terlihat tidak menyebabkan kerusakan langsung.

Selain itu Lokasi penelitian dalam konteks analisis efek polusi cahaya terhadap pengamatan hilal mencakup lima kota utama, yakni Bandung, Semarang, Medan, Waingapu, dan Manado. Masing-masing dari kota ini menawarkan keragaman geografis yang mencerminkan kondisi topografi Indonesia yang beraneka ragam, mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi. Dalam pembahasan selanjutnya, kita akan mengeksplorasi setiap lokasi secara lebih mendalam untuk menyelidiki bagaimana karakteristik geografis ini dapat memengaruhi visibilitas hilal serta potensi dampak polusi cahaya pada pengamatan astronomi di masing-masing kota di bawah ini:

1. Bandung, Jawa Barat. Bandung terletak di dataran tinggi Parahyangan, dengan topografi yang bergelombang. Kota ini dikelilingi oleh pegunungan yang dapat memengaruhi

- kondisi langit. Bandung dikenal sebagai kota kreatif dengan udara yang sejuk.
2. Semarang, Jawa Tengah. Semarang terletak di pesisir utara Pulau Jawa. Kota ini memiliki topografi dataran rendah hingga sedang.
 3. Medan, Sumatra Utara. Medan adalah kota terbesar di Sumatra Utara dan dikelilingi oleh dataran tinggi. Topografi kota ini dapat memengaruhi kondisi visibilitas hilal, terutama karena ketinggian dan karakteristik lingkungan urban.
 4. Waingapu, Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur. Waingapu terletak di pulau Sumba dengan pesisir pantai yang indah dan pegunungan di sekitarnya. Daerah ini umumnya terdiri dari dataran rendah hingga pegunungan yang bisa memengaruhi kondisi pengamatan hilal.
 5. Manado, Sulawesi Utara. Manado terletak di pesisir utara Sulawesi, dengan pantai yang indah dan pegunungan di belakangnya. Topografi Manado bervariasi dari dataran rendah hingga pegunungan. Kota ini memiliki potensi keberagaman kondisi lingkungan.

Selain itu, penelitian ini juga mempertimbangkan tiga kota tambahan, yakni Teluk Kemang dan Kuala Lumpur di Malaysia, serta Coonabarabran di Australia, sebagai tempat perbandingan. Dengan demikian, penggabungan keberagaman geografis dari kota-kota ini menjadi aspek

penting dalam pemahaman tentang pengaruh polusi cahaya terhadap pengamatan hilal, berikut kondisi geografis di tiga kota tersebut:

1. Teluk Kemang Negeri Sembilan, Malaysia. Teluk Kemang adalah destinasi wisata pantai yang terletak di pantai barat Negeri Sembilan, Malaysia. Terletak di dekat Kuala Lumpur, lokasi ini dapat memberikan gambaran tentang visibilitas hilal di wilayah metropolitan.
2. Kuala Lumpur, Malaysia. Sebagai ibu kota Malaysia, Kuala Lumpur adalah pusat ekonomi dan bisnis yang padat. Terletak di dataran tinggi dengan lanskap kota yang mencakup bangunan pencakar langit dan infrastruktur modern.
3. Coonabarabran New South Wales, Australia. Coonabarabran terletak di wilayah pedalaman Australia dengan kondisi lingkungan yang cenderung lebih sepi. Wilayah ini dapat menawarkan langit yang lebih bersih dengan polusi cahaya yang lebih rendah.

Studi terbaru menunjukkan bahwa tingkat polusi cahaya di Telok Kemang semakin memburuk akibat cahaya buatan. Salah satu masalah utama yang telah memengaruhi keterlihatan hilal selama bertahun-tahun adalah cahaya buatan yang salah arah, berlebihan, dan mengganggu. Cahaya tidak diinginkan itulah yang kita sebut sebagai polusi cahaya dan hal ini tidak

dapat dihindari. Saat ini, masyarakat memang peduli terhadap lingkungan tetapi menganggap masalah lain lebih penting. Karena itu, masyarakat belum cukup menyadari polusi cahaya meskipun polusi cahaya memiliki dampak. Polusi cahaya mungkin terlihat tidak menyebabkan kerusakan langsung pada lingkungan seperti bentuk polusi lainnya, tetapi memiliki dampak besar terhadap kesehatan manusia, makhluk nocturnal, dan warisan langit malam yang sangat penting untuk astronomi optik. Selain itu, polusi cahaya merupakan bentuk pemborosan energi listrik yang akhirnya berkontribusi pada degradasi lingkungan.

Data diambil menggunakan *Sky Quality Meter* SQM yang merekam magnitudo visual per arcsecond persegi (mpsas) untuk mengukur batas magnitudo langit. SQM diarahkan ke horizon untuk mendapatkan nilai magnitudo langit dengan hilal dalam kerucut pengukuran, kami meyakini bahwa albedo sabit sangat kecil, Dari tiga lokus penelian tersebut Nur Nafhatun mendapatkan hasil:

Tabel 3.1

Hasil Pengambilan data SQM Nur Nafhatun

No	Lokus	MPSAS
1	Tolak Kemang, Malaysia	16-19
2	Kuala Lumpur, Malaysia	16-18
3	Coonabarabran, Australia	16-22

Dari hasil pengumpulan data SQM selama 6 bulan hasil dari penelitian tersebut, yaitu ambang batas magnitudo langit untuk dapat melihat hilal. Pembacaan yang diberikan mengimplikasikan bahwa dalam rentang tersebut, ada kemungkinan besar untuk melihat hilal karena hilal cepat terbenam tergantung pada ketinggian Bulan (biasanya sangat rendah) selama pengamatan. Di sisi lain, langit dengan kecerlangan kurang dari 16 mpsas, hilal tidak terlihat selama pengamatan.⁹

Penelitian Nur Nafhatun Md Sharif, yang secara khusus menetapkan batas kecerlangan langit di bawah 16 mpsas sebagai kriteria utama untuk melihat hilal, telah memberikan landasan teoretis yang signifikan dalam memahami dampak polusi cahaya terhadap pengamatan hilal. Namun, ketika kriteria ini diaplikasikan pada pengamatan rukyatul hilal Ramadhan 1444 H di Semarang, Indonesia, temuan menarik muncul. Pada waktu tersebut, meskipun kecerlangan langit rata-rata berada di atas 14 mpsas dan di bawah 15 mpsas, hilal tetap terlihat. Hal ini mengundang pertanyaan tentang relevansi dan universalitas kriteria kecerlangan langit yang diusulkan oleh Nur Nafhatun Md Sharif, khususnya ketika diterapkan di wilayah geografis yang berbeda.

Fenomena ini menyoroti kebutuhan untuk mempertimbangkan kondisi lokal dan faktor-faktor geografis tertentu ketika menerapkan kriteria kecerlangan langit. Meskipun Nur Nafhatun Md Sharif memberikan kerangka kerja yang penting, penelitian ini menunjukkan bahwa ketika kriteria tersebut diterapkan di Indonesia, kondisi idealitas yang diinginkan mungkin berbeda. Hal ini memunculkan pertanyaan penting tentang apakah ada faktor-faktor tertentu yang unik di wilayah ini yang dapat mempengaruhi keterlihatan hilal meskipun kecerlangan langit di bawah batas yang ditentukan.

Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya mengevaluasi kelayakan kriteria kecerlangan langit Nur Nafhatun Md Shariff di wilayah Indonesia, tetapi juga mencari pemahaman lebih mendalam tentang variabilitas geografis yang dapat memengaruhi keterlihatan hilal. Dengan menggabungkan data SQM BMKG, penelitian ini bertujuan untuk menyumbangkan wawasan tambahan terhadap adaptabilitas kriteria kecerlangan langit dan memberikan dasar untuk mengembangkan pedoman yang lebih sesuai dengan kondisi geografis Indonesia.

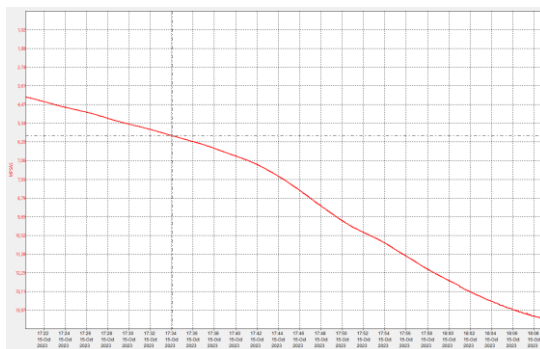
C. Variabilitas Perbandingan data Kecerlangan Langit BKMG

Pemahaman yang komprehensif tentang variabilitas kecerlangan langit menjadi elemen kunci dalam mengurai kompleksitas observasi hilal di berbagai lokasi. Maka dari itu di gunakan data pengukuran kecerlangan langit oleh BMKG atau

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dari beberapa daerah di Indonesia. Variabilitas ini memberikan pandangan unik tentang sejauh mana pengaruh polusi cahaya terhadap keterlihatan hilal di wilayah. Dengan membandingkan data kecerlangan langit dari lokasi yang berbeda, kita dapat mengidentifikasi faktor-faktor kritis yang memengaruhi hasil observasi hilal, serta mengevaluasi kelayakan kriteria kecerlangan langit yang diterapkan.

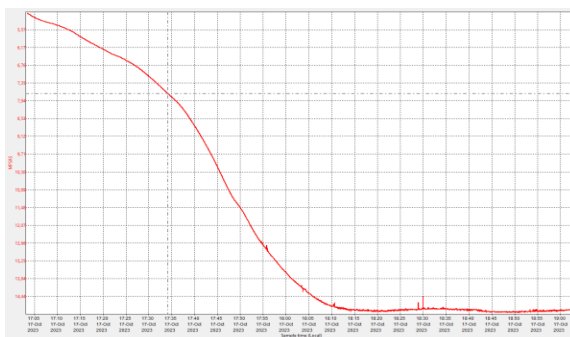
Dengan fondasi yang telah kita bangun mengenai variabilitas kecerlangan langit, saatnya kita memasuki inti penelitian yang melibatkan data konkret yang dikumpulkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data ini mencakup pengukuran kecerlangan langit dari beberapa lokasi di Indonesia selama periode rukyatul hilal dari rentan 2022 hingga 2023. Melalui pengumpulan data di berbagai lokasi, kita dapat mengeksplorasi bagaimana kecerlangan langit di berbagai daerah berkontribusi terhadap keterlihatan hilal. Langkah ini akan membawa kita pada pemahaman mendalam tentang sejauh mana faktor-faktor seperti polusi cahaya dan kondisi lingkungan lokal memainkan peran kritis dalam observasi hilal. Dengan memahami nuansa data yang dihadirkan, kita dapat menilai implikasi temuan tersebut terhadap kriteria keterlihatan hilal dan potensial penyesuaian yang perlu diperhitungkan dalam konteks geografis Indonesia yang beragam.

Data kecerlangan langit yang dihimpun oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) melibatkan penggunaan *Sky Quality Meter (SQM) Light Unpolluted (LU)* dan *Dark Limiting (DL)* di empat lokasi kunci, yakni Medan, Bandung, Manado, dan Waingapu. SQM LU DL adalah alat pengukur kecerlangan langit yang mampu memberikan informasi rinci mengenai magnitudo visual per *arcsecond* persegi (mpsas), menjadi parameter penting dalam mengevaluasi tingkat cahaya alami dan polusi cahaya di langit malam. Selain itu, penelitian ini juga memasukkan data SQM dari daerah Semarang yang diambil secara pribadi. Penambahan data ini menjadi penting karena Semarang adalah lokasi yang memainkan peran kritis dalam rukyatul hilal Ramadhan 1444 H dan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman tentang keterlihatan hilal di Indonesia. dampaknya terhadap kriteria keterlihatan hilal. Pengambilan data dilakukan di observatorium walisongo, dimana data yang didapatkan menunjukkan angka 5,18 Mpsas pada jam 17.34 WIB.



Gambar 3.7 Data SQM Semarang¹⁰

Alasan data kecerlangan langit di ambil pada jam 17.34 karena waktu tersebut adalah waktu ketika hilal terbit, namun untuk melihat grafik apakah langit pada lokasi tersebut benar-benar bersih adalah dengan mengukur kecerlangan menggunakan SQM pada jam setelah matahari benar benar tenggelam. Seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.8 Data SQM Semarang¹¹

17 Oktober 2023 (2 Rabiul akhir 1445)

Terlihat pada grafik SQM di atas kecerlangan langit kota Semarang setelah matahari tenggelam hanya sebatas 14 mpsas, bahkan tidak berhasil menggapai angka 15 mpsas. Hal ini sangat bertentangan dengan prediksi yang dimiliki oleh Nur Nafhatun Md shariff. Selain kota Semarang, beberapa data SQM dari berbagai kota juga sudah di kumpulkan. Data tersebut adalah data SQM ketika pengamatan hilal milik BMKG, dimana

¹⁰ Sumber data pribadi 15 Oktober 2023

¹¹ Sumber data pribadi 17 Oktober 2023 (2 Rabiul akhir 1445)

terdapat 4 lokasi stasiun BMKG dengan tingkat kecerlangan langit yang berbeda yaitu Medan, Bandung, Waingapu serta Manado. Akses untuk mengelola data tersebut di berikan oleh bapak Himawan Widiyanto, S.Si.,M.Si selaku kepala BMKG pusat bagian Seismologi Teknin Geofisika Potensial dan Tanda Waktu, serta data tersebut juga di rekap oleh bapak Iswanudin S.Si selaku staf BMKG bagian Seismologi Teknin Geofisika Potensial dan Tanda Waktu. Berikut data lokasi serta data terlihatnya hilal di lokasi tersebut:

Tabel: 3.2 Lokasi hilal Terlihat Periode 1444 H

Lokasi	Geografis	Jam	hilal	Alat	Tanggal
Waingapu	Sekitar Pantai	17.56	6°57'35,5"	CCD	28 Juli 2022 (Muharam)
		17.57	7°26'08,2"		27 Agustus 2022 (Safar)
		18.18	7°09'16"		24 desember 2022 (Jumadil Akhir)
		17.47	6°24'15"		18 Juni 2023 (Zulhijah)

Medan	Dataran Tinggi	18.43	12°47'42"	CCD	27 Agustus 2022 (Safar)
		18.44	11°44'27,6"		20 Februari 2023 (Sya'ban)
Semarang	Daerah Kota	17.48	2°44'30,8"	Olah Citra	22 Maret 2023 (Ramadhan)

Data pada tabel di atas mencakup pengamatan terhadap terlihatnya hilal di lima lokasi yang menjadi lokus penelitian, data yang di muat hanyalah data terlihatnya hilal di lima lokasi yang menjadi lokus penelitian ini, dengan rentang waktu yang melibatkan tahun 1444 H. Penting untuk dicatat bahwa semua pengamatan dilakukan menggunakan perangkat CCD di stasiun BMKG, sementara Observatorium Walisongo menggunakan metode olah citra hilal. Penggunaan CCD (*Charge-Coupled Device*)¹² pada stasiun BMKG memberikan

¹² CCD (*Charge-Coupled Device*) teleskop merupakan perangkat penting dalam pengamatan astronomi modern dengan keunggulan sensitivitas cahaya yang tinggi, resolusi yang baik, dan kemampuan akuisisi data digital. CCD sangat efisien dalam mendeteksi objek-objek langit yang redup atau jauh, serta memberikan resolusi tinggi untuk merekam detail-detail kecil pada benda langit. Kecepatan pembacaan yang tinggi dan efisiensi dalam mengonversi cahaya menjadi data digital memungkinkan pengambilan gambar yang cepat dan efisien. Selain itu, kemampuannya untuk mengurangi noise elektronik memastikan deteksi sinyal yang lebih lemah tanpa gangguan dari noise. CCD teleskop digunakan luas dalam pengamatan astronomi, termasuk fotometri bintang,

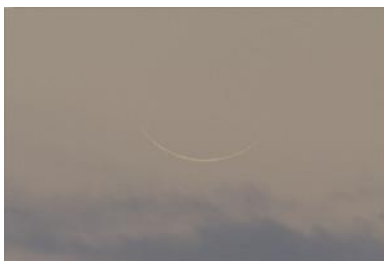
keunggulan sensitivitas cahaya yang tinggi dan kemampuan akuisisi data digital, memungkinkan pencapaian gambar yang presisi dan akurat dari terlihatnya hilal. Di sisi lain, Observatorium Walisongo memilih pendekatan olah citra hilal¹³, sebuah metode yang melibatkan sejumlah langkah pemrosesan citra untuk mendapatkan informasi yang mendalam tentang objek ini. Dengan demikian, perbandingan antara dua metode ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang karakteristik visibilitas hilal di berbagai lokasi dan konteks observasional yang berbeda. Proses pengamatan yang berbeda ini juga mencerminkan evolusi teknologi dalam penelitian astronomi, di mana penggunaan CCD dan metode olah citra hilal menjadi pendekatan yang relevan dan penting dalam mendapatkan pemahaman lebih mendalam tentang fenomena langit yang penting secara budaya dan astronomis.

Selain data tabel terdapat juga visualisasi langsung melalui penyajian gambar citra hilal dari masing-masing lokasi

pengamatan objek-objek langit lemah, dan berbagai penelitian ilmiah di bidang astronomi profesional.

¹³ Metode olah citra hilal melibatkan langkah-langkah seperti akuisisi citra melalui teleskop atau kamera digital, preprocessing untuk meningkatkan kualitas citra, segmentasi hilal, dan pengukuran parameter seperti ukuran dan bentuk. Analisis histogram citra dan pemodelan 3D dapat memberikan wawasan lebih lanjut, sementara koreksi atmosfer dan analisis temporal bisa diterapkan sesuai kebutuhan. Penerapan teknik pemrosesan citra dan analisis statistik menjadi kunci dalam memahami karakteristik hilal dalam konteks astronomi.

pengamatan. Melalui teknologi CCD di stasiun BMKG, gambar citra hilal menampilkan kejelasan dan keakuratan visual terlihatnya hilal dari perspektif lima lokasi penelitian sepanjang tahun 1444 H. Seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.9 Citra hilal bulan Safar 1444 di Waingapu¹⁴

Pada awal bulan Safar tahun 1444, Waingapu menyuguhkan momen yang signifikan dengan terlihatnya hilal, posisinya mencapai ketinggian sebesar $6^{\circ}57'35,5''$. Ketinggian hilal di atas horizon memegang peranan penting dalam keberhasilan pengamatan, dan angka yang signifikan ini menandakan bahwa hilal telah mencapai posisi yang cukup tinggi di langit.

¹⁴ Sumber data base BMKG

Keberhasilan ini menciptakan kondisi yang optimal bagi para pengamat di Waingapu untuk mengamati secara jelas penampakan hilal pada fase awal bulan Safar tersebut. Fenomena ini tidak hanya memberikan wawasan penting dalam konteks astronomi, tetapi juga memperkaya pemahaman kita tentang praktek rukyatul hilal dan keberagaman pengamatan berdasarkan lokasi geografis.



Gambar 3.10 Citra hilal Waingapu Jumadil Akhir 1444 H¹⁵

Pada awal bulan Jumadil Akhir tahun 1444 H bertepatan dengan 24 Desember 2022, citra hilal di Waingapu berhasil ditangkap kembali, menampilkan posisi yang mencapai ketinggian sebesar $7^{\circ}09'16''$. Keberhasilan ini menunjukkan kontinuitas dalam observasi hilal di Waingapu, di mana penampakan hilal dapat terdeteksi pada fase-fase awal bulan Jumadil Akhir. Ketinggian hilal yang mencapai angka tersebut menciptakan kondisi yang mendukung visibilitas hilal,

¹⁵ Sumber data BMKG Citra hilal Waingapu Jumadil Akhir 1444 H

memberikan peluang lebih besar bagi para pengamat di Waingapu untuk merinci penampakan hilal pada waktu tersebut. Catatan observasional ini turut menyumbang pada pemahaman lebih lanjut tentang siklus bulan dalam perspektif lokal, memperkaya dataset pengamatan rukyatul hilal di Waingapu.



Gambar 3.11 Citra hilal Bulan Safar 1444 BMKG Medan¹⁶

Pada awal bulan Safar tahun 1444 H, yang bersamaan dengan tanggal 27 Agustus 2022, citra hilal di Medan berhasil tertangkap dengan ketinggian mencapai $12^{\circ}47'42''$. Tingginya ketinggian hilal tersebut menandakan momen yang optimal untuk pengamatan, menciptakan kondisi yang mendukung visibilitas hilal di langit Medan.

¹⁶ Sumber data BMKG, hilal Bulan Safar 1444 BMKG Medan

Proses pengambilan data adalah tahap kritis dalam setiap penelitian atau eksperimen, dan jadwal pengambilan data yang telah dilakukan menjadi elemen penting dalam memastikan keteraturan dan keakuratan informasi yang diperoleh. Penelitian ini mencerminkan upaya yang telah dilakukan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dalam mengumpulkan data terkait kecerlangan langit di beberapa lokasi, termasuk Medan, Bandung, Manado, Waingapu, dan data yang diambil secara pribadi di Semarang. Pengambilan data ini dilakukan dengan cermat dan terstruktur sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Setiap tahap pengambilan data dilakukan pada waktu-waktu tertentu untuk memastikan bahwa kecerlangan langit diukur dan direkam secara konsisten di berbagai lokasi. Jadwal pengambilan data yang telah diimplementasikan menjadi dasar untuk menjaga konsistensi hasil, meminimalkan variabilitas, dan menyediakan dasar yang kuat untuk analisis lebih lanjut.

Bahasan awal membahas detail jadwal pengambilan data, termasuk interval waktu, frekuensi pengambilan data, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi proses tersebut. Pemahaman yang baik terhadap jadwal pengambilan data menjadi landasan untuk interpretasi yang akurat dan memastikan bahwa hasil penelitian mencerminkan kondisi yang sesungguhnya. Tabel berikut menunjukkan jadwal pengambilan data kecerlangan langit yang telah dilaksanakan oleh BMKG

beserta detailnya. Pemahaman yang mendalam terhadap jadwal pengambilan data menjadi dasar bagi interpretasi yang akurat dan memastikan bahwa hasil penelitian mencerminkan kondisi yang sesungguhnya. Tabel berikut memuat jadwal pengambilan data yang dilaksanakan oleh peneliti beserta detailnya, termasuk varian data dari web Light Pollution Maps untuk memberikan perspektif yang lebih luas.

Tabel 3.3 Rekap data SQM serta hilal¹⁷

Lokasi	Data hilal	MPSAS Ketika hilal Terbit	MPSAS Setelah Matahari Terbenam	Light Pollution Maps (Bortle)	Tanggal Pengamatan
Medan	5°14'26,6'' (-)	12,52	20,21	21,06 (Class 4)	22 Maret 2023 (Ramadhan)
	3°03'53' ' (-)	11,72	20,11		20 April 2023 (Syawal)

¹⁷ Tanda (✓) pada tabel data hilal menunjukkan hilal tersebut terlihat, sementara tanda (-) menunjukkan bahwa hilal tidak terlihat. Lalu untuk tanda (-) di data SQM menunjukkan bahwa data pada lokasi serta tanggal tersebut kosong.

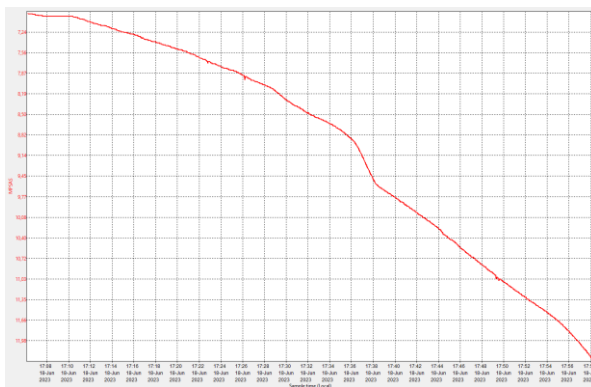
Manado	0°36'15, 6'' (-)	12,65	16,31	20,30 (Class 5)	18 Juni 2023 (Zulhijah)
	4°52'09, 2'' (-)	12,22	16,74		15 Oktober 2023 (Rabiul Akhir)
Semaran g	2°44'30, 8'' (√)	-	14,80	18,97 (Class 6)	22 Maret 2023 (Ramadha n)
	3°47'46, 1'' (-)	7,90	13,06		17 September 2023 (Rabiul Awal)
	5°27'59, 5'' (-)	6,20	14,20		15 Oktober 2023 (Rabiul Akhir)
Bandung	7°57'41, 6''	7,78	15,05	19,48 (Class 6)	22 Maret 2023

	(-)				(Ramadhan)
	0°56'57', (-)	10,02	-		18 Juni 2023 (Zulhijah)
	5°59'32, 5'' (-)	8,85	15,55		15 Oktober 2023 (Rabiul Akhir)
Waingapu	4°50'05, 3'' (-)	10,20	22,36	21,27 (Class 4)	22 Maret 2023 (Ramadhan)
	1°18'47, 1'' (-)	10,45	-		20 April 2023 (Syawal)
	6°24'15'' (✓)	10,30	22,36		18 Juni 2023 (Zulhijah)
	5°50'46, 6'' (-)	12,43	22,21		18 Agustus 2023 (Safar)

Dalam rangka memberikan visualisasi yang lebih mendalam terhadap data kecerlangan langit yang telah dikumpulkan, grafik di bawah ini merepresentasikan variabilitas SQM (Sky Quality Meter) pada berbagai lokasi pengamatan. Grafik ini mencakup magnitudo visual per arcsecond persegi (mpsas) ketika hilal terbit, mpsas setelah matahari terbenam, dan mpsas dari Light Pollution Maps untuk setiap lokasi pada tanggal pengamatan yang tertera. Melalui grafik ini, kita dapat menelusuri pola-pola perubahan kecerlangan langit dan memahami bagaimana faktor-faktor tertentu memengaruhi keterlihatan hilal di setiap daerah. Grafik ini diharapkan dapat menjadi alat bantu visual yang berguna dalam menginterpretasikan data dan mengidentifikasi tren yang mungkin muncul dalam observasi rukyatul hilal di berbagai lokasi.

Grafik kecerlangan langit di Waingapu pada tanggal 18 Juni 2023, ketika hilal awal Zulhijah terlihat, mengungkapkan beberapa aspek yang relevan, data kecerlangan langit yang terukur dalam magnitudo visual per arcsecond persegi (mpsas) memberikan pemahaman mendalam tentang kondisi kecerlangan langit pada saat observasi. Pada saat hilal terbit, kecerlangan langit mencapai 10,30 MPSAS, menunjukkan bahwa langit memiliki tingkat kecerahan yang rendah pada waktu itu. Namun, keadaan ini memungkinkan keterlihatan hilal

secara visual, terutama karena kondisi matahari sudah terbenam, menciptakan kontras yang cukup untuk melihat hilal di langit. Saat matahari benar-benar terbenam, kecerlangan langit meningkat signifikan menjadi 22,36 MPSAS, lalu dalam memperhitungkan data dari Light Pollution Maps, yang menunjukkan kecerlangan langit sebesar 21,47 MPSAS. Hasil ini mengindikasikan adanya pengaruh cahaya buatan atau polusi cahaya di lingkungan Waingapu pada waktu tersebut. Klasifikasi kelas 4 pada skala Bortle menyiratkan tingkat pencahayaan langit yang termoderasi, yang dapat memengaruhi pengamatan astronomi tetapi masih relatif baik dibandingkan dengan kota-kota besar.

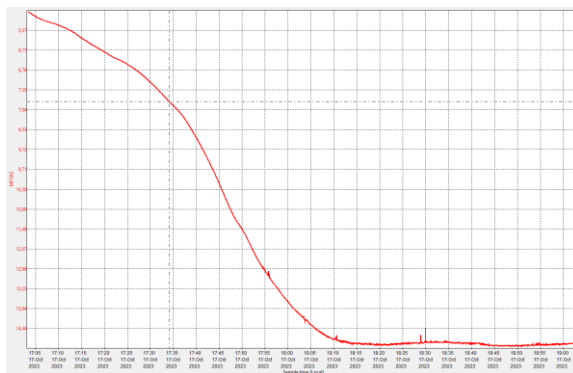


Gambar 3.12 Grafik Kecerlangan Langit Waingapu¹⁸

Meninjau kriteria kecerlangan langit milik Nur Nafhatun Md Shariff yang mengatakan kecerlangan langit di bawah 16

¹⁸ Sumber data BMKG

MPSAS tidak memungkinkan untuk melihat hilal, terlihat sebuah perspektif baru yang cukup relevan dimana Dalam kasus ini, pada saat hilal terlihat, kecerlangan langit di Semarang mencapai 7,90 MPSAS, yang sesuai dengan argumen Nur Nafhatun bahwa kondisi langit dengan kecerlangan kurang dari 16 MPSAS tidak mendukung visibilitas hilal. Meskipun hilal terlihat pada kecerlangan langit 7,90 MPSAS, tingkat kecerahan yang relatif rendah ini menunjukkan bahwa kondisi observasi mungkin memerlukan ketajaman visual yang lebih tinggi dan situasi atmosfer yang memungkinkan. Seperti pada grafik SQM di bawah ini:



Gambar 3.13 Grafik Kecerlangan Langit Semarang¹⁹

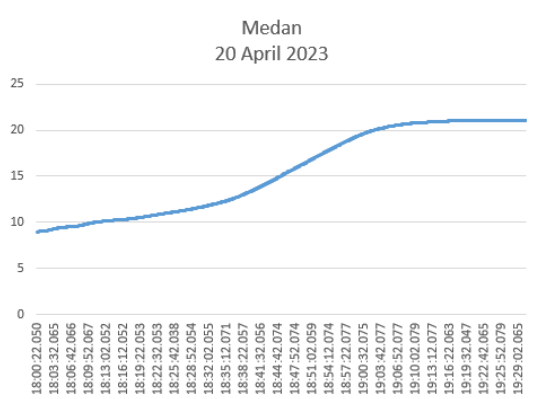
Namun, perlu diperhatikan bahwa ketika matahari tenggelam, kecerlangan langit meningkat menjadi 14,80 MPSAS. Meskipun masih di bawah ambang batas 16 MPSAS yang diindikasikan oleh Nur Nafhatun, tingkat kecerlangan

¹⁹ Sumber: Dokumen Pribadi 2023

langit yang lebih tinggi ini dapat memberikan situasi yang lebih optimal untuk melihat hilal dengan lebih jelas. Data dari Light Pollution Maps menunjukkan kecerlangan langit sebesar 18,97 MPSAS dengan skala Bortle Class 6²⁰. Hal ini menunjukkan bahwa ada tingkat polusi cahaya yang signifikan di lingkungan tersebut, yang mungkin memengaruhi kondisi pengamatan astronomi secara keseluruhan.

Dalam kasus lain Dalam konteks observasi hilal di Medan, data terbaru menunjukkan kecerlangan langit mencapai 12,52 MPSAS pada saat hilal terbit dan meningkat menjadi 20,11 MPSAS ketika matahari terbenam. Angka ini sejalan dengan argumen Nur Nafhatun Md Sharif yang menyatakan bahwa kecerlangan langit di bawah 16 MPSAS mungkin tidak mendukung visibilitas hilal. Seperti yang terlihat pada grafik berikut:

²⁰ Skala Bortle Class 6 adalah salah satu kategori dalam sistem klasifikasi tingkat kegelapan langit yang dikenal sebagai Bortle Dark-Sky Scale, Semakin tinggi angka kelas Bortle, semakin tinggi tingkat polusi cahaya dan semakin rendah kualitas langit malamnya. Kelas ini di namakan Suburban Sky dimana Terdapat polusi cahaya yang cukup signifikan dari cahaya buatan kota atau permukiman terdekat.



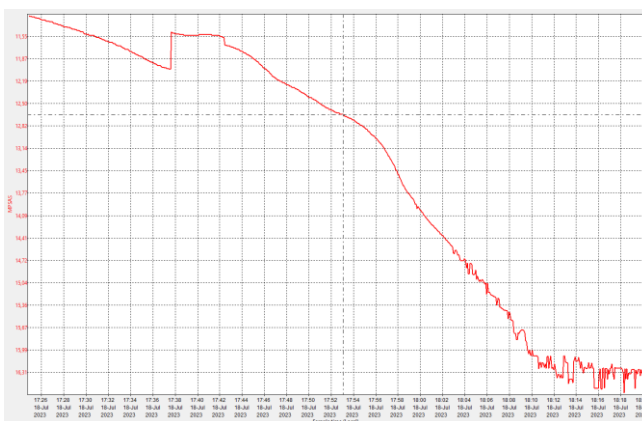
Gambar 3.14 Grafik Kecerlangan Langit Medan²¹

Meskipun kondisi kecerlangan langit di Medan, sebagaimana diindikasikan oleh data Light Pollution Maps dengan kecerlangan sebesar 21,06 MPSAS dan skala Bortle Class 4, tampaknya memenuhi kriteria yang diharapkan, observasi hilal pada awal Safar dan awal Sya'ban menunjukkan bahwa hilal berhasil terlihat. Keberhasilan terlihatnya hilal ini, meskipun sebelumnya terdapat kendala pada dua kesempatan pengamatan, menyoroti kompleksitas dalam faktor-faktor yang memengaruhi visibilitas hilal. Faktor-faktor seperti tinggi hilal di langit, kondisi atmosfer, dan tingkat polusi cahaya, yang sebelumnya dianggap mungkin mempengaruhi pengamatan, tidak sepenuhnya menghalangi keterlihatan hilal di Medan. Hasil ini memberikan kontribusi berharga pada pemahaman kita tentang dinamika pengamatan hilal di lokasi ini, menegaskan

²¹ Sumber: Data BMKG Pusat 2023

bahwa variabilitas dalam pengamatan hilal dapat muncul bahkan dalam kondisi yang mungkin sebelumnya dianggap kurang mendukung. Data pengamatan ini juga merangsang pertanyaan lebih lanjut tentang variabilitas visibilitas hilal dalam konteks geografis dan observasional yang beragam.

Selanjutnya Dalam konteks pengamatan hilal di Manado, data terbaru menunjukkan kecerlangan langit mencapai 12,65 MPSAS pada saat hilal terbit, yang kemudian meningkat menjadi 16,74 MPSAS ketika matahari terbenam. Meskipun pada saat matahari terbenam kecerlangan langit mencapai tingkat yang memadai, observasi menunjukkan bahwa hilal pada kondisi ini mungkin tetap tidak terlihat.



Gambar 3.15 Grafik Kecerlangan Langit Manado²²

²² Sumber: Data BMKG Pusat 2023

Data dari Light Pollution Maps menunjukkan kecerlangan langit sebesar 20,30 MPSAS, dengan skala Bortle Class 5²³. Meskipun kelas Bortle 5 menunjukkan tingkat polusi cahaya yang lebih tinggi, tingkat ini seharusnya masih tergolong dalam kategori yang moderat. Namun, keberadaan cahaya buatan yang signifikan atau faktor-faktor lain di lingkungan setempat dapat memengaruhi pengamatan hilal.

Terakhir, Dalam konteks pengamatan hilal di Bandung, data terbaru menunjukkan kecerlangan langit mencapai 8,85 MPSAS pada saat hilal terbit, dan meningkat menjadi 15,55 MPSAS ketika matahari terbenam. Walaupun pada saat matahari terbenam kecerlangan langit mencapai tingkat yang memadai, observasi menunjukkan bahwa hilal pada kondisi ini tetap tidak terlihat. Data dari Light Pollution Maps menunjukkan kecerlangan langit sebesar 19,48 MPSAS, dengan skala Bortle Class 6. Skala Bortle 6 menandakan tingkat polusi cahaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan skala yang lebih rendah. Tingkat polusi

²³ Bortle Class 5, yang dikenal sebagai "Rural/Suburban Transition," merujuk pada kategori tingkat kegelapan langit di mana polusi cahaya lebih rendah dibandingkan dengan kelas yang lebih tinggi, namun masih terdapat dampak cahaya buatan dari permukiman atau kota terdekat. Pada kelas ini, langit malam dapat tampak cukup gelap, namun masih mempertahankan beberapa tingkat polusi cahaya dari lingkungan sekitar. Meskipun objek langit lebih terlihat daripada kelas-kelas polusi cahaya yang lebih tinggi, kondisi ini mungkin masih membatasi visibilitas beberapa objek astronomi yang lemah. Bortle Class 5 menciptakan suasana langit malam yang lebih baik untuk pengamatan bintang dan fenomena langit lainnya dibandingkan dengan lingkungan suburban yang lebih padat.

cahaya yang lebih tinggi dapat menjadi faktor utama dalam mengapa hilal mungkin sulit terlihat di Bandung, terutama dengan kecerlangan langit yang relatif tinggi.

Selain itu data pada tabel 3.1 hanya berisi data terlihatnya hilal di kelima lokus yang diteliti. Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah karakteristik data yang disajikan pada Tabel 3.1, yang terbatas pada informasi tentang terlihatnya hilal di kelima lokasi yang menjadi fokus penelitian. Beberapa data yang tidak tercatat pada tabel 3.2 dikosongkan karena beberapa kendala, seperti cuaca buruk, masalah eror pada SQM serta terhalang oleh gangguan di depan lensa SQM. Oleh karena itu pengamatan langsung pada tanggal hilal muncul sering terjadi kendala teknis dan data yang diperoleh untuk penelitian ini berasal dari sumber data pusat BMKG serta data dari Light Pollution Maps. Fenomena ini Fenomena ini menimbulkan tantangan dalam merekonstruksi variabilitas data SQM pada pengamatan hilal, karena pengamatan langsung sering terkendala oleh beberapa hal. Sebagai respons dari hal tersebut analisis dilakukan terhadap data yang tersedia di BMKG pusat, sehingga menciptakan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap peran polusi cahaya dalam pengamatan hilal pada tahun 2023.

BAB IV

DAMPAK POLUSI CAHAYA TERHADAP PENGAMATAN HILAL: EVALUASI STANDAR KECERLANGAN LANGIT OLEH NUR NAFHATUN MD SHARIFF

A. Analisis dampak Polusi Cahaya dalam Pengamatan Hilal

Pada bab ini, dilakukan analisis terhadap data yang diperoleh dari lima lokasi pengamatan hilal, yaitu Bandung, Semarang, Medan, Waingapu, dan Manado. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengevaluasi dampak polusi cahaya terhadap visibilitas hilal dengan menggunakan pendekatan kombinasi antara analisis deskriptif dan analisis statistik inferensial. Analisis statistik inferensial akan dilakukan untuk menguji hipotesis dan mengidentifikasi hubungan antara tingkat kecerlangan langit (mpsas) dan kemampuan mengamati hilal.

Nur Nafhatun Md Shariff memiliki kontribusi yang signifikan dalam menganalisis kriteria kecerlangan langit dalam konteks pengamatan hilal. Dalam penelitiannya yang berjudul "*The Impact of Light Pollution on Islamic New Moon (hilal) Observation*" Nafhatun membawa aspek penting mengenai dampak polusi cahaya terhadap visibilitas hilal. Ia menjelajahi efek polusi cahaya yang salah arah, berlebihan, dan mengganggu terhadap observasi hilal, dengan fokus pada kecerlangan langit sebagai parameter kunci.

Penelitian Nafhatun menggunakan *Sky Quality Meter* (SQM) untuk mengukur magnitudo visual per arcsecond persegi (mpsas)

guna menilai kecerlangan langit. Temuannya menunjukkan bahwa pada kisaran pembacaan 16-22 mpsas, peluang untuk melihat hilal tinggi, sedangkan di bawah 16 mpsas, hilal tidak terlihat. Melalui penelitiannya, Nafhatun menetapkan batas magnitudo langit sebagai parameter vital dalam pengamatan hilal, menyusun kriteria baru yang mempertimbangkan tingkat kecerlangan langit.

Hasil utama penelitiannya membawa pada pengembangan kriteria khusus yang relevan dengan lokasi pengamatan hilal. Nafhatun memahami bahwa pengaruh polusi cahaya dapat bervariasi tergantung pada lokasi geografis, dan oleh karena itu, kriteria kecerlangan langit yang diusulkannya mengakomodasi kebutuhan spesifik observasi hilal di berbagai tempat. Kontribusinya menggambarkan kesadaran akan kompleksitas faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi pengamatan hilal, yang tidak hanya mencakup aspek astronomis, tetapi juga kondisi lokal seperti polusi cahaya.

Nafhatun secara jelas menyajikan temuannya dalam jurnalnya, memberikan dasar untuk pemahaman lebih lanjut tentang bagaimana polusi cahaya memengaruhi praktek pengamatan hilal dalam konteks budaya dan keagamaan. Kriteria kecerlangan langit yang diusulkan oleh Nafhatun menjadi pedoman berharga bagi peneliti dan praktisi yang tertarik dalam memahami dan meningkatkan observasi hilal. Dengan demikian, kontribusi Nafhatun menciptakan landasan penting untuk pengembangan

metodologi observasi hilal yang lebih efektif dan akurat di tengah perubahan lingkungan urban dan dampak polusi cahaya global.

1. Bandung, dengan kecerlangan langit sekitar 8,85 MPSAS, menunjukkan tantangan besar dalam pengamatan hilal. Tingkat polusi cahaya yang tinggi dengan skala Bortle Class 6 dan polusi cahaya sekitar 19,48 MPSAS menyoroiti dampak negatif cahaya buatan pada visibilitas hilal. Analisis ini mendorong pemahaman lebih lanjut tentang bagaimana kota dapat merespons tantangan ini melalui perencanaan pencahayaan yang efisien.
2. Semarang, Pengamatan hilal di Semarang, meskipun dihadapkan pada tingkat kecerlangan langit yang relatif rendah sekitar 14,80 MPSAS, menunjukkan keberhasilan dalam visibilitas hilal. Meskipun tingkat polusi cahaya tinggi dengan skala Bortle Class 6 sekitar 18,97 MPSAS, hilal masih dapat terlihat. Analisis mendalam tentang dampak polusi cahaya di Semarang menciptakan pemahaman yang mendalam tentang tantangan pengamatan astronomi di lingkungan perkotaan yang terus berkembang.
3. Medan, dengan tingkat kecerlangan langit sekitar 12,52 MPSAS ketika hilal terbit, menghadapi tingkat polusi cahaya yang moderat. Dengan skala Bortle Class 4 dan polusi cahaya sekitar 21,06 MPSAS, analisis ini memberikan perspektif tentang upaya mitigasi yang mungkin diperlukan untuk mendukung kegiatan pengamatan astronomi di kota ini.

Medan berhasil menangkap hilal dalam periode tahun 1444 Hijriah, yaitu pada 27 agustus 2022 (Safar) dan pada tanggal 20 februari 2023 (Sha'ban).

4. Waingapu, dengan kecerlangan langit yang lebih baik sekitar 10,30 MPSAS, menunjukkan bahwa kondisi langit yang lebih baik dapat meminimalkan dampak polusi cahaya pada pengamatan hilal. Meskipun tingkat polusi cahaya relatif rendah dengan skala Bortle Class 4 dan polusi cahaya sekitar 21,47 MPSAS, analisis ini memberikan pandangan positif tentang bagaimana kondisi langit yang optimal dapat mendukung visibilitas hilal.
5. Manado, meskipun memiliki kecerlangan langit yang lebih baik sekitar 16,74 MPSAS, juga dihadapkan pada tingkat polusi cahaya yang signifikan dengan skala Bortle Class 5 dan polusi cahaya sekitar 20,30 MPSAS. Analisis ini membuka ruang untuk memahami kompleksitas interaksi antara faktor-faktor ini dan pengaruhnya terhadap pengamatan hilal di Manado.

Dari data di atas, terdapat hasil yang mengeksplorasi kontribusi signifikan Nur Nafhatun Md Shariff dalam konteks polusi cahaya dan pengaruhnya terhadap rukyatul hilal serta memberikan perbedaan yang signifikan terhadap daerah terindikasi maupun yang tidak terindikasi polusi cahaya. Melalui penelitiannya yang terpublikasi dalam jurnal ilmiah, Nafhatun berhasil menyediakan wawasan komprehensif tentang dampak polusi cahaya pada praktik

pengamatan hilal, yang sangat relevan dalam lingkup budaya dan keagamaan. Penemuan dan kriteria yang ia usulkan mengenai kecerlangan langit telah menjadi referensi penting bagi mereka yang berkecimpung dalam studi atau praktik observasi hilal, memberikan panduan yang esensial untuk mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh polusi cahaya dalam praktik ini,

a) Kontribusi Implementansi Nur Nafhatun Md Shariff terkait polusi cahaya terhadap rukyatul hilal

Dari keseluruhan data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa terdapat kompleksitas interaksi antara faktor-faktor seperti kecerlangan langit dan polusi cahaya di berbagai lokasi di Indonesia. Analisis ini memberikan gambaran yang beragam tentang tingkat kecerlangan langit dan dampak polusi cahaya terhadap visibilitas hilal di masing-masing lokasi pengamatan. Kelima kota ini memberikan gambaran umum tentang tantangan astronomi di lingkungan perkotaan Indonesia. Kecerlangan langit dan polusi cahaya berinteraksi kompleks, mempengaruhi pengamatan hilal dengan berbagai tingkat intensitas. Upaya mitigasi, regulasi pencahayaan, dan kesadaran masyarakat dapat membantu menjaga kualitas pengamatan astronomi di tengah pertumbuhan perkotaan yang pesat. Data tersebut mempertegas pentingnya memiliki kriteria lokal yang sesuai dalam mengevaluasi visibilitas hilal. Meskipun parameter kritis seperti batas magnitudo langit ditemukan dalam

penelitian Nur Nafhatun Md Sharif, penelitian ini menunjukkan bahwa kriteria tersebut perlu disesuaikan dengan kondisi khusus setiap lokasi.

Kontribusi Nur Nafhatun Md Shariff dalam menganalisis kriteria kecerlangan langit dalam konteks pengamatan hilal tidak hanya terbatas pada temuannya dalam penelitiannya, tetapi juga memiliki implikasi langsung terhadap pemahaman dan interpretasi data pengamatan hilal di berbagai lokasi, seperti yang telah diakui dalam penelitian lebih lanjut yang menggunakan data dari SQM. Kriteria kecerlangan langit yang diusulkan oleh Nafhatun menjadi landasan penting untuk menafsirkan hasil pengamatan. Data menunjukkan bahwa lokasi dengan kecerlangan di bawah 16 mpsas, menurut kriteria Nafhatun, seharusnya tidak dapat melihat hilal. Namun, beberapa lokasi, seperti Semarang pada Rukyatul hilal Ramadhan 1444 H, menunjukkan bahwa hilal dapat terlihat meskipun dengan kecerlangan langit di atas 14 mpsas dan di bawah 15 mpsas.

Hal ini memberikan gambaran bahwa kriteria kecerlangan langit yang diusulkan oleh Nafhatun perlu disesuaikan dengan kondisi spesifik setiap lokasi serta. Pengamatan hilal yang berhasil di lokasi seperti Semarang, meskipun tidak sesuai dengan kriteria Nafhatun, menunjukkan bahwa ada faktor-faktor tambahan yang perlu dipertimbangkan, seperti kondisi atmosfer dan topografi

yang unik di setiap tempat. Dengan menghubungkan data pengamatan hilal dengan temuan Nafhatun, dapat diidentifikasi bahwa kriteria kecerlangan langit yang disarankan oleh Nafhatun perlu diperinci dan disesuaikan dengan kondisi lokal yang beragam. Keterlihatan hilal tidak hanya dipengaruhi oleh kecerlangan langit semata, tetapi juga oleh faktor-faktor lain yang mungkin tidak tercakup dalam parameter yang telah diusulkan. Dengan demikian, kontribusi Nafhatun bukan hanya sebagai peneliti yang membawa temuan ilmiah, tetapi juga sebagai penggerak diskusi dan pemahaman lebih lanjut tentang kompleksitas observasi hilal di tengah tantangan polusi cahaya global. Temuannya mengilhami penelitian lebih lanjut untuk menyempurnakan kriteria kecerlangan langit dan memperkaya pemahaman tentang bagaimana faktor-faktor lingkungan memengaruhi praktek keagamaan dan budaya yang telah berlangsung selama berabad-abad. Data pengamatan hilal di berbagai lokasi menyoroiti bahwa kriteria kecerlangan langit yang diajukan oleh Nur Nafhatun Md Shariff perlu dikaji lebih lanjut. Meskipun kriteria ini memberikan kerangka kerja awal, hasil observasi di Semarang menunjukkan keberhasilan melihat hilal pada kecerlangan langit yang seharusnya tidak memungkinkan. Demikian pula, pengamatan di lokasi lain seperti Medan,

Manado, Bandung, dan Waingapu memberikan variasi yang menarik.

Penting untuk mencatat bahwa keberhasilan melihat hilal di Semarang, meskipun dengan tingkat kecerlangan langit yang rendah, dan perbedaan hasil pengamatan di lokasi lain menimbulkan pertanyaan terkait ketepatan kriteria yang diajukan. Mungkin ada faktor-faktor tambahan yang tidak dipertimbangkan atau diperlukan penyesuaian tertentu pada kriteria kecerlangan langit. Kriteria kecerlangan langit yang diajukan oleh Nur Nafhatun Md Shariff menjadi titik tolak penting dalam memahami visibilitas hilal. Namun, hubungan antara kriteria ini dengan Skala Bortle, yang mengukur tingkat polusi cahaya langit, menyoroti kompleksitas interaksi antara kecerlangan langit alami dan dampak cahaya buatan manusia.

b) Perbandingan kondisi daerah lokus peneliti terhadap Nur Nafhatun Md Shariff

Berdasarkan data pengamatan hilal di beberapa lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda, tampaknya ada perbedaan signifikan dalam hasil visibilitas hilal antara lokasi-lokasi tersebut. Analisis kriteria kecerlangan langit yang diusulkan oleh Nur Nafhatun Md Shariff dalam konteks pengamatan hilal menunjukkan bahwa tingkat kecerlangan langit yang rendah, diukur dalam magnitudo visual per arcsecond

persegi (mpsas), dapat mempengaruhi kemampuan untuk melihat hilal. Berikut analisis geografis dari ke lima lokus tersebut:

1. Bandung
 - a) Kelebihan, Bandung terletak di dataran tinggi Parahyangan, yang memberikan suasana Topografi bergelombang dan keberadaan pegunungan dapat menciptakan ufuk terlihat lebih jelas.
 - b) Tantangan, ketinggian lokasi ini mungkin menjadi keuntungan dalam hal visibilitas, tetapi adanya polusi cahaya di daerah perkotaan dapat menjadi tantangan. Cahaya buatan dan infrastruktur kota dapat mempengaruhi kecerahan langit.
2. Semarang
 - a) Kelebihan, ketinggian yang relatif rendah dapat memengaruhi visibilitas hilal, tetapi karakteristik lingkungan perkotaan perlu diperhitungkan dalam menginterpretasi data.
 - b) Tantangan, tingkat polusi cahaya yang tinggi di lingkungan perkotaan dapat menurunkan kejelasan langit dan visibilitas hilal.
3. Medan
 - a) Kelebihan, sebagai kota besar di dataran tinggi, Medan mungkin memiliki ketinggian yang mendukung pengamatan hilal. Data ini perlu dikontraskan dengan

tingkat polusi cahaya yang mungkin mempengaruhi visibilitas.

- b) Tantangan, dataran yang bergelombang pada lokasi tersebut dapat menjadi obstacle dalam pengamatan hilal.

4. Waingapu

- a) Kelebihan, Waingapu, sebagai daerah pedesaan di Sumba Timur, dapat memiliki tingkat polusi cahaya yang rendah dan langit yang relatif bersih, mendukung visibilitas hilal. Selain itu geografis yang berada di seitar pantai mempermudah pengamat jika berkaitan dengan ufuk.
- b) Tantangan, daerah tersebut adalah daerah dengan produksi awan lebih tinggi, hal ini di benarkan dengan pernyataan dari BMKG sendiri, selain itu Ketinggian yang bervariasi di wilayah ini dapat memengaruhi kejelasan langit. Kondisi cuaca lokal dan keberadaan awan juga perlu dipertimbangkan.

5. Manado

- a) Kelebihan, Manado terletak di pesisir utara Sulawesi dengan pantai yang indah, menciptakan potensi untuk pengamatan hilal dengan latar belakang laut yang luas. Keberagaman topografi dari dataran rendah hingga pegunungan dapat memberikan variasi kondisi langit.
- b) Tantangan, tantangan utama yang mungkin dihadapi Manado dalam konteks pengamatan hilal adalah polusi

cahaya dari cahaya buatan dan infrastruktur perkotaan. Keberadaan cahaya buatan dapat mengurangi kejelasan langit dan memengaruhi visibilitas hilal, terutama di malam hari. Karena pada dasarnya Manado berada pada kelas 5 yang terbilang tingkat polusi cahaya menengah hampir ke tinggi.

Sementara itu jika di bandingkan dengan tiga lokasi yang di pilih Nur Nafhatun akan terlihat perbedaan yang signifikan:

1. Kuala Lumpur
 - a) Kelebihan, Sebagai ibu kota Malaysia, Kuala Lumpur memiliki infrastruktur yang baik, termasuk fasilitas observatorium dan pengukuran yang dapat mendukung pengamatan hilal.
 - b) Tantangan, Tingkat polusi cahaya yang tinggi di kota metropolitan ini dapat mengurangi kecerahan langit, membuat pengamatan hilal menjadi lebih sulit.
2. Teluk Kemang
 - a) Kelebihan, Teluk Kemang, terletak di pesisir pantai mendukung kondisi ufuk yang bersih dari obstacle.
 - b) Tantangan, lokasi yang dekat dengan ibu kota Malaysia, Kuala Lumpur. Keberadaan Kuala Lumpur sebagai kota metropolitan dapat menyebabkan potensi polusi cahaya, yang dapat mempengaruhi kejelasan langit dan visibilitas hilal.
3. Coonabarabran (Australia)

- a) Kelebihan, Terletak di daerah pedalaman Australia, Coonabarabran mungkin memiliki tingkat polusi cahaya yang lebih rendah, menciptakan kondisi langit yang lebih bersih untuk pengamatan hilal.
- b) Tantangan, Sebagai lokasi pedalaman, terdapat keterbatasan fasilitas pengamatan atau infrastruktur pendukung lainnya, yang dapat menjadi tantangan dalam pengamatan hilal.

Lokasi pengamatan hilal oleh Nur Nafhatun Md Shariff di Teluk Kemang, Kuala Lumpur, dan Coonabarabran, serta lokasi para penulis di Bandung, Semarang, Medan, Waingapu, dan Manado, menciptakan suatu kerangka geografis yang beragam untuk analisis efek polusi cahaya terhadap pengamatan hilal. Teluk Kemang, sebagai lokasi pertama Nur Nafhatun, menawarkan keunggulan dengan kecerlangan langit di sepanjang pantai, yang dapat mendukung visibilitas hilal. Namun, dekatnya dengan Kuala Lumpur memunculkan potensi polusi cahaya dari kota metropolitan, yang mungkin memengaruhi kejelasan langit. Kuala Lumpur sendiri, sebagai lokasi kedua, menonjol sebagai pusat urban dengan infrastruktur yang memadai untuk pengamatan astronomi. Namun, polusi cahaya menjadi kendala signifikan di tengah keramaian kota ini. Coonabarabran, sebagai lokasi ketiga di Australia, memiliki kelebihan dengan tingkat polusi cahaya

yang rendah, menciptakan kondisi langit yang optimal untuk pengamatan hilal.

Sementara itu, lokasi para penulis menawarkan variasi geografis yang mencakup dataran rendah hingga pegunungan. Waingapu di Sumba Timur menunjukkan keberhasilan pengamatan hilal meskipun berhadapan dengan kondisi langit yang relatif rendah. Medan di Sumatra Utara menghadapi tantangan dari polusi cahaya di kota dataran tinggi ini. Semarang, sebagai kota pesisir, menampilkan dampak polusi cahaya perkotaan yang dapat mempengaruhi visibilitas hilal. Bandung, di dataran tinggi Jawa Barat, menciptakan tantangan dengan tingginya polusi cahaya di kota ini. Manado, dengan karakteristik pantai dan pegunungan, menawarkan potensi keberagaman kondisi lingkungan dalam pengamatan hilal. Dengan demikian, pemahaman yang mendalam tentang karakteristik geografis dan polusi cahaya di masing-masing lokasi memberikan landasan untuk analisis yang komprehensif terkait efek polusi cahaya terhadap pengamatan hilal dalam konteks keragaman lingkungan di Indonesia, Malaysia dan Australia.

c) Efek Serta Tinjauan dari segi Rukyatul hilal

Data dari Semarang, yang memiliki kecerlangan langit di atas 14 mpsas dan di bawah 15 mpsas pada rukyatul hilal Ramadhan 1444 H, menunjukkan bahwa hilal dapat terlihat meskipun tidak sesuai dengan kriteria Nafhatun. Sementara itu,

lokasi-lokasi lain seperti Medan, Manado, dan Bandung, yang memiliki kecerlangan langit yang bervariasi, mengalami kesulitan dalam visibilitas hilal. Perbedaan signifikan dalam hasil pengamatan ini dapat disimpulkan bahwa tingkat polusi cahaya, yang menciptakan kondisi kecerlangan langit yang berbeda, memiliki dampak pada visibilitas hilal. Lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang tinggi, seperti Bandung dengan kecerlangan langit 8,85 mpsas dan kelas polusi cahaya Bortle Class 6, mengalami tantangan yang lebih besar dalam melihat hilal.

Sebaliknya, Waingapu dengan kecerlangan langit 10,30 mpsas dan kelas polusi cahaya Bortle Class 4 berhasil berhasil terlihat hilal. Ini menunjukkan bahwa lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang lebih rendah memiliki peluang lebih besar untuk melihat hilal, sesuai dengan temuan Nafhatun yang menekankan pentingnya kecerlangan langit dalam pengamatan hilal. Meskipun hasil pengamatan hanya mencakup beberapa lokasi dan periode waktu tertentu, data tersebut memberikan indikasi bahwa perbedaan tingkat polusi cahaya memengaruhi visibilitas hilal. Oleh karena itu, dalam merencanakan atau menafsirkan pengamatan hilal, penting untuk mempertimbangkan kondisi lingkungan setempat, termasuk tingkat polusi cahaya, guna memastikan keterlihatan hilal yang optimal.

Adanya perbedaan signifikan dalam hasil pengamatan visibilitas hilal antara lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda juga menyoroti perlunya melibatkan aspek lokal dalam pengembangan kriteria kecerlangan langit. Data dari Medan, Manado, Bandung, Semarang, dan Waingapu memberikan gambaran mengenai dinamika yang kompleks antara kecerlangan langit, polusi cahaya, dan visibilitas hilal di berbagai lokasi di Indonesia.

Medan, dengan kecerlangan langit sekitar 12,52 MPSAS ketika hilal terbit, tim rukyat BMKG menghadapi kesulitan melihat hilal meskipun polusi cahayanya tidak setinggi Bandung, dimana dalam kurun waktu satu tahun medan hanya punya dua waktu terlihat hilal dengan ketinggian diatas 11° . Ini menunjukkan bahwa kecerlangan langit, selain polusi cahaya, juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti kondisi atmosfer dan topografi setempat. Demikian juga, Manado dengan kecerlangan langit lebih tinggi sekitar 16,74 MPSAS, tetap menghadapi dampak signifikan dari polusi cahaya dengan skala Bortle Class 5. Data dari Bandung menunjukkan bahwa tingkat polusi cahaya yang tinggi dengan Bortle Class 6 dapat mengurangi keterlihatan hilal, meskipun memiliki kecerlangan langit yang rendah. Di sisi lain, Semarang yang melihat hilal dengan kecerlangan langit di atas 14 mpsas dan di bawah 15 mpsas, memberikan pemahaman lebih lanjut bahwa faktor-

faktor lokal seperti kondisi atmosfer mungkin memainkan peran dalam keterlihatan hilal di luar ekspektasi.

Waingapu menunjukkan bahwa lokasi dengan kecerlangan langit optimal sekitar 10,30 MPSAS dapat berhasil melihat hilal oleh tim rukyat BMKG, meskipun dengan polusi cahaya yang rendah (Bortle Class 4). Hal ini menegaskan bahwa kecerlangan langit yang memadai dapat mengkompensasi dampak polusi cahaya, dan kriteria kecerlangan langit yang diusulkan oleh Nafhatun dapat memberikan pedoman yang relevan dalam kasus ini. Dengan memperdalam analisis berbagai lokasi, dapat disimpulkan bahwa visibilitas hilal dipengaruhi oleh kombinasi antara kecerlangan langit dan tingkat polusi cahaya. Oleh karena itu, pengembangan kriteria kecerlangan langit yang lebih inklusif dan mencakup variabilitas lokal menjadi krusial untuk memahami dan menginterpretasikan hasil pengamatan hilal dengan lebih akurat.

Berdasarkan analisis data yang dilakukan, terlihat adanya perbedaan signifikan dalam hasil pengamatan visibilitas hilal antara lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda. Polusi cahaya memiliki dampak yang nyata terhadap kecerlangan langit, yang pada gilirannya memengaruhi kemampuan melihat hilal. Lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang lebih rendah, seperti Waingapu dengan kelas polusi cahaya Bortle Class 4, menunjukkan hasil pengamatan hilal yang lebih sukses dengan

kecerlangan langit sekitar 10,30 MPSAS. Sebaliknya, Bandung, yang memiliki tingkat polusi cahaya yang tinggi dengan kelas Bortle Class 6, mengalami kesulitan melihat hilal meskipun kecerlangan langit sekitar 8,85 MPSAS. Hasil ini mencerminkan korelasi antara tingkat polusi cahaya dan keterlihatan hilal. Lokasi dengan polusi cahaya yang lebih rendah cenderung memberikan kondisi kecerlangan langit yang lebih baik, memungkinkan hilal terlihat dengan lebih jelas. Sebaliknya, polusi cahaya yang tinggi dapat menghalangi visibilitas hilal, bahkan jika kecerlangan langit sebenarnya cukup tinggi.

Data menunjukkan perbedaan signifikan dalam visibilitas hilal antara lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda. Lokasi dengan polusi cahaya rendah, seperti Waingapu dengan kelas polusi cahaya Bortle Class 4, menunjukkan hasil pengamatan hilal yang lebih sukses, meskipun kecerlangan langit sekitar 10,30 MPSAS. Sebaliknya, Bandung, dengan tingkat polusi cahaya tinggi (Bortle Class 6), mengalami kesulitan melihat hilal meskipun kecerlangan langit sekitar 8,85 MPSAS.

Temuan ini mengonfirmasi bahwa polusi cahaya memiliki dampak signifikan terhadap kecerlangan langit, yang secara langsung memengaruhi kemampuan melihat hilal. Lokasi dengan polusi cahaya rendah cenderung memberikan kondisi langit yang lebih baik, memungkinkan hilal terlihat dengan

lebih jelas. Sebaliknya, polusi cahaya yang tinggi dapat menghalangi visibilitas hilal, bahkan jika kecerlangan langit sebenarnya cukup tinggi. Hal ini juga melibatkan perbandingan data dengan kriteria kecerlangan langit Nur Nafhatun Md Shariff. Meskipun Semarang, dengan kecerlangan langit di atas 14 MPSAS, melihat hilal meskipun tidak sesuai dengan kriteria Nafhatun, lokasi-lokasi lain seperti Medan, Manado, dan Bandung, yang memiliki kecerlangan langit yang bervariasi, mengalami kesulitan dalam visibilitas hilal. Hal ini menunjukkan bahwa kriteria kecerlangan langit yang diusulkan oleh Nafhatun tetap relevan, dan kondisi atmosferik setempat seperti yang ditemui di Medan dan Bandung dapat memengaruhi keterlihatan hilal.

Dari segi teoritis, penggunaan data BMKG yang menunjukkan ketinggian hilal di Medan berkisar antara 11-12 derajat dan di Waingapu berkisar antara 6-7 derajat menjadi penting. Lokasi-lokasi ini menghadapi kesulitan dalam melihat hilal, sejalan dengan temuan BMKG yang menunjukkan bahwa mereka belum pernah menangkap hilal dengan ketinggian di bawah 6,4 derajat. Kombinasi antara data ini dan kriteria kecerlangan langit memberikan pemahaman yang lebih lengkap tentang faktor-faktor yang mempengaruhi visibilitas hilal. Hasil ini menunjukkan perlunya mempertimbangkan secara komprehensif tingkat polusi cahaya dan kecerlangan langit dalam merencanakan atau menafsirkan pengamatan hilal.

Pemahaman yang lebih dalam tentang kompleksitas interaksi antara faktor-faktor ini dapat meningkatkan akurasi dan relevansi pengamatan hilal di berbagai lokasi.

Penting untuk dicatat bahwa faktor-faktor lain, seperti kondisi atmosfer dan topografi setempat, juga dapat memengaruhi hasil pengamatan hilal. Namun, adanya perbedaan yang konsisten antara lokasi-lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda menunjukkan bahwa polusi cahaya memiliki peran yang signifikan dalam keterlihatan hilal. Dengan demikian, dalam merencanakan pengamatan hilal atau menafsirkan hasil pengamatan, perlu mempertimbangkan tingkat polusi cahaya di lokasi tersebut untuk memastikan kondisi optimal dalam melihat hilal.

B. Analisis Terkait Praktik Rukyatul Hilal dalam Beberapa Faktor.

Analisis terkait praktik Rukyatul hilal membawa kita ke dalam pemahaman yang lebih mendalam mengenai beberapa faktor kritis yang memengaruhi keberhasilan pengamatan hilal. Praktik ini melibatkan aspek teknis seperti pemilihan alat dan metode:

- a) **Alat dan Metode**
 - BMKG dengan Teleskop CCD, Penggunaan teleskop CCD oleh BMKG menunjukkan pendekatan teknologi dalam praktik Rukyatul hilal. Keunggulan alat ini terletak pada kemampuannya untuk merekam citra

langit dengan resolusi tinggi. Meskipun demikian, penggunaan alat canggih ini mungkin memiliki kelemahan dalam ketergantungan pada teknologi yang memerlukan penanganan khusus dan keahlian tertentu.

- Observatorium dengan Olah Citra hilal, Penggunaan olah citra hilal oleh observatorium menunjukkan pendekatan yang lebih kompleks dalam menganalisis data hilal. Metode ini dapat memanfaatkan kecerdasan buatan yang menggunakan teknologi *Image Processing* dan perangkat lunak analisis citra untuk mendeteksi hilal. Namun, tingginya tingkat teknisitas mungkin memerlukan sumber daya yang lebih besar dalam pengoperasiannya.
- b) Orang atau Sumberdaya,
- BMKG, Organisasi ini mungkin membutuhkan personel dengan keahlian teknis tinggi untuk mengoperasikan dan menganalisis data dari teleskop CCD. Keterbatasan sumberdaya manusia yang terampil dalam teknologi tertentu dapat memengaruhi ketersediaan dan kualitas data di BMKG.
 - Observatorium, Pengolahan citra hilal oleh observatorium memerlukan keahlian dalam bidang pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan. Ketersediaan ahli yang terlatih menjadi kunci dalam

memastikan keberhasilan dan keakuratan praktik Rukyatul hilal.

c) Astronomis

- BMKG dengan Ketinggian 6° Penggunaan teleskop CCD oleh BMKG dengan fokus pada ketinggian 6 derajat mencerminkan pendekatan yang lebih awal dalam praktik Rukyatul hilal. Hal ini dapat di buktikan dengan pembenaran bapak Himawan setelah penulis menanyakan ketinggian hilal paling tinggi terlihat, yaitu BMKG sendiri tidak pernah menangkap hilal di bawah 6°. Tingginya tingkat ketinggian yang dipilih mungkin dapat memberikan kejelasan langit yang baik.
- Observatorium dengan Polusi Cahaya Tinggi berhasil menangkap hilal ketinggian 2° dengan menggunakan *Image Processing*, Praktik Rukyatul hilal di observatorium dengan tingkat polusi cahaya yang tinggi menciptakan tantangan tambahan. Polusi cahaya dapat mempengaruhi kecerlangan langit, yang pada gilirannya memengaruhi visibilitas hilal. Oleh karena itu, praktik ini membutuhkan penyesuaian strategi untuk meminimalkan dampak polusi cahaya.

d) Lembaga

- BMKG, Sebagai lembaga pemerintah, BMKG memiliki tanggung jawab untuk memberikan informasi meteorologi dan astronomi yang dapat diandalkan kepada masyarakat.

Oleh karena itu, penting bagi BMKG untuk terus meningkatkan teknologi dan keahlian personelnnya guna meningkatkan akurasi dalam praktik Rukyatul hilal.

- Observatorium, Lembaga ini bertanggung jawab atas penelitian dan pengamatan astronomi. Dalam konteks Rukyatul hilal, observatorium memiliki peran khusus dalam menghasilkan data yang akurat dan relevan. Peningkatan teknologi dan kerjasama dengan lembaga terkait dapat memperkuat peran observatorium dalam kontribusinya pada pemahaman hilal.

Praktik Rukyatul hilal oleh BMKG dan observatorium melibatkan pilihan teknologi, keahlian personel, dan adaptasi terhadap kondisi lingkungan tertentu. Pemilihan alat dan metode, sumber daya manusia, pertimbangan astronomis, dan peran lembaga menjadi faktor-faktor kritis yang mempengaruhi efektivitas praktik Rukyatul hilal. Adopsi teknologi tinggi oleh BMKG menunjukkan upaya untuk meningkatkan akurasi, sementara observatorium dengan olah citra hilal mengeksplorasi pendekatan yang lebih canggih dalam pengamatan astronomi. Dengan pemahaman mendalam terhadap aspek-aspek ini, praktik Rukyatul hilal dapat terus ditingkatkan untuk memberikan informasi yang lebih andal dan akurat kepada masyarakat.

Berdasarkan analisis penulis, wawancara dengan kepala BMKG pusat, Bapak Himawan Widiyanto, dan staf terkait seperti Bapak Iswanudin serta Ibu Al Khansa Rodhiyah, mengungkapkan

bahwa selain polusi cahaya, faktor geografis memainkan peran signifikan dalam tampak atau tidaknya hilal. Menurut penjelasan Bapak Himawan, data BMKG menunjukkan bahwa pengamatan hilal yang berhasil terutama terjadi di Indonesia bagian timur. Penyebab utamanya adalah pertumbuhan awan yang lebih cepat di daerah tersebut dibandingkan dengan daerah bagian barat. Analisis ini menyarankan bahwa kondisi geografis, khususnya kecepatan pertumbuhan awan, dapat menjadi faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan atau kegagalan pengamatan hilal. Terapkan analisis ini secara khusus pada lokasi Nur Nafhatun Md Shariff, di mana jika lokasi pengamatannya cenderung memiliki pertumbuhan awan yang cepat, ini dapat menjadi penghalang dalam visibilitas hilal, bahkan jika kriteria kecerlangan langit telah terpenuhi.

Saran ini menciptakan landasan untuk diskusi lebih lanjut dan validasi oleh ahli astronomi dan peneliti terkait, termasuk Bapak Himawan Widiyanto. Memahami variabilitas geografis dalam konteks pengamatan hilal dapat memberikan pandangan yang lebih holistik dalam merancang strategi observasi yang lebih efektif di berbagai wilayah di Indonesia. Oleh karena itu, kolaborasi antara penulis dan pakar BMKG dapat menghasilkan wawasan yang lebih mendalam mengenai dampak faktor geografis terhadap praktik Rukyatul hilal. Dengan mengevaluasi geografis dari tiga lokasi tempat Nur Nafhatun Md Shariff melakukan pengamatan hilal, yaitu Teluk Kemang, Kuala Lumpur, dan

Coonabarabran (Australia), kita dapat memahami beberapa faktor yang mungkin memengaruhi visibilitas hilal di masing-masing lokasi:

1. Teluk Kemang berada di Malaysia, dekat dengan kawasan pesisir pantai. Geografisnya yang dekat dengan laut dapat memberikan kondisi iklim tertentu. Keberadaan laut dapat mempengaruhi kecepatan pertumbuhan awan, dan juga dapat meminimalkan faktor polusi cahaya tergantung pada waktu dan arah pengamatan. Lokasi pantai ini juga memiliki potensi mendukung visibilitas hilal karena memiliki horison yang relatif datar di sepanjang pantai.
2. Kuala Lumpur, sebagai ibu kota Malaysia, merupakan kota besar yang cenderung memiliki tingkat polusi cahaya yang tinggi. Selain itu, struktur bangunan tinggi dan urbanisasi yang tinggi dapat memperumit pengamatan hilal. Kondisi ini mungkin menuntut pemilihan lokasi pengamatan yang terisolasi dari cahaya buatan agar dapat melihat hilal dengan lebih baik.
3. Coonabarabran terletak di Australia dan memiliki cakupan geografis yang berbeda dari lokasi-lokasi di Malaysia. Australia memiliki langit yang relatif bersih dari polusi cahaya, terutama di daerah pedesaan. Meskipun demikian, faktor-faktor seperti kondisi cuaca dan pengaruh geografis lainnya seperti perbukitan atau gunung mungkin memainkan peran dalam visibilitas hilal di sana.

Secara umum, analisis geografis ini menunjukkan bahwa keberhasilan pengamatan hilal di setiap lokasi dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk keberadaan laut, tingkat urbanisasi, polusi cahaya, dan karakteristik geografis setempat. Pengamat harus mempertimbangkan dengan cermat kondisi iklim dan lingkungan setempat untuk meningkatkan peluang keberhasilan pengamatan hilal. Dengan demikian, penting untuk memperhitungkan variabilitas geografis dan iklim lokal saat merencanakan pengamatan hilal. Hal ini dapat mencakup pemilihan lokasi yang kurang rentan terhadap pertumbuhan awan yang cepat, serta penyesuaian jadwal pengamatan dengan pola cuaca setempat. Analisis lebih lanjut dan kerjasama dengan otoritas meteorologi dapat membantu mengidentifikasi pola iklim yang mungkin mempengaruhi visibilitas hilal di lokasi tertentu.

Pengamatan hilal merupakan kegiatan yang membutuhkan ketelitian tinggi dan pemahaman mendalam terhadap karakteristik langit. Salah satu aspek yang secara konsisten disoroti oleh staf Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) sebagai kendala dalam pengamatan hilal adalah tingkat pengalaman para pengamat. Dalam konteks ini, faktor pengalaman pengamat memainkan peran sentral dalam menentukan keberhasilan atau kegagalan dalam melihat hilal. Berdasarkan literatur ilmiah, penelitian telah menunjukkan bahwa para pengamat yang berpengalaman cenderung memiliki kepekaan

yang lebih baik terhadap perubahan tipis dalam kondisi langit, sehingga mampu mengidentifikasi hilal pada kondisi yang mungkin sulit terlihat.

Penting untuk memahami bahwa tingkat pengalaman pengamat tidak hanya mencakup pemahaman tentang karakteristik hilal itu sendiri, tetapi juga melibatkan keterampilan praktis dalam menghadapi variasi kondisi atmosfer dan lingkungan. Dalam penelitian astronomi dan meteorologi, terdapat konsensus bahwa pemahaman mendalam tentang kondisi langit, pola awan, dan faktor lain yang dapat mempengaruhi visibilitas hilal diperoleh melalui pengalaman lapangan yang signifikan. Pengamat yang kurang berpengalaman mungkin tidak memiliki wawasan yang cukup untuk mengatasi tantangan ini, sehingga dapat terjadi kesalahan dalam pengamatan hilal. Penting untuk menyoroti bahwa solusi untuk kendala ini tidak hanya terletak pada peningkatan pengetahuan teoritis para pengamat, tetapi juga melibatkan pengalaman praktis dan pelatihan lapangan yang intensif. Program pelatihan rutin, simulasi pengamatan hilal, dan mentoring oleh ahli astronomi dapat membantu mengembangkan keterampilan praktis yang diperlukan. Melalui pendekatan ini, diharapkan bahwa para pengamat, terlepas dari tingkat pengalaman mereka, dapat memainkan peran yang lebih efektif dalam memastikan keberhasilan Rukyatul hilal dan akurasi dalam penentuan awal bulan dalam kalender Islam.

Analisis kriteria Nur Nafhatun Md Shariff terkait kecerlangan langit dalam pengamatan hilal membawa pemahaman yang mendalam tentang peran kritis polusi cahaya. Dengan membangun dari analisis ini, bersama dengan argumen yang telah disajikan sebelumnya, beberapa solusi komprehensif dapat diusulkan untuk meningkatkan efektivitas Rukyatul hilal dalam konteks polusi cahaya.

1. Kriteria Nur Nafhatun yang menekankan pentingnya area dengan kecerlangan rendah untuk pengamatan hilal harus diintegrasikan dengan argumen staf BMKG terkait dampak polusi cahaya. Pemilihan lokasi observasi yang optimal harus mempertimbangkan baik tingkat polusi cahaya maupun pemenuhan kriteria kecerlangan, menciptakan lingkungan di mana hilal lebih mungkin terlihat.
2. Teknologi modern dapat memainkan peran kunci dalam mengatasi tantangan yang dihadapi oleh polusi cahaya. Kriteria Nur Nafhatun, ketika digabungkan dengan solusi teknologi tinggi seperti kamera canggih dan perangkat lunak pemrosesan citra, dapat mengurangi dampak cahaya buatan. Teknologi membantu dalam menangkap dan menganalisis benda-benda langit yang redup dalam kondisi di mana observasi tradisional mungkin kurang efektif.
3. Berkolaborasi dengan otoritas lingkungan dan melibatkan masyarakat dalam kampanye kesadaran publik sejalan dengan fokus Nur Nafhatun pada kecerlangan rendah dan argumen

BMKG tentang dampak polusi cahaya. Mendidik masyarakat tentang pentingnya mengurangi polusi cahaya dan mendukung inisiatif pencahayaan luar ruangan yang bertanggung jawab dapat berkontribusi besar untuk menciptakan kondisi yang mendukung visibilitas hilal.

4. Mengakui pentingnya pengamat berpengalaman, program pelatihan berkelanjutan dapat diimplementasikan. Program ini tidak hanya mencakup pengetahuan teoritis tetapi juga keterampilan praktis dalam menghadapi tantangan yang dihadapi oleh polusi cahaya. Kriteria Nur Nafhatun dapat diintegrasikan ke dalam modul pelatihan untuk membekali pengamat dengan pemahaman holistik tentang persyaratan kecerlangan langit.
5. Berkolaborasi dengan ahli astronomi berpengalaman dapat memberikan wawasan berharga dalam mengatasi polusi cahaya selama pengamatan hilal. Kerjasama dapat melibatkan studi lapangan bersama, pertukaran pengetahuan, dan program mentorship, memperkaya pengamat dengan pengetahuan teoritis dan praktis.

Sebagai kesimpulan, pendekatan multifaset yang menggabungkan kriteria Nur Nafhatun, kemajuan teknologi, keterlibatan publik, pelatihan berkelanjutan, dan kerjasama dengan para ahli dapat secara signifikan meningkatkan kesuksesan Rukyatul hilal di tengah tantangan polusi cahaya. Pendekatan ini tidak hanya sejalan dengan argumen yang diajukan oleh staf

BMKG, tetapi juga mengintegrasikan strategi-strategi beragam untuk mengatasi isu kompleks polusi cahaya dalam pengamatan hilal.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan sebelumnya dan dengan merujuk pada rumusan masalah yang diajukan dalam kajian tesis ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kontribusi penelitian Nur Nafhatun Md Shariff terletak pada pandangan yang mendalam dari Nur Nafhatun Md Shariff terkait kriteria kecerlangan langit dalam pengamatan hilal membawa kita pada pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana polusi cahaya memengaruhi observasi ini di Indonesia. Dalam analisisnya, Nur Nafhatun menyoroti bahwa visibilitas hilal sangat dipengaruhi oleh tingkat kecerlangan langit, di mana polusi cahaya dapat menjadi penghalang yang signifikan. Kriteria kecerlangan yang ditetapkan olehnya menunjukkan bahwa lokasi dengan kecerlangan rendah, khususnya di bawah 16 mpsas, menjadi kunci utama dalam keberhasilan pengamatan hilal. Dalam mengevaluasi efek polusi cahaya pada pengamatan hilal di Indonesia, data SQM (Sky Quality Meter) memberikan dimensi yang lebih konkrit pada kondisi kecerlangan langit. Dalam analisis ini, kita memfokuskan perhatian pada lima lokasi, yaitu Semarang, Medan, Manado, Bandung, dan Waingapu. Data SQM menjadi landasan

penting untuk memahami perbedaan tingkat kecerlangan langit di setiap lokasi dan bagaimana hal itu memengaruhi visibilitas hilal. Dari data SQM, dapat disimpulkan bahwa Semarang, dengan tingkat kecerlangan langit sekitar 14,80 MPSAS, berhasil melihat hilal dengan ketinggian hilal 2° meskipun dihadapkan pada tingkat polusi cahaya yang tinggi dengan skala Bortle Class 6 sekitar 18,97 MPSAS, dengan bantuan *Image Processing* atau olah citra hilal. Hal ini menunjukkan bahwa meski polusi cahaya memainkan peran penting, faktor lain seperti pengalaman pengamat, metode pengamatan dan keahlian dalam merespons kondisi langit juga ikut menentukan keberhasilan pengamatan. Di sisi lain, Bandung, dengan kecerlangan langit sekitar 8,85 MPSAS, menghadapi tantangan besar dalam melihat hilal. Tingkat polusi cahaya yang tinggi dengan skala Bortle Class 6 dan polusi cahaya sekitar 19,48 MPSAS menyoroiti dampak negatif cahaya buatan pada visibilitas hilal. Hal ini menggambarkan bahwa kondisi langit yang optimal menjadi kritis untuk mendukung visibilitas hilal, terlepas dari tingkat kecerlangan langit yang rendah. Data SQM juga memperkuat urgensi solusi yang telah diusulkan dalam analisis sebelumnya, seperti pemilihan lokasi pengamatan yang strategis, penggunaan teknologi

modern, kampanye kesadaran publik, dan pelatihan berkelanjutan. Kesimpulan ini menguatkan pandangan bahwa pengelolaan cahaya buatan dan upaya meningkatkan kecerlangan langit menjadi esensial dalam mengatasi dampak polusi cahaya pada Rukyatul hilal di berbagai lokasi di Indonesia. Dengan demikian, peningkatan kesadaran dan tindakan preventif secara holistik dapat merawat keaslian pengamatan hilal di tengah kompleksitas kondisi langit yang berbeda-beda.

2. Signifikansi didapatkan melalui analisis hasil pengamatan visibilitas hilal di lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda, ditemukan perbedaan signifikan dalam tingkat keberhasilan pengamatan. Data SQM menunjukkan bahwa, meskipun tingkat polusi cahaya menjadi faktor penting, tingkat kecerlangan langit yang optimal memainkan peran kunci dalam visibilitas hilal. Lokasi seperti Semarang, dengan kecerlangan langit yang relatif rendah, dapat melihat hilal meskipun menghadapi tingkat polusi cahaya tinggi, sementara Bandung, dengan kecerlangan yang rendah, menghadapi kesulitan besar. Oleh karena itu, solusi yang holistik dan disesuaikan dengan kondisi setempat diperlukan untuk memastikan pengamatan hilal yang akurat dan konsisten di berbagai lokasi di Indonesia, mengatasi kompleksitas dampak polusi cahaya.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian serta kesimpulan yang telah diuraikan di atas, terdapat beberapa saran yang perlu mendapat pertimbangan oleh berbagai pihak yang berkepentingan di antaranya sebagai berikut:

1. pengembangan teori kecerlangan langit dengan mengeksplorasi literatur ilmiah terbaru dalam bidang astronomi dan metrologi. Penelitian ini dapat merinci faktor-faktor yang mempengaruhi kecerlangan langit, tidak hanya terbatas pada polusi cahaya. Selain itu, pengintegrasian teori sosial dan budaya dalam studi Rukyatul hilal dapat memperluas pemahaman tentang bagaimana faktor-faktor ini berperan dalam praktik masyarakat terkait pengamatan hilal. Validasi lebih lanjut terhadap teori kriteria kecerlangan langit yang diperkenalkan oleh Nur Nafhatun Md Shariff diharapkan dapat memperkuat dasar teoretis untuk standar kecerlangan dalam konteks pengamatan hilal.
2. Dari segi praktik, disarankan untuk mengorganisir program pelatihan bagi pengamat hilal dan komunitas lokal di berbagai wilayah di Indonesia. Pelatihan ini dapat mencakup pemahaman mendalam tentang kriteria kecerlangan langit, teknik pengamatan yang efektif, dan pemanfaatan peralatan modern yang mendukung praktik Rukyatul hilal. Implementasi solusi mitigasi secara lokal

juga menjadi langkah praktis, melibatkan masyarakat dalam kampanye pengurangan polusi cahaya dan menyusun panduan penggunaan pencahayaan luar ruangan yang ramah astronomi. Kolaborasi aktif dengan institusi-institusi terkait, seperti observatorium, lembaga lingkungan, dan pihak berwenang setempat, juga diusulkan untuk memperkuat upaya bersama dalam mengurangi polusi cahaya dan meningkatkan pemahaman tentang keberhasilan pengamatan hilal. Dengan mengintegrasikan aspek teoritis dan praktis, Bab 5 Tesis diharapkan dapat memberikan kontribusi substansial baik pada level konseptual maupun implementatif terhadap praktik Rukyatul hilal di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Buku:

- Azhari, Susiknan. (2008). *Ensiklopedi Hisab Rukyat*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Azhari, Susiknan. (2008). *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Badan Hisab dan Rukyat DEPAG RI. (1983). *Almanak Hisab Rukyat*. Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama.
- Butar-Butar, Erwin Juli Rakhmadi. (2018). *Fajar & Syafak: Dalam Kesarjanaan Astronom Muslim dan Ulama Nusantara*. Yogy: LKiS.
- Departemen Agama Republik Indoneia. (2005). *Al Quran dan Terjemanaannya*. Bandung: Syamin Cipta Media.
- Djamaluddin, Thomas. (2010). *Matahari dan Lingkungan Antariksa seri ke-4*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Djamaluddin, Thomas. (2011). *Astornomi Memberi Solusi Penyatuan Umat*. Jakarta: LAPAN.
- Ibn Isma'il Al Bukhari, Muhammad. (1992). *Sahih Bukhari, Juz I*. Beirut: Dar Al Kutub Al 'Ilmiyyah.
- Ichtijaanto. (1981). *Almanak Hisab Rukyat*. Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam.
- Owen, Tobias. *The Planetary System*. USA: Wesley Publishing Company, 1988.
- Saksono, Tono. (2007). *Mengkompromikan Hisab & Rukyat*. Bekasi: Amythas Publicita.
- Izzuddin, Ahmad. (2012). *Ilmu Falak Praktis*. Semarang: Pustaka hilal.

Marpaung, Watni. (2015). *Pengantar Ilmu Falak*. Jakarta: Prenadamedia Group.

Disertasi:

Basthoni, M. (2022). "Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia". Disertasi, Universitas Islam Negeri Walisongo.

Jurnal:

Akhmad, Fahrizal et al. (2019). "Analisis Polusi Cahaya Pada Beberapa Wilayah Kota Malang." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 8(1), 1-8.

Aubé, M., & Simoneau, A. (2017). "Physical behaviour of anthropogenic light propagation into the nocturnal environment." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370.

Bortle, John E. (2001). "Galaxy Season and Light-Pollution Observing." *Sky & Telescope*: 101.

Chauhan, Ankit et al. (2019). "Assessment and Analysis of Light Pollution in Uttarakhand (India) Using Ground-Based Sky Quality Meter." *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(1), 28.

Cinzano, P., Falchi, F., & Elvidge, C. D. (2001). "The first world atlas of the artificial night sky brightness." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328(3).

Cinzano, P., Falchi, F., & Elvidge, C. D. (2016). "The new world atlas of artificial night sky brightness." *Science Advances: Social and Interdisciplinary Sciences*, 2(6): 160.

Elvidge, Christopher D. et al. (2010). "The Nightsat Mission Concept." *International Journal of Remote Sensing*, 31(12), 3119-3134.

- Falchi, Fabio et al. (2016). "The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness." *Science Advances*, 2(6), e1600377.
- Hasan, Abdulloh. (2019). "Efek Polusi Cahaya Terhadap Pelaksanaan Rukyat." Tesis, Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Herdiwijaya, Dhani. (2014). "Implications of Twilight Sky Brightness Measurements on Fajr Prayer and Young Crescent Observation." 7th International Conference on Physics and Its Applications.
- Herdiwijaya, Dhani. (2016). "Light Pollution in Indonesia: A Case Study in Urban and Rural Areas." *Journal of Physics: Conference Series*, 694(1), 012068.
- Hölker, F., et al. (2010). "The dark side of light: A transdisciplinary research agenda for light pollution policy." *The Resilience Alliance: Ecology and Society* 15(4).
- Jusuf, Ahmad H. (2017). "Analisis Polusi Cahaya di Area Surabaya Berdasarkan Citra Satelit Suomi NPP VIIRS." *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 23(1), 46-54.
- Kyba, C. C. M., et al. (2017). "Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent." *Science Advances*, 3(11).
- Machzumy. (2019). "Effect of Geographical Environment on Success Rate of Rukyat hilal at Observatorium CASA Assalam." *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*.
- Maratus, Nuril Farida. (2022). "Implementasi Neo Visibilitas hilal MABIMS di Indonesia." *Ahkam*, Vol. 10.
- Mufidoh, Novi Arijatul. (2021). "Problematika Implementasi Rekomendasi Jakarta 2017 tentang Penyatuan Kalender Global Hijriah Tunggal di Indonesia." Tesis UIN Walisongo.
- ÖZLEM, Abdurrahman. (2014). "A Simplified Crescent Visibility Criterion." Istanbul: Turkey.

- Putri, Hasna Tuddar. (2012). "Redefinisi hilal Dalam Perspektif Fikih Dan Astronomi." *al-Ahkam: Jurnal Pemikiran Hukum Islam*. Vol 22. No. 1.
- Rakhmadi, Arwin Juli et al. (2020). "Pengukuran Tingkat Polusi Cahaya dan Awal Waktu Subuh di OIF UMSU dengan Menggunakan Sky Quality Meter." *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*. Vol 12. No 2.
- Shariff, Nur Nafhatun Md et al. (2017). "The Impact of Light Pollution on Islamic New Moon (hilal) Observation." *International Journal of Sustainable Lighting*, 19, doi.org/10.26607/ijsl.v19i1.61.
- Shariff, Nur Nafhatun Md et al. (2017). "The Impact of Light Pollution on Islamic New Moon (hilal) Observation." *International Journal of Sustainable Lighting*, 19, doi.org/10.26607/ijsl.v19i1.61.

Website:

- "Bortle Scale." Diakses dari [handprint.com](https://www.handprint.com/ASTRO/bortle.html) pada 17 November 2023.
- "Dark Sky Monitoring." Diakses dari [unihedron.com](http://www.unihedron.com/projects/darksky/) pada 27 November 2023.
- "Perbedaan Airglow, Aurora, dan Raylight Scattering." Diakses dari [sainspedia.web.id](https://www.sainspedia.web.id/perbedaan-airglow-aurora-dan-raylight-scattering/) pada 3 Desember 2023.
- "The Bortle Scale." Diakses dari [optcorp.com](https://optcorp.com/blogs/telescopes-101/the-bortle-scale) pada 1 Desember 2023.
- "The Impact of Light Pollution on Islamic New Moon (hilal) Observation." (2017). Diakses pada 12 Juni 2023, doi.org/10.26607/ijsl.v19i1.61.

"Light Pollution." Diakses dari [letstalkscience.ca](https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-explained/light-pollution) pada 27 November 2023.

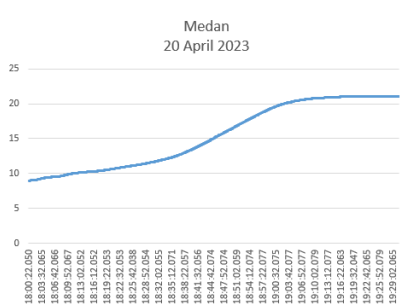
Djamaluddin, Thomas. (2022). "Bismillah, Indonesia Menerapkan Kriteria Baru MABIMS." Diakses dari tdjamaluddin.wordpress.com pada 15 Juni 2023.

ÖZLEM, Abdurrahman. (2014). "A Simplified Crescent Visibility Criterion." Diakses dari researchgate.com pada 15 Juni 2023.

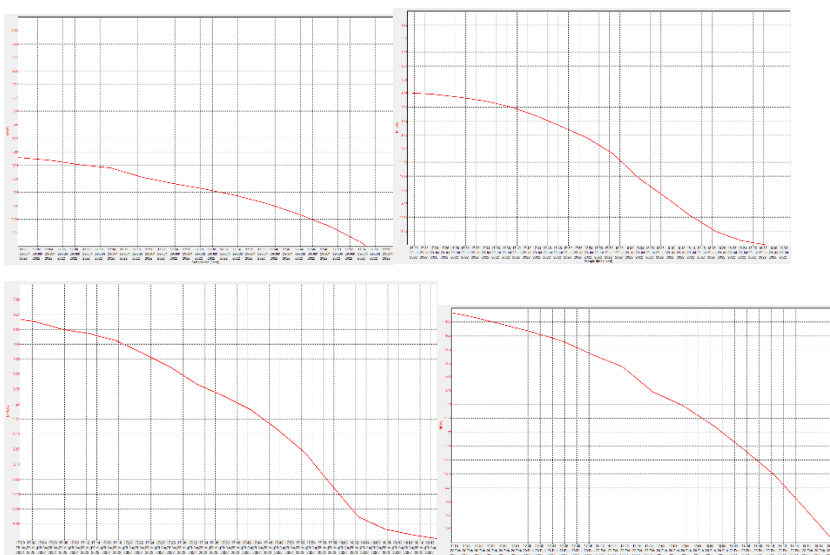
tdjamaluddin.wordpress.com. 23 Februari 2022. Diakses pada 15 Juni 2023.

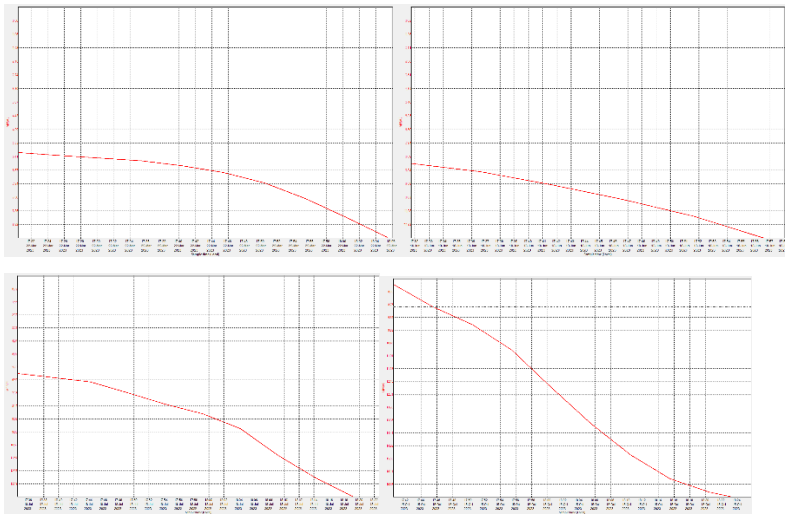
LAMPIRAN

DATA SQM MEDAN:

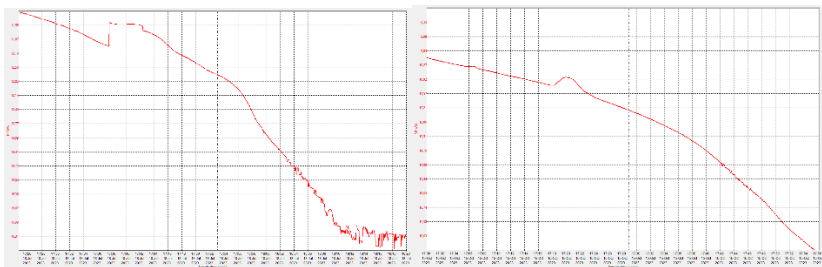


DATA SQM BANDUNG:

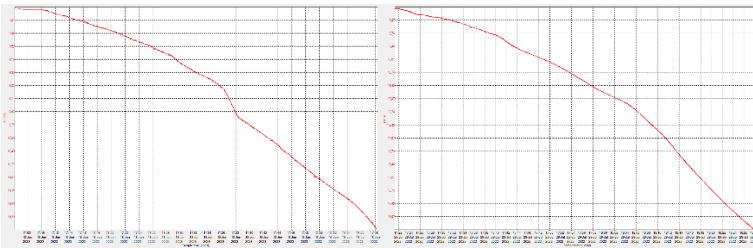
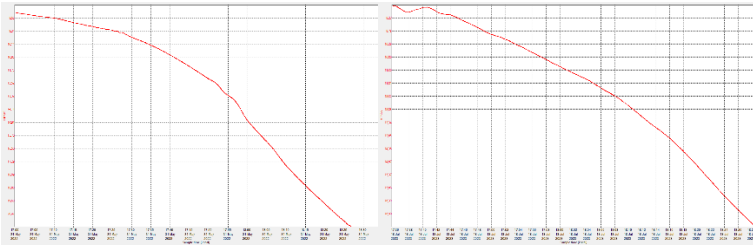




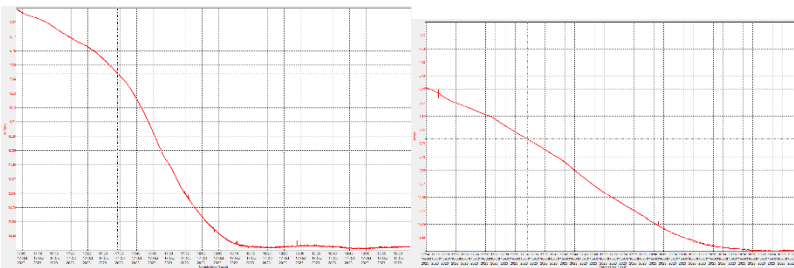
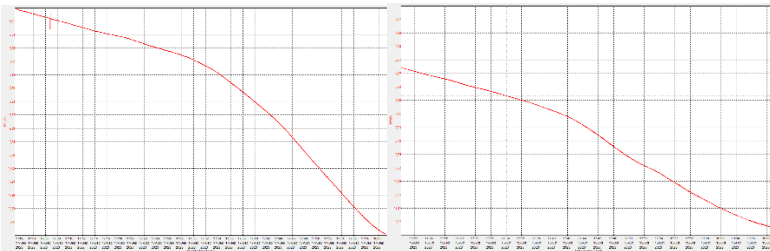
Data SQM Manado:



Data SQM Waingapu:



Data SQM Semarang:



Dokumentasi akses data serta wawancara pada BMKG Pusat Jakarta:



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Balkis Sifara Alawiya
2. Tempat & Tgl. Lahir : Jambi, 17 Mei 2000
3. Alamat Rumah : Jl. Patimura Lrg. Kelapa Gading Rt. 01
Kel, Simpang Rimbo Kec. Alam Barajo,
Jambi.
4. HP : 085366936234
5. E-mail : balkisbalkis168@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal:
 - a. Taman Kanak-kanak : Al Muthmainnah
 - b. Sekolah Dasar : SD IT Nurul Ilmi
 - c. Sekolah Menengah Pertama: SMP IT Nurul Ilmi
 - d. Sekolah Menengah Atas : SMA N 11 Kota Jambi
2. Pendidikan Non-Formal:
 - a. Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

C. Karya Ilmiah

- a. Skripsi: Korelasi Penentuan Awal Waktu Sholat Menggunakan Rasi bintang
- b. Jurnal: Relevansi Penentuan Arah Kiblat dengan Data Rasi Bintang dalam Kitab Suwar Al-Kawakib