

# EFEK POLUSI CAHAYA TERHADAP PENENTUAN AWAL WAKTU SUBUH DI INDONESIA

## DISERTASI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat  
guna Memperoleh Gelar Doktor  
dalam Studi Islam



Oleh:

**M. Basthoni**

NIM. 1700029035

Konsentrasi: Ilmu Falak

PROGRAM DOKTOR STUDI ISLAM  
PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG  
2022





**KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
PASCASARJANA**

Jl. Walisongo 3-5, Semarang 50185, Indonesia, Telp. – Fax: +62 24 7614454  
Email: [pascasarjana@walisongo.ac.id](mailto:pascasarjana@walisongo.ac.id) website: <http://pasca.walisongo.ac.id>

---

**PENGESAHAN MAJELIS PENGUJI UJIAN TERBUKA**

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa disertasi saudara:

Nama : **M. Basthoni**  
NIM : 1700029035  
Judul : **Efek Polusi Cahaya terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh di Indonesia**

telah diujikan pada 06 Juli 2022 dan dinyatakan:

**LULUS**

dalam ujian Terbuka Disertasi Program Doktor sehingga dapat dilakukan Yudisium Doktor.

Nama	tanggal	tanda tangan
<b>Prof. Dr. H. Abdul Ghofur, M.Ag.</b> Ketua/Penguji	6/7-2022	
<b>Dr. H. Muhyar Fanani, M.Ag.</b> Sekretaris/Penguji	6 Juli 2022	
<b>Prof. Dr. H. Thomas Djamaluddin, M.Sc.</b> Promotor/Penguji	6/7-2022	
<b>Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.</b> Ko-Promotor/Penguji	6 Juli 2022	
<b>Dr. H. Dhani Herdiwijaya, M.Sc.</b> Penguji	6 Juli 2022	
<b>Prof. Dr. Muslich Shabir, M.A.</b> Penguji	6 Juli 2022	
<b>Dr. H. Akhmad Arif Junaidi, M.Ag.</b> Penguji	6/7-2022	
<b>Dr. H. Rokhmadi, M.Ag.</b> Penguji	6-7-2022	



## PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : **M. Basthoni**

NIM : 1700029035

Judul Penelitian : **Efek Polusi Cahaya terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh di Indonesia**

Program Studi : Studi Islam

Konsentrasi : Ilmu Falak

menyatakan bahwa disertasi yang berjudul:

### **EFEK POLUSI CAHAYA TERHADAP PENENTUAN AWAL WAKTU SUBUH DI INDONESIA**

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

Semarang, Juni 2022  
Pembuat Pernyataan,



**M. Basthoni**  
NIM. 1700029035



## NOTA DINAS

Semarang, 29 April 2022

Kepada  
Yth. Direktur Pascasarjana  
UIN Walisongo Semarang  
di Semarang

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

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

Nama : **M. Basthoni**  
NIM : 1700029035  
Konsentrasi : Ilmu Falak  
Program Studi : Studi Islam  
Judul : **Efek Polusi Cahaya terhadap Penentuan Awal Waktu  
Subuh di Indonesia**

Kami memandang bahwa disertasi tersebut sudah dapat diajukan kepada Pascasarjana UIN Walisongo Semarang untuk diujikan dalam Sidang Ujian Disertasi (Tertutup).

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Promotor



Prof. Dr. Thomas Djamaluddin, M.Sc.  
NIP. 196201231987031002

Ko-Promotor



Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag  
NIP. 197205121999031003





## ABSTRAK

Judul : **Efek Polusi Cahaya terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh di Indonesia**  
Penulis : **M. Basthoni**  
NIM. : 1700029035

Beberapa tahun terakhir kriteria awal waktu Subuh yang digunakan di Indonesia diragukan validitasnya dan dianggap terlalu malam. Untuk memverifikasi atau mengoreksi kriteria tersebut diperlukan pengamatan di lapangan. Sementara itu masih cukup banyak para peneliti dalam melakukan pengamatan fajar *ṣādiq* kurang memperhatikan efek polusi cahaya, padahal prinsip pengamatan dalam astronomi adalah masalah kontras. Semakin kontras maka obyek yang diamati semakin mudah dikenali. Cahaya awal fajar *ṣādiq* sebagai salah satu obyek astronomi yang redup juga membutuhkan kondisi lingkungan yang bebas polusi cahaya sehingga terbit fajar bisa dideteksi dengan valid. Kesenjangan ini menyebabkan variasi hasil pengukuran waktu terbit fajar *ṣādiq* dan selanjutnya meresahkan masyarakat dalam menentukan awal waktu Subuh. Penelitian ini dimaksudkan untuk menjawab permasalahan: (1) Mengapa perlu koreksi efek polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh? (2) Bagaimana formulasi koreksi polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh? Permasalahan tersebut dibahas melalui studi lapangan. Data diperoleh melalui pengamatan fajar *ṣādiq* menggunakan Sky Quality Meter di lapangan baik melalui pengamatan mandiri, pengamat fajar yang lain, dan pengamatan oleh beberapa instansi. Data dianalisis menggunakan analisis deskriptif-komparatif dan statistika deskriptif dengan pendekatan fiqh, astronomi, matematis dan *scientific-cum-doctriner*.

Kajian ini menunjukkan bahwa: (1) Diperlukan koreksi efek polusi cahaya buatan dalam penentuan awal waktu Subuh karena semakin terpolusi cahaya suatu daerah maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih lambat. Analisis korelasi antara tingkat kecerlangan langit malam dan sudut ketinggian Matahari saat terbit fajar *ṣādiq* menunjukkan bahwa ketampakan fajar *ṣādiq* 77% dipengaruhi oleh polusi cahaya. Di lokasi ideal (gelap) dengan kecerlangan langit malam  $\geq 21,3$  mpsas, fajar *ṣādiq* terdeteksi rata-rata pada saat sudut depresi atau ketinggian Matahari -  $19,73 \pm 0,19$  derajat, sedangkan di lokasi yang kurang ideal (daerah agak

gelap, agak terang, dan terang) secara berturut-turut fajar *ṣādiq* terdeteksi pada sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-16,70 \pm 1,48$  derajat,  $-14,80 \pm 0,66$  derajat, dan  $-14,10 \pm 0,81$  derajat. (2) Formula koreksi polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh dilakukan dengan pemodelan kecerlangan langit malam di empat kategori lokasi dengan regresi linear. Pemodelan regresi linear di daerah gelap dijadikan acuan untuk mengoreksi daerah yang lebih terang. Untuk melakukan koreksi dicari selisih pemodelan masing-masing kategori lokasi dengan pemodelan di daerah gelap. Semakin besar selisihnya maka daerah tersebut semakin terpolusi oleh polusi cahaya. Persamaan regresi linear kecerlangan langit malam terhadap sudut ketinggian Matahari ( $x$ ) saat terbit fajar di empat kategori lokasi (gelap, agak gelap, agak terang, dan terang) secara berturut-turut adalah: (1)  $f(x) = -0,01837x + 21,44$  (2)  $g(x) = -0,01332x + 20,56$  (3)  $h(x) = -0,005275x + 19,79$  (4)  $i(x) = -0,0007121x + 17,14$ . Dampak polusi cahaya pada sudut ketinggian Matahari digambarkan dengan persamaan  $y = -1,6016x + 16,13 \pm 2,16$ , dengan  $y$  adalah ketinggian Matahari saat terbit fajar (dalam derajat) dan  $x$  kecerlangan langit malam (dalam mpsas). Temuan tersebut memberikan acuan kepada peneliti berikutnya untuk lebih selektif dalam menentukan lokasi pengamatan fajar supaya hasilnya juga valid, yaitu memilih lokasi pengamatan yang minim polusi cahaya. Selanjutnya temuan waktu terbit fajar *ṣādiq* di lokasi ideal bisa dijadikan acuan masyarakat bahwa kriteria awal waktu Subuh yang selama ini digunakan adalah sudah tepat.

**Kata kunci:** efek polusi cahaya, formula koreksi polusi cahaya, awal waktu Subuh.

## ABSTRACT

In recent years, the validity of the early dawn criteria used in Indonesia has been doubtful and considered too early. Verification or correction of these criteria requires field observations. Meanwhile, many researchers are still observing the true dawn, not paying attention to the effects of light pollution. In comparison, the principle of observation in astronomy is a matter of contrast. The more contrast the observed object is easier and faster to recognize. The early light of the true dawn as one of the dim astronomical objects also requires environmental conditions that are free of light pollution so that the appearance of dawn can be detected validly. This gap causes variations in the measurement of the time of the appearance of the true dawn and further worries the public in determining the beginning of the dawn time. This study is intended to answer the following problems: (1) Why is it necessary to correct the effects of light pollution in determining the early morning prayer time? (2) How does light pollution correction formulation determine the early morning prayer time? These problems were discussed through field studies. Data was obtained through observations of true dawn using a Sky Quality Meter in the field through independent observations, other dawn observers, and observations by several agencies. Data were analyzed using descriptive-comparative and descriptive statistics with fiqh, astronomy, mathematical and scientific-cum-doctrine approaches.

This study shows that: (1) It is necessary to correct the effect of artificial light pollution in determining the early dawn time. The more light-polluted an area is, the slower the dawn light is detected. The correlation between the night sky's brightness and the Sun depression angle at the appearance of the true dawn shows that the appearance of the true dawn is 77% influenced by light pollution. In an ideal location (dark) with a night sky brightness of 21.3 mpsas or more, true dawn is detected on average when the Sun's depression angle is  $-19.73 \pm 0.19$  degrees. While in less than ideal locations (a bit dark area, a bit bright, and bright), true dawn, respectively, were detected when the Sun's depression angle is  $-16.70 \pm 1.48$  degrees,  $-14.80 \pm 0.66$  degrees, and  $-14.10 \pm 0.81$  degrees. (2) The light pollution correction formula in determining the early dawn time is carried out by modeling the night sky's brightness in four location categories with linear regression. Linear regression modeling in dark areas is used as a reference to correct for lighter areas. To make corrections,

look for the difference between the modeling of each location category and the modeling in dark areas. The greater the difference, the more polluted the area by light pollution. The linear regression equations of the night sky's brightness and the Sun depression angle ( $x$ ) at the appearance of true dawn in the four location categories (dark, a bit dark area, a bit bright, and bright) respectively are: (1)  $f(x) = -0.01837x + 21.44$  (2)  $g(x) = -0.01332x + 20.56$  (3)  $h(x) = -0.005275x + 19.79$  (4)  $i(x) = -0.0007121x + 17.14$ . The effect of light pollution on the Sun's depression angle is described by the equation  $y = 1.6016x + 16.13 \pm 2.16$ , where  $y$  is the Sun's depression angle at the true dawn (in degrees), and  $x$  is the night sky's brightness (in mpsas). These findings provide a reference for future researchers to be more selective in determining the location of dawn observations. The results are also valid, namely choosing an observation location with minimal light pollution. Furthermore, the finding of true dawn appearance time in an ideal location can be used as a reference for the community that the criteria for the early dawn time that have been used so far are correct.

**Keywords:** light pollution effect, the light pollution correction formula, early morning prayer time

## الملخص

في السنوات الأخيرة ، فإن صحة معايير الدخول لصلاة الفجر المستخدمة في إندونيسيا مشكوك فيها وتعتبر متأخرة. لتحقيق هذه المعايير أو تصحيحها ، يلزم إجراء ملاحظات ميدانية. لا يزال هناك الكثير من الباحثين في مراقبة الفجر الصادق الذين لا ينتبهون لآثار التلوث الضوئي. في حين أن أصل الملاحظات في علم الفلك هو مسألة تباين. كلما زاد التباين، أصبحت رؤية الأجسام الفلكية المرصودة أسهل وأسرع. الفجر الصادق هو كائن فلكي ، لذلك فإن ضوء الفجر الخافت يتطلب أيضًا ظروفًا بيئية خالية من التلوث الضوئي حتى يمكن اكتشاف الفجر الصادق بشكل صحيح. هذا التناقض يسبب اختلافات في نتائج قياس وقت الفجر الصادق ويقلق الكثير من الناس في تحديد وقت صلاة الصبح. تهدف هذه الدراسة إلى الإجابة عن المشكلات التالية: (١) لماذا يلزم تصحيح آثار التلوث الضوئي في تحديد وقت صلاة الصبح؟ (٢) كيف تكون صياغة تصحيح التلوث الضوئي في تحديد وقت صلاة الفجر؟ تمت دراسة هذه المشاكل من خلال الدراسات الميدانية. تم الحصول على البيانات من خلال رصد الفجر الصادق باستخدام SQM (مقياس سطوع السماء) في الميدان إما من خلال الملاحظات المستقلة وغيرهم من الراصدين في الفجر والملاحظات من قبل العديد من الوكالات. تم تحليل البيانات باستخدام التحليل الوصفي المقارن والإحصاء الوصفي مع مناهج الفقه والفلك والرياضيات والعلمية.

تبين هذه الدراسة أن: (١) تصحيح آثار التلوث الضوئي ضروري في تحديد أول وقت صلاة الصبح لأنه كلما زاد التلوث الضوئي في مكان ما، سيتأخر الكشف عن ضوء الفجر الصادق ظهر تحليل الارتباط بين سطوع سماء الليل وزاوية ارتفاع الشمس عند ظهور الفجر الصادق أن ظهور الفجر الصادق يتأثر بنسبة ٧٧٪ بالتلوث الضوئي. في مكان مثالي (مظلم) مع سطوع سماء ليلية يبلغ ٢١,٣ mpsas أو أكثر ، يتم اكتشاف الفجر الصادق في موقع الشمس -١٩,٧٣ ± ٠,١٩ درجة ، بينما في مواقع أقل من المثالية (مظلمة قليلاً ، ومشرقة قليلاً ، ومشرقة) يظهر الفجر الصادق في موقع الشمس -١٦,٧٠ ± ١,٤٨ درجة ، -١٤,٨٠ ± ٠,٦٦ درجة ، -١٤,١٠ ± ٠,٨١ درجة على التوالي. (٢) تتم معادلة تصحيح التلوث الضوئي في تحديد وقت صلاة الفجر من خلال نمذجة سطوع سماء الليل في أربع فئات من المواقع باستخدام الانحدار الخطي. نمذجة الانحدار الخطي في الأماكن المظلمة هي مرجع

لتصحيح المواقع المضيئة. لتصحيح التلوث الضوئي، يتم البحث عن الفرق بين نمذجة كل موقع والنمذجة في المناطق المظلمة. كلما زاد الاختلاف، زاد تلوث الموقع بالتلوث الضوئي. معادلة الانحدار الخطي لسطوع سماء الليل فيما يتعلق بزاوية ارتفاع الشمس ( $x$ ) عند ظهور الفجر الصادق في فئات المواقع الأربع (مظلمة، ومظلمة قليلاً، ومشرقة قليلاً، ومشرقة) على التوالي هي: (١)  $f(x) = -0.01837x + 21.44$  (٢)  $g(x) = -0.01332x + 20.56$  (٣)  $h(x) = -0.005275x + 19.79$  (٤)  $i(x) = -0.0007121x + 17.14$ . يتم وصف تأثير التلوث الضوئي على زاوية ارتفاع الشمس بالمعادلة  $y = -1.6016x + 16.13 \pm 2.16$ ، حيث  $y$  هي زاوية ارتفاع الشمس عند الفجر (بالدرجات) و  $x$  سطوع سماء الليل (mpsas). توفر هذه النتائج مرجعاً للباحثين المستقبليين ليكونوا أكثر انتقائية في تحديد موقع ملاحظات الفجر بحيث تكون النتائج صحيحة أيضاً، أي اختيار موقع مراقبة مع الحد الأدنى من التلوث الضوئي. يمكن أن تكون نتائج الدراسة حول وقت ظهور الفجر الصادق في الموقع المثالي مرجعاً للمجتمع بأن معايير أول وقت صلاة الصبح التي يستخدمونها صحيحة.

**كلمة رئيسية:** التأثير التلوث الضوئي، صيغة تصحيح التلوث الضوئي، أول صلاة الصبح

## TRANSLITERASI

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

### 1. Konsonan

No.	Arab	Latin
1	ا	tidak dilambangkan
2	ب	b
3	ت	t
4	ث	ṡ
5	ج	j
6	ح	ḥ
7	خ	kh
8	د	d
9	ذ	ẓ
10	ر	r
11	ز	z
12	س	s
13	ش	sy
14	ص	ṣ
15	ض	ḍ

No.	Arab	Latin
16	ط	ṭ
17	ظ	ẓ
18	ع	‘
19	غ	G
20	ف	F
21	ق	Q
21	ك	K
22	ل	L
23	م	M
24	ن	N
25	و	W
26	هـ	H
27	ء	’
28	ي	Y

### 2. Vokal Pendek

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

### 3. Vokal Panjang

... = ā	قَالَ	qāla
... = ī	قِيلَ	qīla
... = ū	يَقُولُ	yaqūlu

### 4. Diftong

... = ai	كَيْفَ	kaifa
... = au	حَوْلَ	ḥaula

#### Catatan:

Kata sandang [al-] pada bacaan syamsiyyah atau qamariyyah ditulis [al-] secara konsisten supaya selaras dengan teks Arabnya.

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang maha pengasih dan penyayang, bahwa atas *taufiq* dan hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan penyusunan disertasi ini. Disertasi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Doktor dalam Studi Islam di Program Pascasarjana Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang.

Dalam penyusunan disertasi ini penulis banyak mendapatkan bimbingan dan saran-saran dari berbagai pihak sehingga penyusunan disertasi ini dapat terselesaikan. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Thomas Djamaluddin, M.Sc. dan Bapak Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag. selaku Promotor dan Ko-Promotor yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan disertasi ini.
2. Yang terhormat Bapak Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag. selaku Rektor UIN Walisongo Semarang.
3. Yang terhormat Bapak Prof. Dr. H. Abdul Ghofur M.Ag. dan Bapak Dr. H. A. Muhyar Fanani, M. Ag selaku Direktur dan wakil Direktur Pascasarjana UIN Walisongo Semarang.
4. Yang terhormat Bapak Prof. Dr. H. Fatah Syukur, M. Pd. dan Bapak Dr. H. Muhammad Sulthon, M.Ag. selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Doktor Studi Islam.
5. Para Dosen Pengajar di lingkungan Pascasarjana UIN Walisongo Semarang, yang telah membekali berbagai pengetahuan sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan disertasi.
6. Kedua orang tua Bapak H. Muchibuddin (alm) dan Ibu Hj. Silaturrohmah serta kedua mertua penulis Bapak H. Ahmad Choiruddin (alm) dan Ibu Hj. Mazro'ah yang senantiasa memberikan dukungan dan restunya.
7. Bapak KH. Drs. Ahmad Hadlor Ihsan dan keluarga yang senantiasa memberikan *wejangan* selama penulis di pesantren.
8. Segenap kyai, ustadz, dan para peneliti yang tergabung dalam Tim Kajian Fajar Lembaga Falakiah PBNU, terkhusus kepada Dr. KH. Abd. Salam Nawawi, KH. Yazid Fatah, K.H. Abdul Moeid Zahid, Dr. Ing. Khafid, Ma'rufin Sudibyo, M.Si., dan Hendro Setyanto, M.Si, yang telah banyak memberikan saran dan masukan dari berbagai *angle* dalam dinamika kajian waktu Subuh.

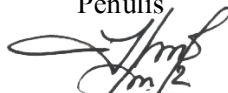


9. Segenap peneliti yang tergabung dalam WAG (Whatsapp Group) “SQM User”, terkhusus kepada Dr. H. Dhani Herdiwijaya, M.Sc., Adi Damanhuri, M.Si, Yudhiakto Pramudya, Ph.D, Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si, Dr. Rhorom Priyatikanto, dan Hendra Agus Prastyo, M.Si yang telah banyak berbagi data SQM dan pengalaman serta berdiskusi terkait instrumenasi dan teknis analisis data SQM.
10. Segenap instansi yang telah berbagi data SQM untuk penelitian disertasi, yaitu Observatorium Bosscha Bandung, LAPAN-BRIN, Imah Noong Lembang Bandung, Observatorium As-Salam Solo, Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Lembaga Falakiyah PCNU Kab. Gresik Jawa Timur, dan IAIN Lhokseumawe Aceh.
11. Keluarga besar mahasiswa konsentorasi Ilmu Falak Program Pascasarjana Studi Islam (S3) angkatan 2017, Dr. Sakirman, M.S.I., Dr. H. Sayehu, M.Kom, H. Ahmad Mulyadi, M.Ag, Hudi, M.S.I, Umar Hamdan, M.Pd.I., dan Sudarmadi Putra, M.Ud. yang memberi inspirasi dan diskusi di kelas maupun di luar kelas, baik secara *onsite* maupun online. Semoga semua sukses dan senantiasa dalam naungan ridla Allah SWT. Amin.
12. Segenap Tim Observasi Fajar Pondok Pesantren Al-Ishlah, khususnya Adi Nugroho, S.H, M. Nur Iskandar Fajri, S.H., dan Rohmat Mushtofa yang telah banyak membantu dalam proses pengamatan di lapangan.
13. Keluarga kecil penulis, istri tercinta Hj. Ainun Ni'mah, AH beserta ananda M. Fahmil Labib (13 tahun), dan M. Akmal Athif (5 tahun) yang rela mendukung lahir-batin dalam proses penyelesaian disertasi ini.

Pada akhirnya disadari bahwa penulisan disertasi ini belum mencapai kesempurnaan dalam arti sebenarnya. Namun demikian, semoga disertasi ini tetap memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Semarang, Juni 2022

Penulis



M. Basthoni

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN MAJELIS PENGUJI UJIAN TERBUKA.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI.....	v
NOTA DINAS.....	vii
ABSTRAK.....	ix
TRANSLITERASI.....	xv
KATA PENGANTAR.....	xvi
DAFTAR ISI.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR GAMBAR.....	xxii
DAFTAR SINGKATAN.....	xxv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	11
C. Batasan Penelitian.....	11
D. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	13
E. Kajian Pustaka.....	14
F. Metode Penelitian.....	28
1. Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	28
2. Teknik Pengumpulan Data.....	30
3. Teknik Analisis Data.....	40
G. Sistematika Pembahasan.....	45
<b>BAB II FAJAR DALAM LITERATUR KEISLAMAN DAN</b>	
<b>    ASTRONOMI.....</b>	<b>47</b>
A. Dasar Hukum Awal Waktu Subuh.....	47
B. Fajar dalam Literatur Keislaman.....	54
C. Fajar dalam Perspektif Astronomi.....	68
D. Polusi Cahaya, Skala Bortle, dan Pengamatan Fajar ..	81
1. Permasalahan Polusi Cahaya.....	81
2. Jenis Polusi Cahaya.....	84
3. Dampak Negatif Polusi Cahaya.....	88
4. Skala Bortle dan Pengamatan Fajar.....	92
<b>BAB III KARAKTERISTIK FISIS CAHAYA AWAL FAJAR</b>	
<b>    <i>ŞADIQ</i> DAN GANGGUANNYA.....</b>	<b>99</b>

A.	Sky Quality Meter dan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar.....	100
1.	Sky Quality Meter .....	100
2.	Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) .....	105
B.	Pemodelan Fungsi Linear: Solusi Alternatif Penentuan Titik Belok Kurva Fajar.....	112
C.	Karakter Fisis Cahaya Awal Fajar <i>Şādiq</i> .....	120
D.	Perbandingan Ketampakan Fajar Berdasarkan Perbedaan Tingkat Polusi Cahaya.....	130
E.	Perbandingan Ketampakan Fajar Berdasarkan Tingkat Iluminasi Cahaya Bulan.....	142
1.	Daerah Gelap.....	143
2.	Daerah Agak Gelap .....	146
3.	Daerah Agak Terang .....	150
4.	Daerah Terang.....	154
F.	Perbandingan Ketampakan Fajar Berdasarkan Kecerahan Cuaca.....	160
1.	Daerah Gelap.....	162
2.	Daerah Agak Gelap .....	167
3.	Daerah Agak Terang .....	170
4.	Daerah Terang.....	173
BAB IV	FORMULA KOREKSI POLUSI CAHAYA .....	183
A.	Formula Koreksi Polusi Cahaya .....	184
B.	Formula Prediksi Awal Terbit Fajar <i>Şādiq</i> .....	190
1.	Regresi Linear Sederhana.....	191
2.	Uji Linearitas Regresi Linear .....	195
3.	Formula Prediksi Awal Terbit Fajar <i>Şādiq</i> .....	196
BAB V	PENUTUP .....	201
A.	Kesimpulan.....	201
B.	Saran.....	202
C.	Penutup.....	204
DAFTAR PUSTAKA	.....	205
Lampiran 1	: Tabel Nilai-Nilai <i>r Product Moment</i> .....	222
Lampiran 2	: Analisis data pengamatan di daerah gelap .....	225
Lampiran 3	: Analisis data pengamatan di daerah agak gelap .....	252
Lampiran 4	: Analisis data pengamatan di daerah agak terang .....	267

Lampiran 5 : Analisis data pengamatan di daerah terang .....	285
RIWAYAT HIDUP.....	299
GLOSARIUM.....	302
INDEKS.....	305

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1.	Lokasi pengamatan di daerah gelap .....	31
Tabel 1. 2.	Lokasi pengamatan di daerah agak gelap.....	33
Tabel 1. 3.	Lokasi pengamatan di daerah agak terang .....	34
Tabel 1. 4.	Lokasi pengamatan di daerah terang.....	35
Tabel 2. 1.	Perbedaan ketinggian fajar <i>ṣādiq</i> berbagai organisasi dan negara.....	74
Tabel 2. 2.	Perbedaan ketinggian fajar <i>ṣādiq</i> ulama Falak Indonesia .....	75
Tabel 2. 3.	Ringkasan skala Bortle .....	94
Tabel 3. 1.	Perbandingan model SQM .....	103
Tabel 3. 2.	Rekap hasil pengamatan di lokasi ideal dengan instrumen diarahkan ke ufuk timur .....	121
Tabel 3. 3.	Rekap hasil pengamatan di lokasi ideal dengan instrumen diarahkan ke <i>zenith</i> .....	123
Tabel 3. 4.	Perbandingan data di beberapa lokasi dengan level kecerlangan langit malam yang berbeda .....	131
Tabel 3. 5.	Pedoman untuk memberikan interpretasi terhadap koefisien korelasi .....	138
Tabel 3. 6.	Rekap korelasi ketampakan fajar berdasarkan tingkat iluminasi cahaya Bulan di empat kategori lokasi pengamatan .....	158
Tabel 3. 7.	Rekap korelasi ketampakan fajar berdasarkan perbedaan cuaca di empat kategori lokasi pengamatan.....	177
Tabel 4. 1.	Perbandingan kecerlangan langit malam berdasarkan definisi fajar baku di empat kategori lokasi .....	185
Tabel 4. 2.	Hasil pemodelan kecerlangan langit malam di empat kategori lokasi serta selisih masing-masing dengan daerah tergelap. ....	187
Tabel 4. 3.	Perbandingan hasil pengamatan dan perkiraan terbit fajar dengan regresi linear di empat kategori lokasi.....	198

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1.	Sebaran lokasi pengamatan.....	38
Gambar 2. 1.	Fajar dalam Astronomi.....	69
Gambar 2. 2.	Fajar astronomi di Labuanbajo Nusa Tenggara Timur..	70
Gambar 2. 3.	Fajar nautika di Labuanbajo Nusa Tenggara Timur.....	70
Gambar 2. 4.	Fajar sipil di Labuanbajo Nusa Tenggara Timur.....	71
Gambar 2. 5.	Terbit Matahari di Labuanbajo Nusa Tenggara Timur.	71
Gambar 2. 6.	Cahaya Zodiak akibat hamburan debu antar planet .....	72
Gambar 2. 7.	Fajar <i>kāzib</i> di Pulau Bawean Kab. Gresik .....	73
Gambar 2. 8.	Fajar <i>ṣādiq</i> di Pulau Bawean Kab. Gresik .....	73
Gambar 2. 9.	Pengaruh temperatur terhadap hamburan cahaya fajar.	77
Gambar 2. 10.	Keteraturan temperatur area 40-70 km .....	78
Gambar 2. 11.	Ketidakteraturan temperatur area 70-90 km .....	78
Gambar 2. 12.	Ketidakteraturan temperatur area 0-40 km .....	79
Gambar 2. 13.	Pengaruh polusi terhadap fajar .....	80
Gambar 2. 14.	<i>World Map Of Artificial Sky Brightness</i> .....	83
Gambar 2. 15.	<i>Glare</i> .....	86
Gambar 2. 16.	<i>Sky Glow</i> .....	86
Gambar 2. 17.	<i>Light Trespass</i> .....	87
Gambar 2. 18.	<i>Light Clutter</i> .....	87
Gambar 2. 19.	Spektrum yang terkandung dalam lampu LPS, HPS dan LED.....	91
Gambar 3. 1.	Perbandingan spectrum cahaya yang direkam oleh SQM (a) dan rentang gelombang cahaya yang dikenali oleh mata manusia (b).....	102
Gambar 3. 2.	Alur kerja sistem otomatisasi observasi fajar.....	107
Gambar 3. 3.	Salah satu foto fajar yang terekam.....	108
Gambar 3. 4.	Kurva <i>plotting</i> dari file <i>.dat</i> yang terekam sistem.....	109
Gambar 3. 5.	Hasil file <i>.dat</i> yang terekam oleh sistem .....	110
Gambar 3. 6.	Data terunggah otomatis ke Google Drive.....	110
Gambar 3. 7.	Plot kurva kecerlangan langit malam dan pemodelan fungsi linearnya.....	117
Gambar 3. 8.	Hasil <i>zoom-in</i> pada area terbit fajar <i>ṣādiq</i> .....	118
Gambar 3. 9.	Hasil <i>zoom-in</i> pada area terbit fajar <i>kāzib</i> . .....	119
Gambar 3. 10.	Perbandingan hasil deteksi fajar oleh SQM arah ufuk dan 45 derajat di Dukuhseti .....	125
Gambar 3. 11.	Perbandingan hasil deteksi fajar oleh SQM arah ufuk, 45 derajat, dana rah <i>zenith</i> di Banyuwangi .....	126

Gambar 3. 12.	Perbandingan pola kurva cahaya fajar di daerah gelap	128
Gambar 3. 13.	Data statistika yang dihasilkan oleh perintah <i>stats</i> .....	134
Gambar 3. 14.	Perbandingan level kecerlangan malam dan terbit fajar di empat kategori lokasi.....	138
Gambar 3. 15.	Plot perbandingan terbit fajar di Banyuwangi berdasarkan beberapa fase Bulan .....	143
Gambar 3. 16.	Plot perbandingan terbit fajar di Karimunjawa berdasarkan beberapa fase Bulan .....	145
Gambar 3. 17.	Plot perbandingan terbit fajar di Tilong Kupang berdasarkan beberapa fase Bulan .....	147
Gambar 3. 18.	Plot perbandingan terbit fajar di Biak Papua berdasarkan beberapa fase Bulan .....	149
Gambar 3. 19.	Plot perbandingan terbit fajar di Pasuruan berdasarkan beberapa fase Bulan .....	151
Gambar 3. 20.	Plot perbandingan terbit fajar di Lembang Bandung berdasarkan beberapa fase Bulan .....	153
Gambar 3. 21.	Plot perbandingan terbit fajar di Semarang berdasarkan beberapa fase Bulan .....	155
Gambar 3. 22.	Plot perbandingan terbit fajar di Pontianak berdasarkan beberapa fase Bulan .....	157
Gambar 3. 23.	Ilustrasi level kecerlangan langit malam dari yang paling terang sampai yang paling gelap.....	159
Gambar 3. 24.	Plot perbandingan terbit fajar di Banyuwangi berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.....	162
Gambar 3. 25.	Plot perbandingan terbit fajar di Karimunjawa berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.....	164
Gambar 3. 26.	Perbandingan hasil plot cahaya fajar yang direkam di Karimunjawa menggunakan SQM saat mendung (a) dan cerah (c) serta foto fajar pada saat mendung (b) dan cerah (d).....	166
Gambar 3. 27.	Plot perbandingan terbit fajar di Tilong Kupang berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.....	167
Gambar 3. 28.	Plot perbandingan terbit fajar di Biak berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.....	169
Gambar 3. 29.	Plot perbandingan terbit fajar di Pasuruan berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.....	170
Gambar 3. 30.	Plot perbandingan terbit fajar di Lembang Bandung berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.....	172

Gambar 3. 31. Plot perbandingan terbit fajar di Semarang berdasarkan tingkat kecerahan cuaca. ....	174
Gambar 3. 32. Plot perbandingan terbit fajar di Pontianak berdasarkan tingkat kecerahan cuaca. ....	176
Gambar 3. 33. Perkiraan nilai kecerlangan langit malam di Birmingham berdasarkan peta kecerlangan langit dari web <a href="http://lightpollutionmap.info">http://lightpollutionmap.info</a> .....	179
Gambar 4. 1. Perbandingan plot data fajar di empat kategori daerah dengan tingkat polusi cahaya berbeda.....	184
Gambar 4. 2. Plot data kecerlangan langit malam dan persamaan linear dari empat kategori lokasi. ....	187
Gambar 4. 3. Garis regresi y karena pengaruh x dalam persamaan regresi $y = 0,5x + 2,0$ .....	192
Gambar 4. 4. Data statistika yang dihasilkan oleh perintah <i>stats</i> .....	194
Gambar 4. 5. Plot perbandingan level kecerlangan langit malam dan terbit fajar di empat kategori lokasi .....	195



## DAFTAR SINGKATAN

GPS	: <i>Global Positioning System</i>
ISRN	: <i>The Islamic Science Research Network</i>
Kemenag RI	: Kementerian Negara Republik Indonesia
MPSAS	: <i>Magnitude per Square Arc Second</i>
MUI	: Majelis Ulama Indonesia
NELM	: <i>Naked Eye Limiting Magnitude</i>
NTP	: <i>Network Time Protocol</i>
PySQM	: <i>Python for Sky Quality Meter</i>
RTC	: <i>Real-Time Clock</i>
SOOF	: Sistem Otomatisasi Observasi Fajar
SQM	: Sky Quality Meter
UDM	: Unihedron Device Manager



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Akhir-akhir ini jadwal awal waktu Subuh di Indonesia telah dipermasalahkan oleh sebagian kalangan umat Islam karena dianggap terlalu pagi dan kriteria yang digunakan, yaitu ketika sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-20^\circ$  di bawah ufuk, tidak didasarkan pada hasil pengamatan fajar yang memadai<sup>1</sup> dan hanya didasarkan pada data historis pendapat ulama terdahulu. Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, melalui kajian filologi astronomi dalam bukunya *Fajar dan Syafak dalam Kesarjanaan Astronom Muslim dan Ulama Nusantara*, menyatakan bahwa penentuan  $-20^\circ$  oleh Kemenag RI sebagai kriteria awal waktu Subuh di Indonesia didasarkan pada data historis, yaitu atas gagasan Saadoe'ddin Jambek dan Abdur Rachim. Saadoe'ddin Jambek sendiri tercatat pernah berguru ilmu falak kepada Syaikh Thahir Jalaluddin sehingga patut diduga bahwa standar  $-20^\circ$  tersebut dipolulerkan oleh Saadoe'ddin Jambek yang bersumber dari Syaikh Thahir Jalaluddin. Arwin menambahkan, kriteria  $-20^\circ$  tersebut berasal dari buku-buku falak yang pernah dibaca oleh Thahir Jalaluddin ketika masih di Haramain maupun ketika di Nusantara,

---

<sup>1</sup> Dhani Herdiwijaya, "Sky brightness and twilight measurements at Yogyakarta city, Indonesia," dalam *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 771 (Institute of Physics Publishing, 2016), <https://doi.org/10.1088/1742-6596/771/1/012033>; Kassim Bahali dkk., "Measuring the Sun Depression Angle of Dawn with a DSLR Camera," *Sains Malaysiana* 47, no. 11 (30 November 2018): 2877–85, <https://doi.org/10.17576/jsm-2018-4711-31>.

khususnya buku *al-Mathla' as-Said* dan *Taqrib al-Maqshad* karya Husain Zaid Mesir (w. 1887 M).<sup>2</sup>

Tahun 2010 “gugatan” terhadap kriteria  $-20^{\circ}$  yang ditetapkan oleh Kemenag RI dan telah dipakai secara umum oleh umat Islam di Indonesia tersebut<sup>3</sup>, pernah ramai menjadi perbincangan di berbagai kalangan masyarakat<sup>4</sup>, terutama setelah terbitnya beberapa serial tulisan dalam Majalah Qiblati yang salah satunya berjudul “Salah Kaprah Waktu Subuh” yang menyatakan bahwa adzan salat Subuh di Indonesia dikumandangkan berkisar 24 menit sebelum fajar *ṣādiq* terbit.<sup>5</sup>

---

<sup>2</sup> Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, Fajar & Syafak dalam Kesarjanaan Astronomi Muslim dan Ulama Nusantara (Yogyakarta: LKiS, 2018), 131–33.

<sup>3</sup> Kriteria ini salah satunya dijadikan pedoman dalam buku *Pedoman Penentuan Jadwal Waktu Shalat Sepanjang Masa*. Lihat: Departemen Agama RI, *Pedoman Penentuan Jadwal Waktu Shalat Sepanjang Masa* (Jakarta: Direktorat Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1994), 32.

Kriteria sudut depresi atau ketinggian Matahari dalam waktu salat penting untuk ditentukan dalam pembuatan jadwal waktu salat. Seseorang yang akan salat tentu tidak mungkin selalu melakukan rukyat terhadap sudut depresi atau ketinggian Matahari. Pemikiran ini pada perkembangannya memunculkan beberapa metode perhitungan jadwal salat. Lihat: Ahmad Izzuddin, *Fiqih Hisab Rukyah* (Jakarta: Penerbit Erlangga, 2007), 38–39.

<sup>4</sup> “Nah Lho .... Subuh di Indonesia Kepagian,” diakses 2 Januari 2021, <https://nasional.okezone.com/read/2010/03/23/337/315327/nah-lho-subuh-di-indonesia-kepagian>. Berkaitan dengan permasalahan awal waktu subuh di Indonesia, pada 15 Mei 2013 diselenggarakan “Konferensi Penyatuan Awal Waktu Salat Subuh” oleh Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Alauddin Makassar. Konferensi ini merekomendasikan agar dilakukan penelitian tentang fajar secara kontinyu dengan mengambil lokasi observasi di berbagai tempat agar dapat ditemukan anggitan fajar yang komprehensif sesuai tuntutan syar’i dan sains. “Konferensi Awal Waktu Salat Subuh,” diakses 2 Januari 2021, <http://museumastronomi.com/konferensi-awal-waktu-salat-subuh>.

<sup>5</sup> Lihat: Mamduh Farhan Al-Buhairi, “Salah Kaprah Waktu Subuh,” *Qiblati* (Malang, Mei 2009), 31–35.

Pernyataan senada juga disampaikan oleh Agus Hasan Bashori dalam bukunya *Koreksi Awal Waktu Subuh*. Berdasarkan kajian terhadap nas al-Quran dan Hadis, pendapat para ulama dan pengamatan di beberapa daerah, ia mengusulkan perlunya koreksi awal waktu Subuh di Indonesia, yaitu ketika posisi  $-15^{\circ}$  atau  $-16^{\circ}$  atau terpaut 16-20 menit dibandingkan kriteria yang ditetapkan oleh Kemenag RI.<sup>6</sup>

Di lain pihak, Ma'ruf Amin, ketua Majelis Ulama Indonesia (MUI) saat itu, menyatakan bahwa waktu salat Subuh selama ini sudah benar. Namun demikian Ma'ruf menegaskan bahwa jika ditemukan bukti baru mengenai perbedaan waktu pelaksanaan salat Subuh, hal itu tidak menutup kemungkinan untuk dibicarakan dan didiskusikan untuk dilakukan pembaruan.<sup>7</sup>

Diskursus awal waktu Subuh di Indonesia mengemuka kembali setelah *The Islamic Science Research Network (ISRN)* Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka (UHAMKA) menjelaskan bahwa awal waktu Subuh di Indonesia versi jadwal waktu salat Kemenag RI adalah 26 menit lebih cepat dibanding saat muncul fajar *ṣādiq* yang menjadi acuan awal waktu Subuh. Hal ini didasarkan pada hasil pengamatan fajar

---

<sup>6</sup> Untuk menegaskan pentingnya buku ini, Agus Hasan Bashori menulis ulang intisari buku tersebut dan karya-karyanya yang lain (*Iqamat Shalat Shubuh Menurut Para Ulama* dan buku *Tanggapan Lumrah terhadap Makalah Siapa yang Salah Kaprah*) dalam bukunya yang ke-4, *Waktu Shubuh Secara Syar'i, Astronomi, dan Empiris*. Lihat: Agus Hasan Bashori, *Waktu Shubuh Secara Syar'i, Astronomi, dan Empiris* (Malang: Yayasan Bina al-Mujtama', 2016), 4.

<sup>7</sup> "MUI: Waktu Salat Subuh Sudah Pas : Okezone Nasional," diakses 17 Oktober 2021, <https://nasional.okezone.com/read/2010/03/24/337/315474/mui-waktu-salat-subuh-sudah-pas>.

di sebagian besar di Depok dekat Jakarta dengan pengamatan tambahan di wilayah Medan, Cirebon dan Makasar.<sup>8</sup> Selain itu ISRN juga menyatakan bahwa berdasar hasil penelitiannya tersebut tidak ditemukan korelasi yang signifikan antara polusi cahaya dan terbit fajar.<sup>9</sup>

Di sisi lain, Kemenag RI menepis hasil penelitian ISRN tersebut dan menyatakan waktu salat Subuh yang ada saat ini sudah tepat.<sup>10</sup> Djamaluddin menguatkan pernyataan Kemenag RI tersebut dengan mengatakan bahwa awan tipis dan polusi cahaya bisa menghalangi cahaya fajar di ufuk timur sehingga fajar astronomi yang putih tipis tidak tampak. Pengukuran fajar dengan Sky Quality Meter (SQM) dari tengah kota dengan polusi cahaya yang cukup kuat bisa menggecoh sehingga

---

<sup>8</sup> Kanavino Ahmad Rizqo, “ISRN Uhamka Nyatakan Waktu Salat Subuh Indonesia Lebih Awal 26 Menit, MUI Minta Diuji,” diakses 4 Januari 2021, <https://news.detik.com/berita/d-4544931/isrn-uhamka-nyatakan-waktu-salat-subuh-indonesia-lebih-awal-26-menit-mui-minta-diuji>.

<sup>9</sup> Tono Saksono selaku ketua ISRN beberapa kali menegaskan pada beberapa tulisannya di blognya dan channel YouTubanya bahwa tidak ada korelasi signifikan antara polusi cahaya dan kehadiran fajar. Lihat misalnya: Tono Saksono, “Korelasi antara polusi dengan kehadiran fajar,” diakses 15 November 2020, <https://www.saksono.org/2018/08/korelasi-antara-polusi-dengan-kehadiran.html>; Tono Saksono, “Sekali lagi: polusi tidak dapat menahan kehadiran fajar,” diakses 15 November 2020, <https://www.saksono.org/2020/07/sekali-lagi-polusi-tidak-dapat-menahan.html>; Tono Saksono, “Fajar Di Hari Dengan Polusi Cahaya Tertinggi,” diakses 10 Oktober 2020, <https://www.saksono.org/2020/08/fajar-di-hari-dengan-polusi-cahaya.html>; Tono Saksono, “Polusi cahaya tidak menghambat kehadiran fajar,” diakses 22 Maret 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=VnOoUQGbuDY>; Tono Saksono, “Fajar dengan polusi cahaya waning gibous 70% i,” diakses 22 Maret 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=v7U3GXH5c0s>.

<sup>10</sup> Haris Fadhill, “Tepis ISRN Uhamka, Kemenag Pastikan Waktu Salat Subuh Indonesia Sudah Tepat,” diakses 4 Januari 2021, <https://news.detik.com/berita/d-4545323/tepis-isrn-uhamka-kemenag-pastikan-waktu-salat-subuh-indonesia-sudah-tepat>.

menyimpulkan fajar yang lebih lambat. Wajar bila fajar terdeteksi ketika sudut depresi atau ketinggian Matahari -20 derajat di Indonesia karena atmosfer ekuator yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lain.<sup>11</sup>

Fenomena ini berpotensi meresahkan masyarakat karena terkait dengan salah satu syarat sah ibadah yang paling utama<sup>12</sup> dan beberapa rukun Islam, di antaranya yaitu salat, puasa dan haji. Terbit fajar *ṣādiq* tidak hanya menjadi tanda masuk awal waktu salat Subuh,<sup>13</sup> namun juga menjadi tanda diharamkan makan bagi orang puasa serta terbit fajar setelah malam Idul Adha menjadi batas akhir waktu wukuf di Arafah bagi jamaah haji. Ketidaktepatan dalam penentuan terbit fajar bisa berakibat pada ketidakabsahan beberapa ibadah tersebut sebab yang menjadi salah satu pedoman keabsahan suatu ibadah adalah keyakinan pada diri yang melaksanakan ibadah (*ẓann al-mukallaḥ*) dan ibadah tersebut benar-benar dilaksanakan tepat pada waktunya (*ma fī nafs al-amr*). Al-Dimyāṭy

---

<sup>11</sup> T. Djamaluddin, “Benarkah Waktu Subuh di Indonesia Terlalu Cepat?,” diakses 5 Desember 2019, <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2017/09/13/benarkah-waktu-subuh-di-indonesia-terlalu-cepat/>.

<sup>12</sup> Sebagaimana sabda Nabi SAW:

أَوَّلُ مَا يُحَاسَبُ بِهِ الْعَبْدُ يَوْمَ الْقِيَامَةِ الصَّلَاةَ ، فَإِنْ صَلَحَتْ صَلَحَ لَهُ سَائِرُ عَمَلِهِ ، وَإِنْ فَسَدَتْ فَسَدَ سَائِرُ عَمَلِهِ  
(رواه الطبرانی)

Amal perbuatan seorang hamba yang dihisab pertama kali adalah salat, jika salatnya baik maka amal (baik) lainnya juga bernilai baik. Jika salatnya tidak baik (rusak) maka amal (baik) lainnya dianggap tidak baik. (H.R. at-Thabrany). Lihat: Sulaiman bin Ahmad At-Ṭabrany, *al-Muʿjam al-Awsad*, II (Kairo: Dar al-Haramain, 1995), 240.

<sup>13</sup> Ulama fikih telah sepakat bahwa awal waktu subuh dimulai ketika terbitnya fajar *ṣādiq*. Lihat: Sayyid Sabiq, *Fiqh al-Sunnah*, I (Beirut: Dar al-Kitab al-ʿAraby, t.t.), 104; Abdullah bin Hijazi Al-Syarqawy, *Hāsyiyah al-Syarqawy ʿala Ṭuhfah al-Ṭullab*, I (Beirut: Dar al-Fikr, t.t.), 241.

mencontohkan jika seseorang melaksanakan salat tanpa mengetahui waktunya maka salatnya tidak sah walaupun ia melaksanakannya tepat pada waktunya<sup>14</sup>.

Berkaitan dengan awal waktu salat Subuh, Djamaluddin mengutip sabda Rasulullah SAW yang salat Subuh saat kelam pada akhir malam, kemudian pada kesempatan lain ketika hari mulai terang. Setelah itu salat tetap dilakukan pada waktu gelap sampai beliau wafat, tidak pernah lagi pada waktu mulai terang.<sup>15</sup> Lebih lanjut hadis dari Aisyah yang menyatakan bahwa perempuan-perempuan mukmin ikut melakukan salat fajar (Subuh) bersama Nabi SAW dengan menyelubungi badan mereka dengan kain. Setelah salat mereka kembali ke rumah tanpa kenal siapapun karena masih gelap.<sup>16</sup> Menurut Djamaluddin, hadis-hadis tersebut menunjukkan bahwa waktu Subuh memang masih gelap, tetapi fajar sudah tampak di ufuk timur. Warnanya masih putih lembut sebagaimana digambarkan dalam al-Quran seperti benang putih.<sup>17</sup>

---

<sup>14</sup> Muhammad Syaṭa Al-Dimyāṭy, *Hāsyiyah 'Iinah at-Ṭālibīn*, I (Libanon: Dar al-Fikr, t.t.), 115.

<sup>15</sup>

وَصَلَّى الصُّبْحَ مَرَّةً بَعْلَسَ ثُمَّ صَلَّى مَرَّةً أُخْرَى فَأَسْفَرَ بِهَا كَأَنَّهُ صَلَّى بَعْدَ ذَلِكَ الْغَلَسِ حَتَّى مَاتَ لَمْ يَغْدُ إِلَى أَنْ يُسْفَرَ

Abi Dawud Sulaiman Ibn Al-Asy'aṣ, *Sunan Abī Dāwūd*, I (Beirut: Maktabah al-Ashriyah, t.t.), 106.

<sup>16</sup>

كَانَ النَّبِيُّ يُصَلِّي الصُّبْحَ، فَيَشْهَدُ مَعَهُ نِسَاءٌ مِنَ الْمُؤْمِنَاتِ مُتَلَفِعَاتٍ بِمُرُوطِهِنَّ، مَا يَعْرِفُهُنَّ أَحَدٌ مِنَ الْغَلَسِ  
Muslim bin Al-Hajjāj, *Ṣaḥīḥ Muslim*, I (Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 1992), 446.

<sup>17</sup> QS Al-Baqarah/2: 187

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



Uraian ayat dan hadis tersebut mengindikasikan bahwa fajar *ṣādiq* adalah cahaya redup dan sangat tipis seperti benang putih yang melintang di ufuk timur yang berasal dari hamburan cahaya Matahari di bawah ufuk timur yang dihamburkan oleh atmosfer Bumi. Fajar *ṣādiq* menjadi pertanda akhir malam, menjelang Matahari terbit. Semakin Matahari mendekati ufuk, semakin terang fajar *ṣādiq*. Jadi, batasan yang bisa digunakan adalah jarak Matahari di bawah ufuk yang selanjutnya dijadikan acuan dalam penentuan awal salat dengan hisab.<sup>18</sup> Selanjutnya kriteria ini dapat digunakan dalam formulasi perhitungan awal waktu Subuh yang diterapkan dalam rumus atau algoritma pemrograman komputer. Jika kriteria sudut depresi atau ketinggian Matahari pada waktu Subuh bervariasi maka akan mengakibatkan jadwal awal waktu salat yang disusun akan berbeda-beda tergantung kriteria yang digunakan.<sup>19</sup> Untuk itu kajian terhadap kriteria sudut depresi atau ketinggian Matahari saat terbit fajar perlu dilakukan.

---

<sup>18</sup> Banyak metode atau jalan yang digunakan dalam menjabarkan waktu-waktu salat yang telah di tentukan dalam Alquran. Ahmad Izzudin mengklasifikasinya menjadi dua yaitu mazhab rukyah dan mazhab hisab. Mazhab rukyah dalam menentukan waktu salat dengan cara melihat secara langsung pada fenomena alam yaitu pada pergerakan Matahari sedangkan mazhab hisab menggunakan metode hisab dalam penentuan waktu salat dengan menggunakan pemahaman tekstual pada nas-nas yang menyebutkan tentang waktu salat. Dalam metode hisab digunakan perhitungan untuk mengetahui kapan Matahari menempati posisi – posisi seperti yang disebutkan oleh Alquran dan hadis. Lihat: Izzuddin, *Fiqh Hisab Rukyah*, 38–39; Ahmad Izzudin, *Ilmu Falak Praktis* (Semarang: PT Pustaka Rizki Putra, 2012), 78–79.

<sup>19</sup> Nugroho Eko Atmanto, “The Relevance Concept of Dawn and Twilight in the Book of Al-Qanun al-Mas’udi for Determine Isya’ and Subuh Pray Time,” *Analisa: Journal of Social Science and Religion* 19, no. 1 (7 Juni 2012): 95–105, <https://doi.org/10.18784/ANALISA.V19I1.158>.

Prinsip pengamatan dalam astronomi adalah masalah kontras<sup>20</sup> yaitu perbandingan kecerlangan cahaya obyek yang diamati dan kecerlangan cahaya latar belakangnya. Semakin kontras maka obyek tersebut semakin mudah dikenali. Demikian juga pengamatan fajar *ṣādiq* sebagai salah satu obyek astronomi yang redup dan sangat tipis seperti benang putih yang melintang di ufuk timur juga dibutuhkan kondisi lingkungan yang bebas polusi cahaya sehingga terbit fajar bisa dideteksi dengan valid. Djamaluddin menegaskan bahwa pengukuran fajar di wilayah dengan polusi cahaya yang cukup kuat bisa menghasilkan pengukuran yang tidak valid dan terbit fajar tampak terlambat.<sup>21</sup>

Sementara itu masih cukup banyak para peneliti dalam melakukan pengukuran dan pengamatan fajar *ṣādiq* kurang memperhatikan efek polusi cahaya. Saksono misalnya, berdasarkan pengamatannya di Depok dia menyatakan bahwa terbit fajar *ṣādiq* yang diterapkan di Indonesia terlalu cepat 5,5 derajat (22 menit),<sup>22</sup> padahal Depok termasuk daerah dengan polusi cahaya yang tinggi (nilai kecerlangan langit sekitar 18 mpsas). Demikian juga Raisal dkk., berdasarkan pengamatan di

---

<sup>20</sup> Kohei Narisada dan Duco Schreuder, *Light Pollution Handbook*, vol. 322, Astrophysics and Space Science Library (Dordrecht: Springer Netherlands, 2004), 115, <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2666-9>.

<sup>21</sup> T. Djamaluddin, “Benarkah Waktu Shubuh di Indonesia Terlalu Cepat?,” diakses 9 November 2020, <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2017/09/13/benarkah-waktu-shubuh-di-indonesia-terlalu-cepat/>.

<sup>22</sup> Tono Saksono dan Mohamad Ali Fulazzaky, “Predicting the accurate period of true dawn using a third-degree polynomial model,” *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics* 9, no. 1 (1 Januari 2020): 238–44, <https://doi.org/10.1080/20909977.2020.1738106>.

Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (nilai kecerlangan langit sekitar 17 mpsas), menyatakan bahwa waktu salat Subuh di Indonesia terlalu dini dibandingkan waktu yang seharusnya.<sup>23</sup> Qusthalani berdasarkan penelitiannya di Rembang (nilai kecerlangan langit sekitar 20 mpsas) juga menyatakan bahwa jadwal waktu Subuh yang ditetapkan oleh Kemenag terlalu cepat 4-18 menit.<sup>24</sup> Rohmah, dengan mengambil nilai rata-rata hasil pengamatannya di berbagai daerah dengan tingkat polusi cahaya yang bervariasi (Juwiring Klaten, Pati, Kaibon Madiun, Sedoru Madiun, gunung Merbabu, Yogyakarta, dan Bandung), menyatakan bahwa fajar *ṣādiq* terbit pada sudut depresi atau ketinggian Matahari -18,5 derajat atau lebih lambat 1,5 derajat dibandingkan kriteria Kemenag RI -20 derajat.<sup>25</sup> Demikian juga Semeida dan A.H. Hassan yang melakukan pengamatan di Wadi Al Natron Mesir (nilai kecerlangan langit sekitar 20 mpsas) dan Tubruq Libya (nilai kecerlangan langit sekitar 19 mpsas). Hasilnya secara berturut-turut adalah fajar *ṣādiq* terdeteksi pada saat sudut depresi atau

---

<sup>23</sup> Abu Yazid Raisal, Muhammad Hidayat, dan Leo Hermawan, "The Effect of the Installation Angle of the Sky Quality Meter on the Night Sky Brightness and the Beginning of the Fajr Prayer Time," *Indonesian Review of Physics* 3, no. 2 (2 Januari 2021): 35–39, <https://doi.org/10.12928/IRIP.V3I2.2074>.

<sup>24</sup> Imam Qusthalaani, *Verifikasi Ketinggian Fajar Sidik (Studi Kasus di Desa Karangasem Kecamatan Sedan Kabupaten Rembang)*, Tesis (Prodi. Magister Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2019), vi.

<sup>25</sup> Nihayatur Rohmah, "The Effect of atmospheric humidity level to the determination of Islamic Fajr/morning prayer time and twilight appearance," dalam *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 771, 2016, 012048, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/771/1/012048>.

ketinggian Matahari -14,57 derajat di Mesir dan -14,7 derajat di Libya.<sup>26</sup> Selain itu Ramza dkk. yang menganalisis data dari berbagai wilayah di dunia (Indonesia, Malaysia, Amerika Serikat, Mesir, dan Turki) tanpa mengklasifikasinya berdasarkan tingkat polusi cahaya, menyatakan bahwa fajar terdeteksi pada sudut depresi atau ketinggian Matahari -12 derajat sampai dengan -13 derajat.<sup>27</sup>

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini mengkaji kemunculan fajar *ṣādiq* yang sangat tipis seperti benang putih di beberapa daerah dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda-beda dan selanjutnya diharapkan ditemukan formula koreksi daerah nonpolutif terhadap daerah polutif dalam penentuan awal waktu Subuh di Indonesia.

Dengan demikian *novelty* dari penelitian ini adalah menemukan parameter sudut depresi atau ketinggian Matahari yang merupakan parameter penting dalam rumus penentuan awal waktu Subuh. Temuan parameter tersebut di beberapa lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda-beda bisa menjawab permasalahan tentang efek polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh dan menemukan formula koreksi daerah nonpolutif yang mengacu pada parameter yang ditemukan di daerah polutif dalam penentuan awal waktu Subuh di Indonesia.

---

<sup>26</sup> M.A. Semeida dan A.H. Hassan, "Pseudo dawn and true dawn observations by naked eye in Egypt," *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences* 7, no. 3 (1 September 2018): 286–90, <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2018.03.005>; A H Hassan dan Yasser A Abdel-Hadi, "Naked Eye Determination of the Dawn at Tubruq of Libya Through Four Years Observations," *Middle-East Journal of Scientific Research* 23, no. 11 (2015): 2627–32, <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2015.23.11.22607>.

<sup>27</sup> Harry Ramza dkk., "Towards the Compilation of the Global Twilight Pattern," *Ulum Islamiyyah* 33, no. 1 (25 April 2021): 71–83, <https://doi.org/10.33102/UIJ.VOL33NO1.269>.

Pemilihan kajian ini berdasarkan beberapa alasan. *Pertama*, kriteria - 20° awal yang ditetapkan oleh Kemenag RI dan telah digunakan oleh umat Islam Indonesia secara luas belum didasarkan pada hasil data pengamatan yang representatif namun baru didasarkan pada data historis. Untuk itu diperlukan data pengamatan yang secara kuantitas dan kualitas memadai untuk menguatkan atau mengoreksi kriteria tersebut. *Kedua*, ada kekurangtepatan metode yang digunakan dalam pengamatan fajar yang telah dilakukan oleh beberapa pihak karena tidak mempertimbangkan efek polusi cahaya dalam pengamatannya. *Ketiga*, deteksi kemunculan fajar tidak hanya terkait dengan penentuan awal waktu Subuh namun juga berkaitan dengan keabsahan ibadah yang lain, misalnya puasa dan wukuf di Arafah. Ketidaktepatan dalam pendeteksian terbit fajar bisa berakibat pada ketidakabsahan beberapa ibadah tersebut.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut terdapat dua masalah sebagai fokus kajian dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengapa perlu koreksi efek polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh?
2. Bagaimana formulasi koreksi polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh?

## **C. Batasan Penelitian**

Perlu dilakukan pembatasan dari sisi *focus* dan *locus* atau pemilihan lokasi penelitian supaya penelitian ini terarah. Fokus dari penelitian ini adalah mengkaji fisis kemunculan fajar *ṣādiq* yang sangat tipis seperti

benang putih di beberapa daerah dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda-beda dan menemukan formula koreksi daerah nonpolutif terhadap daerah polutif dalam penentuan awal waktu Subuh di Indonesia.

Adapun lokus dari penelitian ini adalah wilayah Indonesia dilihat dalam perspektif tingkat polusi cahaya. Menurut Fabio Falchi<sup>28</sup>, tingkat polusi cahaya linear dengan kepadatan populasi penduduk suatu wilayah. Semakin padat penduduk suatu wilayah maka polusi cahayanya semakin tinggi demikian juga sebaliknya.<sup>29</sup> Secara kuantitas, tingkat polusi cahaya bisa dilihat dari data kecerlangan langit malam (dalam satuan *magnitude per square arc seconds* atau mpsas) yang bisa diukur menggunakan Sky Quality Meter (SQM). Untuk itu acuan lokus dari penelitian ini adalah daerah di Indonesia (baik Jawa maupun luar Jawa) dengan beberapa kategori, yaitu: (1) gelap untuk daerah yang jauh dari kota ( $\geq 21,3$  mpsas); (2) agak gelap untuk daerah pinggiran kota (20,2 – 21,2 mpsas); (3) agak terang untuk daerah kota kecil (19,1 – 20,1 mpsas); dan (4) terang untuk daerah kota besar ( $< 19,1$  mpsas).

---

<sup>28</sup> Fabio Falchi adalah salah satu ahli di bidang polusi cahaya dari ISTL (*Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso* atau dalam bahasa Inggris *The Light Pollution Science and Technology Institute*) yaitu sebuah lembaga non-profit di Italia yang bertujuan mengembangkan dan mempromosikan penelitian ilmiah tentang polusi cahaya, serta menyebarkan teknologi dan metode untuk membatasi polusi cahaya dan efek buruknya pada lingkungan malam. Lihat: "Home Page - Light Pollution Science and Technology Institute," diakses 22 Maret 2022, <http://www.lightpollution.it/istil/index.html>.

<sup>29</sup> Fabio Falchi dkk., "The new world atlas of artificial night sky brightness," *Science Advances* 2, no. 6 (1 Juni 2016), <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>; M I Azman dkk., "A Brief Overview on Light Pollution," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 269 (5 Agustus 2019): 012014, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/269/1/012014>.

Kondisi wilayah Indonesia cukup variatif tingkat polusi cahayanya, bergantung kepadatan populasi penduduk suatu wilayah. Daerah ‘pinggir kota’ di luar Jawa bisa jadi masuk kategori ‘agak gelap’, namun mungkin berbeda dengan daerah ‘pinggir kota’ di Jawa yang bisa jadi masuk kategori ‘agak terang’. Untuk itu yang dijadikan acuan utama dalam kategorisasi tersebut adalah nilai kecerlangan langit malam lokasi pengamatan yang terdeteksi dalam pengamatan dengan SQM.

#### **D. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

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

1. Untuk mengkaji aspek fisis pengaruh polusi cahaya terhadap ketampakan fajar sebagai penentu awal waktu Subuh. Kajian atas aspek fisis tersebut diharapkan bisa mengungkap dan mendudukan permasalahan perlunya koreksi efek polusi cahaya terhadap penentuan awal waktu Subuh.
2. Untuk mendapatkan formula koreksi efek polusi cahaya dalam penentuan waktu Subuh. Dengan formula ini diharapkan ditemukan metode koreksi penentuan awal waktu Subuh untuk daerah polutif dengan acuan daerah nonpolutif. Selain itu, berdasarkan formula tersebut bisa diprediksi terbit fajar *ṣādiq* di suatu lokasi berdasarkan tingkat kecerlangan langit malamnya.

Bagi peneliti, upaya menjawab permasalahan penelitian di atas merupakan tantangan yang menarik dan kompleks. Terlebih didorong keinginan untuk memberikan kontribusi pemikiran tentang adanya pengaruh polusi cahaya terhadap ketampakan fajar *ṣādiq*. Pengaruh polusi

cahaya terhadap ketampakan benda-benda langit tersebut, khususnya fajar, perlu diformulasikan sehingga secara kuantitas diketahui pengaruh polusi cahaya terhadap ketampakan fajar. Formulasi pengaruh polusi cahaya terhadap ketampakan fajar ini selanjutnya bisa digunakan untuk menentukan korelasi antara sudut depresi atau ketinggian Matahari dengan terbitnya fajar dan awal Subuh 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 waktu salat Subuh ini sesuai dengan tuntunan syar'i dan sains modern sehingga hasil yang diperoleh lebih sah.

## **E. Kajian Pustaka**

Pada bagian ini diuraikan penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian disertasi ini sehingga diketahui celah-celah yang belum terisi oleh penelitian sebelumnya. Penelusuran terhadap penelitian terdahulu diurai dalam beberapa kategori, yakni buku, jurnal ilmiah, skripsi, tesis dan disertasi.

*Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya Perspektif Sains, Teknologi, dan Syariah*.<sup>30</sup> Buku ini ditulis oleh Tono Saksono (2017) ketua *The*

---

<sup>30</sup> Tono Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya Perspektif Sains, Teknologi, dan Syariah* (Jakarta: UHAMKA Press & LPP UHAMKA, 2017).



*Islamic Science Research Network (ISRN)* Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka (UHAMKA) Jakarta. Tujuan penulisan buku ini adalah untuk menjawab sekaligus mengoreksi awal waktu Subuh dan Isya yang sejak lama berstandar pada pendeteksi fajar secara ortodoks tradisional. Untuk itu penulis buku ini melakukan penelitian dengan menggunakan dua sensor pendeteksi fajar yaitu Sky Quality Meter (SQM) dan All-Sky Camera (ASC). Hasil pengamatan dan analisa hasil pengamatan yang sebagian besar data tersebut diambil di Depok, dekat Jakarta dan sebagian di Medan Sumatera Utara, mengerucut pada sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-13,4^{\circ}$  untuk awal waktu Subuh dan  $-11,5^{\circ}$  untuk awal isya. Hasil tersebut sangat berbeda dengan dengan versi jadwal waktu salat Kementerian Agama RI yaitu  $-20^{\circ}$  untuk awal waktu Subuh dan  $-18^{\circ}$  untuk isya.

Penulisan laporan hasil penelitian dalam bentuk buku ini berkontribusi mendorong penelitian lanjutan. Lokasi pengambilan data dalam buku ini masih belum komprehensif untuk mengoreksi atau memverifikasi jadwal waktu salat yang dirilis oleh Kementerian Agama RI karena data diambil di daerah yang cukup kuat polusi cahayanya (Depok dan Medan). Disertasi ini hadir untuk melengkapi dan melanjutkan penelitian tersebut. Pengambilan data dari daerah dengan kategori polusi cahaya rendah sampai tinggi diperlukan untuk mengetahui pengaruh polusi cahaya terhadap ketampakan fajar dan menentukan nilai sudut depresi atau ketinggian Matahari awal waktu Subuh setelah dikoreksi dengan pengaruh polusi cahaya.

*Fajar & Syafak dalam Kesarjanaan Astronomi Muslim dan Ulama Nusantara.*<sup>31</sup> Buku karya Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar (2018) mencoba menelusuri dan memahami mengapa umat Islam Indonesia melaksanakan salat Subuh sekitar 80 menit sebelum terbit Matahari (-20°) dan salat Isya sekitar 72 menit setelah Matahari terbenam (-18°). Melalui penelusuran naskah-naskah klasik karya astronom Islam dan ulama nusantara ditemukan bahwa standar waktu yang digunakan umat Islam Indonesia tersebut dibawa ke Indonesia oleh Saadoc'ddin Jambek. Bila ditelaah standar waktu tersebut bukan berasal dari penelitian Jambek sendiri namun kutipan dari buku atau kitab yang ia baca ketika di Haramain. Hal ini tentu menjadi peluang bagi disertasi ini untuk menelusuri lebih lanjut standar waktu yang digunakan di Indonesia melalui observasi langsung khususnya di wilayah Indonesia yang masih minim polusi cahaya dan membandingkannya dengan observasi di wilayah lain yang berbeda tingkat polusi cahayanya.

*Kontribusi Syaikh Muhammad Thahir Jalaluddin Dalam Bidang Ilmu Falak.*<sup>32</sup> Penelitian Arwin (2018) ini menguatkan penelitian Arwin sebelumnya bahwa di Indonesia, sejak lama berlaku ketetapan dip -20 derajat di bawah ufuk dalam penentuan waktu Subuh. Ketentuan ini gagasan dari Saadoc'ddin Jambek yang berasal dari pendapat Syaikh Muhammad Thahir Jalaluddin (w.1376/1956) dalam karyanya *Nukhbah*

---

<sup>31</sup> Butar-Butar, *Fajar & Syafak dalam Kesarjanaan Astronomi Muslim dan Ulama Nusantara*.

<sup>32</sup> Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, "Kontribusi Syaikh Muhammad Thahir Jalaluddin dalam Bidang Ilmu Falak," *MIQOT: Jurnal Ilmu-ilmu Keislaman* 42, no. 2 (4 Februari 2019): 300, <https://doi.org/10.30821/miqot.v42i2.553>.

*al-Taqrîrât fi Hisâb al-Auqât*. Tulisan ini menelusuri pemikiran Syaikh Muhammad Thahir Jalaluddin tentang hal ini melalui karyanya tersebut dalam merumuskan konsepsi -20 derajat ini. Melalui analisis dan penelusuran sejumlah literatur, ditemukan bahwa dip -20 derajat ini ternyata dihasilkan hanya berdasarkan nukilan dari karya dan atau pemikiran tokoh-tokoh sebelumnya baik tokoh Nusantara maupun tokoh yang bermukim di Haramain, khususnya melalui kitab *al-Mathla‘ al-Sa‘îd* karya Husain Zaid Mesir.

*Tracing The Concept of Fajr in The Islam Mosaic and Modern Science*.<sup>33</sup> Makalah yang ditulis oleh Susiknan Azhari (2018) ini berupaya menelusuri beberapa pandangan mengenai waktu fajar yang akurat. Studi ini menemukan bahwa konsep-konsep yang berbeda mengenai fajar dalam dunia Islam disebabkan oleh dua faktor: hadits *imamah* Jibril yang terlalu umum dalam pemikiran dan cara-cara yang berbeda dalam memahami hadits “*ġalas*” dan “*isfar*” tanpa mempertimbangkan kondisi dan cuaca ketika hadis tersebut diucapkan. Selain itu, para astronom Muslim berfokus pada Matahari dan mengabaikan pesan nas. Hal ini, pada gilirannya, menyebabkan klaim kebenaran.

Penelitian tersebut memberikan peluang melakukan penelitian mendalam untuk mendudukkan definisi fajar yang tepat baik dalam perspektif syariah maupun fisis fajar dengan pendekatan astronomi

---

<sup>33</sup> Susiknan Azhari, “Tracing The Concept of Fajr in The Islam Mosaic and Modern Science,” *AHKAM: Jurnal Ilmu Syariah* 18, no. 1 (12 Januari 2018), <https://doi.org/10.15408/ajis.v18i1.9819>.

sebelum dilakukan kajian tentang efek polusi cahaya dan formulasi koreksinya dalam penentuan awal waktu Subuh.

*Sky brightness and twilight measurements at Jogjakarta city, Indonesia.*<sup>34</sup> Penelitian Dhani Herdiwijaya (2016) ini menyajikan hasil pengukuran kecerlangan langit dan fajar di Jogjakarta menggunakan alat Sky Quality Meter (SQM) selama 136 hari pada tahun 2014-2016. Hasil pengukuran dibandingkan dengan pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya di daerah lain yang memiliki tingkat polusi cahaya yang berbeda (Kupang dan Cimahi). Setelah dibandingkan hasil pengamatan di tiga lokasi berbeda (Kupang, Cimahi dan Jogjakarta) dihasilkan kajian bahwa (1) kecerlangan langit setelah tengah malam stabil pada  $18,81 \pm 0,70$  mpass, sedangkan sebelum tengah malam stabil pada  $18,44 \pm 0,85$  mpass; (2) polusi cahaya mempengaruhi ketampakan fajar di Jogjakarta sebesar 4% lebih lambat dibandingkan dengan daerah terkecil polusi cahayanya (Kupang); (3) diusulkan nilai posisi sudut Matahari  $-17^\circ$  (sekitar 66 menit sebelum terbit Matahari) sebagai acuan awal waktu Subuh.

Konsistensi hasil penelitian tersebut masih perlu diuji dengan hasil pengamatan di tempat lain. Untuk itu pengukuran kecerlangan langit resolusi waktu yang tinggi masih perlu dilakukan untuk banyak lokasi di Indonesia, tetapi beberapa daerah di atas dapat memberikan acuan awal atau merepresentasikan kondisi daerah dengan kontras tinggi untuk beda ketinggian dan tingkat polusi cahaya atau polusi udara. Kajian

---

<sup>34</sup> Herdiwijaya, "Sky brightness and twilight measurements at Jogjakarta city, Indonesia."

terhadap fisis ketampakan fajar di beberapa daerah dengan tingkat polusi cahaya yang bervariasi perlu dikaji lebih mendalam dengan harapan ditemukan formulasi koreksi polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh untuk daerah polutif dengan daerah nonpolutif sebagai standar acuan koreksi.

*The Dawn Sky Brightness Observations In The Preliminary Subuh Prayer Time Determination.*<sup>35</sup> Penelitian Laksmiyanti Annake Harijadi Noor dan Fahmi Fatwa Rosyadi Satria Hamdani (2018) ini bertujuan untuk menentukan awal terbit fajar sebagai penentu awal salat Subuh. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sky Quality Meter (SQM). Hasil penelitian ini adalah kecerlangan langit awal waktu Subuh di Pantai Tayu, Pati, Jawa Tengah, dalam rentang empat hari pengamatan yaitu pada 04.31 WIB dengan ketinggian rata-rata Matahari adalah  $-17^{\circ}$  ( $17^{\circ}$  di bawah cakrawala).

Hasil penelitian ini masih perlu dikaji ulang temuannya karena lokus penelitiannya masih berada di daerah yang masuk kategori ‘agak gelap’ yang nilai kecerlangan langit malamnya masih di bawah 21 mpsas. Perlu

---

<sup>35</sup> Laksmiyanti Annake Harijadi Noor dan Fahmi Fatwa Rosyadi Satria Hamdani, “The dawn sky brightness observations in the preliminary shubuh prayer time determination,” *Qudus International Journal of Islamic Studies* 6, no. 1 (1 Februari 2018): 25–37, <https://doi.org/10.21043/qjijis.v1i1.2870>. Tulisan ini merupakan pengembangan skripsi Noor ketika menyelesaikan studinya dalam bidang ilmu falak. Lihat: Laksmiyanti Annake Harijadi Noor, *Uji Akurasi Hisab Awal Waktu Shalat Shubuh dengan Sky Quality Meter*, Skripsi (Prodi. Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2016), <http://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/6840/>.

dikonfirmasi di daerah lain dengan tingkat polusi cahaya yang lebih minim.

*Re-evaluation of Calculation of the Dawn Prayer Time in the Malay World.*<sup>36</sup> Studi Kassim Bahali dkk. (2019) ini dilakukan dengan menggunakan kamera digital DSLR (*Digital Single Reflex Lens*) di 22 lokasi di Malaysia, Indonesia dan Thailand selatan antara Februari 2017 dan September 2018. Studi ini menemukan bahwa hitungan fajar tidak sesuai dengan fajar yang sebenarnya. Perbedaan rata-rata antara waktu Subuh dan waktu Subuh sebenarnya adalah 11,4 menit. Perbedaan frekuensi tertinggi adalah antara 9 dan 12 menit. Frekuensi perbedaan ini serupa di Malaysia, Indonesia dan Thailand selatan. Dari penelitian ini, sudut Matahari rata-rata saat fajar adalah  $17,15^\circ$  di bawah cakrawala. Nilai ini berbeda dengan nilai sudut yang digunakan hari ini ( $19^\circ$  dan  $20^\circ$ ) dalam perhitungan waktu Subuh di Alam Melayu

Penelitian ini perlu diverifikasi ulang walaupun data yang dikumpulkan secara kuantitas cukup memadai namun secara kualitas belum cukup memadai. Hal ini disebabkan pengambilan data pada rentang musim hujan dan mendung (Desember 2017 – Mei 2018), kemudian belum memperhatikan efek polusi cahaya dalam penentuan beberapa lokus, misalnya Pantai Kenjeran Surabaya, Sabang Aceh dan Ternate Maluku yang semuanya masih dalam kategori wilayah “agak terang”. Selain itu

---

<sup>36</sup> Kassim Bahali dkk., “Re-evaluation of Calculation of the Dawn Prayer Time in the Malay World,” *International Journal of the Malay World and Civilisation* 7, no. 2 (2019): 37–48, <https://doi.org/https://doi.org/10.17576/jatma-2019-0702-04>.

dalam analisis citra fajar belum dilakukan sesuai standar astronomi yaitu koreksi efek polusi cahaya dengan cara dilakukan *subtract* terhadap citra fajar dengan citra *dark*.

*Young Moon Visibility Criterion Based on Crescent Illumination and Sky Brightness Contrast Model.*<sup>37</sup> Penelitian Ahmed Kamil Ahmed dkk. (2014) ini menemukan dua nilai kontras secara empiris untuk kriteria visibilitas bulan sabit muda, satu berdasarkan data Malaysia dan lainnya berdasarkan data Iran. Untuk visibilitas bulan sabit, iluminasi persentase Bulan (atau fase Bulan) masing-masing  $0,52\% \pm 0,10\%$  dan  $0,39\% \pm 0,10\%$  untuk Malaysia dan Iran. Kecerlangan langit rata-rata saat matahari terbenam ditemukan  $6,80 \pm 1,13$  magnitudo/detik busur. Berdasarkan data empiris tersebut dapat disimpulkan bahwa iluminasi  $0,39\%$  adalah kriteria minimum untuk visibilitas bulan sabit muda, sedangkan iluminasi  $0,52\%$  cocok untuk daerah ekuatorial yang lebih lembab dan lebih hangat. Penelitian ini fokus pada korelasi antara kecerlangan langit terhadap visibilitas hilal, sedangkan disertasi ini fokus pada efek polusi cahaya terhadap visibilitas fajar sidiq.

*The new world atlas of artificial night sky brightness.*<sup>38</sup> Penelitian Fabio Falchi dkk. (2016) ini bertujuan untuk memetakan wilayah di dunia menurut tingkat polusi cahayanya. Penelitian ini menunjukkan bahwa lebih dari 80% populasi dunia dan lebih dari 99% populasi AS dan Eropa hidup di bawah langit yang berpolusi cahaya. Bima Sakti tidak bisa dilihat

---

<sup>37</sup> Ahmed Kamil Ahmed dan Abdul Halim Abdul Aziz, “Young Moon Visibility Criterion Based on Crescent Illumination and Sky Brightness Contrast Model,” *Middle-East Journal of Scientific Research* 21, no. 9 (2014): 1641–57, <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2014.21.09.21740>.

<sup>38</sup> Falchi dkk., “The new world atlas of artificial night sky brightness.”

oleh lebih dari sepertiga umat manusia, termasuk 60% orang Eropa dan hampir 80% orang Amerika Utara. Selain itu, 23% permukaan daratan dunia antara 75 ° N dan 60 ° S, 88% Eropa, dan hampir setengah dari Amerika Serikat mengalami malam-malam yang tercemar polusi cahaya. Hasil penelitian ini cukup membantu menentukan acual awal lokus atau pemilihan lokasi penelitian disertasi ini.

*Tahdid Mau'id Hulul al-Fajr as-ṣādiq fīy al-Urdun bi yar-Rushdi al-Falakiy al-Mubasyir bi al-‘Ain al-Mujarradah.*<sup>39</sup> Penelitian Abd al-Qadir Abid (2015) ini menemukan bahwa (1) fajar *ṣādiq* tidak akan terdeteksi dengan tepat kecuali di daerah yang sangat gelap; (2) Tidak dibenarkan mendeteksi kemunculan fajar di tengah-tengah kota karena cahaya fajar akan terhalang oleh terang lampu kota dan fajar *ṣādiq* baru akan terdeteksi setelah 30 menit adzan Subuh dikumandangkan; dan (3) Hasil penelitian ini menolak klaim pihak yang menyatakan awal waktu Subuh di Yordan terlalu dini 20-30 menit lebih awal.

Dalam penelitian ini belum diusulkan bagaimana formula koreksi untuk daerah polutif dalam penentuan awal waktu Subuh. Namun demikian penelitian ini menguatkan dalam penentuan kategorisasi dalam pemetaan lokasi pengambilan data dalam penelitian disertasi ini.

*Pemanfaatan Metode Moving Average dalam Menentukan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sky Quality Meter (SQM).*<sup>40</sup> Penelitian

---

<sup>39</sup> Abd al-Qadir Abid, “Tahdid Mau'id Hulul al-Fajr as-Sadiq fīy al-Urdun bi yar-Rushdi al-Falakiy al-Mubasyir bi al-‘Ain al-Mujarradah,” *Jordan Journal for Islamic Studies* 11, no. 2 (2015): 1–18.

<sup>40</sup> Abu Yazid Raisal dkk., “Pemanfaatan Metode Moving Average dalam Menentukan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sky Quality Meter



Abu Yazid Raisal dkk. (2019) ini, menyatakan bahwa banyak faktor yang dapat mempengaruhi SQM dalam pengumpulan cahaya sehingga data yang dihasilkan tidak terlepas dari *noise*. Penggunaan metode *moving average* dapat mengurangi *noise* sehingga memudahkan dalam menentukan awal waktu salat Subuh menggunakan SQM. Metode ini bisa digunakan sebagai salah satu alternatif dalam menentukan titik belok kurva SQM yang menjadi salah satu indikasi terbit fajar dalam penentuan awal waktu Subuh

*Tingkat Kepercayaan Fitting Polinomial Kurva Gradien Data SQM untuk Menentukan Kemunculan Fajar.*<sup>41</sup> Penelitian Arman Abdul Rochman dkk. (2019) ini sebagai solusi atas kelemahan beberapa metode penentuan titik belok kurva SQM sebagai indikasi penentuan terbit fajar *ṣādiq*. Metode *fitting* dan metode *moving average* memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing dalam penentuan titik belok kurva. Penelitian ini hadir untuk menggabungkan kelebihan dari dua metode tersebut. Dari hasil uji coba terhadap 29 data SQM yang diambil di Imah Noong Lembang dihasilkan bahwa metode ini memiliki nilai kepercayaan dalam kategori “baik” karena nilai *Adjustable R-Square* semua data lebih dari 85% terkecuali kasus khusus yang memang adanya gangguan cuaca di Imah Noong.

---

(SQM),” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 5, no. 1 (20 Juni 2019): 1–13, <https://doi.org/10.30596/jam.v5i1.3121>.

<sup>41</sup> Arman Abdul Rochman, Dhani Herdiwijaya, dan Hendro Setyanto, “Tingkat Kepercayaan Fitting Polinomial Kurva Gradien Data SQM untuk Menentukan Kemunculan Fajar,” *Journal of Multidisciplinary Academic* 3, no. 2 (2019): 27–31.

Sebagaimana tulisan sebelumnya, metode ini bisa digunakan sebagai salah satu alternatif dalam menentukan titik belok kurva SQM yang menjadi salah satu indikasi terbit fajar dalam penentuan awal waktu Subuh.

*Analisis Perubahan Kecerlangan langit Waktu Fajar dengan Sky Quality Meter.*<sup>42</sup> Penelitian tesis oleh Laksmiyanti Annake Harijadi Noor (2019) ini melakukan komparasi atas beberapa metode penentuan titik belok kurva SQM waktu fajar, yaitu metode *slope*, *moving average* dan *curve fitting*. Tujuan perbandingan beberapa metode tersebut untuk memperoleh hasil yang akurat dan mendapatkan metode yang akurat dan mendapatkan metode yang konsisten sehingga dapat digunakan dalam pengolahan data pengamatan kecerlangan langit fajar berikutnya.

Hasil yang diperoleh menggunakan serangkaian metode tersebut menunjukkan konsistensi waktu indikasi kemunculan fajar di setiap lokasi. Adapun rata-rata kemunculan fajar di Imah Noong lembang adalah saat sudut depresi Matahari sebesar  $-16,40^\circ$ , di Pantai Tayu Pati sebesar  $-20,94^\circ$ , dermaga Branta sebesar  $-14,39^\circ$ , desa Pengkol sebesar  $-16,21^\circ$ , dan Observatorium e-Maya sebesar  $-16,40^\circ$ . Hasil penelitian ini cukup membantu dalam menentukan penggunaan metode yang lebih akurat dalam penentuan titik belok kurva fajar dari data SQM dalam penelitian disertasi ini.

---

<sup>42</sup> Laksmiyanti Annake Harijadi Noor, *Analisis Perubahan Kecerlangan Langit Waktu Fajar dengan Sky Quality Meter*, Tesis (Prodi. Astronomi Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung, 2019), <https://repo.science.itb.ac.id/3597/>.

*Ketampakan Mega Merah di Daerah Polutif dan Daerah Non Polutif dalam Penentuan Awal Waktu Salat Isya.*<sup>43</sup> Penelitian tesis oleh Fitri Kholilah (2019) ini dilakukan di Karimunjawa dan Tangerang untuk melihat ketampakan mega merah ketika awal waktu salat isya' menggunakan Sky Quality Meter. Hasil yang didapatkan adalah mega merah hilang pada kondisi Matahari -18 sehingga waktu salat Isya yang dijadikan acuan Kementerian Agama adalah sesuai dengan data astronomis.

Penelitian ini menguatkan dugaan awal dari disertasi ini bahwa ada perbedaan waktu ketampakan fajar antar daerah yang polutif dan nonpolutif. Untuk itu perlu dibuktikan lebih lanjut dalam pengamatan terbit fajar di lapangan di beberapa wilayah dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda-beda sehingga akhirnya bisa ditemukan formula koreksi polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh.

*Pengaruh Atmosfer terhadap Ketampakan Fajar Ṣādiq (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari).*<sup>44</sup> Penelitian disertasi Nihayatur Rohmah (2014) ini fokus untuk membahas persoalan: (1) fajar ṣādiq dalam perspektif fiqih dan sains-astronomi, (2) pengaruh suhu dan kelembaban atmosfer terhadap ketampakan fajar ṣādiq, (3) korelasi posisi astronomis Matahari terhadap ketampakan fajar ṣādiq.

---

<sup>43</sup> Fitri Kholilah, *Ketampakan Mega Merah di Daerah Polutif dan Daerah Non Polutif dalam Penentuan Awal Waktu Shalat Isya*, Tesis (Prodi. Magister Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2019).

<sup>44</sup> Nihayatur Rohmah, *Pengaruh Atmosfer terhadap Ketampakan Fajar Shādiq (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)*, Disertasi (Semarang: Pascasarjana Institut Agama Islam Negeri Walisongo, 2014); Rohmah, "The Effect of atmospheric humidity level to the determination of Islamic Fajr/morning prayer time and twilight appearance."

Berdasarkan hasil analisis data hasil pengamatan, disimpulkan adanya pengaruh tingkat kelembaban dan suhu atmosfer terhadap ketampakan waena fajar *ṣādiq*. Selanjutnya terkait dengan korelasi posisi astronomis Matahari terhadap penentuan waktu fajar dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh antara suhu dengan sudut depresi atau ketinggian Matahari. Kedua variabel tersebut memiliki hubungan berbanding lurus. Tegasnya, jika besarnya suhu atmosfer itu kecil (menurun) maka cahaya fajar akan tampak pada sudut depresi yang rendah, seperti suhu  $18.1^{\circ}$  Celcius, fajar *ṣādiq* tampak pada sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-18^{\circ}02'08''$ . Sebaliknya, jika suhu atmosfer itu besar (meningkat) maka cahaya fajar akan terlihat pada sudut depresi Matahari yang tinggi pula, seperti pada suhu  $18,9^{\circ}$  Celcius maka fajar *ṣādiq* tampak pada sudut Matahari  $-20^{\circ}52'29''$ . Adapun nilai rata-rata (*mean*) sudut depresi atau ketinggian Matahari dengan merujuk pada keseluruhan data pengamatan, maka diperoleh hasil sudut depresi Matahari  $-18^{\circ}39'29.4''$ .

Kajian disertasi Nihayatur Rohmah ini difokuskan pada pengaruh suhu dan kelembaban atmosfer terhadap ketampakan fajar *ṣādiq* dan korelasinya dengan posisi astronomis Matahari terhadap ketampakan fajar *ṣādiq* sebagai awal waktu Subuh, sedangkan disertasi ini fokus pada efek polusi cahaya terhadap ketampakan fajar *ṣādiq* dan korelasinya dengan posisi astronomis Matahari terhadap ketampakan fajar *ṣādiq* sebagai awal waktu Subuh.

*Verifikasi Suara Kokok Ayam Jantan di Waktu Fajar dalam Mengetahui Awal Waktu Subuh.*<sup>45</sup> Penelitian skripsi ini berusaha memverifikasi fenomena ayam jantan yang memiliki kemampuan berkokok di waktu-waktu tertentu karena ayam jantan memiliki jam biologis pada tubuhnya, selain itu pula ayam jantan juga memiliki mata yang peka terhadap cahaya sehingga di waktu fajar ayam jantan berkokok dengan sangat nyaring. Dalam penelitian ini data diperoleh dengan melakukan observasi langsung di lapangan mengenai suara kokok ayam jantan di waktu fajar. Digunakan pula alat SQM (Sky Quality Meter) LU-DL untuk memantau kecerlangan langit ketika ayam jantan mulai berkokok. Penelitian ini menemukan bahwa korelasi antara suara kokok ayam jantan dengan waktu fajar adalah ayam jantan ramai berkokok bersautan ketika fajar sudah benar-benar terbit yaitu 3-5 menit setelah fajar terbit. Sebaliknya, suara kokok cenderung melemah ketika fajar sedang terbit.

Penelitian ini layak untuk dilanjutkan dan diverifikasi kembali dengan memilih lokus yang masuk kategori ‘gelap’. Bisa jadi keterlambatan kokok ayam 3-5 menit tersebut karena lokus dalam penelitian tersebut di daerah ‘agak gelap’ yaitu Pantai Idola Pati Jawa Tengah.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut diketahui bahwa belum ada penelitian yang secara spesifik mengkaji tentang pengaruh polusi cahaya terhadap penentuan awal waktu Subuh di Indonesia. Secara lebih

---

<sup>45</sup> Atina Zahiratul Fikrah, *Verifikasi Suara Kokok Ayam Jantan diwaktu Fajar dalam Mengetahui Awal Waktu Shubuh*, Skripsi (Semarang: Prodi. Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2019).

detail juga belum ada yang membahas bagaimana pola korelasi antara polusi cahaya dan terbit fajar *ṣādiq* sebagai pertanda awal waktu salat Subuh, termasuk bagaimana formulasi koreksi efek polusi cahaya dalam penentuan awal waktu salat Subuh.

## F. Metode Penelitian

### 1. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Dilihat dari tujuan penelitian tersebut di atas, penelitian ini menggunakan penelitian lapangan (*field research*) dengan jenis penelitian kualitatif, yaitu penelitian yang menggunakan latar alamiah, dengan maksud menafsirkan fenomena yang terjadi dan dilakukan dengan melibatkan berbagai metode yang ada.<sup>46</sup> Kendati demikian, penggunaan data kuantitatif tidak bisa dihindari karena untuk menyederhanakan gambaran dari hubungan dua angka atau lebih<sup>47</sup> dan untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik dibandingkan hanya menggunakan data kualitatif.<sup>48</sup> Data kualitatif dipergunakan untuk menjelaskan fenomena yang tidak perlu dihitung karena bersifat deskriptif, sedangkan data kuantitatif dianalisis dengan bantuan ilmu statistik sebagai alat bantu untuk menjelaskan fenomena yang diteliti. Ilmu statistik juga diperlukan dalam metode penelitian kualitatif, yang berfungsi untuk memaparkan data yang

---

<sup>46</sup> Sugiyono, *Metode Penelitian Kualitatif*, 3 ed. (Bandung: Alfabeta, 2018), 9.

<sup>47</sup> Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif* (Bandung: Alfabeta, 2006), 29.

<sup>48</sup> Sugiyono, *Metode Penelitian Kualitatif*, 39.

diperoleh di lapangan kemudian dijelaskan dengan model analisis deskriptif.

Dalam menyusun penelitian ini, digunakan data yang relevan dengan pokok permasalahannya. Terdapat dua macam data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah data hasil pengamatan (observasi) di lapangan menggunakan alat fotometer saku berupa SQM (Sky Quality Meter) yang bersumber dari pengamatan mandiri, pengamatan yang dilakukan oleh beberapa instansi, dan pengamatan oleh para pengamat fajar yang lain, serta catatan lapangan yang terkait dengan fokus penelitian. Pengamatan tersebut menggunakan SQM secara manual dan atau SQM yang telah terintegrasi dalam sistem otomatisasi pengamatan fajar yang dirancang bersamaan dengan penelitian disertasi ini.

Sumber data primer dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. Detail masing-masing sumber data bisa dilihat pada Tabel 1.1 sampai dengan Tabel 1.4.

- a. Pengamatan mandiri;
- b. Bosscha Observatory Bandung;
- c. LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional);
- d. Imah Noong Observatory Lembang Bandung;
- e. As-Salam Observatoary Solo;
- f. Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara;
- g. Lembaga Falakiyah PCNU Kab. Gresik Jawa Timur;
- h. IAIN Lhokseumawe Aceh;
- i. Para pengamat fajar

Sumber data sekunder akan ditelusuri dari berbagai sumber kepustakaan, baik berupa jurnal, buku, penelitian dan lain-lain yang tersebar di berbagai media baik *online* maupun *offline*.

## 2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik untuk menjawab permasalahan yang ada dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan teknik observasi, baik observasi partisipan maupun nonpartisipan.<sup>49</sup> Adapun jenis observasi yang digunakan adalah observasi non-eksperimen<sup>50</sup> yaitu dengan cara mengadakan pengamatan terhadap fenomena alam terkait dengan peristiwa terbitnya fajar *ṣādiq* menggunakan SQM.<sup>51</sup>

Berdasarkan skala Bortle<sup>52</sup> dan nilai kecerlangan langit malam yang direkam dengan SQM di masing-masing lokasi, 1.612 data fajar yang berhasil direkam dikelompokkan menjadi 4 (empat) kategori:<sup>53</sup>

---

<sup>49</sup> Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif* (Bandung: Alfabeta, 2018), 224.

<sup>50</sup> Metode non-eksperimen bisa juga disebut dengan metode alamiah, yaitu melakukan pengamatan gejala alam apa adanya tanpa melakukan *treatment* yang dapat mempengaruhi keilmiahannya obyek yang diteliti. Sugiyono, *Metode Penelitian Kualitatif*, 7; Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan Kombinasi (Mixed Methods)* (Bandung: Alfabeta, 2018), 12–16.

<sup>51</sup> Selain rentang spectrum cahaya yang direkam oleh SQM sesuai dengan kemampuan mata manusia, performa atau kinerja SQM juga dinilai baik setelah melalui tes stabilitas, linearitas dan ketahanan pada suhu  $-15^{\circ} - 35^{\circ}\text{C}$ . Lihat: Pierantonio Cinzano, “Night Sky Photometry with Sky Quality Meter,” *ISTIL Internal Report* 1.4, no. 9 (2005); Sabrina Schnitt dkk., “Temperature stability of the Sky Quality Meter,” *Sensors (Switzerland)* 13, no. 9 (11 September 2013): 12166–74, <https://doi.org/10.3390/s130912166>.

<sup>52</sup> Skala Bortle akan diuraikan lebih detail pada pembahasan berikutnya.

<sup>53</sup> Kategorisasi ini merupakan penyederhanaan dari skala Bortle dengan mempertimbangkan ketampakan fajar *kāzib* di lokasi pengamatan. Pembahasan



1. Daerah gelap (desa jauh dari kota) dengan kecerlangan langit malam  $\geq 21,3$  mpsas<sup>54</sup> (Tabel 1.1).
2. Agak gelap (daerah pinggiran kota) dengan kecerlangan langit malam 20,2 - 21,2 mpsas (Tabel 1.2).
3. Agak terang (kota kecil) dengan kecerlangan langit malam 19,1 - 20,1 mpsas (Tabel 1.3).
4. Terang (kota besar) dengan kecerlangan langit malam  $< 19,1$  mpsas (Tabel 1.4).

Tabel 1. 1. Lokasi pengamatan di daerah gelap

No	Lokasi	Tanggal	Jumlah (hari)	Waktu	Pengamat
1	Banyuwangi (-8° 1' 39,83" LS, 114° 25' 31,02" BT, 1 mdpl)	24/08/2020 – 25/10/2020	60	00:00:11- 05:40:09 WIB	M. Basthoni & LF PWNU Jatim*)

tentang skala Bortle dan ketampakan fajar *kāzib* sebagai parameter penting dalam kategorisasi tersebut akan dibahas lebih detail pada uraian bab selanjutnya.

<sup>54</sup> MPSAS (*Magnitude per Square Arc Second*) adalah satuan yang biasa digunakan dalam astronomi untuk mengukur kecerlangan langit. Magnitudo adalah ukuran kecerlangan objek langit, misalnya bintang yang kecerlangannya 6 magnitudo lebih terang dari bintang yang kecerlangannya 11 magnitudo. Istilah *arcsecond* berasal dari busur yang dibagi menjadi beberapa detik. Ada 360 derajat dalam sebuah lingkaran, dan setiap derajat dibagi menjadi 60 menit, dan setiap menit dibagi menjadi 60 detik. Detik busur bujur sangkar memiliki luas sudut satu detik demi satu detik. Istilah *magnitude per arc square second* berarti bahwa kecerlangan dalam magnitudo tersebar di atas busur persegi detik dari langit. Jika rekaman SQM menunjukkan nilai 20,00 mpsas, itu artinya bahwa cahaya dari kecerlangan bintang berkekuatan 20 magnitudo tersebar di satu detik busur persegi dari langit. Lihat: “Sky Quality Meter - FAQ,” diakses 6 Juni 2019, <http://www.unihedron.com/projects/darksky/faq.php>.

\*) Pengamatan dilakukan dengan alat bantu Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) berbasis SQM dan kamera digital yang dikembangkan bersamaan proses penelitian ini. Lebih detail tentang rancang bangunnya bisa dibaca di: M Basthoni, “A Prototype of True Dawn Observation Automation System,” *Jurnal Sains Dirgantara* 18, no. 1 (20 Januari 2020): 33–42, <https://doi.org/10.30536/J.JSD.2020.V18.A3475>.

No	Lokasi	Tanggal	Jumlah (hari)	Waktu	Pengamat
2	Pulau Masalembu (-5° 35' 11" LS, 114° 26' 9" BT, 1 mdpl)	16-25 Sept 2020	10	03:20:10- 05:01:40 WIB	Thiflan (IF FSH UIN Walisongo)
3	Pulau Bawean (-5° 47' 20.22" LS, 112° 44' 35.06" BT, 1 mdpl)	5 – 9 Juli 2019 & 12,13,15 Feb 2020	8	03:33:53- 05:49:28 WIB	M. Basthoni & LFNU Gresik
4	Bukit Timau NTT (-9° 36' 0" LS, 123° 47' 60" BT, 1.282 mdpl)	19, 23, 24 Juli 2018	3	03:00:29- 06:30:07 WITA	Evan I. Akbar (FMIPA ITB)
5	Agam Sumatera Barat (-0° 12' 14.4" LS, 100° 19' 12.18" BT, 855 mdpl)	01/03/2019 – 29/09/2019	190	00:00:10- 05:30:00 WIB	LAPAN
6	Labuanbajo NTT (-8° 28' 37.2" LS, 119° 54' 49.14" BT, 67 mdpl)	24 April 2018	1	03:10:15- 06:45:17 WITA	Hendro Setyanto (Imah Noong Lembang)
7	Karimunjawa Jepara (-5° 49' 21.04" LS, 110° 29' 27.89" BT, 1 mdpl)	01/09/2020 – 13/08/2021	253	00:00:20- 05:20:00 WIB	M. Basthoni*)
8	Garut Jawa Barat (-7° 39' 0" LS, 107° 41' 31.96' BT, 10 mdpl)	01/06/2018 – 29/09/2018	99	1:00:00- 5:00:00 WIB	LAPAN
9	Pantai Krakal Wonosari Yogyakarta (-8° 8' 52.8" LS, 110° 35' 44.59" BT, 13 mdpl)	21 Juli 2018	1	03:25:02 - 05:26:53 WIB	Adi Damanhuri, UIN Sunan Ampel Surabaya
10	Dukuhseti Pati Jawa Tengah (-6° 30' 14.4" LS, 111° 3' 3.2' BT, 1 mdpl)	14 – 21, 27 – 30 April 2021, 1 – 2 Mei 2021	7	03:54:22- 05:19:04 WIB	M. Basthoni*)
Jumlah			632		

Tabel 1. 2. Lokasi pengamatan di daerah agak gelap

No	Lokasi	Tanggal	Jumlah (hari)	Waktu	Pengamat
1	Pantai Tayu Pati (-6° 32' 16.8" LS, 111° 4' 26.76' BT, 1 mdpl)	31/08/2016 – 03/09/2016	4	03:20:15- 05:20:17 WIB	Laksmiyanti Annake Harijadi Noor
2	Biak Papua (-1° 10' 26.4" LS, 136° 6' 2.77' BT, 47 mdpl)	02/06/2019 – 29/09/2020	109	17:45:00 - 05:57:00 WIT	LAPAN
3	Tilong Kupang Nusa Tenggara Timur (-10° 8' 24" LS, 123° 43' 54.73' BT, 96 mdpl)	02/02/2019 – 29/09/2019	213	18:07:00 - 05:53:00 WITA	LAPAN
4	Kalianda Lampung Selatan (-5° 47' 16.8" LS, 105° 35' 1.1' BT, 55 mdpl)	29 Desember 2019	1	03:52:41 - 06:01:42 WIB	M. Basthoni
5	Kuala Penet Labuhan Maringgai Lampung Timur (-5° 15' 50.4" LS, 105° 51' 36.29' BT, 3 mdpl)	30 Desember 2019	1	03:33:31 - 05:22:46 WIB	M. Basthoni
6	Pulau Tiban Kendal (-6° 51' 48.96" LS, 110° 13' 22.94' BT, 1 mdpl)	07 Agustus 2019	1	23:21:38- 05:26:23 WIB	M. Basthoni
7	Bira, Kec. Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan (-5° 5' 16.8" LS, 119° 28' 54.34' BT, 8 mdpl)	29 Mei 2014	1	03:10:04- 05:40:50 WIB	Rajamuda
8	Pulau Galang Kep. Riau	26 Desember 2019	1	03:52:16 - 05:44:26 WIB	M. Basthoni

No	Lokasi	Tanggal	Jumlah (hari)	Waktu	Pengamat
	(0° 49' 26.54" LU, 104° 10' 50.02' BT, 13 mdpl)				
9	Sedan Rembang (-6° 45' 3.6" LS, 111° 33' 31.5' BT, 64 mdpl)	14-17 Mei 2018	6	03:15:12 - 05:36:23 WIB	Imam Qusthalani
Jumlah			333		

Tabel 1. 3. Lokasi pengamatan di daerah agak terang

No	Lokasi	Tanggal	Jumlah (hari)	Waktu	Pengamat
1	Pasuruan (-7° 34' 3.02" LS, 112° 40' 25.33" BT, 57 mdpl)	05/06/2019 – 30/09/2019	87	1:00:00-4:55:00 WIB	LAPAN
2	Pontianak Kalimantan Barat (-0° 0' 25.2" LS, 109° 21' 54" BT, 2 mdpl)	06/06/2018 – 29/09/2018	76	1:00:00-4:55:00 WIB	LAPAN
3	Observatorium Rowasiya, Juwiring Klaten Jawa Tengah (-7° 40' 22.8" LS, 110° 45' 5.98" BT, 101 mdpl)	25 Juli 2017	1	4:17:4 - 5:17:34 WIB	AR Sugeng R (Obs. Assalam)
4	Ngepringan Serenan Juwiring Klaten (-7° 40' 19.2" LS, 110° 45' 59.87" BT, 99 mdpl)	20 September 2017	1	04:10:54 - 05:12:54 WIB	AR Sugeng R (Obs. Assalam)
5	Subang Jawa Barat (-6° 33' 43.2" LS, 107° 46' 7.43" BT, 90 mdpl)	28/04/2018 – 07/07/2018	59	1:00:00-4:55:00 WIB	LAPAN
6	Pelabuhan Kendal Jawa Tengah (-6° 55' 44.4" LS, 110° 16' 55.16" BT, 1 mdpl)	06 Agustus 2019	1	22:59:01-05:52:06 WIB	M. Basthoni

No	Lokasi	Tanggal	Jumlah (hari)	Waktu	Pengamat
7	Kertosono Nganjuk (-7° 35' 31.6" LS, 112° 5' 3.55' BT, 45 mdpl)	10/10/2019 05/01/2020 23/06/2021	3	01:08:40- 05:42:16 WIB	M. Basthoni
8	Lawu Resort Camp Tawangmangu Karanganyar Jawa Tengah (-7° 39' 32.4" LS, 111° 8' 44.05' BT, 1243 mdpl)	17 September 2017	1	03:55:52 – 04:55:52 WIB	AR Sugeng R (Obs. Assalam)
9	Obsevatorium Bosscha Lembang (-6° 49' 26.4" LS, 107° 37' 1.7" BT, 1289 mdpl)	20/01/2012 - 31/12/2012	189	00:25:12 - 05:38:33 WIB	Dhani Herdiwijaya (Obs. Bosscha ITB)
Jumlah			418		

Tabel 1. 4. Lokasi pengamatan di daerah terang

No	Lokasi	Tanggal	Jumlah (hari)	Waktu	Pengamat
1	Mangkangkulon Tugu Semarang (-6° 58' 16.74" LS, 110° 17' 46.12" BT, 1 mdpl)	03/6/2019 – 28/08/2021	154	00:00:11- 05:40:09 WIB	M. Basthoni <sup>*)</sup>
2	Depok Jawa Barat (-6° 23' 24" LS, 106° 45' 36" BT, 86 mdpl)	13–29 Juni 2015	15	0:00:00- 6:00:00 WIB	Adi Damanhuri, UIN Sunan Ampel Surabaya
3	Kota Batam Kepulauan Riau (1° 4' 1.42" LU, 104° 1' 41.12' BT, 13 mdpl)	25, 27, 28 Desember 2019	3	03:47:43- 05:43:38 WIB	M. Basthoni
4	PPTQ Al-Furqon Gunungpati Semarang (-7° 3' 53.75" LS, 110°	13 Juni 2019	1	00:00:00- 05:44:54 WIB	M. Basthoni

No	Lokasi	Tanggal	Jumlah (hari)	Waktu	Pengamat
	23° 56.4' BT, 228 mdpl)				
5	Hotel HOME Yogyakarta (-7° 47' 56.51" LS, 110° 23' 34.76' BT, 107 mdpl)	14 November 2019	1	01:52:17-06:16:40 WIB	M. Basthoni
6	Medan Sumatera Utara (3° 34' 55.2" LU, 98° 43' 18.08' BT, 25 mdpl)	31-5-2019, 1-30 Juni 2019, 01 Juli 2019	28	00:00:00-06:58:48 WIB	Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar (OIF UMSU)
7	Masjid Jami' Al-Akmal Bali (-8° 24' 56.41" LS, 114° 48' 21.49' BT, 18 mdpl)	06 Oktober 2019	1	03:11:52-04:18:37 WITA	M. Basthoni
8	Hotel Salak Denpasar Bali (-8° 40' 4.44" LS, 115° 10' 44.98' BT, 19 mdpl)	07 Oktober 2019	1	00:41:08	M. Basthoni
9	Pantai Mangunharjo Semarang (-6° 56' 15.79" LS, 110° 18' 49.86' BT, 1 mdpl)	30 Januari 2020	1	02:00:26-05:44:05 WIB	M. Basthoni
10	Masjid Ya Tammam Gresik (-7° 6' 43.2" LS, 112° 35' 52.76' BT, 5 mdpl)	01 Maret 2020	1	03:50:04-05:29:59 WIB	M. Basthoni
11	Bonang Tuban Jawa Timur (-6° 52' 44.4" LS, 112° 17' 34.8' BT, 6 mdpl)	05 Oktober 2019	1	02:24:27-04:44:47 WIB	M. Basthoni
12	Desa Ganting Gedangan Sidoarjo	13 September 2018 dan	2	03:24:20-05:44:07 WIB	Adi Damanhuri, UIN Sunan Ampel Surabaya

No	Lokasi	Tanggal	Jumlah (hari)	Waktu	Pengamat
	(-7° 23' 45.6" LS, 112° 42" 17.21' BT, 8 mdpl)	06 Juli 2019			
13	Masjid Muhammad Jamaluddin Pao-Pao Gowa Sulawesi Selatan (-5° 11' 2.4" LS, 119° 28" 14.2' BT, 4 mdpl)	18/10/2013 - 12/11/2013	13	03:30:04-05:49:59 WIB	Rajamuda
14	Atap Wisma Arjuna Sarangan Magetan Jawa Timur (-7° 40' 30" LS, 111° 13" 55.6' BT, 1811 mdpl)	07 Februari 2016	1	03:53:45 - 05:20:15 WIB	AR Sugeng R (Obs. Assalam)
15	Mawar Camp Ungaran (-7° 11' 37.03" LS, 110° 21" 53.68' BT, 1.256 mdpl)	09 Agustus 2019	1	23:07:21 - 05:59:01 WIB	M. Basthoni
16	Bitung Sulawesi Utara (1° 26' 29.04" LU, 25° 6" 54.04' BT, 58 mdpl)	13 September 2018	1	04:15:02 - 05:46:53 WITA	Adi Damanhuri, UIN Sunan Ampel Surabaya
17	Poncol Magetan Jawa Tengah (-7° 43' 8.4" LS, 111° 16" 21.25' BT, 729 mdpl)	13 Mei 2018	1	03:15:30 - 05:10:45 WIB	AR Sugeng R (Obs. Assalam)
18	Observatorium Malikussaleh - IAIN Lhokseumawe Aceh (5° 7' 2.28" LU, 97° 8" 59.35' BT, 29 mdpl)	26-28 Agustus 2020	3	03:10:11-05:30:09 WIB	Ismail, IAIN Lhokseumawe Aceh
Jumlah			229		

Sebaran lokasi pengamatan bisa dilihat pada Gambar 1.1. berikut ini.



Gambar 1. 1. Sebaran lokasi pengamatan

Adapun detail prosedur pengambilan data yang dilakukan secara mandiri menggunakan SQM adalah sebagai berikut:

- 1) Seting batas kecerlangan langit dan suhu yang akan direkam oleh SQM perlu dikalibrasi sehingga sesuai dengan *calibration sheet* dari Unihedron.
- 2) Seting tanggal dan waktu perlu dicek akurasi dengan jam dari website <https://jam.bmkg.go.id>.
- 3) Langkah (1) dan (2) tersebut dilakukan menggunakan software Unihedron Device Manager. Jika SQM digunakan terintegrasi dengan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) maka kedua langkah tersebut tidak perlu dilakukan karena otomatis akan dikalibrasi oleh sistem SOOF.
- 4) Lokasi observasi memiliki pandangan terbuka ke arah timur.



- 5) SQM diarahkan ke *azimuth* terbit Matahari. Untuk mengetahui *azimuth* Matahari saat terbit bisa memakai software *Stellarium Mobile*.
- 6) SQM dipasang dengan sudut elevasi maksimal  $10^{\circ}$  dari ufuk karena sudut medan pandang (*field of view*) SQM sebesar  $20^{\circ}$ .<sup>55</sup>
- 7) Waktu pengamatan dilakukan pada musim-musim kemarau antara bulan Juli-September sehingga peluang mendapatkan langit cerah cukup besar. Namun pengamatan di luar bulan tersebut juga perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh mendung terhadap ketampakan fajar *ṣādiq*.
- 8) Waktu pengamatan dilakukan pada tanggal ketika cahaya Bulan tidak mengganggu saat pengamatan, yaitu ketika Bulan di bawah ufuk pada saat pengamatan. Saat Bulan baru (*new moon*) hingga Bulan hari ke-12 merupakan waktu yang ideal untuk pengamatan. Namun demikian pengamatan juga dilakukan saat posisi Bulan masih di atas ufuk, yaitu tanggal 13 sampai dengan akhir bulan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh cahaya Bulan terhadap ketampakan fajar *ṣādiq*.

---

<sup>55</sup> Unihedron, "SQM-LU-DL Operator's Manual," diakses 5 Maret 2020, [http://unihedron.com/projects/darksky/cd/SQM-LU-DL/SQM-LU-DL\\_Users\\_manual.pdf](http://unihedron.com/projects/darksky/cd/SQM-LU-DL/SQM-LU-DL_Users_manual.pdf).

### 3. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif-komparatif.<sup>56</sup> Pendekatan yang digunakan adalah fiqh, astronomi<sup>57</sup>, matematis<sup>58</sup> dan *scientific-cum-doctriner*<sup>59</sup>. Dengan pendekatan ini dieksplorasi bagaimana karakteristik fajar dalam literatur keislaman yang meliputi al-Quran, Hadis dan pendapat para ulama. Hasil penelusuran ini selanjutnya dikorelasikan dengan salah satu teori astronomi tentang kategorisasi kecerlangan langit yang diusulkan oleh John E.

---

<sup>56</sup> Penelitian dengan menggunakan analisis deskriptif-komparatif melukiskan dan membandingkan keadaan obyek yang diteliti yaitu data fajar yang diperoleh dari observasi di beberapa lokasi dengan level kecerlangan langit malam yang bervariasi, kemudian peneliti menghimpun dan mengungkap fakta serta melakukan interpretasi yang cukup. Lihat: Sugiyono, *Metode Penelitian Kualitatif*, 165.

<sup>57</sup> Dalam analisis astronomis, peneliti menggunakan modul *dat to Moon csv* dalam aplikasi Unihedron Device Manager (UDM) untuk memperoleh nilai sudut depresi atau ketinggian Matahari berdasarkan waktu dan koordinat yang direkam oleh SQM. Modul tersebut dikembangkan oleh Andreas Horstemeier berdasarkan algoritma dalam buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus. Modul ini menjadi pilihan sebagai *tool* dalam analisis astronomis karena algoritma Jean Meeus sudah teruji akurasinya yaitu 0,01 derajat. Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, II (Virginia: Willmann-Bell, Inc., 1998), 166.

<sup>58</sup> Pendekatan matematis diperlukan dalam penelitian ini sebagai alat bantu untuk menjawab rumusan masalah yang kedua yaitu menentukan formula koreksi polusi cahaya dalam penentuan waktu subuh.

<sup>59</sup> Pendekatan *scientific-cum-doctriner* disebut juga dengan pendekatan integral, holistik, komprehensif, *religio-scientific*, ilmiah-agamais, serta sintesis. Dalam arti kajian agama tidak cukup hanya didekati dengan pendekatan dogmatis namun juga diintegrasikan dengan pendekatan yang lain. Lihat: Muna Hayati, "Mengingat Kembali Pemikiran Abdul Mukti Ali: Pendekatan Scientific-Cum-Doctrinaire dan Konsep Agree In Disagreement," *Jurnal Ilmiah Ilmu Ushuluddin* 16, no. 2 (31 Januari 2018): 161–78, <https://doi.org/10.18592/JIU.V16I2.1720>; Widodo Winarso, "Scientific cum Doctriner Approach: A Collaborative Perspective in Islamic Studies," *SSRN Electronic Journal*, 12 Juli 2017, <https://doi.org/10.2139/ssrn.3000969>.

Bortle. Karakteristik cahaya awal cahaya fajar dalam perspektif al-Quran-hadis dan Bortle tersebut selanjutnya dijadikan acuan untuk menentukan kategorisasi data yang diperoleh di lapangan sehingga analisis kemunculan awal cahaya fajar terhadap data pengamatan dalam penelitian ini sesuai dengan karakteristik yang ditentukan sebelumnya.

Data kecerlangan langit malam yang direkam oleh SQM dianalisis dengan teknik statistik deskriptif<sup>60</sup>, yaitu statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul. Pada statistik deskriptif ini dikemukakan cara-cara penyajian data pengamatan fajar dengan tabel maupun grafik yang akan memudahkan untuk dipahami dan ditafsirkan maksud data pengamatan yang ditampilkan. Termasuk dalam statistik deskriptif antara lain adalah penyajian data melalui perhitungan modus, median, mean, perhitungan penyebaran data melalui perhitungan rata-rata, standar deviasi, dan perhitungan prosentase. Dalam statistik deskriptif juga dilakukan pencarian kuatnya hubungan antara variabel melalui analisis korelasi dan dilakukan prediksi dengan analisis regresi.<sup>61</sup>

Untuk itu, data yang telah dikelompokkan menjadi empat kategori wilayah tersebut (gelap, agak gelap, agak terang, dan terang), selanjutnya direduksi dan dipilih dalam beberapa kategori: (1) data tanpa gangguan cahaya Bulan (1-12 hijriyah) dan tanpa

---

<sup>60</sup> Sugiyono, *Statistika untuk Penelitian* (Bandung: Alfabeta, 2019), 29.

<sup>61</sup> Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan Kombinasi (Mixed Methods)*, 200.

gangguan mendung; (2) data dengan gangguan cahaya Bulan (13-akhir bulan) namun tanpa gangguan mendung; (3) data dengan gangguan mendung. Data yang telah dipilih tersebut selanjutnya dianalisis secara visual dan atau pendekatan garis linear dengan alat bantu aplikasi GNUPlot<sup>62</sup> untuk *plotting* kurva cahaya fajar dan penentuan titik belok kurva sebagai indikasi terbit fajar.

Analisis terhadap data kategori (1) yang bersumber dari wilayah gelap digunakan untuk mengetahui karakteristik fisis cahaya awal fajar *ṣādiq*. Setelah ditemukan karakteristik fisis tersebut, selanjutnya data kategori (1) tersebut dibandingkan dan dikorelasikan dengan data kategori (1) dari beberapa kategori wilayah yang berbeda, yaitu wilayah agak gelap, agak terang, dan terang. Analisis korelasi yang digunakan adalah analisis korelasi *product moment*.

Perbandingan dan analisis korelasi tersebut juga dilakukan terhadap data kategori (2) dan kategori (3) di masing-masing kategori wilayah. Berdasarkan perbandingan dan analisis korelasi ini bisa diketahui bagaimana pola pengaruh polusi cahaya buatan dan faktor pengganggu yang lain, yaitu cahaya Bulan dan mendung, terhadap kemunculan cahaya awal fajar *ṣādiq* di masing-masing kategori wilayah serta diketahui perlunya koreksi polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh.

---

<sup>62</sup> Aplikasi GNUPlot bisa diunduh di <https://sourceforge.net/projects/gnuplot/files/gnuplot/>

Selain itu, dengan analisis regresi linear, data kategori (1) dari beberapa kategori wilayah tersebut juga digunakan untuk merumuskan formulasi koreksi polusi cahaya dan formula prediksi penentuan awal waktu Subuh. Formulasi tersebut dilakukan dengan melakukan pemodelan matematis dalam bentuk regresi linear terhadap 3 (tiga) data sumber cahaya yang terekam oleh SQM, yaitu kecerlangan cahaya fajar *kāzīb*, kecerlangan cahaya fajar *ṣādiq* dan kecerlangan cahaya langit malam yang terpengaruh polusi cahaya. Formulasi koreksi polusi cahaya ditentukan dengan mencari selisih kurva cahaya langit malam dengan kurva cahaya langit yang terpolusi cahaya. Semakin besar nilai selisihnya, berarti polusi cahaya semakin tinggi, sedangkan ketinggian Matahari saat terbit fajar bisa diprakirakan berdasarkan model matematis hasil korelasi sudut depresi atau ketinggian Matahari saat terbit fajar di beberapa kategori lokasi dengan tingkat polusi yang berbeda-beda sesuai kategorisasi yang ditentukan sebelumnya.

Aktivitas dalam analisis data tersebut dilakukan secara interaktif dan berlangsung secara terus menerus sejak pengumpulan data sampai dengan selesai pengumpulan data dalam periode tertentu.<sup>63</sup> Dengan demikian, alur analisis data dalam penelitian ini menggunakan model analisis data model Miles dan Huberman dengan langkah sebagai berikut:<sup>64</sup>

- a. Reduksi data (*data reduction*)

---

<sup>63</sup> Sugiyono, *Metode Penelitian Kualitatif*, 132–33.

<sup>64</sup> Sugiyono, 132–42; Bruce L. Berg, *Qualitative Research Methods for Social Sciences*, 4 ed. (Boston: Allyn & Bacon, 2001), 35–36.

Langkah reduksi perlu dilakukan karena data pengamatan fajar dengan SQM cukup banyak. Data yang telah diperoleh akan diseleksi berdasar minimnya gangguan yang terekam dalam data pengamatan. Data yang terganggu mendung dan cahaya Bulan dipisahkan. Dengan proses reduksi data ini diperoleh data pengamatan terbaik sehingga menghasilkan kesimpulan yang valid. Namun demikian data yang dipisahkan tersebut tetap dianalisis untuk menjawab permasalahan penelitian yang pertama.

b. Penyajian data (*data display*)

Data yang telah diseleksi disajikan secara berkelompok sesuai dengan kategori yang telah ditentukan. Misalnya data fajar dengan nilai kecerlangan langit malam  $\geq 21,3$  mpsas akan dikelompokkan dalam kategori “daerah gelap” dan seterusnya sesuai kategori yang telah ditentukan sebelumnya. Kategorisasi ini akan memudahkan dalam melakukan langkah analisis berikutnya yaitu penentuan waktu terbit fajar untuk masing-masing kategori daerah.

c. Penarikan kesimpulan (*conclusion drawing/verification*)

Pada tahap ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dan verifikasi sesuai dengan rumusan masalah yang akan dijawab dalam penelitian ini.

Setelah hasil penelitian telah akurat, selanjutnya disusun sebuah laporan penelitian berbentuk teks naratif dari seluruh hasil penelitian sebagai syarat keterbukaan ilmu pengetahuan. Melalui laporan ini ilmuan lain dapat memahami dan menilai kalau perlu menguji

kembali hasil penelitian tersebut, dan dengan demikian pemecahan masalahnya mengalami pemantapan dan kemajuan.<sup>65</sup>

## **G. Sistematika Pembahasan**

Penulisan disertasi ini disusun menjadi lima bab. Hubungan antara bab yang satu dengan bab yang lainnya saling terkait dan merupakan pembahasan yang utuh. Sistematikanya sebagai berikut:

Bab I merupakan pendahuluan yang diuraikan ke dalam beberapa sub bab yang menjelaskan latar belakang permasalahan, yaitu fenomena dan kajian yang mendorong munculnya pertanyaan penelitian dan bagaimana pertanyaan ini dijawab. Di dalam bab ini dikemukakan pula alasan dan signifikansi penelitian, tujuan penelitian dan metode penelitian.

Bab II berisi tentang perspektif teori yang akan dijadikan sebagai dasar pijakan dalam penelitian untuk mengkaji lebih lanjut tentang penentuan awal waktu salat Subuh, baik teori dalam syar'i maupun dalam astronomi. Dalam pembahasan ini dipaparkan karakteristik cahaya awal fajar sebagai penanda masuk waktu salat Subuh dalam literatur keislaman dan kemudian disinkronkan dengan teori astronomi yaitu teori tentang kategorisasi kecerlangan langit yang diusulkan oleh John E. Bortle yang secara spesifik membahas tentang ketampakan benda-benda langit (termasuk fajar) berdasarkan kategori lokasi pengamatan berdasarkan tingkat polusi cahayanya.

---

<sup>65</sup> Sumadi Surabrata, *Metode Penelitian* (Jakarta: Rajawali Press, 2013), 44–45.

Bab III mengungkap dan mendudukan permasalahan perlunya koreksi efek polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh. Kajian diawali dengan mengungkap karakteristik fisis cahaya awal fajar *ṣādiq* berdasarkan data pengamatan di lokasi ideal yang telah ditentukan dalam pembahasan sebelumnya. Untuk mengetahui pengaruh polusi cahaya buatan terhadap ketampakan fajar, dilakukan perbandingan data pengamatan di empat kategori lokasi dengan tingkat polusi cahaya berbeda. Selain itu juga disajikan perbandingan data pada saat tidak ada cahaya Bulan dan ketika ada cahaya Bulan. Perbandingan data pada saat cuaca mendung dan saat cerah juga diuraikan dalam bab ini. Dengan beberapa perbandingan tersebut bisa diketahui lebih detail bagaimana karakteristik cahaya awal fajar dan beberapa hal yang mempengaruhi ketampakannya sehingga diketahui perlunya koreksi atas faktor pengganggu yang mempengaruhi ketampakan fajar *ṣādiq*.

Bab IV menguraikan formulasi koreksi polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh. Pembahasan diawali dengan melakukan pemodelan matematis terhadap sumber cahaya yang terdeteksi oleh SQM, yaitu cahaya langit malam yang terdeteksi fajar *kāzib*, cahaya fajar *ṣādiq* dan cahaya langit malam yang terpengaruh polusi cahaya. Setelah itu dilakukan analisis deskriptif dengan menggunakan pendekatan astronomis-matematis untuk menemukan formula koreksi polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh dan formula prediksi terbit fajar di beberapa kategori lokasi yang bervariasi kecerlangan langit malamnya.

Bab V berisi penutup, bagian ini berisi kesimpulan dan juga saran-saran guna memberi peluang bagi peneliti berikutnya untuk mengoreksi dan mengembangkan temuan dalam penelitian ini.



## BAB II

### FAJAR DALAM LITERATUR KEISLAMAN DAN ASTRONOMI

Bab ini membahas tentang fajar sebagai penanda telah masuk waktu Subuh. Kajian diawali dengan pembahasan dasar hukum awal waktu Subuh dalam literatur keislaman yaitu al-Quran, hadis dan pendapat para ulama. Karakteristik fajar dalam literatur keislaman juga dieksplorasi dan dikorelasikan dengan teori astronomi tentang kategorisasi kecerlangan langit yang diusulkan oleh John E. Bortle. Karakteristik cahaya awal fajar dalam perspektif literatur keislaman dan skala Bortle tersebut selanjutnya dijadikan acuan untuk menentukan kategorisasi lokasi pengamatan fajar sesuai dengan tingkat polusi cahaya di masing-masing lokasi pengamatan. Selain itu, karakteristik cahaya awal fajar tersebut dijadikan acuan untuk penelusuran lebih lanjut tentang karakteristik fisis cahaya awal fajar di lapangan.

#### A. Dasar Hukum Awal Waktu Subuh

Sebagai suatu ibadah wajib, salat harus dilakukan setelah memenuhi syarat-syarat dan rukun tertentu yang telah ditetapkan oleh syara'. Juhur Ulama' telah sepakat bahwa salah satu syarat sah salat adalah melaksanakan salat setelah mengetahui masuknya waktu. Artinya, apabila waktu salat telah tiba, maka seseorang wajib melaksanakan salat.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Syarat sah salat yang dimaksud adalah syarat-syarat yang mendahului salat dan wajib dipenuhi, jika tidak dipenuhi maka salatnya dianggap batal. Sebagaimana dijelaskan oleh Sayyid Sabiq, syarat sah salat diantaranya adalah masuknya waktu salat. Sabiq, *Fiqh al-Sunnah*, 97.

Dalam menunaikan kewajiban salat, kaum muslimin terikat pada waktu-waktu yang sudah ditentukan. al-Quran sendiri sebagai sumber rujukan umat Islam telah menjelaskan perihal waktu-waktu salat ini meskipun masih secara global, sedangkan penjelasan secara terperinci tentang waktu-waktu salat itu bisa didapatkan dari hadis. Di antaranya adalah beberapa ayat berikut ini:

فَإِذَا قَضَيْتُمُ الصَّلَاةَ فَادْكُرُوا اللَّهَ قِيَمًا وَفُجُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِكُمْ فَإِذَا اطْمَأْنَنْتُمْ فَأَقِيمُوا  
الصَّلَاةَ إِنَّ الصَّلَاةَ كَانَتْ عَلَى الْمُؤْمِنِينَ كِتَابًا مَّوْقُوتًا

Selanjutnya, apabila kamu telah menyelesaikan salat(mu), ingatlah Allah ketika kamu berdiri, pada waktu duduk dan ketika berbaring. Kemudian, apabila kamu telah merasa aman, maka laksanakanlah salat itu (sebagaimana biasa). Sungguh, salat itu adalah kewajiban yang ditentukan waktunya atas orang-orang yang beriman (QS. An-Nisa/4: 103).<sup>2</sup>

Ayat tersebut secara jelas memberikan informasi bahwa waktu salat telah ditentukan waktu pelaksanaannya. Namun ayat tersebut belum menentukan kapan waktu pelaksanaan waktu salat tersebut. Penjelasan ayat tersebut bisa ditemukan dalam ayat yang lain, misalnya pada ayat berikut ini.

أَقِمِ الصَّلَاةَ لِدُلُوكِ الشَّمْسِ إِلَىٰ غَسَقِ اللَّيْلِ وَقُرْءَانَ الْفَجْرِ إِنَّ قُرْءَانَ الْفَجْرِ كَانَ مَشْهُودًا

Laksanakanlah salat sejak matahari tergelincir sampai gelapnya malam dan (laksanakan pula salat) Subuh. Sungguh, salat Subuh itu disaksikan (oleh malaikat) (QS. Al-Isra'/17: 78)<sup>3</sup>.

Dalam ayat tersebut diuraikan lebih detail (dibandingkan QS. An-Nisa/4: 103) tentang waktu salat walaupun masih bersifat global. Ayat

---

<sup>2</sup> <https://quran.kemenag.go.id/sura/4/103>

<sup>3</sup> <https://quran.kemenag.go.id/sura/17/78>

tersebut memberikan isyarat bahwa waktu salat dimulai sejak tergelincirnya Matahari di tengah hari sampai gelapnya malam serta ketika terbit fajar. Isyarat tersebut dilengkapi dan dibahas juga pada ayat yang lain. Di antaranya adalah ayat berikut ini.

فَأَصْبِرْ عَلَىٰ مَا يَقُولُونَ وَسَبِّحْ بِحَمْدِ رَبِّكَ قَبْلَ طُلُوعِ الشَّمْسِ وَقَبْلَ غُرُوبِهَا وَمِنْ آنَاءِ  
الَّيْلِ فَسَبِّحْ وَأَطْرَافَ النَّهَارِ لَعَلَّكَ تَرْضَىٰ

Maka sabarlah engkau (Muhammad) atas apa yang mereka katakan, dan bertasbihlah dengan memuji Tuhanmu, sebelum matahari terbit, dan sebelum terbenam; dan bertasbihlah (pula) pada waktu tengah malam dan di ujung siang hari, agar engkau merasa tenang (Taha/20: 130).<sup>4</sup>

Ayat tersebut memberikan isyarat melengkapi detail informasi dari ayat sebelumnya tentang waktu-waktu salat yang telah ditetapkan oleh Allah SWT. Ayat tersebut mengisyaratkan pelaksanaan salat ketika waktu pagi sebelum Matahari terbit dan ketika sore hari ketika Matahari belum terbenam. Selain itu juga pada waktu-waktu malam dan pada penghujung siang. Penjelasan yang sama juga diuraikan dalam ayat berikut ini.

وَأَقِمِ الصَّلَاةَ طَرَفِي النَّهَارِ وَرُفُلًا مِّنَ اللَّيْلِ إِنَّ الْحَسَنَاتِ يُدْهِنُ السَّيِّئَاتِ ذَلِكَ ذِكْرِي  
لِلَّذَكِرِينَ

Dan laksanakanlah salat pada kedua ujung siang (pagi dan petang) dan pada bagian permulaan malam. Perbuatan-perbuatan baik itu menghapus kesalahan-kesalahan. Itulah peringatan bagi orang-orang yang selalu mengingat (Allah) (Hud/11: 114).<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> <https://quran.kemenag.go.id/sura/20/130>

<sup>5</sup> <https://quran.kemenag.go.id/sura/11/114>

Ayat tersebut menguatkan uraian ayat-ayat sebelumnya tentang waktu salat. Dalam ayat tersebut waktu salat diisyaratkan dengan waktu ujung siang yaitu pagi dan sore, serta bagian dari permulaan malam.

Uraian pada ayat-ayat di atas hanya memberikan isyarat tentang waktu pelaksanaan salat. Namun belum dijelaskan secara detail tentang waktu masing-masing salat. Untuk itu hadis Nabi SAW hadir untuk menjelaskan lebih detail waktu masing-masing salat tersebut. Diantaranya hadis berikut ini.

حَدَّثَنَا جَابِرُ بْنُ عَبْدِ اللَّهِ، قَالَ: " جَاءَ جِبْرِيلُ عَلَيْهِ السَّلَامُ إِلَى النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ حِينَ زَالَتِ الشَّمْسُ فَقَالَ: قُمْ يَا مُحَمَّدُ فَصَلِّ الظُّهْرَ حِينَ مَالَتِ الشَّمْسُ، ثُمَّ مَكَثَ حَتَّى إِذَا كَانَ فِيءُ الرَّجُلِ مِثْلَهُ جَاءَهُ لِلْعَصْرِ فَقَالَ: قُمْ يَا مُحَمَّدُ فَصَلِّ العَصْرَ، ثُمَّ مَكَثَ حَتَّى إِذَا غَابَتِ الشَّمْسُ جَاءَهُ فَقَالَ: قُمْ فَصَلِّ المَغْرِبَ، فَقَامَ فَصَلَّاهَا حِينَ غَابَتِ الشَّمْسُ سَوَاءً، ثُمَّ مَكَثَ حَتَّى إِذَا ذَهَبَ الشَّفَقُ جَاءَهُ فَقَالَ: قُمْ فَصَلِّ العِشَاءَ فَقَامَ فَصَلَّاهَا، ثُمَّ جَاءَهُ حِينَ سَطَعَ الفَجْرُ فِي الصُّبْحِ فَقَالَ: قُمْ يَا مُحَمَّدُ فَصَلِّ، فَقَامَ فَصَلَّى الصُّبْحَ، ثُمَّ جَاءَهُ مِنَ العِدِّ حِينَ كَانَ فِيءُ الرَّجُلِ مِثْلَهُ فَقَالَ: قُمْ يَا مُحَمَّدُ فَصَلِّ، فَصَلَّى الظُّهْرَ، ثُمَّ جَاءَهُ جِبْرِيلُ عَلَيْهِ السَّلَامُ حِينَ كَانَ فِيءُ الرَّجُلِ مِثْلِيهِ فَقَالَ: قُمْ يَا مُحَمَّدُ فَصَلِّ، فَصَلَّى العَصْرَ، ثُمَّ جَاءَهُ لِلْمَغْرِبِ حِينَ غَابَتِ الشَّمْسُ وَقَتًا وَاحِدًا لَمْ يَزُلْ عَنْهُ فَقَالَ: قُمْ فَصَلِّ فَصَلَّى المَغْرِبَ، ثُمَّ جَاءَهُ لِلْعِشَاءِ حِينَ ذَهَبَ ثُلُثُ اللَّيْلِ الأوَّلِ فَقَالَ: قُمْ فَصَلِّ، فَصَلَّى العِشَاءَ، ثُمَّ جَاءَهُ لِلصُّبْحِ حِينَ أَسْفَرَ جِدًّا فَقَالَ: قُمْ فَصَلِّ، فَصَلَّى الصُّبْحَ، فَقَالَ: مَا بَيْنَ هَذَيْنِ وَقَتٌ كُلُّهُ " (رواه النسائي)

Diriwayatkan oleh Jabir bin Abdillah, dia berkata: “Jibril a.s. datang kepada Nabi saw. ketika Matahari tergelincir. Jibril berkata: “Wahai Muhammad berdirilah dan laksanakan salat Zuhur”. Kemudian Jibril diam dan datang kembali untuk salat Aşar ketika bayangan seseorang sama dengan tinggi orang tersebut. Jibril berkata: “Wahai Muhammad

berdirilah dan laksanakan salat Aṣar”. Kemudian Jibril diam dan datang kembali ketika Matahari terbenam. Ia berkata: “Berdirilah kemudian laksanakan salat Maḡrib”. Kemudian Nabi melaksanakan salat Maḡrib ketika Matahari terbenam. Lalu Jibril diam dan datang kembali ketika cahaya mega telah hilang sambil berkata: “Berdirilah dan laksanakan salat Isya”. Kemudian Nabi melaksanakan salat Isya. Kemudian Jibril datang kembali ketika fajar telah terbit di waktu Subuh. Ia berkata: “Wahai Muhammad berdirilah dan laksanakan salat”. Lalu Nabi melaksanakan salat Subuh. Keesokan hari Jibril datang kembali ketika panjang bayangan seseorang sama dengan tingginya. Ia berkata: “Wahai Muhammad berdirilah dan laksanakan salat”. Kemudian Nabi melaksanakan salat Zuhur. Kemudian Jibril datang kembali ketika panjang bayangan seseorang dua kali tingginya. Ia berkata: “Wahai Muhammad berdirilah dan laksanakan salat”. Lalu Nabi melaksanakan salat Aṣar. Kemudian Jibril datang kembali ketika Matahari terbenam sambil berkata: “Berdirilah dan laksanakan salat”. Lalu Nabi melaksanakan salat Maḡrib. Kemudian Jibril datang kembali awal sepertiga malam telah hilang. Ia berkata: “Berdirilah dan laksanakan salat”. Kemudian Nabi melaksanakan salat Isya. Lalu Jibril datang kembali ketika fajar telah terbit sangat terang. Ia berkata: “Berdirilah dan laksanakan salat”. Kemudian Nabi melaksanakan salat Subuh. Selanjutnya Nabi bersabda: “Diantara dua waktu ini adalah waktu pelaksanaan salat”<sup>6</sup>.

Pada kesempatan yang lain Nabi saw. juga bersabda:

عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عَمْرٍو أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: «وَقْتُ الظُّهْرِ إِذَا زَالَتِ الشَّمْسُ وَكَانَ ظِلُّ الرَّجُلِ كَطُولِهِ مَا لَمْ يَحْضُرِ الْعَصْرُ وَوَقْتُ الْعَصْرِ مَا لَمْ تَصْفَرَ الشَّمْسُ وَوَقْتُ صَلَاةِ الْمَغْرِبِ مَا لَمْ يَغِبِ الشَّفَقُ وَوَقْتُ صَلَاةِ الْعِشَاءِ إِلَى نِصْفِ اللَّيْلِ الْأَوْسَطِ وَوَقْتُ صَلَاةِ الصُّبْحِ مِنْ طُلُوعِ الْفَجْرِ مَا لَمْ تَطْلُعِ الشَّمْسُ (رواه مسلم)

Dari ‘Abdullah bin ‘Amr r.a., Nabi saw. Bersabda: “Waktu Zhuhur dimulai sejak Matahari sudah tergelincir sampai bayang-bayang seseorang sama dengan tingginya selama belum masuk waktu Aṣar. Waktu salat

---

<sup>6</sup> Ahmad ibn Syuaib An-Nasa'iy, *Sunan an-Nasa'iy* (Halab: Maktab al-Mathbuat al-Islamiyah, t.t.), 263.

Aşar selama Matahari cahayanya belum menguning. Waktu salat Mağrib selama syafaq (cahaya merah) belum hilang. Waktu salat Isya' hingga pertengahan malam dan waktu salat Subuh dimulai dari terbitnya fajar sampai terbitnya matahari.” (HR. Muslim).<sup>7</sup>

Berdasarkan hadis Jabir dan Abdullah bin Amr tersebut digambarkan secara jelas bahwa ketinggian Matahari menjadi acuan pelaksanaan waktu salat lima waktu. Waktu salat Zuhur masuk ketika posisi Matahari telah tergelincir dari *zenith*, sedangkan waktu salat Aşar ditandai ketika bayangan seseorang sama atau dua kali lebih panjang dibandingkan tinggi seseorang. Selanjutnya terbenam Matahari menjadi tanda masuk waktu salat Mağrib dan terbenamnya mega menjadi tanda telah masuk waktu alat Isya, sedangkan waktu salat Subuh ditandai dengan terbit fajar.

Berkaitan dengan awal waktu Subuh, Rasulullah SAW memberikan petunjuk indikasi terbit fajar *şādiq* dalam hadis dari Abu Mas'ud Al-Anshari, “Rasulullah SAW salat Subuh saat kelam pada akhir malam, kemudian pada kesempatan lain ketika hari mulai terang. Setelah itu salat tetap dilakukan pada waktu gelap sampai beliau wafat, tidak pernah lagi pada waktu mulai terang.”<sup>8</sup> Lebih lanjut hadis dari Aisyah, “Perempuan-perempuan mukmin ikut melakukan salat fajar (Subuh) bersama Nabi SAW dengan menyelubungi badan mereka dengan kain. Setelah salat

---

<sup>7</sup> Muslim bin Al-Hajjāj, *Şahīh Muslim*, II (Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 1992), 427.

<sup>8</sup> وَصَلَّى الصُّبْحَ مَرَّةً بَعْلَيْسَ ثُمَّ صَلَّى مَرَّةً أُخْرَى فَأَسْفَرَ بِهَا كَانَتْ صَلَاتُهُ بَعْدَ ذَلِكَ الْغَلَسِ حَتَّى مَاتَ لَمْ يَبْعُدْ إِلَى أَنْ يُسْفَرَ

Al-Asy'as, *Sunan Abī Dāwūd*, t.t., 106.

mereka kembali ke rumah tanpa dikenal siapapun karena masih gelap.”<sup>9</sup> Lebih detail hadis dari Jabir menjelaskan bahwa fajar ada dua macam, yaitu fajar yang terbit menjulang ke atas seperti ekor srigala dan fajar yang terbit melintang di ufuk. Fajar yang disebut pertama sebagai pertanda dilarang salat (Subuh) dan diperbolehkan makan bagi orang yang berpuasa sedangkan yang kedua sebagai pertanda diperbolehkan salat (Subuh) namun dilarang makan.<sup>10</sup> Hadis tersebut menjelaskan dan menguatkan indikasi terbit fajar *ṣādiq* yang disimbolkan oleh al-Quran sebagai benang putih dan benang hitam.<sup>11</sup>

Berdasarkan beberapa hadis tersebut juga ulama fikih sepakat bahwa awal waktu Subuh dimulai ketika terbitnya fajar *ṣādiq*.<sup>12</sup> Al-Syarbini lebih detail membagi waktu Subuh menjadi dua bagian, yakni waktu *ikhtiyari* (dari terbitnya fajar sampai *ishfar*) dan waktu *jawaz* (sampai terbitnya Matahari).<sup>13</sup>

---

9

كَانَ النَّبِيُّ يُصَلِّي الصُّبْحَ، فَيَسْهَدُ مَعَهُ نِسَاءَ مِنَ الْمُؤْمِنَاتِ مُتَلَفَعَاتٍ بِمُرُوطِهِنَّ، مَا يَعْرِفُهُنَّ أَحَدٌ مِنَ الْعَلَسِ  
Muslim bin Al-Hajjāj, *Ṣaḥīḥ Muslim*, 446.

10

الْفَجْرُ فَجْرَانِ ، فَجْرٌ يُحْرِمُ الطَّعَامَ وَيَحِلُّ فِيهِ الصَّلَاةُ، وَفَجْرٌ تَحْرِمُ فِيهِ الصَّلَاةُ (أَي صَلَاةُ الصُّبْحِ) وَيَحِلُّ فِيهِ الطَّعَامُ (رَوَاهُ الْبَيْهَقِيُّ)

Ahmad bin al-Husain bin Ali Al-Baihaqy, *as-Sunan al-Kubra* (Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 1991), 554.

<sup>11</sup> QS al-Baqarah/2: 187

... وَكُلُوا وَأَشْرَبُوا حَتَّى يَبْدَأَ لَكُمْ الْخَيْطُ الْأَبْيَضُ مِنَ الْخَيْطِ الْأَسْوَدِ مِنَ الْفَجْرِ ...

<sup>12</sup> Ulama fikih telah sepakat bahwa awal waktu subuh dimulai ketika terbitnya fajar sidik. Sabiq, *Fiqh al-Sunnah*, 104; Al-Syarqawy, *Hāsyiyah al-Syarqawy ‘ala Ṭuḥfah al-Ṭullab*, 241.

<sup>13</sup> Muhammad bin Muhammad Al-Syarbini, *Mughny al-Muhtaj ila Ma’rifat Ma’any Alfadh al-Minhaj, Jilid 1*, vol. 1 (Beirut: Dar al-Fikr, t.t.), 303.

Selanjutnya fajar yang seperti apa yang menjadi acuan awal waktu Subuh tersebut? Diperlukan penelusuran secara detail terkait karakteristik fajar dalam literatur keislaman maupun astronomi. Penelusuran akan diawali dengan eksplorasi karakteristik fajar dalam literatur keislaman, baik al-Quran, hadis maupun pendapat para ulama. Selanjutnya hasil penelusuran tersebut akan dikorelasikan dengan salah satu teori astronomi yaitu teori kategorisasi kecerlangan langit malam yang digagas oleh John E. Bortle, seorang astronom dari Amerika.

## **B. Fajar dalam Literatur Keislaman**

Karakteristik fajar<sup>14</sup> ditelusuri melalui sumber-sumber keislaman yaitu al-Quran sebagai referensi utama dalam penelusuran karakteristik fajar dan didukung tafsir al-Quran sebagai sumber pendukung untuk mengetahui informasi dalam al-Quran. Informasi dari kitab-kitab hadis serta syarahnya juga ditelusuri untuk melengkapi informasi tentang karakteristik fajar yang ada di dalam al-Quran.

Terdapat beberapa ayat al-Quran yang mengandung kata “fajar”, namun hanya QS. al-Baqarah/2: 187 yang menguraikan dan

---

<sup>14</sup> Kata ‘fajar’ menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) versi *online* adalah ‘cahaya kemerah-merahan di langit sebelah timur pada menjelang matahari terbit’. Selanjutnya fajar dibagi menjadi ‘fajar kizib’ dan ‘fajar sidik’. ‘Fajar kizib’ dalam KBBI diartikan dengan ‘cahaya kemerah-merahan yang tampak beberapa saat, kemudian menghilang sebelum fajar sidik’ sedangkan ‘fajar sidik’ diartikan dengan ‘fajar kedua setelah fajar kizib yang tampak menjelang terbit matahari; fajar yang sebenarnya (bagi orang Islam merupakan awal waktu salat Subuh dan imsak bagi yang berpuasa)’. Lihat: “Arti kata fajar - Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Online,” diakses 3 Maret 2021, <https://kbbi.web.id/fajar>.



menggambarkan secara detail tanda-tanda fajar.<sup>15</sup> Potongan ayat tersebut adalah:

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

Makan dan minumlah hingga jelas bagimu (perbedaan) antara benang putih dan benang hitam, yaitu fajar. (Q.S. al-Baqarah/2: 187).<sup>16</sup>

Fajar *ṣādiq* digambarkan dan diumpakan dalam ayat tersebut seperti benang putih yang tampak di antara gelap malam yang diumpakan benang hitam. Perumpamaan ini pada awalnya tidak dipahami oleh para sahabat sampai akhirnya diturunkan kata *min al-fajr* dalam ayat tersebut.<sup>17</sup> Sebelum akhir ayat tersebut (redaksi *min al-fajr*) diturunkan, di antara sahabat ketika akan makan sahur mengikat kakinya dengan benang putih dan hitam, lalu melanjutkan makan sahur sampai jelas terlihat perbedaan antara kedua benang tersebut. Lalu Allah menurunkan redaksi *min al-fajr*, kemudian para sahabat tahu bahwa yang dimaksud makna benang putih

---

<sup>15</sup> Ayat yang lain yang mengandung kata “fajar” yaitu (1) Q.S. al-Isra’/17: 78 yang menjelaskan/berkaitan dengan perintah melaksanakan salat ketika tergelincir Matahari, ketika masuk gelapnya malam dan ketika terbit fajar; (2) Q.S. an-Nur/24: 58 menjelaskan/berkaitan dengan etika pergaulan dalam keluarga atau rumah tangga diantaranya tidak berkunjung sebelum waktu shalat subuh; (3) Q.S. al-Fajr/89: 1 menjelaskan/berkaitan dengan pentingnya keadaan waktu Fajar menjelang saat akhir malam., dan (4) Q.S. al-Qadr/97: 5 menjelaskan/berkaitan dengan keistimewaan dan kemulyaan ibadah semalam (malam qadar) sampai terbit fajar.

<sup>16</sup> Kemenag RI, “Al-Baqarah - 187 Qur’an Kemenag,” diakses 10 Januari 2021, <https://quran.kemenag.go.id/sura/2/187>.

<sup>17</sup> Jeda antara turun redaksi *min al-fajr* dan kalimat sebelumnya adalah satu tahun, yaitu dari bulan Ramadan ke Ramadan tahun berikutnya. Lihat: Muhammad ibn Yusuf Al-Andalusy, *Al-Bahr al-Muḥiṭ fīy al-Tafsīr*, II (Beirut: Dar al-Fikr, 2010), 215.

dan hitam tersebut adalah hitamnya malam dan putihnya siang (H.R. al-Bukhari dan Muslim).<sup>18</sup>

Redaksi *al-khaiṭ* dalam ayat tersebut secara bahasa bermakna benang.<sup>19</sup> Ibnu Faris (w. 555 H) menambahkan bahwa kata “*khayaṭa*” menunjukkan arti sesuatu yang tipis memanjang.<sup>20</sup> Ibnu Manẓur (w. 711 H) mengatakan bahwa firman Allah Q.S. al-Baqarah/2: 187, maksudnya adalah putihnya Subuh dan hitamnya malam, ia discrupakan dengan benang, karena tipisnya.<sup>21</sup> Al-Zamakhshari (w. 538 H) mengatakan: “*al-khaiṭ al-abyaḍ*” adalah awal munculnya fajar yang mendatar di ufuk, seperti benang yang memanjang.<sup>22</sup>

Pendapat senada juga disampaikan oleh Ibnu Taimiyah (w. 728 H) yang menyatakan bahwa penyebutan putih (terang) siang dan hitam (gelap) malam dengan *term* ‘benang putih’ dan ‘benang hitam’ menunjukkan bahwa terbit fajar *ṣādiq* diindikasikan dengan permulaan cahaya putih di tengah kegelapan di ufuk timur dengan bentuk yang tipis dan halus karena memang benang bentuknya adalah tipis, lembut dan memanjang. Lebih lanjut Ibnu Taimiyah menyatakan bahwa jika dimaksud ‘benang putih’ tersebut mengindikasikan telah menyebarnya

---

<sup>18</sup> Muhammad bin Ismail Al-Bukhārī, *Ṣaḥīḥ al-Bukhārī*, I (Beirut: Dar Ibn Katsir, t.t.), 677–78; Muslim bin Al-Hajjāj, *Ṣaḥīḥ Muslim*, 766–67.

<sup>19</sup> Ahmad Warson Munawwir, *Al-Munawwir: Kamus Arab-Indonesia* (Yogyakarta, 1984), 410.

<sup>20</sup> Ahmad Ibn Faris, *Muʿjam Maqayis al-Lughah*, II (Beirut: Dar al-Fikr, 1979), 233.

<sup>21</sup> Muhammad Ibn Mukarram Ibn Manẓur, *Lisan al-Arab*, VII (Beirut: Dar Shad, t.t.), 299.

<sup>22</sup> Mahmud Ibn Umar Az-Zamahshary, *Tafsīr al-Kasyāf* (Beirut: Dar al-Maʿrifah, 2009), 114.

cahaya fajar maka mungkin ayat tersebut tidak menggunakan *term* ‘benang putih’ namun ‘benang merah’ karena ketika cahaya fajar telah menyebar maka yang tampak adalah cahaya fajar yang telah berwarna merah dan sudah tidak tampak lagi ‘benang putih’ maupun ‘benang hitam’ sebagaimana digambarkan dalam ayat tersebut.<sup>23</sup>

Pendapat yang sama juga disampaikan oleh beberapa ahli tafsir yang menguatkan pendapat di atas. Di antaranya pendapat al-Alūsy (w. 127 H),<sup>24</sup> Muqātil (w. 150 H),<sup>25</sup> al-Māwardy (w. 450 H),<sup>26</sup> al-Baghawiy (w. 516 H),<sup>27</sup> an-Naysabury (w. 850 H),<sup>28</sup> dan Umar Ibn ‘Ali (w. 880 H)<sup>29</sup> dalam kitab tafsirnya masing-masing.

Sejalan dengan uraian tersebut, cahaya putih selanjutnya lazim menjadi salah satu unsur pokok dalam banyak rumusan konsep yang diusulkan oleh para ulama tentang ciri-ciri fajar *ṣādiq* yang diturunkan dari al-Quran dan hadis. Di antaranya seperti yang termaktub dalam rumusan konsep fajar *ṣādiq* berikut ini.

---

<sup>23</sup> Ahmad Abd al-Halim Ibn Taymiyah, *Kitab as-Shiyam min Syarkh al-Umdah* (Dar al-Anshary, 1996), 530.

<sup>24</sup> Mahmud Al-Alūsy, *Rūh al-Ma‘āny*, II (Beirut: Ihya at-Turats al-Araby, t.t.), 66.

<sup>25</sup> Muqātil ibn Sulaiman, *Tafsīr Muqātil ibn Sulaiman*, I (Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 2002), 99.

<sup>26</sup> Ali ibn Muhammad Al-Māwardy, *An-Nukat wa al-Uyūn Tafsīr al-Māwardy*, I (Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, t.t.), 246.

<sup>27</sup> Al-Husain ibn Mas‘ūd Al-Bagāwiy, *Tafsīr al-Bagāwiy*, I (Riyadl: Dar Thaibah, 1988), 208.

<sup>28</sup> Al-Hasan Ibn Muhammad An-Naysabury, *Tafsīr Garāib al-Qurān wa Ragāib al-Furqān*, I (Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 1996), 514–15.

<sup>29</sup> Umar Ibn ‘Ali, *Al-Lubāb fīy Ulūm al-Kitāb*, III (Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 1998), 313.

وَهُوَ الْبَيَاضُ الْمُعْتَرِضُ فِي أَفْقِ السَّمَاءِ مِنْ جِهَةِ الْمَشْرِقِ

(Fajar *ṣādiq*) yaitu cahaya putih yang membentang di ufuk langit arah timur.<sup>30</sup>

وَهُوَ الْبَيَاضُ الْمُسْتَطِيرُ الْمُعْتَرِضُ فِي الْأَفْقِ وَلَا يَزَالُ يَزْدَادُ نُورَهُ حَتَّى تَطْلُعَ الشَّمْسُ

Fajar *ṣādiq* adalah cahaya putih yang membentang serta melebar di ufuk serta (intensitas) cahayanya terus bertambah sampai terbit Matahari.<sup>31</sup>

Pendapat para ulama tersebut juga menegaskan bahwa cahaya putih dari fajar *ṣādiq* tersebut semakin kuat intensitasnya seiring dengan waktu karena posisi Matahari semakin mendekati ufuk timur.

Selanjutnya, redaksi “*min al-fajr*” di akhir ayat tersebut menjelaskan bahwa fajar *ṣādiq* dalam ayat tersebut sudah memiliki implikasi hukum, meski belum sempurna terangnya. Karena kata “*min*” dalam ayat ini selain sebagai penjelas (*bayān*) dari kata “*al-khaiṭ*”, bisa juga dimasukkan dalam kategori “*min tab’īdiyyah*” yang berarti “sebagian”. Dengan demikian, kata “*min al-fajr*” dalam ayat ini bermakna “sebagian fajar”, yakni benang putih itu bukanlah fajar yang sudah sempurna terangnya. Keterangan ini banyak dijelaskan oleh para mufassir dalam karyanya masing-masing. Misalnya al-Ṭabāry (w. 310 H),<sup>32</sup> al-Zamakhshary (w. 538 H),<sup>33</sup> al-Rāzy (w. 606 H),<sup>34</sup> al-Bayḍāwī (w. 691 H),<sup>35</sup> dan yang lainnya.

---

<sup>30</sup> Umar ibn Ali ibn Ahmad Al-anshary, *At-Taudliḥ li Syarkh al-Jami’ as-Shahih*, VI (Beirut: Dar an-Nawadir, 2008), 253.

<sup>31</sup> Ala ad-Din As-Samarqandy, *Tuhfah al-Fuqaha*, I (Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 1984), 99; Kementerian Wakaf dan Urusan Keislaman Kuwait, *al-Mausu’ah al-Fiqhiyyah*, XXVII (Kuwait: Dar as-Shafwah, 1992), 319.

<sup>32</sup> Muhammad ibn Jarīr At-Ṭabary, *Tafsīr at-Aṭabary* (Kairo: Dar Hajar, 2001), 261.

<sup>33</sup> Az-Zamakhshary, *Tafsīr al-Kasyāf*, 114.

<sup>34</sup> Fakhr al-Din Muhammad ibn Umar Ar-Rāzy, *Mafātiḥ al-Gaib*, I, t.t., 669.

<sup>35</sup> Abdullah ibn Umar Al-Bayḍāwī, *Tafsīr al-Bayḍāwī*, I (Beirut: Dar Ihya at-Turats al-Araby, t.t.), 126.

Berdasarkan uraian di atas, dapat dikatakan bahwa awal kemunculan sinar di ufuk bagian timur, meski lembut dan tipis seperti benang serta sinarnya masih lemah, sudah bisa dikategorikan sebagai fajar *ṣādiq* yang telah memiliki implikasi hukum diharamkannya makan dan dihalalkannya salat Subuh.

Setelah penelusuran karakteristik fajar *ṣādiq* dalam al-Quran, selanjutnya adalah penelusuran karakteristik tersebut dalam keterangan hadis. Berikut ini beberapa hadis yang menerangkan tentang terbit fajar sebagai tanda awal waktu Subuh, di antaranya:

الْفَجْرُ فَجْرَانِ فَأَمَّا الْفَجْرُ الَّذِي يَكُونُ كَذَنْبِ السَّرْحَانِ فَلَا يُجِلُّ الصَّلَاةَ وَلَا يُحْرِمُ  
الطَّعَامَ , وَأَمَّا الَّذِي يَذْهَبُ مُسْتَطِيلًا فِي الْأَفُقِ فَإِنَّهُ يُجِلُّ الصَّلَاةَ وَيُحْرِمُ الطَّعَامَ .

Fajar ada dua. Adapun fajar yang (menjulang) seperti ekor serigala maka belum menghalalkan pelaksanaan salat (Subuh) dan belum mengharamkan puasa. Adapun yang fajar yang memanjang di ufuk maka fajar tersebut telah menghalalkan salat (Subuh) dan mengharamkan makan (H.R. ad-Dāruqūṭny dan al-Baihaqy).<sup>36</sup>

لَا يُعْرَنُ أَحَدَكُمْ نِدَاءُ بِلَالٍ مِنَ السَّحُورِ وَلَا هَذَا الْبَيَاضُ حَتَّى يَسْتَطِيرَ .

Jangan sampai sebagian kalian diganggu oleh panggilan azan Bilal dan cahaya putih (yang menjulang) ini sampai (cahayanya) menyebar (di ufuk)” (H.R. Muslim).<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> Ali Ibn Umar Al-Dāruqūṭny, *Sunan al-Dāruqūṭny*, I (Beirut: Ar-Risalah, 2004), 505; Ahmad Ibn Husain Ibn Ali Al-Baihaqy, *As-Sunan al-Kubra*, 1991, 554. Menurut catatan al-Suyūṭy, sanad hadis tersebut bersambung dan dinilai sah oleh al-Baihaqy. Lihat: Abd al-Raḥman Ibn al-Kamal Jalal Al-Suyūṭiy, *Tafsīr al-Durr al-Mansūr fī al-Tafsīr al-Ma’sūr*, I (Beirut: Dar al-Fikr, 2011), 482.

<sup>37</sup> Muslim bin Al-Hajjāj, *Ṣaḥīḥ Muslim*, II (Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 1992), 769. Menurut kajian Muhammad bin Ali, semua rawi dalam hadis tersebut dapat dipercaya dan berkualiatas baik. Lihat: Muhammad bin Ali,

Dalam hadis tersebut Nabi SAW menjelaskan bahwa fajar ada dua, yaitu fajar yang menjulang ke atas dan fajar yang menyebar di ufuk dan implikasi hukum masing-masing. Nabi SAW juga menghubungkan antara menghentikan sahur dengan putihnya ufuk yang bentuknya mendatar. Dari hadis ini pula dapat diketahui bahwa fajar *ṣādiq* terbit setelah fajar *kāzib*.

Ada redaksi yang cukup menarik dari hadis riwayat Muslim di atas, yaitu penggunaan kata ‘*hāzā*’ sebagai kata tunjuk untuk warna putih dari fajar *kāzib*. Kata tunjuk (*isyarah*) ‘*hāzā*’ biasa digunakan untuk menunjuk sesuatu yang dekat<sup>38</sup>, sedangkan sesuatu yang dekat secara umum mudah dilihat. Jadi penggunaan kata ‘*hāzā*’ untuk menunjuk putihnya fajar *kāzib* bisa bermaksud bahwa pada zaman Nabi SAW cukup mudah dilihat cahaya fajar *kāzib*. Kemudahan mengidentifikasi fajar *ṣādiq* dan fajar *kāzib* dikuatkan informasi hadis yang diriwayatkan oleh ad-Dāruqūṭny di atas yang menunjukkan bahwa Nabi cukup mudah menggambarkan perbedaan bentuk sinar kedua fajar tersebut.

Selanjutnya gambaran lingkungan saat telah terbit fajar diuraikan dalam beberapa hadis, di antaranya adalah:

---

*Al-Baḥr al-Muḥīṭ al-Šajjāj fī Syarḥ Ṣaḥīḥ al-Imām Muslim*, XXI (Beirut: Dar Ibn al-Jauzy, 2011), 543–44. Hadis ini juga diriwayatkan oleh Ibn Khuzaimah dengan makna yang sama. Lihat: Muhammad Ibn Ishaq Ibn Khuzaimah, *Ṣaḥīḥ Ibn Khuzaimah*, I (Al-Maktab al-Islamy, t.t.), 929.

<sup>38</sup> Muṣṭafa Al-Gulayainy, *Jāmi’ al-Durūs al-Arabiyyah*, I (Beirut: Al-Maktabah al-Aṣriyah, 1994), 128.

كُنَّ نِسَاءَ الْمُؤْمِنَاتِ يَشْهَدْنَ مَعَ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ صَلَاةَ الْفَجْرِ مُتَلَفِعَاتٍ بِمُرُوطِهِنَّ ثُمَّ يَنْقَلِبْنَ إِلَى بُيُوتِهِنَّ حِينَ يَقْضِينَ الصَّلَاةَ لَا يَعْرِفُهُنَّ أَحَدٌ مِنَ الْعَلَسِ.

Aisyah mengatakan: “Dahulu para sahabat dari kalangan wanita, ikut salat fajar bersama Rasulullah SAW dengan berbalut baju yang berbulu. Lalu mereka kembali ke rumah-rumah mereka, dan tidak ada seorangpun yang mengenali mereka, karena suasana yang masih gelap”. (H.R. al-Bukhāri, Muslim, dan Abū Dāwūd).<sup>39</sup>

Cukup banyak riwayat lain dengan redaksi yang berbeda namun memiliki makna yang sama yang menguatkan bahwa Nabi SAW melaksanakan salat Subuh dalam kondisi *galas*.<sup>40</sup> Ibnu Rajab (w. 795 H) dalam karyanya juga cukup banyak mengutip hadis-hadis yang semakna dengan hadis tersebut.<sup>41</sup> Hal yang sama juga bisa ditemukan dalam *Majma' az-Zawā'id* karya Ibn Abi Bakr (w. 807 H).<sup>42</sup> Hal ini juga diperkuat dengan hadis Nabi SAW yang menyatakan bahwa beliau pernah salat Subuh dalam kondisi *istfār* namun kemudian pelaksanaan salat Subuh

---

<sup>39</sup> Al-Bukhāry, *Ṣaḥīḥ al-Bukhāry*, 211; Muslim bin Al-Hajjāj, *Ṣaḥīḥ Muslim*, 446; Abi Dawud Sulaiman Ibn Al-Asy'aṣ, *Sunan Abī Dāwūd*, I (Beirut: Maktabah al-Ashriyah, t.t.), 315. Terkait dengan kondisi *galas* ketika Nabi SAW salat subuh juga banyak diriwayatkan dalam redaksi yang berbeda dengan makna yang sama. Lihat misalnya: Muslim bin Al-Hajjāj, *Ṣaḥīḥ Muslim*, 429. Menurut catatan Syuaib al-Arnauṭ dkk. ketika memberikan komentar dalam kitab *As-Sunan Ibn Mājah* terkait hadis tersebut, menyatakan bahwa sanad hadis tersebut sah. Lihat: Muhammad Ibn Yazid Ibn Majah, *As-Sunan Ibn Mājah*, I (Muassasah al-Risalah, t.t.), 427.

<sup>40</sup> Ibn Manẓur mengartikan kata *galas* dengan ‘gelapnya akhir malam yang bercampur dengan munculnya cahaya waktu subuh’. Lihat: Muhammad Ibn Mukarram Ibn Manẓur, *Lisan al-Arab*, VI (Beirut: Dar Shad, t.t.), 156.

<sup>41</sup> Aby al-Farj Ibn Rajab, *Fatḥh al-Bāry*, IV (Madinah: Dar al-Ghuraba al-Atsariyah, 1996), 429–30.

<sup>42</sup> Ali Ibn Abi Bakr Al-Hayṣamy, *Majma' az-Zawā'id wa Manba' al-Fawā'id*, I (Beirut: Dar al-Kitab al-'Araby, t.t.), 317–18.

berikutnya adalah dalam kondisi *ġalas* sampai beliau wafat. Sebagaimana riwayat Abu Dawud berikut ini:

وَصَلَّى صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ الصُّبْحَ مَرَّةً بَعْسٍ، ثُمَّ صَلَّى مَرَّةً أُخْرَى فَأَسْفَرَ بِهَا، ثُمَّ كَانَتْ صَلَاتُهُ بَعْدَ ذَلِكَ التَّغْلِيصِ حَتَّى مَاتَ، وَلَمْ يُعَدِّ إِلَى أَنْ يُسْفَرَ

Rasulullah SAW salat Subuh saat kelam (pada akhir malam), kemudian pada kesempatan lain ketika hari mulai terang. Setelah itu salat tetap dilakukan pada waktu gelap sampai beliau wafat dan tidak pernah lagi pada waktu mulai terang. (H.R. Abū Dāwūd).<sup>43</sup>

Melihat banyaknya hadis yang senada dengan ini, hingga al-Baihaqy, sebagaimana dikutip oleh Ibn Rajab, menyimpulkan, bahwa sebagian besar hadis menunjukkan bahwa dahulu Nabi SAW memulai salat Subuh ketika suasana masih *ġalas*.<sup>44</sup>

Para ulama juga sepakat bahwa awal waktu Subuh adalah ketika kondisi *ġalas*.<sup>45</sup> Perbedaan di antara para ulama hanya terkait keutamaan pelaksanaan salat Subuh apakah ketika *ġalas* atau *isfār*. Mazhab Hanafi menganjurkan laki-laki untuk melakukan salat Subuh dalam saat *isfār* dan saat *ġalas* bagi perempuan.<sup>46</sup> Sementara itu mazhab Maliki<sup>47</sup>, Syafii<sup>48</sup> dan

---

<sup>43</sup> Al-Asy'aṣ, *Sunan Abī Dāwūd*, 295.

<sup>44</sup> Ibn Rajab, *Fatḥh al-Bāry*, 429–30.

<sup>45</sup> Al-Zuhaili, *al-Fiqh al-Islāmi wa Adillatuh*, 574–77.

<sup>46</sup> Ali ibn Zakaria Al-Manbaji, *Al-Lubāb fīy al-Jām'ī bain as-Sunnah wa al-Kitāb*, I (Pakistan: Al-Maktabah al-Haqaniyah, 1994), 180.

<sup>47</sup> Muhammad Ibn Ali Ibn Umar at-Tamīmy Al-Maziry, *Syarkh at-Talqīn*, I (Beirut: Dar al-Gharab al-Islamy, 1997), 405; Ali Ibn Said Az-Zijrajy, *Manāhij at-Taḥṣīl wa Natāij Laṭā'if at-Ta'wīl*, I (Beirut: Dar Ibn Hazm, 2007), 211–12.

<sup>48</sup> Muhammad Ibn Idris As-Syafii, *Al-Umm*, II (Dar al-Wafa, 2001), 165; Muhyiddin ibn Syaraf An-Nawawy, *Al-Majmū' Syarkh al-Muḥaḥab*, III (Damaskus: Idārah al-Ṭibā'iyyah al-Munīriyyah, t.t.), 51.



Hambali<sup>49</sup> berpendapat bahwa salat Subuh lebih utama dilaksanakan di awal waktu yaitu saat kondisi *ḡalas*.

Terkait dengan warna fajar *ṣādiq*, perlu dikemukakan adanya hadis Nabi SAW yang menyatakan bahwa warna awal fajar *ṣādiq* adalah merah (الأحمر). Dalam versi riwayat yang ditakhrij oleh Ahmad ibn Hanbal, teks hadis tersebut adalah:

لَيْسَ الْفَجْرُ الْمُسْتَطِيلَ فِي الْأَفُقِ وَلَكِنَّهُ الْمُعْتَرِضُ الْأَحْمَرُ

Fajar itu bukanlah yang melintang (vertikal) di ufuk, melainkan yang melebar (horisontal) dan yang berwarna merah.<sup>50</sup>

Versi lain yang ditakhrij oleh Abu Dawud dan al-Turmudzi, menggunakan redaksi sebagai berikut:

...فَكُلُّوا وَاشْرَبُوا حَتَّى يَعْترِضَ لَكُمْ الْأَحْمَرُ

...maka makan dan minumlah hingga terbit melebar (horisontal) pada kamu sekalian cahaya merah.<sup>51</sup>

Menurut Abd. Salam Nawawi, penyifatan awal fajar *ṣādiq* dengan cahaya merah ini tidak selaras dengan hadis Nabi SAW yang lain dan bahkan juga tidak selaras dengan al-Quran yang secara gamblang telah menyifatinya dengan warna putih (الأبيض).<sup>52</sup> Namun demikian, ada ulama

---

<sup>49</sup> Manshur ibn Yunus ibn Idris Al-Bahūty, *Kasyf al-Qinā'* (Beirut: Alam al-Kutub, 1983), 256; Abdullah Ibn Ahmad Ibn Muhammad Ibn Qudāmah, *Al-Mughny*, II (Riyadl: Dar Alam al-Kutub, 1997), 32, 44.

<sup>50</sup> Ahmad Ibn Hanbal, *Musnad al-Imam Ahmad ibn Hanbal*, XXVI (Beirut: Muassasah al-Risalah, 1998), 218–19.

<sup>51</sup> Abi Dawud Sulaiman Ibn Al-Asy'a's, *Sunan Abī Dāwūd*, II (Beirut: Maktabah al-Ashriyah, t.t.), 304.

<sup>52</sup> Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis*, I (Surabaya: Imtiyaz, 2016), 84.

yang membangun konsep yang agak berbeda tentang fajar *ṣādiq*. Di antaranya adalah Syekh Muhammad Taqiyuddin al-Hilali yang menyatakan:

وَالْفَجْرُ الصَّادِقُ مُعْتَرِضٌ فِي الْأَفْقِ مُشْرَبٌ بِالْحُمْرَةِ الَّتِي تَتَقَدَّمُ طُلُوعَ الشَّمْسِ

Fajar *ṣādiq* itu melebar di ufuk, bercampur dengan warna merah yang mendahului terbit Matahari.<sup>53</sup>

Nawawi menambahkan bahwa citra merah tersebut memang benar juga hadir dalam fenomena perubahan warna fajar *ṣādiq*, tetapi citra merah tersebut terjadi atau tampak sesudah hamburan cahaya Subuh tersebut telah menyebar. Adapun di awal kemunculan fajar *ṣādiq*, yang tampak adalah citra seperti benang putih sebagaimana digambarkan oleh al-Quran.<sup>54</sup>

Pemahaman tentang citra “hampanan cahaya” sebagai awal kemunculan fajar *ṣādiq* dapat ditemukan juga dalam sebuah konsep yang dinisbatkan kepada Ibn Abbas. Terkait hal ini Ibn Jarir al-Ṭabari mengutip riwayat yang memuat penuturan Aṭa’ bahwa ia mendengar Ibn Abbas berkata:

الْفَجْرُ الَّذِي يَسْتَبِينُ عَلَى رُءُوسِ الْجِبَالِ هُوَ الَّذِي يُحْرِمُ الشَّرَابَ

Fajar yang tampak jelas di puncak-puncak bukit, itu dia yang mengharamkan minuman.<sup>55</sup>

---

<sup>53</sup> Muhammad Taqiy ad-Din Alhilali, “Bayan al-Fajr as-Shadiq wa Imtiyazuh ‘an al-Fajr al-Kadzib,” diakses 5 November 2021, <http://www.alhilali.net/المكتبة/١١٦٤٧-كتاب-الفجر-الصادق-وامتياز-ه-عن-الفجر-ال-المكتبة/>.

<sup>54</sup> Nawawi, *Ilmu Falak Praktis*, 85.

<sup>55</sup> Muhammad ibn Jarir At-Thabary, *Tafsir at-Thabary Jami’ al-Bayan ‘an Ta’wil Ayi al-Quran*, III (Kairo: Markaz al-Buhuts wa ad-Dirasat al-Arabiyah wa al-Islamiyah, 2001), 252.

Konsep tentang fajar *ṣādiq* yang menyatakan bahwa awal terbitnya bukan dari garis ufuk namun dari posisi yang lebih tinggi, yakni ke puncak-puncak bukit, menunjukkan bahwa konsep tersebut memberikan pemaknaan bahwa awal fajar *ṣādiq* adalah ketika cahaya Subuh sudah menyebar luas. Sebab, fajar *ṣādiq* tidak mungkin dapat dilihat pada puncak-puncak bukit kecuali ia telah menyebar luas. Jadi dengan menjadikan “puncak bukit” sebagai parameter pokok terbit fajar *ṣādiq* justru menunjukkan dengan jelas ketidakselarasannya dengan al-Quran dan hadis yang lain.<sup>56</sup>

Sejalan dengan pendapat Aṭa’ tersebut, Ibn Jarir al-Ṭabari menegaskan:

صِفَةُ ذَلِكَ الْبَيَاضِ أَنْ يَكُونَ مُنْتَشِرًا مُسْتَفِيضًا فِي السَّمَاءِ يَمْلَأُ بَيَاضُهُ وَضَوْؤُهُ  
الطُّرُقَ

Sifat dari cahaya putih itu adalah menyebar rata di langit. Putih dan sinarnya memenuhi jalan-jalan.<sup>57</sup>

Pendeskrripsian fajar *ṣādiq* sebagai cahaya Subuh yang telah menyebar secara rata dan menerangi jalan-jalan tentu tidak salah. Namun jika fenomena tersebut dinyatakan sebagai awal ketampakan fajar *ṣādiq*, maka pemaknaan ini tidak sejalan dengan pesan al-Quran yang telah dengan tegas mengibaratkan ketampakan fajar *ṣādiq* di awal kemunculannya dengan “benang putih”.<sup>58</sup>

---

<sup>56</sup> Nawawi, *Ilmu Falak Praktis*, 86.

<sup>57</sup> At-Thabary, *Tafsir at-Thabary Jami’ al-Bayan ’an Ta’wil Ayi al-Quran*, 251.

<sup>58</sup> Nawawi, *Ilmu Falak Praktis*, 86.

Ketika fajar *ṣādiq* berbentuk citra seperti benang putih, efek terangnya tentu masih cukup lemah dan redup serta belum signifikan untuk mampu menerangi jalan-jalan. Bahkan zaman Nabi SAW, ketika bubar salat jamaah Subuh pun dilukiskan bahwa keadaan jalan-jalan di Madinah masih gelap.

Senada dengan uraian Abd. Salam Nawawi tersebut, Ibrahim bin Muhammad as-Shubaihi menjelaskan bahwa maksud kata “*al-ahmar*” dalam hadis tersebut adalah warna putih, seperti dalam sabda Nabi SAW yang lain.<sup>59</sup>

بُعِثْتُ إِلَى الْأَحْمَرِ وَالْأَسْوَدِ

Aku diutus kepada “*al-ahmar*” (bangsa kulit putih) dan bangsa kulit hitam. (HR. Ahmad).<sup>60</sup>

As-Shubaihi menambahkan, pemaknaan dengan warna putih tersebut dikuatkan dengan ungkapan orang arab “*امرأة حمراء*”, yaitu wanita yang berkulit putih.<sup>61</sup> Pendapat ini dikuatkan oleh pengarang kitab *Aunul Ma’bud Syarah Sunan Abu Dawud*, ketika men*syarah* hadis riwayat Abu Dawud di atas.<sup>62</sup>

---

<sup>59</sup> Ibrahim bin Muhammad As-Shubaihi, *Thulu’ al-Fajr as-Shadiq bayna Tahdid al-Quran wa Ithlaq al-Lughah* (Riyadl: Maktabah al-Mulk Fahd, 2007), 51.

<sup>60</sup> Ahmad Ibn Hanbal, *Musnad al-Imam Ahmad ibn Hanbal*, XXII (Beirut: Muassasah al-Risalah, 1998), 165.

<sup>61</sup> *As-Shubaihi, Thulu’ al-Fajr as-Shadiq bayna Tahdid al-Quran wa Ithlaq al-Lughah*, 51.

<sup>62</sup> Muhammad Syams al-Haq, *’Aun al-Ma’bud*, VI (Madinah: Maktabah as-Salafiyah, 1968), 473.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa karakteristik lokasi pengamatan zaman Nabi SAW saat cahaya awal fajar *ṣādiq* adalah:

1. Kondisi dan suasana saat awal terbit fajar *ṣādiq* masih dalam keadaan *ḡalas* sehingga seseorang belum bisa mengenali orang di sampingnya.
2. Kondisi kecerlangan langit pada zaman Nabi SAW dinilai sangat gelap karena saat itu cukup mudah melihat fajar *kāzib* sebelum terbit fajar *ṣādiq*.

Adapun karakter cahaya awal fajar *ṣādiq* yang teramati pada zaman Nabi SAW adalah sebagai berikut:

1. Cahaya fajar *ṣādiq* pada awal terbitnya berwarna putih lembut dan memanjang seperti benang di ufuk timur
2. Fajar *ṣādiq* terbit setelah fajar *kāzib* yang warnanya juga putih namun arah cahayanya menjulang ke atas seperti ekor serigala.
3. Intensitas cahaya fajar *ṣādiq* terus meningkat seiring dengan waktu sampai Matahari terbit karena posisi Matahari yang semakin dekat dengan ufuk timur.

Terkait dengan kondisi kecerlangan langit pada zaman Nabi SAW tersebut, penelusuran dan pembacaan ulang dengan pendekatan teori astronomi terhadap karakteristik tersebut perlu dilakukan supaya diketahui secara lebih spesifik bagaimana kecerlangan langit saat itu. Selanjutnya hal tersebut bisa dijadikan acuan dalam penentuan lokasi ideal untuk pengamatan karena memiliki kondisi kecerlangan langit sebagaimana zaman Nabi SAW tersebut. Untuk itu pembahasan selanjutnya difokuskan untuk mengkaji kondisi kecerlangan langit dengan teori kategorisasi kecerlangan langit malam yang diusulkan oleh John E.

Bortle, seorang astronom Amerika. Namun, sebelumnya diuraikan istilah fajar yang biasa dikenal dalam astronomi.

### C. Fajar dalam Perspektif Astronomi

Fajar dalam ilmu astronomi adalah iluminasi atmosfer bagian bawah saat Matahari tidak terlihat secara langsung karena berada di bawah ufuk. Fajar dihasilkan oleh hamburan sinar Matahari di atmosfer bagian atas, menerangi atmosfer bagian bawah sehingga permukaan bumi tidak sepenuhnya terang atau gelap. Kata fajar juga digunakan untuk menunjukkan periode waktu ketika iluminasi ini terjadi.<sup>63</sup>

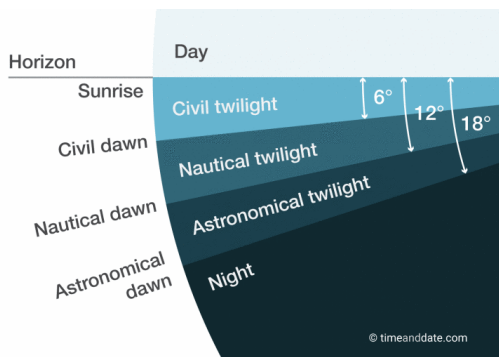
Fajar didefinisikan menurut sudut elevasi Matahari, yang merupakan posisi pusat geometris dari Matahari relatif terhadap cakrawala. Ada tiga kategori fajar yang dikenal dalam ilmu astronomi, yaitu fajar sipil (ketika posisi Matahari terdekat dengan cakrawala), fajar bahari, dan fajar astronomi (ketika posisi Matahari terjauh dari cakrawala).

Fajar sipil adalah fajar yang ditandai dengan mulai tampaknya benda-benda di daerah sekitar, dalam hal ini kondisi daerah sekitar sudah mulai terang menandakan Matahari akan segera terbit. Pada kondisi seperti ini, sudut depresi atau ketinggian Matahari berada sekitar  $6^\circ$  di bawah cakrawala. Fajar nautika/bahari adalah fajar yang ditandai dengan terlihatnya ufuk di laut. Posisi Matahari pada kondisi ini berada sekitar  $12^\circ$  di bawah ufuk. Fajar astronomi didefinisikan sebagai akhir malam,

---

<sup>63</sup> National Weather Service US Department of Commerce, NOAA, "Definitions of Twilight," diakses 24 Oktober 2021, <https://www.weather.gov/fsd/twilight>.

ketika cahaya bintang mulai meredup karena mulai munculnya hamburan cahaya Matahari. Posisi Matahari saat kondisi fajar astronomi berada  $18^\circ$  di bawah ufuk (Gambar 2.1).<sup>64</sup> Ketampakan masing-masing kriteria fajar dalam astronomi sampai terbit Matahari bisa dilihat pada Gambar 2.2 sampai dengan Gambar 2.5.



Gambar 2. 1. Fajar dalam Astronomi<sup>65</sup>

<sup>64</sup> T. Djamaluddin, “Waktu Shubuh Ditinjau secara Astronomi dan Syar’i,” diakses 6 November 2021, <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2010/04/15/waktu-shubuh-ditinjau-secara-astronomi-dan-syari/>.

<sup>65</sup> Konstantin Bikos dan Aparna Kher, “The Different Types of Twilight, Dawn and Dusk,” diakses 6 November 2021, <https://www.timeanddate.com/astronomy/different-types-twilight.html>.

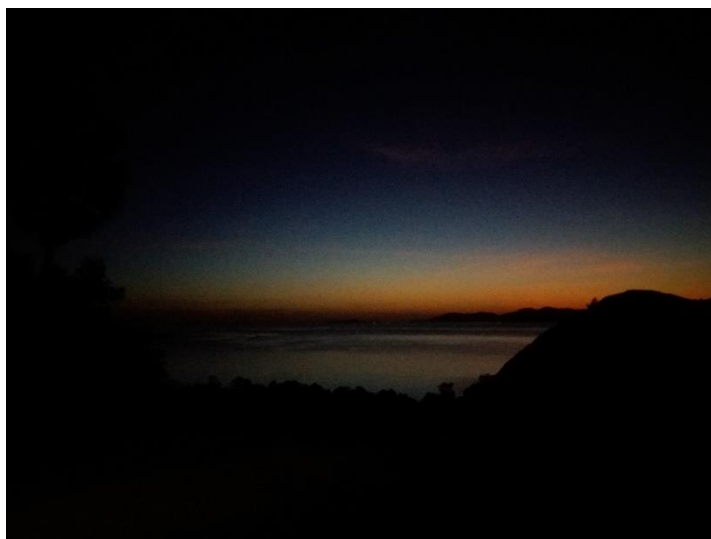


Gambar 2. 2. Fajar astronomi di Labuanbajo Nusa Tenggara Timur  
(Sumber: AR Sugeng –Assalam Obs. Solo)

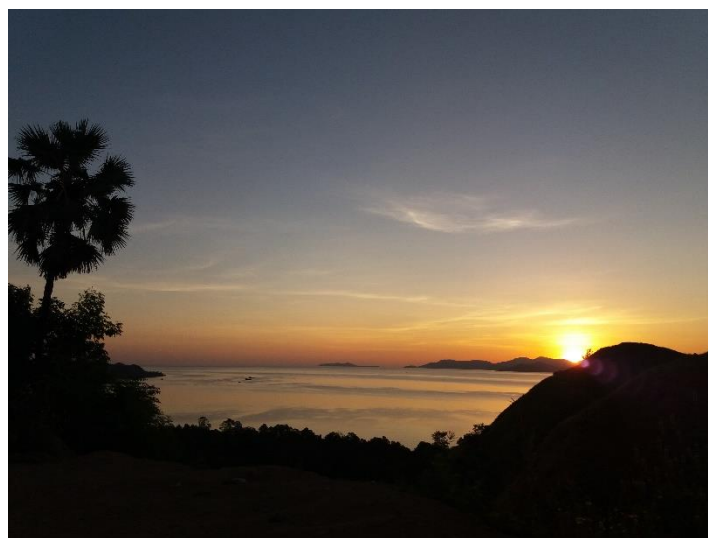


Gambar 2. 3. Fajar nautika di Labuanbajo Nusa Tenggara Timur  
(Sumber: AR Sugeng –Assalam Obs. Solo)



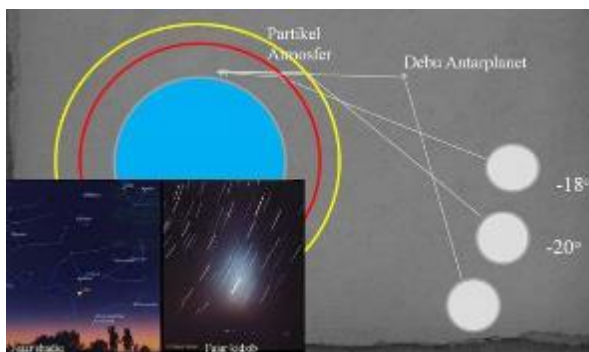


Gambar 2. 4. Fajar sipil di Labuanbajo Nusa Tenggara Timur  
(Sumber: AR Sugeng –Assalam Obs. Solo)



Gambar 2. 5. Terbit Matahari di Labuanbajo Nusa Tenggara Timur  
(Sumber: AR Sugeng –Assalam Obs. Solo)

Dalam tiga pengertian fajar tersebut tidak ditemukan pengertian yang sesuai dengan pemahaman fajar *kāzib*. Karena dalam kaca mata astronomi, fenomena fajar *kāzib* tersebut memang tidak masuk kategori fajar atau cahaya yang bukan pengaruh pancaran sinar Matahari secara langsung, akan tetapi cahaya yang tampak karena efek hamburan cahaya Matahari oleh debu antar planet<sup>66</sup>, fenomena ini dalam astronomi dikenal dengan sebutan *Zodiacal Light* atau Cahaya Zodiak (Gambar 2.6)



Gambar 2. 6. Cahaya Zodiak akibat hamburan debu antar planet<sup>67</sup>

Dalam bahasa al-Quran fenomena fajar *ṣādiq* ini diibaratkan dengan ungkapan “terang bagimu benang putih dari benang hitam”, yaitu peralihan dari gelap malam (hitam) menuju munculnya cahaya (putih). Terkait hal tersebut Djamaluddin menyatakan bahwa dalam bahasa fisika, hitam bermakna tidak ada cahaya yang dipancarkan, dan putih bermakna ada cahaya yang dipancarkan. Karena sumber cahaya itu dari Matahari dan penghamburnya adalah udara, maka cahaya fajar melintang di

<sup>66</sup> D. W. Schuerman† dan J L Weinberg, “Zodiacal Light: A Probe of the Properties and Evolution of Interplanetary Dust,” *Highlights of Astronomy* 6 (30 Maret 1983): 421–25, <https://doi.org/10.1017/S1539299600005426>.

<sup>67</sup> Djamaluddin, “Waktu Shubuh Ditinjau secara Astronomi dan Syar’i.”

sepanjang ufuk. Fenomena tersebut adalah pertanda akhir malam, yaitu menjelang Matahari terbit. Semakin Matahari mendekati ufuk, semakin terang fajar *ṣādiq*, dan batasan yang bisa digunakan adalah jarak Matahari di bawah ufuk.<sup>68</sup> Gambaran perbedaan ketampakan fajar *kāzib* dan fajar *ṣādiq* bisa dilihat pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.



Gambar 2. 7. Fajar *kāzib* di Pulau Bawean Kab. Gresik  
(Sumber: LFNU Gresik)



Gambar 2. 8. Fajar *ṣādiq* di Pulau Bawean Kab. Gresik  
(Sumber: LFNU Gresik)

---

<sup>68</sup> Djamaluddin.

Djamaluddin menambahkan bahwa dalam penentuan nilai posisi ketinggian Matahari untuk fajar astronomi ada perbedaan dan tidak mutlak dalam posisi  $18^\circ$  di bawah ufuk. Para ulama ahli hisab dahulu sudah merumuskan definisi fajar *ṣādiq*/fajar astronomi dengan kriteria beragam, berdasarkan pengamatan dahulu, berkisar sekitar  $-15 - -20$  derajat. Penentuan kriteria fajar tersebut merupakan produk ijtihadiyah. Untuk itu, perbedaan seperti itu dianggap wajar saja. Di Indonesia, ijtihad yang digunakan adalah sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-20$  derajat di bawah ufuk, dengan landasan dalil syar'i dan astronomis yang dianggap kuat.<sup>69</sup>

Berikut ini beberapa perbedaan dalam penentuan ketinggian Matahari untuk Subuh :

Tabel 2. 1. Perbedaan ketinggian fajar *ṣādiq* berbagai organisasi dan negara<sup>70</sup>

No	Organisasi	Tinggi Matahari	Negara
1	<i>Universitas of Islamic Science Karachi</i>	minus $18^\circ$	Pakistan, Bangladesh, India, Afghanistan, dan sebagian Eropa
2	<i>Islamic Society of North America</i>	minus $15^\circ$	Canada dan sebagian Amerika
3	<i>Muslim World League</i>	minus $18^\circ$	Eropa, Timur jauh, dan sebagian Amerika Serikat
4	<i>Ummul Qurra Committee</i>	minus $19^\circ$	Semenanjung Arabia

<sup>69</sup> Djamaluddin.

<sup>70</sup> Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1* (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011), 39.

No	Organisasi	Tinggi Matahari	Negara
5	<i>Egyptian General Authority of Survey</i>	minus 19,5°	Afrika, Syria, Irak, Libanon, Malaysia <sup>71</sup>

Di bawah ini perbedaan ulama Falak Indonesia dalam penentuan tinggi Matahari untuk Subuh :

Tabel 2. 2. Perbedaan ketinggian fajar *ṣādiq* ulama Falak Indonesia<sup>72</sup>

No	Tokoh	Tinggi Matahari
1.	Saadoe'ddin Djambek	minus 20°
2.	Zubair Umar al-Jailani	minus 18°
3.	Muhammad Ma'shum bin Ali	minus 19°
4.	Abdur Rachim	minus 20°
5.	Noor Ahmad SS	minus 20°
6.	Slamet Hambali	minus 19°- tinggi Matahari terbit
7.	Muhyiddin Khazin	minus 20°

Selanjutnya ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemunculan fajar, antara lain ketebalan atmosfer, temperatur, kelembapan udara dan polusi cahaya.

---

<sup>71</sup> Mulai 29 November 2019 Malaysia mengubah kriteria waktu Subuhnya menjadi -18°. Lihat: Norhafzan Jaafar, "Waktu Subuh lewat 8 menit babitkan seluruh negara - JAKIM," 2019, <https://www.bharian.com.my/berita/nasional/2019/11/633306/waktu-subuh-lewat-8-minit-babitkan-seluruh-negara-jakim>.

<sup>72</sup> Hambali, *Ilmu Falak 1*, 40.

Thomas Djamaluddin menyebutkan faktor perbedaan lintang (jauh dekatnya dengan ekuator) yang menyebabkan tingkat ketebalan atmosfer yang berbeda sehingga berdampak pada munculnya fajar astronomi yang lebih cepat atau lebih lambat.<sup>73</sup> Jika dilihat perbedaan yang terjadi pada Tabel 2.1 di atas, diketahui bahwa penyebab ketebalan atmosfer juga berpengaruh. Daerah dekat kutub seperti Canada dan sebagian Amerika (*Islamic Society of North America*) dengan lintang yang cukup tinggi memiliki kriteria fajar astronomis yang cukup lambat ( $-15^{\circ}$ ), sementara daerah di sebelah selatannya dengan lintang yang lebih rendah memiliki kriteria fajar astronomis yang lebih cepat ( $-18^{\circ}$ ) yaitu Pakistan, Bangladesh, India, Afghanistan, dan sebagian Eropa (*Universitas of Islamic Science Karachi*), juga Eropa, Timur jauh, dan sebagian Amerika Serikat (*Muslim World League*). Jika dilanjutkan lagi lebih ke selatan maka akan dijumpai kriteria yang lebih cepat lagi yaitu  $-19^{\circ}$  untuk daerah Semenanjung Arabia (*Ummul Qurra Committee*), dan  $-19,5^{\circ}$  untuk daerah Afrika, Syria, Irak, Libanon, Malaysia (*Egyptian General Authority of Survey*).

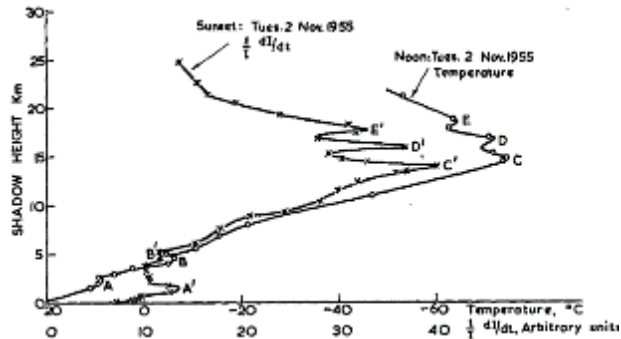
Sementara itu pendapat dari ahli falak Indonesia (Tabel 2.2.) dominan lebih cepat karena memang daerah Indonesia dekat dengan ekuator dan memiliki ketebalan atmosfer yang cukup tebal, kriteria berkisar antara  $-18^{\circ}$  s/d  $-20^{\circ}$ .

Selain faktor ketebalan atmosfer ada faktor lain yang berpengaruh yakni temperatur dan kelembapan udara. Temperatur/suhu udara

---

<sup>73</sup> Djamaluddin, "Waktu Shubuh Ditinjau secara Astronomi dan Syar'i."

berhubungan dengan tinggi rendahnya suatu tempat, dan kelembapan udara berhubungan dengan perubahan iklim/cuaca dan polusi udara.



Gambar 2. 9. Pengaruh temperatur terhadap hamburan cahaya fajar<sup>74</sup>

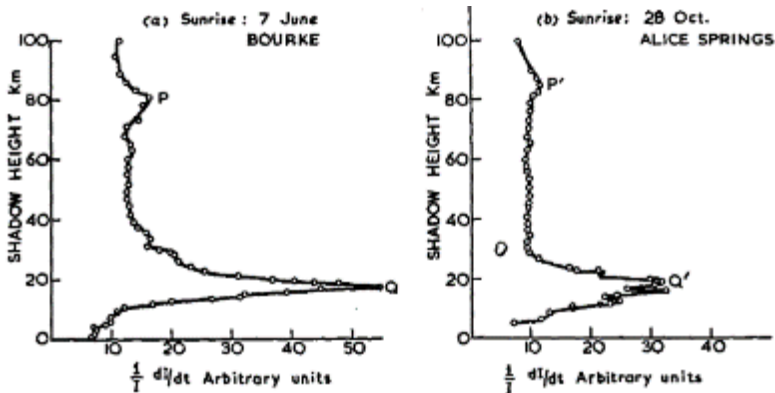
Temperatur udara akan mempengaruhi kondisi kemunculan fajar, temperatur yang rendah akan menghambat kemunculan fajar, dan temperatur yang tinggi akan meneurskan cahaya fajar sehingga fajar akan terlihat lebih cepat. Dampak temperatur udara terhadap konsistensi hamburan cahaya fajar terbagi menjadi 3 area<sup>75</sup> :

1. Ketinggian 40-70 km

Pada area ini temperatur udara terlihat konstan, data dilihat melalui diagram berikut :

<sup>74</sup> E. K. Bigg, "The Detection of Atmospheric Dust and Temperature Inversions by Twilight Scattering," *Journal of Meteorology* 13, no. 3 (Juni 1956): 262–68, [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1956\)013<0262:TDOAD&2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1956)013<0262:TDOAD&2.0.CO;2).

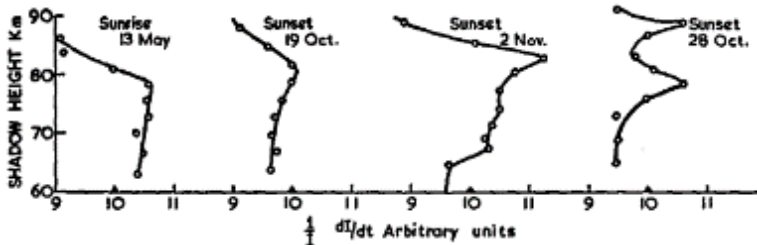
<sup>75</sup> Rohmah, *Pengaruh Atmosfer terhadap Ketampakan Fajar Shadiq (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)*, 20–23.



Gambar 2. 10. Keteraturan temperatur area 40-70 km<sup>76</sup>

2. Ketinggian 70 – 90 km

Area ini memiliki temperatur yang tidak teratur, perhatikan diagram berikut :



Gambar 2. 11. Ketidakteraturan temperatur area 70-90 km<sup>77</sup>

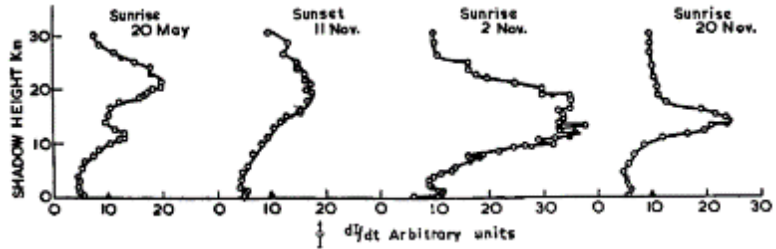
<sup>76</sup> Bigg, “The Detection of Atmospheric Dust and Temperature Inversions by Twilight Scattering,” 264; Rohmah, *Pengaruh Atmosfer terhadap Ketampakan Fajar Shadiq (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)*, 21.

<sup>77</sup> Bigg, “The Detection of Atmospheric Dust and Temperature Inversions by Twilight Scattering,” 264; Rohmah, *Pengaruh Atmosfer terhadap Ketampakan Fajar Shadiq (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)*, 22.



### 3. Ketinggian 0-40 km

Area ini juga memiliki temperatur yang tidak teratur, lihat diagram berikut :



Gambar 2. 12. Ketidakteraturan temperatur area 0-40 km<sup>78</sup>

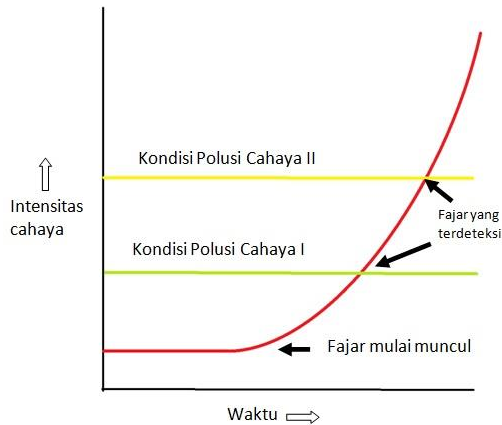
Faktor yang selanjutnya yakni perubahan iklim atau cuaca yang berdampak pada kelembapan udara, dalam hal ini perubahan iklim/cuaca akan berpengaruh pada warna fajar. Kelembapan udara yang tinggi (intensitas air tinggi) akan menyebabkan fajar berwarna oranye-biru tua-kemerahan, sementara kelembapan udara yang rendah akan menyebabkan fajar berwarna putih buram-biru tua – kuning-hitam<sup>79</sup>

---

<sup>78</sup> Bigg, “The Detection of Atmospheric Dust and Temperature Inversions by Twilight Scattering,” 264; Rohmah, *Pengaruh Atmosfer terhadap Ketampakan Fajar Shadiq (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)*, 23.

<sup>79</sup> Jörg Haber, Marcus Magnor, dan Hans-Peter Seidel, “Physically-based simulation of twilight phenomena,” *ACM Transactions on Graphics* 24, no. 4 (Oktober 2005): 1–17, <https://doi.org/10.1145/1095878.1095884>; Rohmah, *Pengaruh Atmosfer terhadap Ketampakan Fajar Shadiq (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)*, 23–25.

Faktor lain yang mempengaruhi ketampakan fajar adalah polusi, baik itu polusi cahaya maupun polusi udara. Polusi akan menghambat cahaya fajar untuk terlihat sehingga fajar seakan semakin lambat terlihat.<sup>80</sup>



Gambar 2. 13. Pengaruh polusi terhadap fajar<sup>81</sup>

Dengan adanya polusi cahaya maka fajar yang seharusnya sudah tampak akan terhambat. Dari diagram di atas dapat diambil premisalan :

1. Dalam kondisi langit cerah tanpa polusi cahaya/garis merah (misalnya di daerah yang jauh dari lampu-lampu kota), waktu fajar lebih awal. Misalnya pukul 04.30
2. Dalam kondisi langit terpolusi cahaya sedang (garis hijau), waktu fajar yang terdeteksi lebih lambat. Misalnya pukul 04.40.
3. Dalam kondisi langit terpolusi cahaya parah (garis kuning), waktu fajar yang terdeteksi lebih lambat lagi. Misalnya pukul 04.50.

---

<sup>80</sup> Djamaluddin, "Benarkah Waktu Shubuh di Indonesia Terlalu Cepat?"

<sup>81</sup> Djamaluddin.

Terkait dengan polusi cahaya, pada bagian selanjutnya akan diuraikan tentang polusi cahaya dan efek dari polusi cahaya dalam pengamatan astronomi, termasuk ketampakan fajar.

#### **D. Polusi Cahaya, Skala Bortle, dan Pengamatan Fajar**

##### **1. Permasalahan Polusi Cahaya**

Ketika Matahari mulai terbenam, keberaan lampu telah memberikan manfaat bagi manusia. Kegiatan manusia pada malam hari terbantu ketika dibutuhkan penerangan. Namun, penggunaan lampu yang berlebihan dan instalasi yang kurang tepat bisa menyebabkan masalah polusi cahaya.

Fabio falchi seorang peneliti polusi cahaya dari *Light Pollution Science and Technology* di Italia mendefinisikan bahwa polusi cahaya merupakan perubahan tingkat pencahayaan alami malam yang disebabkan oleh sumber cahaya antropogenik.<sup>82</sup> Pada buku *Light Pollution Handbook* karya Kohei Narisada dan Duco Schreuder, dijelaskan bahwa polusi cahaya adalah hasil hamburan cahaya yang naik ke atmosfer dan dipantulkan kembali sehingga mengarah kembali ke bawah sehingga mencapai mata pengamat.<sup>83</sup> Menurut *International Dark-Sky Association*<sup>84</sup> polusi cahaya adalah penggunaan cahaya buatan yang tidak tepat atau berlebihan yang

---

<sup>82</sup> Falchi dkk., “The new world atlas of artificial night sky brightness.”

<sup>83</sup> Narisada dan Schreuder, *Light Pollution Handbook*, 322:13.

<sup>84</sup> *International Dark Sky Association* merupakan sebuah organisasi nirlaba yang berbasis di Amerika dan didirikan pada tahun 1988 oleh seorang astronom profesional yang bernama David Crawford

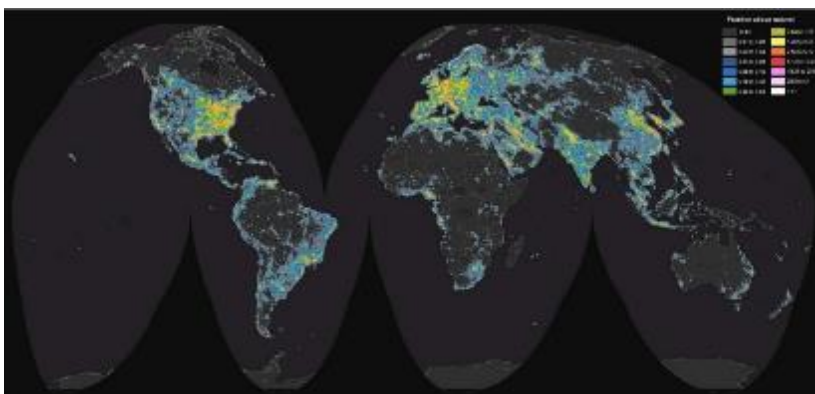
dapat menimbulkan konsekuensi lingkungan yang serius bagi manusia, satwa liar, dan iklim kita. Kutipan brosur yang diterbitkan oleh organisasi astronomi internasional yang bernama *International Astronomical Union* (IAU) memberikan penjelasan bahwa polusi cahaya adalah pemakaian cahaya artifisial yang tidak tepat sehingga cahaya artifisial yang berlebihan dari lampu tersebut akan dipancarkan ke atas dan sampai ke atmosfer yang kemudian dihamburkan oleh aerosol, hamburan ini menghasilkan pendar langit yang bisa dilihat dari jauh.<sup>85</sup> Jadi, dapat disimpulkan dari beberapa pengertian di atas bahwa polusi cahaya merupakan efek samping dari berlebihannya pemakaian cahaya buatan manusia sehingga memberikan pengaruh negatif pada lingkungan sekitar.

Dikutip dari salah satu jurnal ilmiah bernama *Science Advances* menyatakan bahwa 83% populasi dunia hidup dibawah polusi cahaya, jurnal tersebut juga mempublikasikan peta *World map of artificial sky brightness* yang menggambarkan keadaan planet bumi yang terpapar oleh polusi cahaya, berikut ilustrasinya yang terdapat pada gambar 2.14.<sup>86</sup>

---

<sup>85</sup> International Dark-Sky Association, “Light Pollution,” diakses 6 November 2021, <https://www.darksky.org/light-pollution/>.

<sup>86</sup> Falchi dkk., “The new world atlas of artificial night sky brightness.”



Gambar 2. 14. *World Map Of Artificial Sky Brightness*<sup>87</sup>

Selain cahaya artifisial yang dapat menyebabkan terjadinya polusi cahaya, aerosol juga berkontribusi dalam masalah polusi cahaya, karena dengan adanya kandungan aerosol di atmosfer akan menyebabkan cahaya yang dipancarkan ke atas dapat tersebar ke semua arah. Aerosol sendiri merupakan kumpulan dari partikel-partikel padat yang tersuspensi di dalam medium gas dalam waktu yang cukup lama yang berada di permukaan lapisan atmosfer hingga lapisan stratosfer.<sup>88</sup> Aerosol dapat terbentuk oleh tiupan angin pada daerah-daerah yang berdebu, melalui penguapan ataupun letusan gunung berapi. Demikian juga dengan aktivitas manusia, khususnya dalam pembakaran bahan bakar fosil, juga akan memperbanyak jumlah aerosol atau kebakaran hutan yang terjadi di beberapa negara

---

<sup>87</sup> Falchi dkk.

<sup>88</sup> Saipul Hamdi, "Dampak Aerosol Terhadap Lingkungan Atmosfer," *Berita Dirgantara 14*, no. 1 (2013): 10.

termasuk Indonesia, bahkan dapat menghasilkan aerosol dalam jumlah besar dan terdistribusi hingga tempat yang sangat jauh.<sup>89</sup>

Untuk melakukan pengamatan langit malam pada daerah perkotaan, kemungkinan akan sulit karena meningkatnya kecerlangan langit malam yang menyembunyikan bintang-bintang dengan cahaya redup. Semakin tinggi tingkat polusi cahaya menyebabkan kecerlangan langit malam semakin meningkat dan semakin tidak terlihatnya bintang-bintang di langit malam.

Secara umum polusi cahaya semakin tinggi di daerah yang padat penduduknya, misalnya wilayah perkotaan. Hal ini disebabkan di wilayah kota banyak digunakan lampu penerangan yang berlebihan. Selain itu kandungan aerosol yang secara umum lebih banyak dibandingkan daerah pedesaan.

## 2. Jenis Polusi Cahaya

Polusi cahaya dibagi menjadi empat jenis berdasarkan komponennya yaitu, *glare*, *skyglow*, *light trespass* dan *clutter*.<sup>90</sup>

- a. *Glare* atau cahaya silau merupakan kecerlangan berlebihan yang menyebabkan ketidaknyamanan visual sehingga dapat mengganggu penglihatan karena desain pencahayaan yang buruk.<sup>91</sup> Hal ini bisa menjadi masalah dalam keselamatan jalan

---

<sup>89</sup> Saipul Hamdi dkk., "Aerosol Background Lapisan Stratosfer di Atas Bandung (6°54'LS 107°35'BT) Berdasarkan Penelitian Tahun 1997-2000 Menggunakan Raman Lidar," *Jurnal Sains Dirgantara* 3, no. 1 (6 Oktober 2010): 13, [http://jurnal.lapan.go.id/index.php/jurnal\\_sains/article/view/637](http://jurnal.lapan.go.id/index.php/jurnal_sains/article/view/637).

<sup>90</sup> International Dark-Sky Association, "Light Pollution."

<sup>91</sup> West Lothian Council, *Controlling light pollution and reducing lighting energy consumption* (United Kingdom, t.t.), 6.

raya karena lampu yang efek *glare* tersebut membuat pengemudi atau pejalan kaki buta sesaat secara tidak terduga.<sup>92</sup> Hal ini tentu membahayakan karena bisa menyebabkan kecelakaan. Contoh *glare* atau cahaya silau ditunjukkan pada gambar 2.15.

- b. *Skyglow* adalah cahaya lampu yang diarahkan secara tidak teratur, terkadang diarahkan dari tanah atau bangunan untuk mewarnai langit malam sehingga mengurangi objek astronomi.<sup>93</sup> Akibat pendar cahaya tersebut, langit yang awalnya gelap menjadi lebih terang sehingga benda-benda langit akan sulit teramati di wilayah tersebut. Contoh *skyglow* di tunjukkan pada gambar 2.16.
- c. *Light Trespass* adalah cahaya lampu yang tersorot tidak sesuai dengan fungsi dan tujuannya.<sup>94</sup> Misalnya cahaya lampu di luar rumah yang berlebihan kemudian cahaya tersebut masuk ke dalam rumah. Contoh *Light Trsepas* ditunjukkan pada gambar 2.17.
- d. *Light Clutter* atau kekacauan cahaya adalah kumpulan cahaya terang dan berlebihan serta tidak beraturan.<sup>95</sup> Polusi cahaya lampu ini banyak ditemukan di tempat-tempat terang di perkotaan. Sumbernya berasal dari kumpulan cahaya buatan seperti lampu reklame, lampu gedung, lampu taman, dan

---

<sup>92</sup> Rasna Rajkhowa, "Light Pollution and Impact of Light Pollution," *International Journal of Science and Research* 3, no. 10 (2014): 862, [www.ijsr.net](http://www.ijsr.net).

<sup>93</sup> Bob Mizon, *Light Pollution* (London: Springer London, 2002), 40, <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0669-2>.

<sup>94</sup> Rajkhowa, "Light Pollution and Impact of Light Pollution," 862.

<sup>95</sup> International Dark-Sky Association, "Light Pollution."

lampu-lampu lainnya. Contoh *Light Clutter* di tunjukkan pada gambar 2.18.



Gambar 2. 15. *Glare*<sup>96</sup>



Gambar 2. 16. *Sky Glow*<sup>97</sup>

---

<sup>96</sup> Kobi Lighting Studio, “Light pollution types and how it impacts on our living environment,” diakses 22 April 2022, <https://kobistudio.com/light-pollution-types-and-its-environmental-impacts/>.

<sup>97</sup> Kobi Lighting Studio.





Gambar 2. 17. *Light Trespass*<sup>98</sup>



Gambar 2. 18. *Light Clutter*<sup>99</sup>

---

<sup>98</sup> Starlight Theatre, “What is Light Pollution?,” diakses 22 April 2022, <http://www.starlight-theatre.ca/LT-POLLUTION.HTM>.

<sup>99</sup> Kobi Lighting Studio, “Light pollution types and how it impacts on our living environment.”

### 3. Dampak Negatif Polusi Cahaya

Polusi cahaya tidak hanya berdampak negatif terhadap penelitian objek astronomi saja. Namun, juga berdampak pada kesehatan manusia, ekosistem, dan juga pemborosan energy.

Terkait gangguan ekosistem, selama berjuta-juta tahun hewan dan tumbuhan bergantung pada fenomena siang-malam, khususnya beberapa hewan yang secara alami tertarik dengan cahaya, misalnya serangga. Cahaya buatan bisa berdampak negatif dan mengakibatkan penurunan populasi serangga.<sup>100</sup> Akibat selanjutnya juga berpengaruh terhadap spesies lain. Misalnya penyerbukan bunga yang membutuhkan bantuan serangga sehingga gagal menjadi buah.

Dampak negatif tersebut juga dirasakan oleh manusia. Pada tahun 1990-an ditemukan jenis ketiga dari sel pengindera cahaya pada mata manusia yang berbeda dari sel kerucut dan sel batang. Sel ketiga ini berfungsi untuk mengenali dan melacak siklus siang-malam, yaitu menunjukkan kepekaan terhadap cahaya biru. Melanopsin yang terdapat dalam sel ketiga tersebut mengontrol produksi hormon melatonin, yaitu hormon yang menyebabkan manusia mengantuk. Ketika sel melanopsin mendeteksi cahaya, produksi hormon melatonin ditangguhkan dan tubuh akan tetap terjaga. Sebaliknya ketika gelap dan sel melanopsin tidak mendeteksi cahaya, tubuh manusia akan merasa mengantuk karena hormon melatonin sudah

---

<sup>100</sup> International Dark-Sky Association, "Light Pollution Effects on Wildlife and Ecosystems," diakses 6 November 2021, <https://www.darksky.org/light-pollution/wildlife/>.

diproduksi.<sup>101</sup> Jika hormon melatonin tidak diproduksi sesuai kebutuhan, maka akan menyebabkan tubuh manusia tetap terjaga dan waktu untuk tidur dan istirahat akan berkurang. Akibat selanjutnya akan mempengaruhi aktivitas keseharian manusia, yang pada akhirnya juga akan berdampak terhadap kesehatan manusia jika manusia secara terus menerus kekurangan waktu tidur karena pengaruh cahaya buatan.

Polusi cahaya juga berpengaruh terhadap meningkatnya penggunaan listrik. Di satu sisi energi listrik sangat dibutuhkan untuk kebutuhan sehari-hari. Namun, penggunaannya yang kurang efisien mengakibatkan terjadi polusi cahaya dan akhirnya mengakibatkan dampak negative, salah satunya pemborosan energi. Dalam skala global sekitar 19% dari semua listrik yang digunakan menghasilkan cahaya pada malam hari.<sup>102</sup> Banyak kota besar di dunia mengalami hal ini, salah satunya kota besar di Indonesia yaitu, Surabaya. Diketahui terdapat peningkatan polusi cahaya pada tahun 2011 sampai 2015, area pemukiman di kota Surabaya saat itu berada dalam kelas 5 untuk tingkat polusi cahaya. Adanya polusi cahaya ini menyebabkan pemborosan energi listrik di kota Surabaya pada tahun 2011 sampai 2015, pada tahun 2011 sampai 2013 pemborosan energi listrik relatif tetap. Namun, pada tahun 2014 mengalami

---

<sup>101</sup> International Astronomical Union, “Polusi Cahaya,” 10, diakses 6 November 2021, [https://www.iau.org/static/archives/images/pdf/light-pollution-brochure\\_in.pdf](https://www.iau.org/static/archives/images/pdf/light-pollution-brochure_in.pdf).

<sup>102</sup> Rajkhowa, “Light Pollution and Impact of Light Pollution,” 863.

peningkatan dari 32,07 W menjadi 41,45 W. Kemudian pada tahun 2015 mengalami peningkatan yang relatif signifikan, yaitu menjadi sebesar 51,43 W.<sup>103</sup>

Usaha penyelesaian masalah pemborosan energy listrik terus dilakukan. Penemuan teknologi di bidang pencahayaan terbaru seperti (*Light – Emitting Diodes*, LED) diharapkan dapat mengurai permasalahan yang terjadi pada lampu pijar. Lampu LED mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan lampu pijar, misalnya lebih awet, cahaya yang lebih terang, ramah lingkungan dan mengurangi tingkat pemborosan energi.<sup>104</sup>

Namun demikian, lampu LED belum sepenuhnya dapat menghilangkan masalah polusi cahaya. Dikutip dari *International Astronomical Union* bahwa lampu LED hemat energi berkontribusi dalam masalah polusi cahaya, karena spectrum yang berlebihan pada komponen biru yang terdapat dalam lampu LED. Komponen biru yang terkandung dalam spektrum lampu LED lebih sulit disaring ketika melakukan pengamatan astronomi, jika dibandingkan dengan kandungan spektrum yang berada pada lampu sodium tekanan-rendah (LPS) dan lampu sodium tekanan-tinggi (HPS).<sup>105</sup> Gambaran

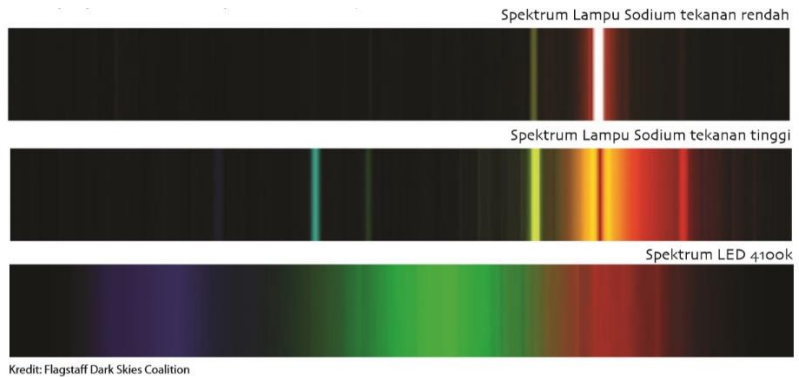
---

<sup>103</sup> Hendra Agus Prastyo, “Analisis dampak polusi cahaya terhadap pemborosan energi listrik di Kota Surabaya menggunakan citra satelit DMSP-OLS dan Virs-DNB / Hendra Agus Prastyo” (Universitas Negeri Malang, 2017), <http://repository.um.ac.id/99950/>.

<sup>104</sup> Daniel Yosua Stevanus, “Peluang Pemanfaatan Lampu LED Sebagai Lampu Penerangan Yang Hemat Energi” (Universitas Indonesia, 2012), 3.

<sup>105</sup> Sze-leung Cheung, “Light Pollution,” *International Astronomical* 2018, 8.

spektrum pada lampu LPS, HPS dan LED ditunjukkan pada gambar 2.19.



Gambar 2. 19. Spektrum yang terkandung dalam lampu LPS, HPS dan LED<sup>106</sup>

Pada gambar 2.19 tampak terlihat spektrum warna biru yang terkandung dalam lampu LED. Dikutip dari artikel *Harvard Health Publishing* yang berjudul “*Blue light has a dark side*” tertulis “*While light of any kind can suppress the secretion of melatonin, blue light at night does so more powerfully*”.<sup>107</sup> Penelitian terkait dengan spektrum biru ini juga dilakukan oleh AMA (*American Medical Association*), menurut organisasi tersebut cahaya biru yang

---

<sup>106</sup> Flagstaff Dark Skies Coalition, “Lamp Spectrum and Light Pollution,” diakses 23 April 2022, <https://www.flagstaffdarksbies.org/critical-dark-sky-issues/lamp-spectrum-light-pollution/>.

<sup>107</sup> Harvard Health Publishing, “Blue Light has a Dark Side,” diakses 13 November 2021, <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/blue-light-has-a-dark-side>.

berlebihan pada lampu LED dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.<sup>108</sup>

Pada awal kemunculannya, lampu LED memiliki pencahayaan sampai 5000 kelvin dan memancarkan cahaya dengan spektrum biru yang berlebihan, yang akhirnya memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan sekitar. Namun, beberapa tahun setelah itu produsen lampu kembali membuat lampu LED yang lebih efisien dengan pencahayaannya yang hanya sampai 3000 Kelvin, tentunya lampu ini masih hemat energi dan memancarkan cahaya biru yang lebih sedikit. Menggunakan lampu LED dengan pencahayaan maksimal 3000 kelvin akan lebih aman bagi kesehatan manusia, aman bagi lingkungan dan berkontribusi lebih sedikit terhadap polusi cahaya.<sup>109</sup>

#### 4. Skala Bortle dan Pengamatan Fajar

Prinsip pengamatan dalam astronomi adalah masalah kontras<sup>110</sup> yaitu perbandingan kecerlangan cahaya obyek yang diamati dan kecerlangan cahaya latar belakangnya. Semakin kontras maka obyek tersebut semakin mudah dikenali. Demikian juga pengamatan fajar *ṣādiq* sebagai salah satu obyek astronomi yang redup dan sangat tipis

---

<sup>108</sup> American Medical Association, “AMA adopts guidance to reduce harm from high intensity street lights,” diakses 13 November 2021, <https://www.ama-assn.org/press-center/press-releases/ama-adopts-guidance-reduce-harm-high-intensity-street-lights>.

<sup>109</sup> International Dark-Sky Association, “LED: Why 3000K or Less,” diakses 13 November 2021, <https://www.darksky.org/our-work/lighting/lighting-for-citizens/3k/>.

<sup>110</sup> Narisada dan Schreuder, *Light Pollution Handbook*, 322:115.

seperti benang putih yang melintang di ufuk timur juga dibutuhkan kondisi lingkungan yang bebas cahaya buatan atau polusi cahaya sehingga terbit fajar bisa dideteksi dengan valid.

Didasarkan pada pengalaman pengamatan selama 50 tahun, John E. Bortle<sup>111</sup> mengusulkan pengketorian kecerlangan langit menjadi 9 skala dalam majalah *Sky & Telescope* edisi Februari 2001. Menurutnya pengkategorian ini bisa digunakan oleh para pengamat untuk menilai level kecerlangan langit tempat pengamatan sehingga bisa memperkirakan obyek astronomi apa saja yang memungkinkan diamati secara maksimal karena bisa diperkirakan tingkat polusi cahaya di lokasi tersebut. Skala tersebut berkisar dari kelas 1 (langit tergelap) hingga kelas 9 (langit paling terang). Skala ini menggunakan acuan atau satuan *naked-eye limiting magnitude* (NELM), yaitu satuan yang mengacu pada kemampuan mata tanpa alat bantu (*naked eye*) dalam melihat bintang paling redup di dekat *zenith* pada malam tanpa cahaya Bulan. Di samping acuan tersebut, skala Bortle juga menggunakan acuan ketampakan galaksi Bima Sakti, obyek astronomi (misal: galaksi M33, M31, Orion dan Pleiades), *zodiacal light* (fajar *kāzib*), serta ketampakan konstelasi bintang.

Untuk keperluan penelitian ini, skala Bortle<sup>112</sup> tersebut akan disederhanakan dengan hanya melihat indikasi ketampakan *zodiacal*

---

<sup>111</sup> The Astronomical League, “2013 Leslie Peltier Award: John E. Bortle,” diakses 9 November 2020, <https://www.astroleague.org/peltier/2013-peltier-award-john-e-bortle>.

<sup>112</sup> Detail tulisan tentang skala Bortle bisa dilihat di: John E. Bortle, “Gauging Light Pollution: The Bortle Dark-Sky Scale,” diakses 8 Maret 2020,

*light* (fajar *kāzib*) karena berdasar uraian sebelumnya, Nabi SAW memberikan isyarat bahwa saat itu cukup mudah melihat fajar *kāzib*. Penyederhanaan tentang skala Bortle diuraikan pada Tabel 2.3. berikut ini.

Tabel 2. 3. Ringkasan skala Bortle

No	Kategori	NELM	Kecerlangan Langit (mpsas)	Indikasi
1	<i>excellent dark-sky</i>	7,6-8,0	21,7–22,0	warna fajar <i>kāzib</i> terlihat sangat jelas
2	<i>typical truly dark</i>	7,1–7,5	21,5–21,7	cahaya fajar <i>kāzib</i> masih cukup terang
3	<i>rural sky</i>	6,6–7,0	21,3–21,5	fajar <i>kāzib</i> terlihat di musim semi dan gugur (memanjang 60° di atas cakrawala sebelum fajar <i>ṣādiq</i> terbit) dan warnanya lemah
4	<i>rural/suburban transition</i>	6,1–6,5	20,4–21,3	fajar <i>kāzib</i> masih tampak tetapi menghilang ketika ketinggiannya 45° di awal terbit fajar yang disebabkan polusi cahaya yang mulai muncul di sekitar ufuk
5	<i>suburban sky</i>	5,6–6,0	19,1–20,4	fajar <i>kāzib</i> terlihat sangat lemah pada malam terbaik (cerah) di setiap musim
6	<i>bright suburban sky</i>	5,1–5,5	18,0–19,1	fajar <i>kāzib</i> tidak terlihat sama sekali
7	<i>suburban/urban</i>	4,6–5,0	≤ 18,0	
8	<i>city sky</i>	4,1–4,5		
9	<i>inner-city sky</i>	≤ 4,0		

<https://www.skyandtelescope.com/astronomy-resources/light-pollution-and-astronomy-the-bortle-dark-sky-scale/>.



Sebagaimana diuraikan di atas, ketampakan cahaya fajar *kāzib* menjadi salah satu indikator dalam kategorisasi tersebut, sedangkan cahaya fajar *kāzib* cukup mudah diamati pada zaman Nabi. Dengan demikian, jika dikorelasikan dengan skala Bortle tersebut bisa dikatakan bahwa kecerlangan langit zaman Nabi termasuk kategori ke 3, 2 atau 1 yaitu wilayah yang sangat gelap dengan kecerlangan langit lebih besar atau sama dengan 21,3 mpsas. Hal ini cukup masuk akal karena perkiraan populasi penduduk saat itu belum banyak. Menurut Philip K. Hitti<sup>113</sup> jumlah penduduk saat itu sekitar 8 jutaan yang menempati area Jazirah Arab yang memiliki luas sekitar 3,2 juta km persegi<sup>114</sup> atau dengan kepadatan sekitar 1 orang penduduk per 2 km persegi sehingga cahaya buatan penduduk saat itu tidak mempengaruhi kecerlangan langit karena tingkat kepadatan penduduk berbanding lurus dengan tingkat polusi cahaya di suatu wilayah.<sup>115</sup>

---

<sup>113</sup> Philip K. Hitti, "History of the Arabs: from the Earliest Times to the Present" (London: Macmillan Co. Ltd, 1951), 14.

<sup>114</sup> Amber Pariona, "15 Largest Peninsulas In The World," diakses 17 November 2020, <https://www.worldatlas.com/articles/15-largest-peninsulas-in-the-world.html>.

<sup>115</sup> Dhani. Herdiwijaya dkk., "Measurements of sky brightness at Bosscha Observatory, Indonesia," *Heliyon* 6, no. 8 (1 Agustus 2020), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04635>; Hakim L. Malasan dkk., "Economic Imperative versus Efforts for Preserving an Astronomical Site," *Symposium - International Astronomical Union 196 (2001)*: 147–50, <https://doi.org/10.1017/s0074180900163995>; Arthur R. Uppgren, "The Measure of Light Pollution and the Populations of Cities," *International Astronomical Union Colloquium 112 (1991)*: 79–84, <https://doi.org/10.1017/s0252921100003754>.

Terkait pengamatan fajar *kāzib*, pengalaman para astronom menunjukkan bahwa cahaya fajar *kāzib* hanya bisa dilihat di lokasi yang sangat gelap, cerah dan tanpa gangguan cahaya Bulan, dan mendung.<sup>116</sup> Hal ini menguatkan bahwa saat Nabi SAW memberikan isyarat ketampakan fajar (baik *ṣādiq* maupun *kāzib*) dalam kondisi cerah dan tanpa gangguan cahaya Bulan dan mendung serta kondisi kecerlangan langit yang sangat gelap.

Selain itu dalam penentuan awal waktu Subuh tidak ditemukan informasi dalam hadis Nabi SAW yang menyatakan atau mencontohkan bahwa waktu Subuh mundur ketika ada gangguan cahaya Bulan, mendung maupun gangguan yang lain. Namun, Nabi SAW hanya memberikan informasi bahwa awal waktu Subuh ditandai dengan munculnya cahaya fajar *ṣādiq* yang terbitnya beriringan dengan fajar *kāzib*. Hal ini berbeda dengan kasus penentuan awal bulan hijriyah yang secara jelas diperintahkan oleh Nabi SAW untuk mundur atau digenapkan menjadi 30 hari jika hilal terhalang oleh mendung.

---

<sup>116</sup> J. F. James dkk., “The morphology and brightness of the zodiacal light and gegenschein,” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 288, no. 4 (11 Juli 1997): 1022–26, <https://doi.org/10.1093/mnras/288.4.1022>; Geoff Gaherty, “How to See the Zodiacal Light,” diakses 3 Januari 2021, <https://www.space.com/17997-rare-sight-zodiacal-light-observing-tips.html>; Bob King, “How to See and Shoot the Zodiacal Light,” diakses 3 Januari 2021, <https://skyandtelescope.org/observing/sec-shoot-zodiacal-light02042105/>.

Berdasarkan informasi tersebut, sabda Nabi SAW tentang penentuan awal waktu Subuh yang bersifat umum<sup>117</sup> tetap dipahami sesuai dengan keumumannya karena tidak ada informasi lain yang men-*takhshish*-nya. Hal ini didasarkan kaidah berikut ini:

حَمْلُ الْمُطْلَقِ عَلَيْهِ أَيْ عَلَى الْمُقَيَّدِ جَمْعًا بَيْنَ الدَّلِيلَيْنِ

Pemahaman dalil yang bermakna *muthlaq* dibawa ke pemahaman dalil yang *muqayyad* dengan tujuan untuk menyatukan pemahaman antara kedua dalil tersebut.<sup>118</sup>

Kaidah yang senada juga ditulis oleh Hakim dalam karyanya sebagai berikut:

وَاعْلَمْ أَنَّ الْخِطَابَ إِذَا وَرَدَ مُطْلَقًا يَبْقَى عَلَى إِطْلَاقِهِ وَإِنْ وَرَدَ مُقَيَّدًا يَبْقَى عَلَى تَقْيِيدِهِ وَإِنْ وَرَدَ مُطْلَقًا فِي مَوْضِعٍ وَمُقَيَّدًا فِي مَوْضِعٍ آخَرَ يُحْمَلُ الْمُطْلَقُ عَلَى الْمُقَيَّدِ

Ketahuilah bahwa jika perintah datang dengan makna *muthlaq* maka pemahamannya tetap bermakna *muthlaq*, jika datang dengan makna *muqayyad* maka pemahamannya juga tetap bermakna *muqayyad*. Namun, jika perintah datang di suatu tempat bermakna *muthlaq* dan di tempat lain ada perintah dengan makna *muqayyad* maka pemahaman makna yang *muthlaq* dibawa ke pemahaman makna yang *muqayyad*.<sup>119</sup>

Dengan demikian, berdasarkan keumuman informasi dari Nabi SAW yang menyatakan bahwa awal waktu Subuh ditandai dengan

---

<sup>117</sup> Kaidah tentang ‘*amm-khash* dan *muthlaq-muqayyad* adalah sama sehingga dalil yang bisa digunakan untuk men-*takhshish* dalil yang ‘*amm* maka juga bisa untuk men-*taqyid* dalil yang *muthlaq*. Muhammad bin Ahmad Al-Mahally, *Hasyiyah al-‘Allamah al-Bannany*, II (Indonesia: Dar Ihya’ al-Kutub al-‘Arabiyyah, t.t.), 48.

<sup>118</sup> Al-Mahally, 50.

<sup>119</sup> Abdul Hamid Hakim, *Mabadi’ Awwaliyah* (Jakarta: Sa’adiyah Putra, t.t.), 15.

munculnya cahaya fajar *ṣādiq* yang terbitnya beriringan dengan fajar *kāzib* dan pada kesempatan yang lain Nabi SAW tidak pernah menyatakan atau mencontohkan bahwa waktu Subuh mundur ketika ada gangguan cahaya Bulan, mendung maupun gangguan yang lain, maka yang dijadikan acuan adalah keumuman informasi Nabi SAW tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut bisa dikatakan bahwa lokasi dan kondisi ideal untuk pengamatan fajar *ṣādiq* adalah pengamatan di daerah dengan kecerlangan langit dengan kategori gelap tanpa gangguan cahaya buatan, maupun cahaya Bulan dan mendung. Dengan pengamatan di lokasi dan kondisi ideal maka akan diperoleh data pengamatan fajar yang juga ideal. Untuk itu pembahasan berikutnya akan diuraikan data hasil pengamatan di lokasi yang ideal untuk menemukan karakteristik fisis cahaya fajar *ṣādiq*. Analisis korelasi terhadap faktor yang mengganggu ketampakan cahaya fajar (cahaya buatan, cahaya Bulan, dan mendung) juga dibahas sehingga bisa diketahui sejauh mana faktor-faktor tersebut mempengaruhi ketampakan fajar dan diketahui mengapa diperlukan koreksi faktor pengganggu tersebut dalam penentuan awal waktu Subuh.

### BAB III

## KARAKTERISTIK FISIS CAHAYA AWAL FAJAR *ṢĀDIQ* DAN GANGGUANNYA

Bab ini mengungkap dan mendudukan permasalahan perlunya koreksi efek polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh. Kajian diawali dengan mengungkap karakteristik fisis cahaya awal fajar *ṣādiq* berdasarkan data pengamatan di lokasi ideal, yaitu lokasi yang masuk kategori gelap dengan nilai kecerlangan langit minimal 21,3 mpsas sebagaimana telah ditentukan pada pembahasan sebelumnya. Untuk mengetahui pengaruh polusi cahaya buatan terhadap ketampakan fajar, dilakukan perbandingan data pengamatan di empat kategori lokasi dengan tingkat polusi cahaya berbeda, yaitu daerah gelap, agak gelap, agak terang dan terang. Selain itu juga disajikan perbandingan data pada saat tidak ada cahaya Bulan dan ketika ada cahaya Bulan. Perbandingan data pada saat cuaca mendung dan saat cerah juga diuraikan dalam bab ini. Dengan beberapa perbandingan tersebut bisa diketahui lebih detail bagaimana karakteristik cahaya awal fajar dan beberapa hal yang mempengaruhi ketampakannya sehingga diketahui perlunya koreksi atas faktor pengganggu yang mempengaruhi ketampakan fajar *ṣādiq*.

Namun, sebelum dilakukan analisis lebih detail, pembahasan diawali dengan uraian tentang instrumen pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Sky Quality Meter (SQM), baik digunakan secara manual maupun yang terintegrasi dalam Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF) yang dikembangkan dalam penelitian ini. Selain itu juga diuraikan tentang teknik analisis data pengamatan menggunakan metode

persamaan garis linear yang digunakan sebagai salah satu teknik untuk menganalisis data pengamatan di lapangan.

## A. Sky Quality Meter dan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar

### 1. Sky Quality Meter

Sky Quality Meter (SQM) merupakan fotometer analog portabel dan sederhana, berukuran saku sehingga praktis dibawa kemanapun dan mudah dalam penggunaannya. Instrumen ini dikembangkan oleh Unihedron yang pada mulanya diperuntukkan para astronom amatir untuk mengukur kecerlangan langit malam di lokasi pengamatan.<sup>1</sup> Namun, dewasa ini telah digunakan dalam sejumlah besar studi kecerlangan langit.<sup>2</sup> Misalnya Cinzano dan Falchi yang menggunakan SQM sebagai salah satu instrumen untuk mengukur dan membuat peta polusi cahaya di dunia,<sup>3</sup> LAPAN yang telah memasang SQM untuk pemetaan polusi cahaya di beberapa stasiun pengamatan yang tersebar di beberapa wilayah di Indonesia,<sup>4</sup> dan Herdiwijaya yang juga menggunakan SQM untuk mengukur tingkat polusi cahaya di

---

<sup>1</sup> Cinzano, “Night Sky Photometry with Sky Quality Meter,” 1.

<sup>2</sup> Andreas Hänel dkk., “Measuring night sky brightness: methods and challenges,” *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 205 (1 Januari 2018): 278–90, <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2017.09.008>.

<sup>3</sup> P. Cinzano, F. Falchi, dan C. D. Elvidge, “The first World Atlas of the artificial night sky brightness,” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 328, no. 3 (11 Desember 2001): 689–707, <https://doi.org/10.1046/j.1365-8711.2001.04882.x>; Falchi dkk., “The new world atlas of artificial night sky brightness.”

<sup>4</sup> Rhorom Priyatikanto, “SQM Measurements at LAPAN Stations,” LAPAN, 2019.

Observatorium Bosscha<sup>5</sup> dan penelitian tentang fajar di beberapa lokasi.<sup>6</sup>

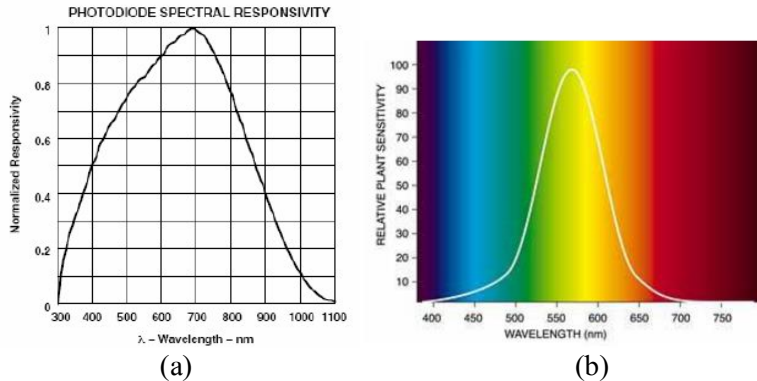
Data pengamatan yang dihasilkan oleh SQM sudah dalam satuan kecerlangan langit, yaitu magnitudo per satuan detik busur persegi (mpdbp) atau mpsas dalam bahasa Inggris (*magnitude/arcsec<sup>2</sup>*) yang diperoleh dari hasil kalibrasi oleh produsen dengan menggunakan filter yang terpasang pada SQM, yaitu HOYA CM-500 yang mempunyai rentang spektrum cahaya 320-720 nm. Rentang spectrum cahaya tersebut sesuai dan identik dengan spectrum cahaya visual yang dikenali mata manusia.<sup>7</sup> Perbandingan rentang spectrum cahaya yang ditangkap oleh SQM dan mata manusia bisa dilihat pada Gambar 3.1.

---

<sup>5</sup> Herdiwijaya dkk., “Measurements of sky brightness at Bosscha Observatory, Indonesia.”

<sup>6</sup> Dhani Herdiwijaya, “Penelitian Awal Waktu Shubuh Berdasarkan Sky Quality Meter,” *Musyawarah Nasional Tarjih Muhammadiyah XXXI*, 2 Desember 2020; Herdiwijaya, “Sky brightness and twilight measurements at Jogyakarta city, Indonesia”; Dhani Herdiwijaya, “On the beginning of the morning twilight based on sky brightness measurements,” *Journal of Physics: Conference Series* 1523, no. 1 (16 April 2020): 012007, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1523/1/012007>.

<sup>7</sup> Nur Nafhatun Mohd Shariff dkk., “The Application of Sky Quality Meter at Twilight for Islamic Prayer Time,” *International Journal of Applied Physics and Mathematics* 2, no. 3 (2012): 143–45, <https://doi.org/10.7763/IJAPM.2012.V2.71>; Nur Nafhatun Mohd Shariff, Amran Muhammad, dan Zety Sharizat Hamidi, “An Investigation of Isha’ Prayer Time: Detectors Comparison Between Human Eyes and Electronic Device From Islamic and Scientific Considerations,” dalam *National Academic Conference (ENRICH 2011)* (Kelantan: Universiti Teknologi MARA Kelantan, 2011), <https://www.researchgate.net/publication/236644615>; T. N. T. Affendi dkk., “Measurement of Subh and Isha at Besut, Kuala Terengganu by using sky quality meter,” 2021, 040002, <https://doi.org/10.1063/5.0058253>.



Gambar 3. 1. Perbandingan spectrum cahaya yang direkam oleh SQM (a) dan rentang gelombang cahaya yang dikenali oleh mata manusia (b).<sup>8</sup>

Selain rentang spectrum cahaya yang direkam oleh SQM sesuai dengan kemampuan mata manusia, performa atau kinerja SQM juga dinilai baik setelah melalui tes stabilitas, linearitas dan ketahanan pada suhu  $-15^{\circ} - 35^{\circ}\text{C}$ .<sup>9</sup>

SQM dibuat dengan beberapa model berdasar spesifikasi yang berbeda dari setiap tipenya seperti bidang pandang, pengukuran otomatis, *data logger* maupun kemampuan mengkomunikasikan data. Detail perbandingan beberapa model SQM dapat dilihat pada Tabel 3.1.





















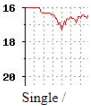
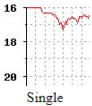
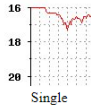
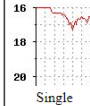
---

<sup>8</sup> Shariff, Muhammad, dan Hamidi, “An Investigation of Isha’ Prayer Time: Detectors Comparison Between Human Eyes and Electronic Device From Islamic and Scientific Considerations.”

<sup>9</sup> Cinzano, “Night Sky Photometry with Sky Quality Meter”; Schnitt dkk., “Temperature stability of the Sky Quality Meter.”



Tabel 3. 1. Perbandingan model SQM <sup>10</sup>

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

Dalam penelitian ini, digunakan model SQM-LU (*SQM Lens USB*) dan SQM-LU-DL (*SQM Lens USB Data-Logger*). Perbedaan utama dua model SQM ini adalah ada dan tidaknya memori internal untuk penyimpanan data perekaman. Model SQM-LU tidak memiliki memori penyimpanan internal sehingga dalam melakukan perekaman data harus dihubungkan dengan komputer. Adapun model SQM-LU-DL memiliki memori penyimpanan internal sehingga penggunaannya bisa hanya disambungkan dengan baterai maupun perangkat

<sup>10</sup> Unihedron, “SQM comparison,” diakses 18 November 2021, <http://unihedron.com/projects/darksky/comparison/>.

komputer.<sup>11</sup> Penggunaan SQM dalam penelitian ini digunakan secara *standalone* maupun terintegrasi dalam sistem otomatisasi.

Berdasarkan Tabel 3.1 diketahui bahwa cakupan *field of view* (medan pandang) dari kedua SQM tersebut cukup sempit, hanya sekitar 20°. <sup>12</sup> Hal ini menjadikan data intensitas kecerlangan langit yang didapatkan terbatas. Untuk itu dalam melakukan pengukuran kecerlangan langit malam untuk mengetahui waktu ketampakan fajar, saat observasi menggunakan SQM perlu diarahkan ke arah *azimuth* Matahari terbit.

Adapun data kecerlangan langit yang direkam oleh SQM ditampilkan dengan satuan *magnitude per square arc second* (*mag/arcsec<sup>2</sup>* atau mpsas). Yang dimaksud dengan mpsas ialah besaran nilai kecerlangan langit yang tersebar per satuan detik busur persegi dari langit. Dalam pembacaan datanya, semakin besar nilai magnitudonya, maka semakin gelap kecerlangan langitnya. Begitu juga sebaliknya apabila nilai magnitudo ditunjukkan dengan nilai semakin kecil maka kondisi langit semakin terang.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> SQM versi yang lebih lama seperti SQM dan SQM-L belum memiliki fitur otomatis secara kontinyu dalam merekam data. Perekaman data masih dilakukan secara manual satu persatu, dengan menekan tombol dan diarahkan ke langit. SQM-LU-DL merupakan prangkat yang didisain oleh Dough Welch dan Anthony Tekatch dan diproduksi oleh perusahaan yang beralamatkan di Unihedron 4 Lawrence Avenue Grimsby, Ontario L3M 2L9 Canada. Lihat: Unihedron, “Sky Quality Meter-LU-DL,” diakses 18 November 2021, <http://unihedron.com/projects/sqm-lu-dl/>.

<sup>12</sup> Unihedron, “Unihedron SQM-LU-DL Operator’s Manual - 20200308,” 2020, 19, [http://unihedron.com/projects/darksky/cd/SQM-LU-DL/SQM-LU-DL\\_Users\\_manual.pdf](http://unihedron.com/projects/darksky/cd/SQM-LU-DL/SQM-LU-DL_Users_manual.pdf).

<sup>13</sup> Unihedron, 11.

## 2. Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF)

Sebagaimana telah diuraikan pada pembahasan sebelumnya, kriteria awal waktu Subuh yang telah ditetapkan oleh Kemenag RI diragukan kebenarannya oleh beberapa pihak karena baru didasarkan atas data historis pendapat ulama terdahulu dan belum didasarkan hasil pengamatan yang memadai. Untuk mengoreksi atau memverifikasi validitas kriteria tersebut tidak cukup hanya didasarkan pengamatan cahaya fajar di satu atau dua lokasi. Namun, diperlukan pengamatan jangka panjang di Indonesia dengan memperhatikan variasi dan tipologi masing-masing wilayah. Berdasarkan data pengamatan tersebut bisa diketahui tipologi cahaya fajar di Indonesia yang bisa jadi berbeda dengan teori fajar yang telah berkembang selama ini<sup>14</sup> karena kondisi atmosfer di katulistiwa lebih tinggi dibandingkan wilayah yang lain.<sup>15</sup>

Namun, pengamatan cahaya fajar tersebut membutuhkan *effort* yang lebih dibandingkan pengamatan waktu salat yang lain. Suhu dan kondisi lapangan yang kurang bersahabat sering ditemukan dalam pengamatan untuk memperoleh data terbaik di lokasi yang terbaik yang jauh dari polusi cahaya lampu perkotaan. Misalnya pengalaman

---

<sup>14</sup> Teori fajar tersebut bersifat rata-rata yaitu -18 derajat untuk fajar astronomi, -12 derajat untuk fajar nautikal dan -6 derajat untuk fajar sipil. Lihat: Djamaluddin, "Benarkah Waktu Subuh di Indonesia Terlalu Cepat?"

<sup>15</sup> Lapisan atmosfer terbawah adalah troposfer pada ketinggian sekitar 7-9 km di daerah kutub dan 15-18 km di ekuator. Lihat: LAPAN, "Mengenal Atmosfer," diakses 4 November 2019, <http://psta.lapan.go.id/index.php/subblog/read/2014/45/Pentingnya-Atmosfer-Bumi/mengenal-atmosfer>; Georgii Vladimirovich Rozenberg, *Twilight* (Boston, MA: Springer US, 1966), 62, <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-6353-6>.

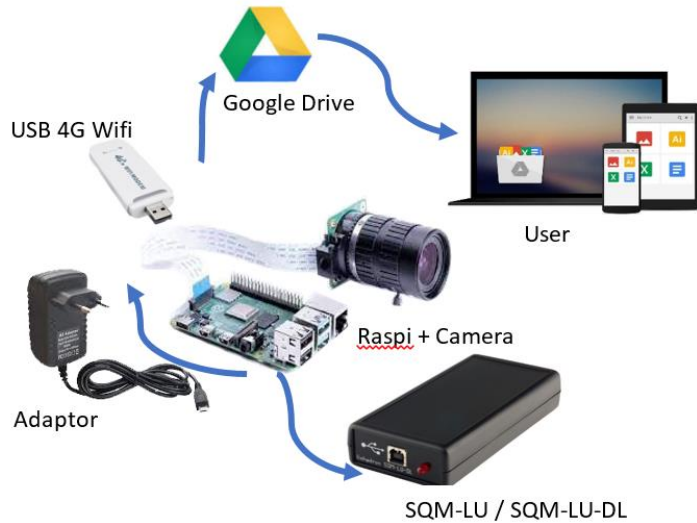
penelitian bersama Lembaga Falakiyah NU Gresik saat pengamatan fajar di Pulau Bawean Gresik ( $\pm 150$  km utara Pulau Jawa) selama 1 minggu pada Juli 2019, ‘hanya’ diperoleh 1 data terbaik. Pengalaman lain ketika pengamatan fajar di Pulau Karimunjawa Jepara ( $\pm 100$  km utara Pulau Jawa) selama beberapa hari di bulan Mei dan Oktober 2019 terganggu oleh kondisi mendung selama pengamatan. Berdasarkan hal tersebut, dalam proses penelitian ini juga dikembangkan sebuah sistem pengamatan fajar yang secara otomatis melakukan perekaman data fajar yang hasilnya otomatis terunggah ke *cloud storage* (misal Google Drive) dan bisa diakses oleh publik untuk dilakukan proses analisis berikutnya.

Secara umum sistem otomatisasi pengamatan fajar dirancang sebagaimana Gambar 3.2.<sup>16</sup> SQM yang digunakan dalam sistem ini adalah versi SQM-LU atau SQM-LU-DL sebagai sensor utama dalam merekam kecerlangan cahaya fajar. SQM tersebut terhubung dengan komputer saku Raspberry Pi (sebagai kontrol utama) melalui *port* mini USB. Sistem ini juga dirancang untuk melakukan perekaman fajar dalam bentuk foto. Untuk itu digunakan modul kamera Raspberry Pi High Quality yang terhubung dengan Raspberry Pi melalui *slot* modul kamera, sedangkan suplai power bisa menggunakan listrik PLN atau memanfaatkan sistem panel surya atau *power bank*. Setelah data kecerlangan cahaya fajar direkam oleh SQM dan *image* fajar direkam oleh kamera, selanjutnya kedua data tersebut

---

<sup>16</sup> Lebih detail tentang instalasi sistem bisa dilihat: Basthoni, “A Prototype of True Dawn Observation Automation System.”

diunggah oleh Raspberry Pi ke Google Drive sehingga bisa diakses oleh user untuk dilakukan analisis lanjutan.



Gambar 3. 2. Alur kerja sistem otomatisasi observasi fajar

*Software* yang digunakan dalam sistem ini adalah (1) *Raspbian* sebagai sistem operasi,<sup>17</sup> (2) *Python Sky Quality Meter* (PySQM) yang berfungsi untuk membaca, menyimpan dan *plotting* data yang direkam oleh SQM,<sup>18</sup> (3) program *AllSky* yang berfungsi untuk merekam fajar dalam bentuk gambar,<sup>19</sup> dan (4) RClone (*Rsync for*

---

<sup>17</sup> The Raspberry Pi Foundation, “Raspbian,” diakses 6 Maret 2020, <https://www.raspberrypi.org/documentation/raspbian/>.

<sup>18</sup> Miguel Nievas dan Jaime Zamorano, “PySQM the UCM open source software to read, plot and store data from SQM photometers,” 2014, [http://eprints.ucm.es/25900/1/LICA\\_PySQM\\_v2.pdf](http://eprints.ucm.es/25900/1/LICA_PySQM_v2.pdf); Universidad Complutense de Madrid, “PySQM,” diakses 10 Februari 2020, <https://guaix.fis.ucm.es/PySQM>.

<sup>19</sup> ThomasJ1, “Wireless All Sky Camera,” diakses 1 Agustus 2020, <https://www.instructables.com/Wireless-All-Sky-Camera/>.

*Cloud Storage*) yang berfungsi melakukan *upload* hasil rekaman SQM dan kamera ke beberapa penyimpanan online (*cloud storage*), misalnya Google Drive, Box dan lain sebagainya.<sup>20</sup>

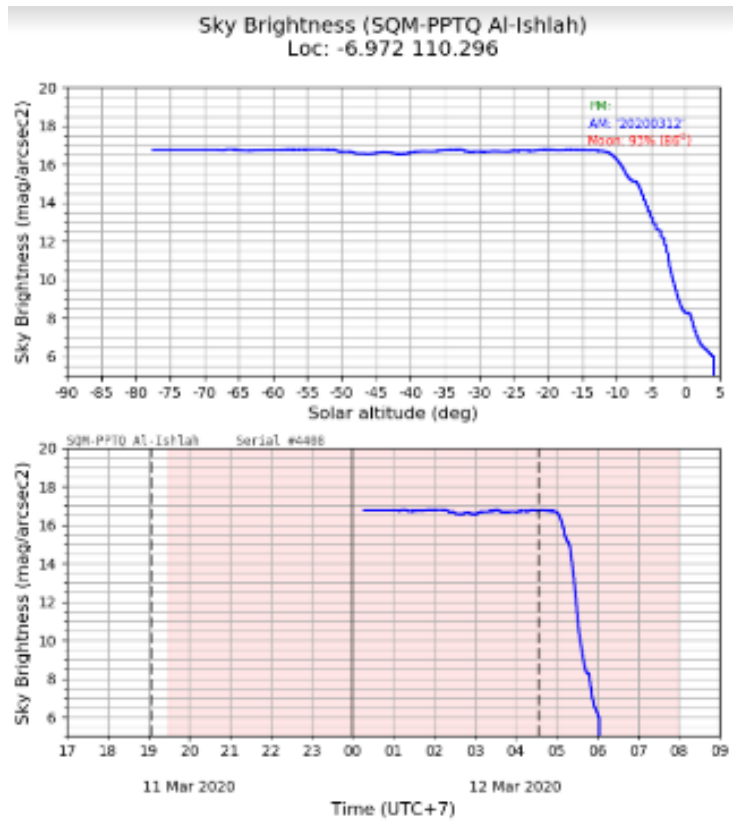
Hasil pembacaan data menghasilkan data foto, file *.dat* dan kurva *plotting* data SQM (Gambar 3.3, Gambar 3.4, dan Gambar 3.5) dan data tersebut otomatis terunggah ke Google Drive (Gambar 3.6).



Gambar 3. 3. Salah satu foto fajar yang terekam

---

<sup>20</sup> Rclone, “Rclone & Google Drive,” diakses 1 Maret 2020, <https://rclone.org/drive/>.



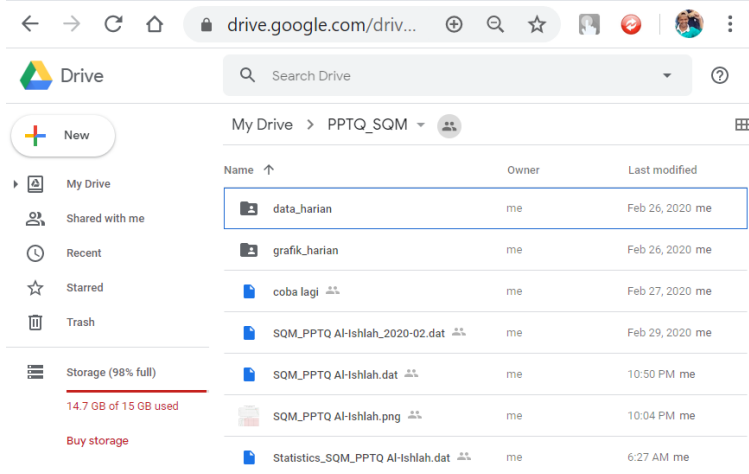
Gambar 3. 4. Kurva *plotting* dari file *.dat* yang terrekam sistem

```

20200311_120000_SQM-PPTQ AI-Ishlah
3 # Number of header lines: 35
4 # This data is released under the following license: ODbL 1.0 http://opendatacommons.
5 # Device type: SQM-LU
6 # Instrument ID: SQM_LU-PPTQ AI-Ishlah
7 # Data supplier: M. Basthoni / PPTQ AI-Ishlah
8 # Location name: Mangkangkulon/Semarang/Jateng/Indonesia - PPTQ AI-Ishlah
9 # Position: -6.97158752, 110.29621977, 20
10 # Local timezone: UTC+7
11 # Time Synchronization: NTP
12 # Moving / Stationary position: STATIONARY
13 # Moving / Fixed look direction: FIXED
14 # Number of channels: 1
15 # Filters per channel: HOYA CM-500
16 # Measurement direction per channel: 0., 0.
17 # Field of view: 20
18 # Number of fields per line: 6
19 # SQM serial number: 4408
20 # SQM firmware version: 60
21 # SQM cover offset value: -0.11
22 # SQM readout test ix: i,00000004,00000006,00000060,00004408
23 # SQM readout test rx: r, 16.74m,000000019Hz,0000023487c,0000000.051s, 027.0C
24 # SQM readout test cx: c,00000019.96m,0000000.000s, 000.1C,00000008.71m, 000.1C
25 # Comment:
26 # Comment:
27 # Comment:
28 # Comment:
29 # Comment:
30 # blank line 30
31 # blank line 31
32 # blank line 32
33 # UTC Date & Time, Local Date & Time, Temperature, Counts, Frequency, MSAS
34 # YYYY-MM-DDTHH:mm:ss.fff;YYYY-MM-DDTHH:mm:ss.fff;Celsius;number;Hz;mag;arcsec^2
35 # END OF HEADER
36 2020-03-11T17:17:23.000;2020-03-12T00:17:23.000;27.00;23515.000;19.608;16.745
37 2020-03-11T17:41:31.000;2020-03-12T00:41:31.000;27.00;23464.500;19.608;16.745
38 2020-03-11T18:05:39.000;2020-03-12T01:05:39.000;27.15;23531.500;19.608;16.745
39 2020-03-11T18:05:51.000;2020-03-12T01:05:51.000;27.15;23468.000;19.608;16.740
40 2020-03-11T18:06:03.000;2020-03-12T01:06:03.000;27.15;23565.500;19.608;16.745
41 2020-03-11T18:06:15.000;2020-03-12T01:06:15.000;27.15;23659.500;19.419;16.745
42 2020-03-11T18:06:27.000;2020-03-12T01:06:27.000;27.00;23642.000;19.419;16.745
43 2020-03-11T18:06:39.000;2020-03-12T01:06:39.000;27.00;23637.000;19.419;16.745
44 2020-03-11T18:06:51.000;2020-03-12T01:06:51.000;27.15;23567.500;19.608;16.745

```

Gambar 3. 5. Hasil file .dat yang terekam oleh sistem



Gambar 3. 6. Data terunggah otomatis ke Google Drive



Secara umum terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan dalam SOOF. Kelebihannya adalah :

- a. Memudahkan pengamat untuk melakukan pengamatan tanpa harus berada di lokasi pengamatan
- b. Menghemat waktu dan biaya kegiatan pengamatan
- c. Hasil data pengamatan mudah diakses karena otomatis terunggah ke Google Drive.
- d. Hasil data berupa foto, video, file *.dat*, dan kurva plotting SQM.

Sedang kekurangan adalah sebagai berikut

- a. Belum terintegrasi dengan sistem GPS dan Real Time Clock. Untuk itu koordinat secara manual harus diisi oleh user sebelum instalasi di lapangan. Adapun konfigurasi waktu masih mengandalkan sinkronisasi server NTP.
- b. Belum ada motor penggerak yang secara otomatis mengarahkan ke azimuth terbit Matahari. Motor tersebut dibutuhkan karena medan pandang SQM yang cukup sempit yaitu  $20^{\circ}$ .<sup>21</sup>

Data kecerlangan langit yang direkam dengan SQM secara *standalone* atau terintegrasi dalam SOOF diolah menjadi kurva  $x$ ,  $y$  menggunakan aplikasi GNUPlot. Sumbu  $x$  berisi data sudut depresi Matahari yang diperoleh dengan mengkonversi file *.dat* dari SQM menjadi file *.csv* menggunakan aplikasi Unihedron Device Manager (UDM), sedangkan sumbu  $y$  berupa data kecerlangan langit. Selanjutnya dengan menganalisis terhadap kurva tersebut dapat

---

<sup>21</sup> Shifa Fauziah, *Sistem Penentuan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF)*, Skripsi (Prodi. Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2021), 59–60.

dengan mudah diketahui perubahan intensitas kecerlangan langit yang awalnya gelap kemudian menjadi terang secara konsisten. Awal dari peningkatan intensitas cahaya ini dijadikan patokan ketampakan fajar. Lebih detail analisis penentuan titik belok kurva fajar dibahas pada bagian selanjutnya.

## **B. Pemodelan Fungsi Linear: Solusi Alternatif Penentuan Titik Belok Kurva Fajar**

Banyak metode untuk menentukan titik belok kurva fajar sebagai indikasi fajar telah terbit. Misalnya pemodelan matematis dengan fungsi eksponen derajat tinggi (polinomial)<sup>22</sup>, dan rata-rata bergerak (*moving average*).<sup>23</sup> Namun, data dan analisis matematis (pemodelan) akan bermakna jika terdapat argumen fisika yang melandasinya.

Pemodelan dengan polinomial dilakukan dengan *plotting* terhadap data pengamatan kemudian didekati dengan fungsi eksponen derajat tinggi (misal derajat 3 atau 5). Selanjutnya fungsi polinomial yang didapatkan dicari titik belok kurva dengan mencari turunan kedua dari fungsi tersebut.<sup>24</sup> Jadi titik belok yang ditemukan melalui pendekatan ini

---

<sup>22</sup>Metode ini misalnya digunakan oleh Tono Saksono dalam menganalisis data pengamatan fajar di Depok. Lihat: Saksono dan Fulazzaky, “Predicting the accurate period of true dawn using a third-degree polynomial model.”

<sup>23</sup> Metode ini misalnya digunakan oleh Dhani Herdiwijaya dalam salah satu tulisannya. Misalnya: Herdiwijaya, “Sky brightness and twilight measurements at Yogyakarta city, Indonesia.” Di tulisan yang lain ia menggunakan gabungan antara metode *gradient*, *moving average*, dan *curve fitting*. Lihat: Herdiwijaya, “On the beginning of the morning twilight based on sky brightness measurements.”

<sup>24</sup> Adi Damanhuri, *Pengamatan dan Penelitian Awal Waktu Subuh: Scmua Bisa Melakukannya* (Sidoarjo: Nizamia Learning Center, 2020), 59–64.

adalah titik belok dari kurva fungsi polynomial bukan titik belok dari data fisis pengamatan.

Demikian juga dengan metode *moving average*. Dalam metode *moving average*, data pengamatan diambil rata-rata setiap beberapa menit bergantung ketelitian yang diinginkan kemudian dicari beda gradien masing-masing rata-rata tersebut. Jika nilai gradiennya bernilai negatif dan setelahnya juga bernilai negatif maka pada titik tersebut ditentukan sebagai waktu terbit fajar.<sup>25</sup> Berdasarkan uraian tersebut bisa dipahami bahwa nilai gradient yang jadi penentu terbit fajar didasarkan pada nilai rata-rata data pengamatan bukan data fisis pengamatan itu sendiri.

Pemodelan dengan fungsi linear diusulkan sebagai salah satu solusi alternatif dalam penentuan titik belok kurva fajar dengan kombinasi pendekatan matematis dan tetap didasarkan pada data fisis pengamatan. Metode ini dikembangkan bersama Hendro Setyanto (*founder* Imah Noong Lembang) dan Hendra Agus Prastyo (dosen Sains Atmosfer dan Keplanetan Institut Teknologi Sumatera) dan ditulis dalam sebuah *paper* yang akan dipresentasikan dalam salah satu seminar di Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang pada April 2020.<sup>26</sup> Namun, seminar tersebut tidak terlaksana karena ada pembatasan kegiatan masyarakat saat pandemi Covid-19 melanda Indonesia. Selanjutnya metode tersebut digunakan menjadi salah satu metode analisis dalam sebuah *paper* yang

---

<sup>25</sup> Damanhuri, 55–59.

<sup>26</sup> Makalah tersebut adalah: Hendro Setyanto, Hendra Agus Prastyo, dan M Basthoni, “Analisis Tipologi Kurva Cahaya Senja-Fajar,” dalam *Seminar Nasional “Peran Ilmu Falak dalam Menghadapi Revolusi Industri 4.0”* (Semarang: Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2020).

ditulis bersama Hendro Seytanto dan telah dipresentasikan dalam seminar internasional di Universitas Sebelas Maret Surakarta pada April 2021 serta telah terpublikasi di *AIP Conference Proceedings* volume 2391 pada Maret 2022.<sup>27</sup>

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

Sumber cahaya kecerlangan langit yang ditangkap oleh detektor SQM dapat dikelompokkan menjadi: *zodiacal light*, *twilight* (fajar), bintang dan polusi cahaya. Dari keempat sumber cahaya tersebut, intensitas cahaya *zodiacal light* dan *twilight* berubah terhadap waktu (terlihat semakin terang). Oleh karena itu, dengan menganggap cahaya bintang dan polusi cahaya mempunyai intensitas yang konstan, maka intensitas cahaya *zodiacal light* dan *twilight* dapat diketahui dan dipisahkan sehingga awal ketampakan *twilight* dapat diketahui dengan pendekatan fungsi linear terhadap data pengamatan yang dianggap linear.

---

<sup>27</sup> Makalah tersebut adalah: M Basthoni dan Hendro Setyanto, “Typology of dawn light curves in high and low light pollution areas,” dalam *AIP Conference Proceedings*, vol. 2391, 2022, 080005, <https://doi.org/10.1063/5.0073949>.

Proses *fitting* dengan fungsi linear dilakukan dengan mengambil sampel data intensitas kecerlangan langit malam sebelum ketampakan fajar. Berikut proses *fitting* linear yang dilakukan terhadap data intensitas hasil pengukuran SQM.<sup>28</sup>

1. Menentukan rentang nilai  $h$  atau tinggi Matahari ( $^{\circ}$ ) untuk *fitting* linear. Rentang nilai  $h$  berbeda-beda untuk setiap data pengamatan karena setiap data pengamatan memiliki hasil rekaman yang bervariasi pada rentang data yang akan dijadikan acuan *fitting* fungsi linear, yaitu berkisar pada  $-30^{\circ}$  -  $-21^{\circ}$  atau rentang beberapa derajat sebelum perkiraan fajar *ṣādiq* terdeteksi.
2. Setelah ditentukan rentang nilai  $h$  untuk setiap data pengamatan, selanjutnya *fitting* linear dilakukan dengan persamaan dasar:

$$f(x) = ax + b.$$

Proses *fitting* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GNUPLOT versi 5.2 *patch level* 8. Informasi statistik yang digunakan adalah fungsi linear,  $R^2$ , rata-rata, dan standar deviasi. Apabila sebaran data memiliki kecenderungan menurun atau meningkat, maka digunakan persamaan linear hasil *fitting*. Namun, apabila sebaran data memiliki kecenderungan datar (*flat*), maka persamaan linear yang digunakan adalah  $f(x) = \text{rata-rata}$ .

3. Persamaan linear beserta standar deviasi yang telah diperoleh kemudian diplot dengan data keseluruhan. Analisis dilakukan dengan melihat sebaran data di sekitar fungsi linear atau fungsi *Zodiacal Light* beserta standar deviasi:

---

<sup>28</sup> Basthoni dan Setyanto.

$$f'(x) = ax + b - \sigma.$$

Apabila terdapat datum yang memiliki nilai intensitas  $i \leq \sigma$  (standar deviasi) untuk pengamatan SQM maka datum tersebut merupakan gabungan dari kecerlangan *Zodiacal Light* dengan fajar. Dengan demikian, awal ketampakan fajar dapat ditentukan.

Secara lebih detail prosedur tersebut ditulis dalam bentuk *script* file teks yang selanjutnya bisa di-*running* menggunakan perangkat lunak GNUPlot. *Script* tersebut adalah sebagai berikut:

```
# file input
input1=" 20210811_120000_SQM-Karimunjawa.csv "

judul="Plot Data SQM Fajar\nPulau Karimunjawa Jepara Jawa
Tengah"

# label
l1="12-08-2021"

#axis/sumbu yang akan diplot
ax=7 #sumbu x
ay=5 #sumbu y

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

#ambil data statistik pada rentang data yang sesuai
stats input1 using ax:ay every ::5440::5707 name "A"

#simpan hasil pembacaan statistik tersebut dalam variabel a(x)
a(x) = A_slope*x + A_intercept - A_stddev_y
```

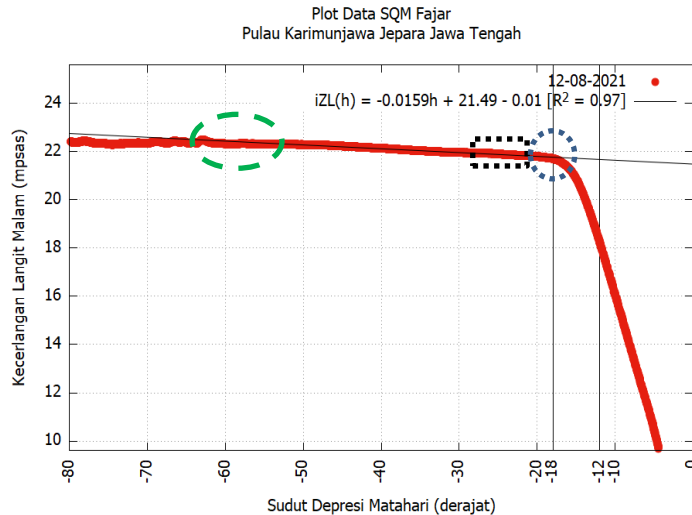
#simpan fungsi linear yang dihasilkan dari data statistik tersebut dalam variabel t\_a

```
t_a = sprintf('iZL(h) = %.4fh + %.2f - %.2f [R2 = %4.2f]',A_slope, A_intercept, A_stddev_y, A_correlation*A_correlation)
```

#plot seluruh data dan fungsi linear a(x) dalam satu kurva

```
plot input1 using ax:ay title l1, a(x) t t_a
```

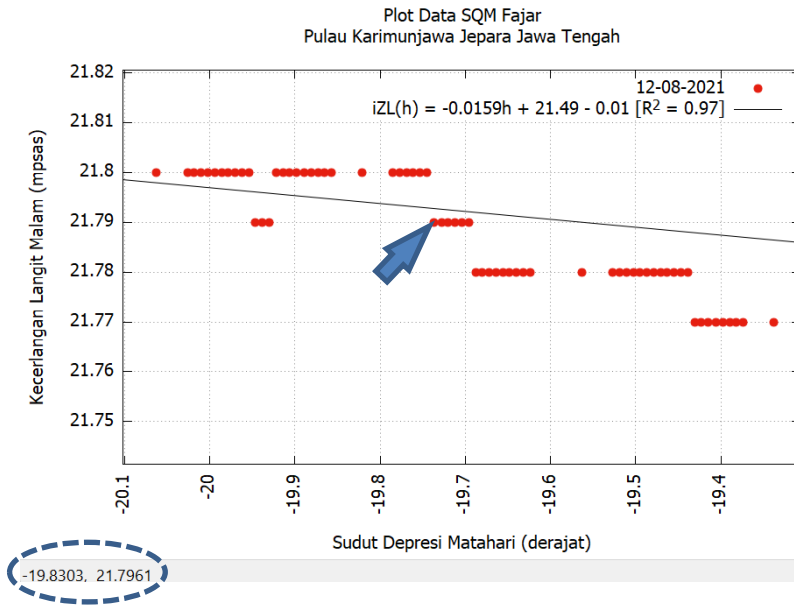
Script tersebut jika dijalankan akan menghasilkan plot kurva fajar sebagaimana Gambar 3.7. Script tersebut menghasilkan persamaan linear  $iZL(h) = -0,0159h + 21,49 - 0,01$  dengan korelasi sangat baik dengan data pengamatan dengan indikasi nilai  $R^2 = 0,97$  atau 97%. Persamaan tersebut dihasilkan oleh sampel data pada rentang data saat sudut depresi atau ketinggian Matahari pada  $-24^\circ$  sampai  $-21^\circ$  (area kotak dengan garis putus-putus pada Gambar 3.7).



Gambar 3. 7. Plot kurva kecerlangan langit malam dan pemodelan fungsi linearnya

Selanjutnya untuk menentukan kapan terbit fajar *ṣādiq* maupun fajar *kāzib* bisa dilakukan *zoom-in* pada area lingkaran untuk fajar *ṣādiq* dan area elips untuk fajar *kāzib*.

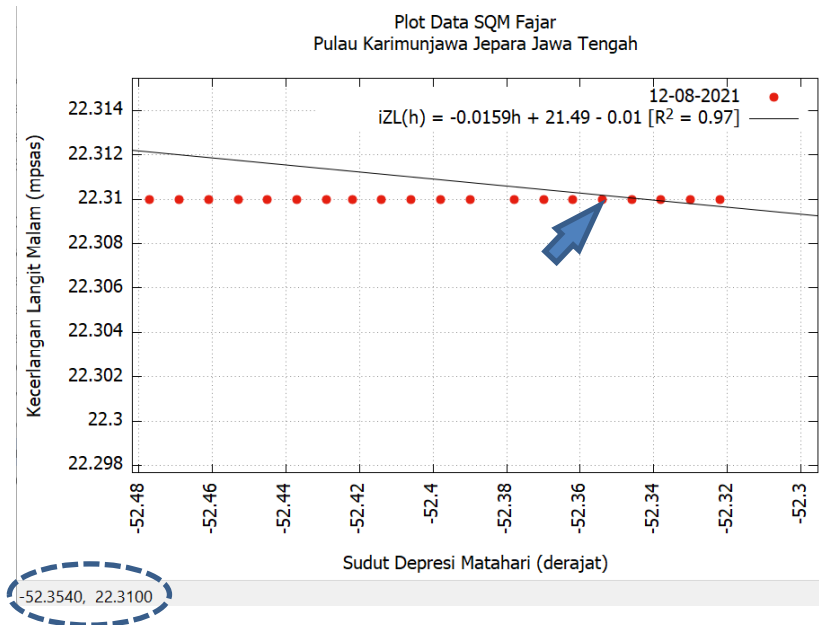
Hasil *zoom-in* pada area lingkaran bisa dilihat pada Gambar 3.8. Data yang berada di atas garis hasil *plot* fungsi linear adalah data kecerlangan langit malam yang bercampur dengan kecerlangan langit saat terdeteksi fajar *kāzib*. Adapun data yang berada di bawah garis adalah cahaya fajar *ṣādiq*. Cahaya awal fajar *ṣādiq* adalah data pertama yang berada di bawah garis tersebut, yaitu data yang diberi tanda panah pada Gambar 3.8. Data yang diberi tanda panah tersebut memberikan informasi bahwa fajar *ṣādiq* terbit atau terdeteksi oleh SQM pada saat sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-19,83^\circ$  dengan kecerlangan langit sebesar 21,796 mpsas (lihat data dalam elips pojok kiri pada Gambar 3.8).



Gambar 3. 8. Hasil *zoom-in* pada area terbit fajar *ṣādiq*



Hasil *zoom-in* pada area elips bisa dilihat pada Gambar 3.9. Data yang berada di bawah garis hasil *plot* fungsi linear adalah data kecerlangan langit malam murni tanpa ada cahaya fajar *kāzib*. Adapun data yang berada di atas garis atau tepat pada garis adalah cahaya fajar *kāzib*. Cahaya awal fajar *kāzib* adalah data pertama yang berada di atas garis tersebut, yaitu data yang diberi tanda panah pada Gambar 3.9. Data yang diberi tanda panah tersebut memberikan informasi bahwa fajar *kāzib* terbit atau terdeteksi oleh SQM pada saat sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-52,35^\circ$  dengan kecerlangan langit sebesar 22,31 mpsas (lihat data dalam elips di pojok kiri pada Gambar 3.9).



Gambar 3. 9. Hasil *zoom-in* pada area terbit fajar *kāzib*.

Berdasarkan kombinasi analisis data dengan pendekatan fungsi linear dan analisis visual terhadap kurva cahaya fajar tersebut diperoleh

hasil bahwa pada 12 Agustus 2021 di Pulau Karimunjawa awal fajar *ṣādiq* terdeteksi oleh SQM ketika sudut depresi atau ketinggian Matahari -19,83° dan kecerlangan langit malamnya sebesar 21,796 mpsas, sedangkan awal fajar *kāzib* terdeteksi ketika sudut depresi atau ketinggian Matahari -52,35° dan kecerlangan langit malamnya sebesar 22,31 mpsas.

Metode fungsi linear dan metode visual ini selanjutnya digunakan secara bersama-sama untuk menganalisis data-data yang lain, khususnya data yang masuk kategori baik (tanpa gangguan mendung atau cahaya Bulan), sedangkan data yang kurang baik dianalisis dengan metode visual karena metode fungsi linear tidak bisa digunakan untuk menganalisis data yang pola kurvanya acak karena faktor gangguan.<sup>29</sup> Pemilihan dua metode ini didasarkan pada kenyataan bahwa titik belok kurva fajar yang diperoleh dengan metode pendekatan matematis murni (metode polynomial, dan metode *moving average*) adalah bukan data fisis pengamatan. Namun, titik belok dari model matematis yang dihasilkan.

### C. Karakter Fisis Cahaya Awal Fajar *Ṣādiq*

Karakteristik fisis cahaya awal fajar *ṣādiq* diperoleh dari data pengamatan di lokasi yang ideal yaitu lokasi dengan kecerlangan langit

---

<sup>29</sup> Efektifitas beberapa metode tersebut dinilai relatif sama jika data yang dianalisis adalah data bagus tanpa gangguan mendung. Namun jika terdapat gangguan maka metode visual lebih efektif digunakan. Namun metode linear tetap bisa digunakan jika sebelum titik belok kurva terdapat data yang berpola linear. Lebih detail lihat: M. Nur Iskandar Fajri, *Efektivitas Teknik Analisa Data Sqm (Moving Average, Linier Dan Visual Analysis) Dalam Menentukan Fajar Sidik Pada Data Dengan Gangguan Dan Tanpa Gangguan*, Skripsi (Prodi. Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2021).

malam 21,3 mpsas atau lebih serta tanpa gangguan mendung maupun cahaya Bulan. Lokasi ideal tersebut adalah Banyuwangi, pulau Masalembu, Pulau Bawean, Karimunjawa Jepara, dan Dukuhseti Pati.

Berdasarkan hasil analisis dengan metode pendekatan fungsi linear dan visual terhadap data pengamatan di lokasi ideal tersebut diperoleh hasil sebagai berikut.<sup>30</sup>

Tabel 3. 2. Rekap hasil pengamatan di lokasi ideal dengan instrumen diarahkan ke ufuk timur

No.	Lokasi Pengamatan	Jumlah data (hari)	Kecerlangan Langit (mpsas)		Posisi Matahari (derajat)
			Malam	Fajar	
1	Banyuwangi	20	21,35 ± 0,19	21,18 ± 0,18	-19,88 ± 0,3
2	P. Masalembu	5	21,88 ± 0,39	21,72 ± 0,41	-19,89 ± 0,29
3	P. Bawean	1	21,79	21,57	-19,68
4	P. Karimunjawa	21	22,47 ± 0,33	22,22 ± 0,40	-19,43 ± 0,59
5	Dukuhseti	1	21,63	21,59	-19,79
Rata-rata			21,82 ± 0,41	21,66 ± 0,37	-19,73 ± 0,19

Pengamatan di Banyuwangi dalam rentang September-Oktober 2020 diperoleh 60 hari data pengamatan dengan 20 hari data direkam ketika tidak ada gangguan cahaya Bulan maupun mendung. Berdasarkan 20 data pengamatan tersebut diperoleh rata-rata nilai kegelapan malam adalah  $21,35 \pm 0,19$  mpsas, sedangkan cahaya awal fajar terdeteksi pada saat sudut depresi atau ketinggian Matahari rata-rata  $-19,88 \pm 0,3$  derajat di bawah ufuk timur dengan kecerlangan langit saat fajar  $21,18 \pm 0,18$  mpsas.

Adapun pengamatan di pulau Masalembu selama 13 hari pada rentang 14-26 September 2020 diperoleh 5 hari data cerah tanpa

---

<sup>30</sup> Rincian hasil analisis secara detail bisa dilihat di lampiran.

gangguan. Selama 5 hari tersebut diperoleh rata-rata kecerlangan langit malam di Pulau Masalembu adalah  $21,88 \pm 0,39$  mpsas, sedangkan awal cahaya fajar terdeteksi saat sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-19,89 \pm 0,29$  derajat dengan kecerlangan cahaya awal fajar tersebut sebesar  $21,72 \pm 0,41$  mpsas.

Hasil pengamatan di dua lokasi tersebut juga sangat dekat dengan hasil yang ditemukan selama pengamatan di Pulau Bawean selama 9 hari pada rentang 5-9 September 2019 dan 12-15 Februari 2020. Selama pengamatan tersebut diperoleh 1 hari data tanpa gangguan, sementara sisanya terdapat gangguan mendung atau cahaya Bulan. Satu data tersebut diperoleh pada 9 September 2019 dengan kecerlangan langit malam adalah  $21,79$  mpsas, sedangkan cahaya awal fajar berhasil terdeteksi oleh SQM saat sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-19,68$  derajat di bawah ufuk ketika kecerlangan langit sebesar  $21,57$  mpsas.

Pengamatan di Pulau Karimunjawa Jepara selama hampir 1 tahun (1 September 2020 – 13 Agustus 2021) diperoleh 252 data dengan 21 data diantaranya adalah data tanpa gangguan mendung maupun cahaya Bulan. Berdasarkan 21 data tersebut diperoleh nilai rata-rata kecerlangan langit malam sebesar  $22,47 \pm 0,33$  mpsas, sedangkan cahaya awal fajar terdeteksi saat sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-19,43 \pm 0,59$  derajat dengan kecerlangan langit ketika fajar sebesar  $22,22 \pm 0,4$  mpsas.

Pengamatan di Dukuhseti Pati menemukan hasil pengamatan yang cukup dekat dengan hasil pengamatan di Banyuwangi, Pulau Masalembu, Pulau Bawean, dan Pulau Karimunjawa Jepara. Pengamatan yang dilakukan selama 8 hari pada rentang 14-21 April 2021 tersebut memperoleh satu data bagus tanpa gangguan mendung cahaya Bulan yaitu

tanggal 21 April 2021. Pada tanggal tersebut kecerlangan langit malam yang terekam oleh SQM adalah 21,63 mpsas, sedangkan cahaya awal fajar terdeteksi saat Matahari pada posisi -19,79 derajat dengan kecerlangan sebesar 21,59 mpsas.

Berdasarkan hasil pengukuran dengan SQM di 5 (lima) lokasi ditemukan bahwa cahaya awal fajar *ṣādiq* terdeteksi saat sudut depresi atau ketinggian Matahari pada sekitar  $-19,73 \pm 0,19$  atau rentang -19,54 - -19,92 derajat di bawah ufuk, sedangkan kecerlangan langit saat fajar berkisar  $21,66 \pm 0,37$  mpsas atau rentang 21,29 - 22,03 mpsas. Hasil pengukuran tersebut bisa diperoleh jika lokasi pengamatan memiliki kecerlangan langit malam berkisar  $21,82 \pm 0,41$  mpsas atau rentang 21,41 – 22,23 mpsas.

Tabel 3. 3. Rekap hasil pengamatan di lokasi ideal dengan instrumen diarahkan ke *zenith*.

No.	Lokasi Pengamatan	Jumlah data (hari)	Kecerlangan Langit (mpsas)		Posisi Matahari (derajat)
			Malam	Fajar	
1	Bukit Timau	3	$22,29 \pm 0,20$	$22,22 \pm 0,14$	$-19,27 \pm 0,52$
2	Agam	19	$22,04 \pm 0,19$	$21,98 \pm 0,19$	$-18,35 \pm 0,78$
Rata-rata			$22,17 \pm 0,18$	$22,10 \pm 0,17$	$-18,75 \pm 0,64$

Namun, jika arah instrumen SQM diarahkan ke *zenith* akan menghasilkan kesimpulan yang berbeda dibandingkan jika alat diarahkan ke ufuk timur. Misalnya pengamatan yang dilakukan Evan Irawan Akbar dkk. di Bukit Timau Nusa Tenggara Timur selama 3 (tiga) hari pada rentang 19-24 Juli 2018 menghasilkan data yang agak berbeda dengan data pengamatan di 5 (lima) lokasi yang telah diuraikan sebelumnya. Di lokasi tersebut diperoleh rata-rata nilai kecerlangan langit malam sebesar

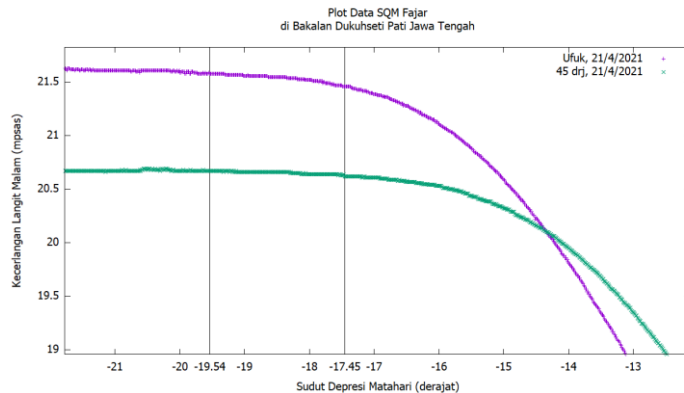
22,29 ± 0,2 mpsas, sedangkan cahaya awal fajar terdeteksi oleh SQM saat rata-rata sudut depresi atau ketinggian Matahari -19,27 ± 0,52 derajat dengan kecerlangan sebesar 22,22 ± 0,14 mpsas.

Data pengamatan di Bukit Timau tersebut menunjukkan bahwa lokasi tersebut memiliki nilai kecerlangan langit malam yang lebih gelap (lebih dari 22 mpsas) jika dibandingkan dengan data di beberapa lokasi yang lain yang telah diuraikan sebelumnya (kurang dari 22 mpsas). Namun, ketampakan fajar di Bukit Timau sedikit terlambat sekitar 0,5 derajat (2 menit) dibandingkan dengan hasil pengamatan di Banyuwangi, Masalembu, dan Karimunjawa. Hal ini disebabkan SQM yang memiliki luas medan pandang (*field of view*) hanya 20 derajat diarahkan ke arah *zenith*, padahal cahaya awal fajar muncul secara perlahan dari ufuk timur sehingga cukup masuk akal apabila cahaya fajar di Bukit Timau agak sedikit terlambat terdeteksi.

Pola yang hampir mirip dengan pengamatan di Bukit Timau juga ditemukan dalam data pengamatan di Agam Sumatera Barat selama rentang 1 Maret – 29 September 2019 (7 bulan). 188 hari data tersebut diseleksi dan dipilih data terbaik dan diperoleh 19 data tanpa gangguan mendung maupun cahaya Bulan. Berdasarkan rata-rata dari 19 data tersebut diperoleh informasi bahwa kecerlangan langit malam sebesar 22,04 ± 0,19 mpsas, sedangkan cahaya fajar terdeteksi saat Matahari pada posisi -18,35 ± 0,78 di bawah ufuk dengan kecerlangan langit saat fajar sebesar 21,98 ± 0,19 mpsas. Data tersebut menunjukkan bahwa dengan kecerlangan langit malam yang hampir mirip dengan Bukit Timau, juga ditemukan bahwa cahaya fajar terlambat terdeteksi (sekitar 1,5 derajat atau 3 menit) dibandingkan di Banyuwangi, Pulau Masalembu, dan Pulau

Bawean. Hal ini juga disebabkan SQM yang digunakan diarahkan ke arah *zenith* seperti ketika di Bukit Timau.

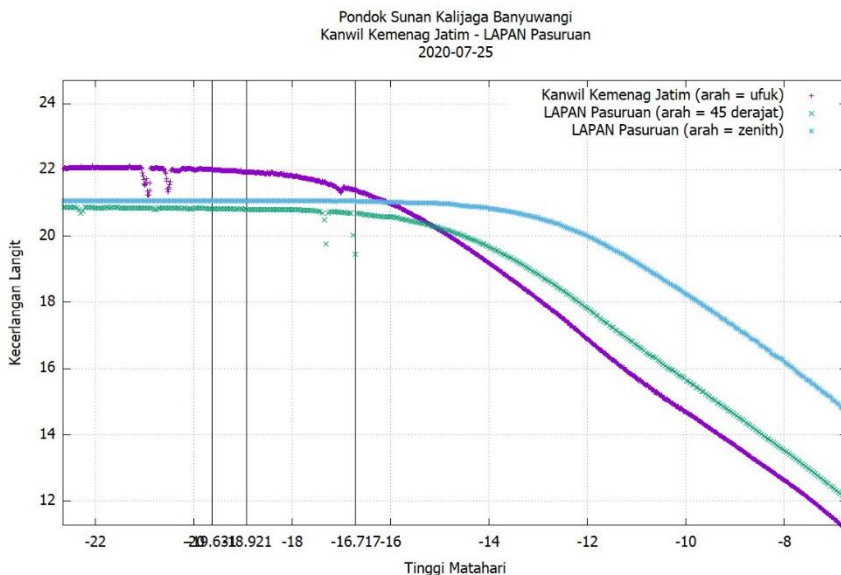
Perbedaan hasil deteksi fajar juga jelas terlihat selama pengamatan di Dukuhseti Pati pada 21 April 2021 (Gambar 3.10) ketika SQM diarahkan pada sudut elevasi yang berbeda, yaitu sudut 45 derajat dan arah ufuk. SQM yang diarahkan ke ufuk berhasil mendeteksi fajar ketika sudut depresi Matahari -19,54 derajat, sedangkan SQM yang diarahkan ke sudut elevasi 45 derajat baru mendeteksi fajar ketika sudut depresi Matahari -17,45 derajat atau terpaut 2,09 derajat (8,36 menit).<sup>31</sup>



Gambar 3. 10. Perbandingan hasil deteksi fajar oleh SQM arah ufuk dan 45 derajat di Dukuhseti

<sup>31</sup> Lebih detail perbandingan pengamatan di hari lain di Dukuhseti dengan dua arah SQM yang berbeda bisa dibaca di: Muhammad Fikky, *Pengaruh Jarak Zenith Sky Quality Meter terhadap Observasi Fajar Shodiq*, Skripsi (Prodi. Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2021), 122–23. Beberapa kajian lain juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil rekaman yang sistematis jika SQM diarahkan pada arah sudut elevasi yang berbeda. Lebih detail lihat: Arwin Juli Rakhmadi dkk., “Pengukuran Tingkat Polusi Cahaya dan Awal Waktu Subuh di OIF UMSU dengan Menggunakan Sky Quality Meter,” *Jurnal Ilmiah Multi Sciences* 12, no. 2 (5 September 2020): 58–65, <https://doi.org/10.30599/jti.v12i2.667>.

Pengamatan di Banyuwangi pada 25 Juli 2020 (Gambar 3.11) menunjukkan detail perbedaan yang lebih jelas karena dalam pengamatan tersebut dibandingkan hasil bacaan 3 (tiga) SQM ketika diarahkan pada sudut elevasi yang berbeda, yaitu arah ufuk timur, sudut elevasi 45 derajat, dan *zenith*. Adapun hasilnya secara berturut-turut adalah fajar terdeteksi pada saat sudut depresi Matahari -19,63 derajat, -18,92 derajat, dan -16,72 derajat. Jika hasil deteksi fajar oleh SQM arah 45 derajat dan arah *zenith* dibandingkan dengan hasil deteksi fajar oleh SQM yang diarahkan ke ufuk, maka secara berturut-turut terpaut 0,71 derajat (2,84 menit), dan 2,91 derajat (11,64 menit).



Gambar 3. 11. Perbandingan hasil deteksi fajar oleh SQM arah ufuk, 45 derajat, dan arah *zenith* di Banyuwangi

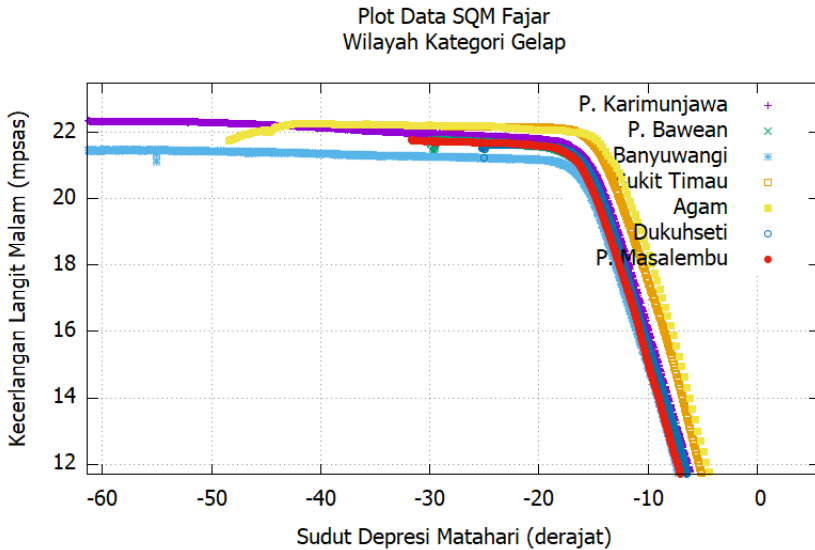
Untuk itu yang dijadikan data acuan untuk menentukan karakteristik cahaya awal fajar *ṣādiq* dalam penelitian ini adalah hasil pengukuran di



lima lokasi yang telah diuraikan hasilnya di atas, yaitu Banyuwangi, Pulau Bawean, Pulau Karimunjawa, Pulau Masalembu, dan Dukuhseti Pati. Pemilihan ini didasarkan pada hasil kecerlangan langit malam di lima lokasi tersebut yang mencapai 21,3 mpsas atau lebih serta instrumen yang digunakan diarahkan ke ufuk timur yang merupakan titik awal terbit fajar.

Selain itu pola kurva cahaya fajar di beberapa lokasi ideal tersebut memiliki pola yang identik (Gambar 3.12). Jika data direkam sejak tengah malam (misal data di Karimunjawa dan Banyuwangi), maka mulai tengah malam sampai ketika sudut depresi atau ketinggian Matahari sekitar -50 derajat di bawah ufuk kecerlangan langit cenderung konstan dan membentuk garis lurus-datar dengan gradien atau kemiringan mendekati nol. Hal ini disebabkan tidak ada cahaya lain yang terekam oleh SQM pada rentang waktu tersebut selain kecerlangan langit itu sendiri.

Selanjutnya kecerlangan langit secara perlahan dan konstan bertambah terang sehingga membentuk garis lurus menurun dengan gradien atau kemiringan negatif. Pola ini disebabkan ketampakan cahaya fajar *kāzib* atau cahaya zodiak di ufuk timur. Seiring dengan waktu, ketika sudut depresi atau ketinggian Matahari sekitar -20 derajat di bawah ufuk, pola garis lurus-menurun tersebut berubah menjadi garis melengkung dan terus turun secara drastis. Perubahan pola ini disebabkan cahaya fajar *ṣādiq* telah terdeteksi pada saat sudut depresi atau ketinggian Matahari sekitar -20 derajat di bawah ufuk. Kemudian kecerlangan langit terus meningkat secara cepat seiring posisi Matahari yang semakin dekat dengan ufuk timur sampai terbit Matahari.



Gambar 3. 12. Perbandingan pola kurva cahaya fajar di daerah gelap

Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa karakter fisis cahaya awal fajar *ṣādiq* adalah cahaya yang lembut dan redup yang seiring waktu kecerlangannya meningkat secara cepat sampai terbit Matahari. Jika perubahan kecerlangan langit saat fajar tersebut dimodelkan secara matematis maka polanya mirip dengan fungsi eksponensial. Karakter cahaya fajar *ṣādiq* tersebut berbeda dengan karakter fisis cahaya fajar *kāzib* yang perubahan kecerlangannya sangat lambat dan konstan seiring waktu. Jika dipolakan secara matematis maka cahaya fajar *kāzib* membentuk pola fungsi linear yang menurun atau nilai gradien negatif.

Selain itu dalam penelitian ini ditemukan bahwa fajar *ṣādiq* berhasil terdeteksi saat sudut depresi atau ketinggian Matahari sekitar -19,54 - -19,92 derajat di bawah ufuk timur dengan kecerlangan berkisar 21,29 - 22,03 mpsas. Hasil pengukuran tersebut bisa diperoleh jika lokasi

pengamatan memiliki kecerlangan langit malam berkisar 21,41 – 22,23 mpsas atau daerah yang masuk kategori 3 skala Bortle (21,3 mpsas atau lebih).

Waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* yang ditemukan dalam penelitian ini cukup dekat dengan hasil penelitian Rusli dkk. di Masalembu Sumenep. Berdasarkan data foto fajar yang direkam dan dianalisis dengan salah metode *image processing*, yaitu *sobel edge detection*, ditemukan bahwa fajar *ṣādiq* terdeteksi di Masalembu pada sudut depresi atau ketinggian Matahari -19,7128 derajat di bawah ufuk dengan standar deviasi 1,114429.<sup>32</sup> Sementara analisis disertasi ini terhadap data SQM pada lokasi yang sama menemukan bahwa fajar *ṣādiq* terdeteksi pada saat sudut depresi atau ketinggian Matahari -19,89 derajat di bawah ufuk dengan standar deviasi 0,29.

Rata-rata sudut depresi atau ketinggian Matahari saat terbit fajar yang ditemukan dalam penelitian disertasi ini juga cukup dekat dengan hasil pengamatan Tim Hisab Rukyat Kementerian Agama RI di Labuanbajo Nusa Tenggara Timur pada 23-25 April 2018. Kurva cahaya yang terukur dengan dua SQM di Labuanbanjo menunjukkan bahwa penurunan magnitudo terjadi mulai pada pukul 04:46 WITA dan 04.44 WITA. Penurunan magnitudo mengindikasikan mulai munculnya cahaya

---

<sup>32</sup> Rusli Rusli, Niswatul Kariimah, dan Mahfudz Mahfudz, “Determination Dawn of Shadiq in Masalembu Island by Using Image Processing Sobel Edge Detection Technique,” *International Conference on Law, Technology, Spirituality and Society (ICOLESS)* 1 (30 September 2021): 57–66, <http://conferences.uin-malang.ac.id/index.php/ICOLESS/article/view/1386>.

fajar. Waktu tersebut bersesuaian dengan sudut depresi atau ketinggian Matahari -19,5 dan -20 derajat.<sup>33</sup>

#### **D. Perbandingan Ketampakan Fajar Berdasarkan Perbedaan Tingkat Polusi Cahaya**

Perbandingan ketampakan cahaya fajar di beberapa lokasi dengan tingkat polusi berbeda perlu dilakukan untuk mengetahui lebih detail tentang karakteristik cahaya awal fajar *ṣādiq* ketika diamati di lokasi dengan dengan level kecerlangan langit yang bervariasi. Hasil perbandingan ini bisa dijadikan acuan untuk mendudukkan permasalahan perlunya koreksi efek polusi cahaya terhadap penentuan awal waktu Subuh.

Untuk itu, data hasil pengamatan dikelompokkan menjadi empat kategori berdasarkan level kecerlangan langit malam yang diukur menggunakan SQM. Empat kategori tersebut adalah kategori gelap, agak gelap, agak terang, dan terang. Dari empat kategori lokasi tersebut dipilih data yang tidak terganggu oleh mendung maupun cahaya Bulan. Data dengan kategori tersebut tidak bisa diperoleh di setiap lokasi pengamatan karena tidak setiap pengamatan menghasilkan data yang terbaik. Adapun data tanpa gangguan tersebut bisa dilihat pada Tabel 3.4 di bawah ini.

---

<sup>33</sup> T. Djamaluddin, “Penentuan Waktu Shubuh: Pengamatan dan Pengukuran Fajar di Labuan Bajo,” diakses 1 Oktober 2020, <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2018/04/30/penentuan-waktu-shubuh-pengamatan-dan-pengukuran-fajar-di-labuan-bajo/>.

Tabel 3. 4. Perbandingan data di beberapa lokasi dengan level kecerlangan langit malam yang berbeda

No	Lokasi Pengamatan	Kategori (mpsas)	Jumlah Data (hari)	Kecerlangan Langit (mpsas)		Posisi Matahari (derajat)
				Malam	Fajar	
1	Banyuwangi	Gelap ( $\geq 21,3$ )	20	21,35 $\pm$ 0,19	21,18 $\pm$ 0,18	-19,88 $\pm$ 0,30
2	P. Masalembu		5	21,88 $\pm$ 0,39	21,72 $\pm$ 0,41	-19,89 $\pm$ 0,29
3	P. Bawean		1	21,79	21,57	-19,68
4	Bukit Timau		3	22,29 $\pm$ 0,20	22,22 $\pm$ 0,14	-19,27 $\pm$ 0,52
5	P. Karimunjawa		21	22,47 $\pm$ 0,33	22,22 $\pm$ 0,40	-19,43 $\pm$ 0,59
6	Agam		19	22,04 $\pm$ 0,19	21,98 $\pm$ 0,19	-18,35 $\pm$ 0,78
7	Dukuhseti		1	21,63	21,59	-19,79
Rata-rata				21,92 $\pm$ 0,38	21,78 $\pm$ 0,38	-19,40 $\pm$ 0,53
1	Biak	Agak Gelap (20,2 – 21,2)	19	20,39 $\pm$ 0,22	20,35 $\pm$ 0,22	-15,93 $\pm$ 0,81
2	Tilong Kupang		23	20,33 $\pm$ 0,71	20,27 $\pm$ 0,71	-15,87 $\pm$ 1,08
3	Sedan Rembang		3	20,60 $\pm$ 0,07	20,48 $\pm$ 0,06	-16,26 $\pm$ 1,20
4	Tayu Pati		4	21,03 $\pm$ 0,07	20,91 $\pm$ 0,10	-18,98 $\pm$ 0,60
Rata-rata				20,59 $\pm$ 0,32	20,50 $\pm$ 0,29	-16,70 $\pm$ 1,48
1	Pasuruan	Agak Terang (19,1 – 20,1)	23	19,47 $\pm$ 0,25	19,48 $\pm$ 0,15	-14,94 $\pm$ 0,7
2	Lembang		23	19,89 $\pm$ 0,41	19,76 $\pm$ 0,47	-15,50 $\pm$ 1,29
3	Gowa Sulawesi Selatan		3	19,91 $\pm$ 0,15	19,77 $\pm$ 0,20	-14,90 $\pm$ 1,19
4	Juwiring Klaten		2	19,98 $\pm$ 0,30	19,95 $\pm$ 0,28	-13,91 $\pm$ 1,30
Rata-rata				19,81 $\pm$ 0,23	19,74 $\pm$ 0,19	-14,80 $\pm$ 0,66
1	Semarang	Terang (<19,1)	23	17,22 $\pm$ 0,30	17,16 $\pm$ 0,30	-13,27 $\pm$ 1,04
2	Depok		13	18,75 $\pm$ 0,28	18,67 $\pm$ 0,27	-13,85 $\pm$ 0,35
3	Pontianak		20	18,58 $\pm$ 0,69	18,56 $\pm$ 0,7	-13,90 $\pm$ 1,54
4	Sidoarjo		1	19,07	18,94	-15,43
5	Subang		7	18,99 $\pm$ 0,35	18,96 $\pm$ 0,36	-14,24 $\pm$ 0,69
Rata-rata				18,52 $\pm$ 0,75	18,46 $\pm$ 0,75	-14,10 $\pm$ 0,81

Berdasarkan Tabel 3.4 tersebut diketahui bahwa perbedaan kecerlangan langit malam menyebabkan perbedaan waktu deteksi fajar *ṣādiq*, demikian juga kecerlangan langit saat terbit fajar juga berbeda di setiap kategori lokasi. Di daerah gelap dengan kecerlangan langit malam rata-rata  $21,92 \pm 0,38$  mpsas, terdeteksi fajar saat sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-19,40 \pm 0,53$  derajat di bawah ufuk dengan tingkat kecerlangan fajar  $21,78 \pm 0,38$  mpsas. Sementara di daerah agak gelap dengan kecerlangan langit malam rata-rata  $20,59 \pm 0,32$  mpsas, terdeteksi fajar pada saat sudut depresi Matahari  $-16,70 \pm 1,48$  derajat dengan kecerlangan cahaya fajar sebesar  $20,50 \pm 0,29$  mpsas. Di daerah agak terang dengan kecerlangan langit malam  $19,81 \pm 0,23$  mpsas, fajar terdeteksi saat sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-14,80 \pm 0,66$  derajat di bawah ufuk dengan kecerlangan cahaya fajar sebesar  $19,74 \pm 0,19$  mpsas, sedangkan di daerah terang yang memiliki kecerlangan langit malam rata-rata  $18,52 \pm 0,75$  mpsas, fajar terdeteksi pada saat sudut depresi Matahari  $18,46 \pm 0,75$  derajat dengan kecerlangan fajar sebesar  $14,10 \pm 0,81$  mpsas.

Berdasarkan nilai rata-rata di empat kategori lokasi tampak dengan jelas bahwa semakin gelap suatu lokasi maka fajar terdeteksi semakin awal. Sebaliknya, semakin terang suatu lokasi, fajar terdeteksi lebih lambat karena cahaya awal fajar yang redup terhalang oleh terangnya cahaya lampu di daerah terang. Dengan demikian, perbandingan data pada Tabel 3.4 tersebut menunjukkan bahwa polusi cahaya mempunyai pengaruh yang kuat dalam deteksi cahaya awal fajar *ṣādiq*.

Untuk mengetahui lebih detail seberapa besar dan seberapa kuat korelasi antara level kecerlangan langit malam dan terbit fajar, semua data

dari empat kategori lokasi tersebut diplot dan dianalisis dengan regresi linear.

Penentuan pola hubungan dan tingkat hubungan antara level kecerlangan langit malam dan terbit fajar digunakan uji korelasi *product moment* dengan taraf signifikansi ( $\alpha$ ) 5%. Korelasi bisa dirumuskan dengan persamaan:<sup>34</sup>

$$r_{hitung} = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}} \quad (1)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (3)$$

Dengan

$r_{hitung}$  = indeks korelasi hasil hitung antara data  $x$  (sudut depresi Matahari saat cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi) dan  $y$  (kecerlangan langit malam)

$x = (x_i - \bar{x})$ , nilai data  $x$  ke- $i$  dikurangi rata-rata nilai  $x$

$y = (y_i - \bar{y})$ , nilai data  $y$  ke- $i$  dikurangi rata-rata nilai  $y$

Untuk memperoleh hasil dari formula (1), (2), dan (3) tersebut bisa digunakan salah satu perintah yang ada dalam software GNUPlot. Perintah tersebut adalah:

*stats "cerah.txt" using x:y*

---

<sup>34</sup> Sugiyono, *Statistika untuk Penelitian*, 228.

Perintah tersebut menghasilkan data statistik dari semua data cerah sebagaimana Gambar 3.13 di bawah ini.

```
FILE:
Records:          284
Out of range:     0
Invalid:          0
Column headers:   0
Blank:           0
Data Blocks:      1

COLUMNS:
Mean:             -16.1277          20.0460
Std Dev:          2.2934          1.4501
Sample StdDev:    2.2975          1.4527
Skewness:         -0.1355         -0.4414
Kurtosis:         2.3085          2.7725
Avg Dev:          1.8542          1.1602
Sum:              -4580.2700       5693.0500
Sum Sq.:          75363.0313       114719.7999

Mean Err.:        0.1361          0.0860
Std Dev Err.:    0.0962          0.0608
Skewness Err.:   0.1454          0.1454
Kurtosis Err.:   0.2907          0.2907

Minimum:          -20.3600 [169]       16.0400 [254]
Maximum:          -10.6000 [270]    23.2900 [232]
Quartile:         -17.5700         19.2150
Median:           -15.9600         20.3500
Quartile:         -14.4800         20.8650

Linear Model:     y = -0.5543 x + 11.11
Slope:            -0.5543 +- 0.01812
Intercept:        11.11 +- 0.2952
Correlation:      r = -0.8766
Sum vv:          -9.764e+04
```

Gambar 3. 13. Data statistika yang dihasilkan oleh perintah *stats*

Untuk memudahkan ilustrasi hubungan atau korelasi antara data level kecerlangan malam dan terbit fajar, perintah *stats* tersebut dimasukkan dalam *script* lengkap dalam GNUPlot untuk menghasilkan *plot* korelasi tersebut. *Script* tersebut adalah:

```
#input file
input1="cerah.txt"
input2="Banyuwangi.txt"
input3="Masalembu.txt"
input4="Bawean.txt"
```



```
input5="Timau.txt"  
input6="Karimunjawa.txt"  
input7="Agam.txt"  
input8="Biak.txt"  
input9="Tilong.txt"  
input10="Rembang.txt"  
input11="Tayu.txt"  
input12="Pasuruan.txt"  
input13="Lembang.txt"  
input14="Goa.txt"  
input15="Klaten.txt"  
input16="Mangkangkulon.txt"  
input17="Depok.txt"  
input18="Pontianak.txt"  
input19="Sidoarjo.txt"  
input20="Subang.txt"
```

*#label data*

```
l2="Banyuwangi"  
l3="Masalembu"  
l4="Bawean"  
l5="Timau"  
l6="Karimunjawa"  
l7="Agam"  
l8="Biak"  
l9="Tilong Kupang"  
l10="Rembang"  
l11="Tayu Pati"  
l12="Pasuruan"  
l13="Lembang"  
l14="Goa Sulsei"  
l15="Klaten"  
l16="Semarang"  
l17="Depok"  
l18="Pontianak"  
l19="Sidoarjo"  
l20="Subang"
```

*#axis atau sumbu yang akan diplot*

```
ax = 4 #kolom ke-4 (kecerlangan langit)
ay = 2 #kolom ke-2 (sudut depresi Matahari)
```

```
#set judul, label x, y
set title "Berbandingan Level Kecerlangan Langit Malam dan Terbit
Fajar\ndi Daerah Gelap, Agak Gelap, Agak Terang, dan Terang"
set xlabel "Sudut Matahari saat Terbit Fajar (derajat)"
set ylabel "Kecerlangan Langit Malam (mpas)"
```

```
#ambil nilai statistik dari file data input1 (cerah.txt) & digunakan
untuk menyusun fungsi regresi linear
```

```
#=====
stats input1 using ax:ay name "A"
f(x) = A_slope*x + A_intercept
a(x) = f(x) - A_stddev_y
b(x) = f(x) + A_stddev_y
```

```
t_f = sprintf('F(x) = %.4fh + %.2f [r = %4.2f, R^2 = %4.2f, STDV =
%.2f]',A_slope ,A_intercept, A_correlation,
A_correlation*A_correlation, A_stddev_y)
```

```
t_a = sprintf('F(x) - stdv = %.4fh + %.2f - %.2f',A_slope
,A_intercept, A_stddev_y)
```

```
t_b = sprintf('F(x) + stdv = %.4fh + %.2f + %.2f',A_slope
,A_intercept, A_stddev_y)
```

```
#plot semua data & fungsi linear yang dihasilkan oleh perintah stats
```

```
plot f(x) lw 5 t t_f, a(x) lw 3 dt 3 t t_a, b(x) lw 3 dt 3 t t_b,\
```

```
input2 using ax:ay t l2 lc 2 lt 7 ps 1.5,\
input3 using ax:ay t l3 lc 3 lt 7 ps 1.5,\
input4 using ax:ay t l4 lc 4 lt 7 ps 1.5,\
input5 using ax:ay t l5 lc 5 lt 7 ps 1.5,\
input7 using ax:ay t l7 lc 7 lt 7 ps 1.5,\
input8 using ax:ay t l9 lc 8 lt 7 ps 1.5,\
input9 using ax:ay t l10 lc 10 lt 7 ps 1.5,\
input10 using ax:ay t l11 lc 11 lt 7 ps 1.5,\
input11 using ax:ay t l12 lc 12 lt 7 ps 1.5,\
input12 using ax:ay t l13 lc 13 lt 7 ps 1.5,\
input13 using ax:ay t l14 lc 14 lt 7 ps 1.5,\
```

```
input14 using ax:ay t l15 lc 15 lt 7 ps 1.5,\
input15 using ax:ay t l16 lc 16 lt 7 ps 1.5,\
input16 using ax:ay t l17 lc 17 lt 7 ps 1.5,\
input17 using ax:ay t l18 lc 18 lt 7 ps 1.5,\
input18 using ax:ay t l19 lc 19 lt 7 ps 1.5,\
input19 using ax:ay t l20 lc 20 lt 7 ps 1.5,\
input20 using ax:ay t l21 lc 21 lt 7 ps 1.5
```

*Script* tersebut jika dijalankan menggunakan aplikasi GNUPlot akan menghasilkan plot kurva sebagaimana Gambar 3.14 di bawah ini. Dalam plot kurva tersebut juga ditampilkan nilai indeks korelasi ( $r$ ), koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan standar deviasi atau penyimpangan data dari nilai rata-rata yang dihasilkan oleh perintah *stats* dalam *script* tersebut.

Pembuktian ada atau tidaknya korelasi dengan cara membandingkan hasil dari  $r_{hitung}$  dan  $r_{tabel}$ , dengan ketentuan:

1. Jika  $r_{hitung} \geq r_{tabel}$ , maka terdapat korelasi
2. Jika  $r_{hitung} < r_{tabel}$ , maka tidak ada korelasi.<sup>35</sup>

Selain itu nilai  $r_{hitung}$  juga menunjukkan arah korelasi. Jika bernilai negatif maka menunjukkan arah korelasi negatif atau korelasi terbalik, sedangkan jika bernilai positif maka menunjukkan korelasi positif atau searah.

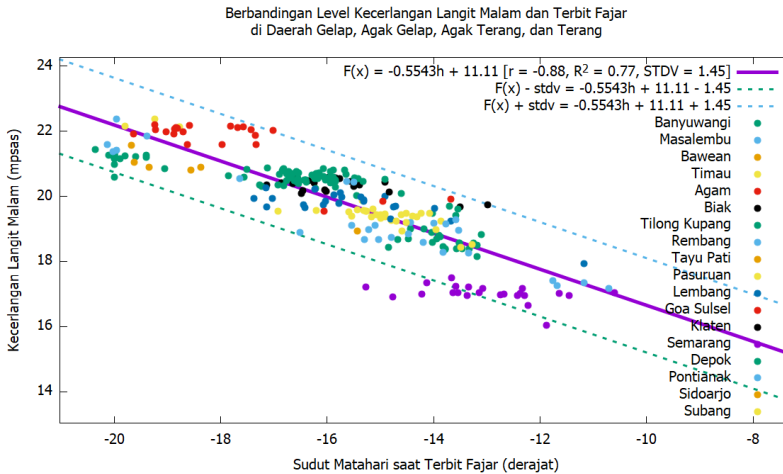
Untuk dapat memberikan penafsiran terhadap koefisien korelasi yang ditemukan tersebut besar atau kecil, maka dapat digunakan pedoman yang tertera pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

---

<sup>35</sup> Sugiyono, 230.

Tabel 3. 5. Pedoman untuk memberikan interpretasi terhadap koefisien korelasi<sup>36</sup>

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat



Gambar 3. 14. Perbandingan level kecerlangan malam dan terbit fajar di empat kategori lokasi.

Perhitungan menggunakan rumus (1) untuk mencari nilai korelasi (r) antara terbit fajar (x) dan level kecerlangan langit malam (y) diperoleh hasil sebagai berikut:

$$r_{\text{hitung}} = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}} = \frac{-827,9204}{\sqrt{892073,365}} = \frac{-827,9204}{944,4964} = -0,8766$$

<sup>36</sup> Sugiyono, 231.

Berdasarkan perhitungan menggunakan formula (1) dan hasil perhitungan menggunakan perintah *stats* pada aplikasi *GNUPlot* yang ditampilkan dalam Gambar 3.14 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,8766$  atau  $r_{hitung} = -0,88$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 284$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,1164$ .<sup>37</sup> Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara level kecerlangan langit malam dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq*.

Berdasarkan Tabel 3.5 tentang acuan penafsiran koefisien korelasi diketahui bahwa korelasi antara level kecerlangan langit malam dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin tinggi atau semakin gelap level malam maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin terang level kecerlangan langit malam suatu daerah maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Dalam analisis korelasi terdapat suatu angka yang disebut Koefisien Determinasi, yang besarnya adalah kuadrat dari koefisien korelasi ( $r^2$ ). Koefisien ini disebut koefisien penentu, karena varians yang terjadi pada variabel dependen (waktu terdeteksi fajar *ṣādiq*) dapat dijelaskan melalui

---

<sup>37</sup> Data  $r$  tabel bisa dilihat pada lampiran dan juga bisa diperoleh dari lampiran beberapa buku statistika. Lihat misalnya: Sugiyono, 373; Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif*, 530.

varians yang terjadi pada variabel independen (kecerlangan langit malam).<sup>38</sup>

Untuk kasus di atas ditemukan bahwa  $r = -0,8766$ . Koefisien determinasinya  $r^2 = -0,8766^2 = 0,76842756 = 0,77$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 77% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel level kecerlangan langit malam, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 77% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerlangan langit malam lokasi pengamatan, sedangkan 23% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor lain yang belum tercover oleh penelitian disertasi ini, misalnya kelembaban udara, suhu, atau faktor yang lain.

Hasil kajian ini menguatkan dan menjelaskan lebih mendalam teori yang diungkapkan Djamaluddin tentang efek polusi cahaya terhadap ketampakan fajar. Melalui kurva skematik cahaya langit ia menyatakan bahwa semakin gelap suatu lokasi maka fajar bisa terdeteksi lebih awal dibandingkan dengan daerah yang lebih terang.<sup>39</sup>

Namun, hasil kajian disertasi ini agak berbeda dengan hasil kajian N.F. Ngadiman yang membandingkan waktu terbit fajar di dua kategori daerah yaitu daerah *rural* (pedesaan) dan *suburban* (pinggiran kota). Menurut hasil kajiannya, tidak ada pola yang jelas dalam perbandingan terbit fajar di daerah pedesaan yang relatif agak gelap dan di daerah

---

<sup>38</sup> Sugiyono, *Statistika untuk Penelitian*, 231.

<sup>39</sup> Djamaluddin, “Benarkah Waktu Subuh di Indonesia Terlalu Cepat?”

pinggiran kota yang relatif agak terang.<sup>40</sup> Sementara dalam kajian disertasi ini secara jelas menunjukkan bahwa pola korelasi antara polusi cahaya dan terbit fajar adalah pola linear dan mempunyai korelasi yang sangat kuat dan 77% ketampakan fajar dipengaruhi oleh tingkat polusi cahaya di suatu lokasi pengamatan.

Selain itu, kajian ini juga membantah pernyataan Tono Saksono yang sampai sekarang masih masif menyampaikan via blog pribadinya<sup>41</sup> dan kanal Youtubanya bahwa tidak ada pengaruh polusi cahaya terhadap ketampakan fajar *ṣādiq*.<sup>42</sup> Hal ini diduga kuat bahwa analisis yang dilakukan oleh Saksono menggunakan data yang sebarannya masih didominasi oleh data yang bersumber dari daerah terang dan terpolusi oleh cahaya buatan.

---

<sup>40</sup> N.F. Ngadiman, N. N. M. Shariff, dan Z.S. Hamidi, “Quantification of Evening and Morning Twilight Angle in Malaysia: A Suburban-Rural Areas Comparison,” *International Journal of Advanced Science and Technology* 29, no. 3 (30 Maret 2020): 14995 – 15001–14995 – 15001, <http://sersec.org/journals/index.php/IJAST/article/view/32001>.

<sup>41</sup> Sejak akhir tahun 2021 blog pribadi Tono Saksono yang beralamat di <http://saksono.org> sudah tidak bisa diakses karena sudah ditutup. Namun, beberapa pernyataannya tersebut bisa diakses di kanal Youtubanya.

<sup>42</sup> Tono Saksono, “Korelasi antara Polusi dan Kehadiran Fajar,” diakses 3 April 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=WFAkIMf5LF4&t=3s>; Tono Saksono, “Polusi cahaya tidak menghambat kehadiran fajar,” diakses 15 November 2020, <https://www.saksono.org/2020/02/polusi-cahaya-tidak-menghambat.html>; Tono Saksono, “Fajar di hari dengan polusi cahaya tertinggi,” diakses 22 Maret 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=OLRv0jM-244>.

## E. Perbandingan Ketampakan Fajar Berdasarkan Tingkat Iluminasi Cahaya Bulan

Pada bagian ini diuraikan bagaimana pengaruh cahaya Bulan terhadap waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* di beberapa kategori daerah dengan kecerlangan langit yang bervariasi. Kajian ini bertujuan mendudukkan permasalahan ada atau tidaknya pengaruh cahaya Bulan terhadap deteksi cahaya fajar *ṣādiq*. Untuk itu dilakukan perbandingan terhadap data yang cerah tanpa gangguan mendung baik data dari daerah gelap, agak gelap, agak terang maupun daerah terang.

Data yang dibandingkan adalah data pada saat fase *first quarter* (saat cahaya Bulan telah terbenam ketika terbit fajar *ṣādiq*), fase *full moon* (saat iluminasi Bulan sangat terang berkisar 80% - 100% dan Bulan belum terbenam saat fajar *ṣādiq* terbit), dan fase *last quarter* (saat iluminasi Bulan lebih kecil dari 80% dan Bulan belum terbenam saat fajar *ṣādiq* terbit).

Ketiga kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan aplikasi *GNUPlot* dengan *script* yang hampir sama dengan *script* untuk plot data perbandingan level kecerlangan langit malam dan waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* yang telah diuraikan sebelumnya. Untuk keperluan analisis lebih lanjut, dalam plot tersebut ditampilkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ), dan koefisien determinasi ( $r^2$ ).

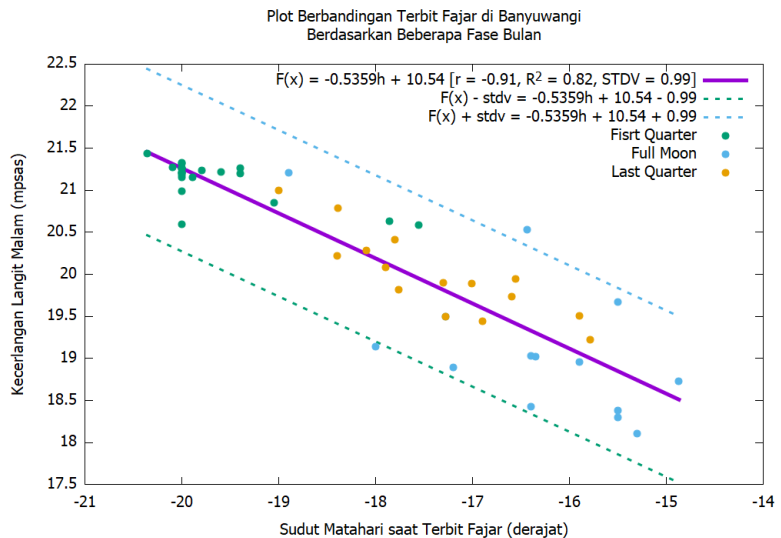
Tidak semua data yang berhasil direkam di beberapa lokasi memuat informasi untuk proses analisis perbandingan tingkat iluminasi cahaya Bulan dan waktu terbit fajar. Untuk itu dipilih beberapa lokasi dari empat kategori lokasi yang berhasil direkam data cerah pada semua fase Bulan. Untuk daerah gelap dipilih Banyuwangi, dan Karimunjawa, sedangkan



daerah agak gelap dipilih Tilong Kupang, dan Biak Papua. Sementara daerah agak terang dipilih Pasuruan, dan Lembang Bandung, serta daerah terang dipilih Semarang, dan Pontianak.

### 1. Daerah Gelap

Pengamatan di Banyuwangi menemukan 51 data cerah tanpa gangguan mendung. Dengan perincian 22 data ketika tidak ada gangguan cahaya Bulan (fase *first quarter*), 14 data ketika fase *full moon*, dan 15 data ketika fase *last quarter*. Ketiga kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,91$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,82$  (Gambar 3.15).



Gambar 3. 15. Plot perbandingan terbit fajar di Banyuwangi berdasarkan beberapa fase Bulan

Berdasarkan hasil plot menggunakan perintah *stats* pada aplikasi *GNUPlot* yang ditampilkan dalam Gambar 3.15 diperoleh bahwa nilai

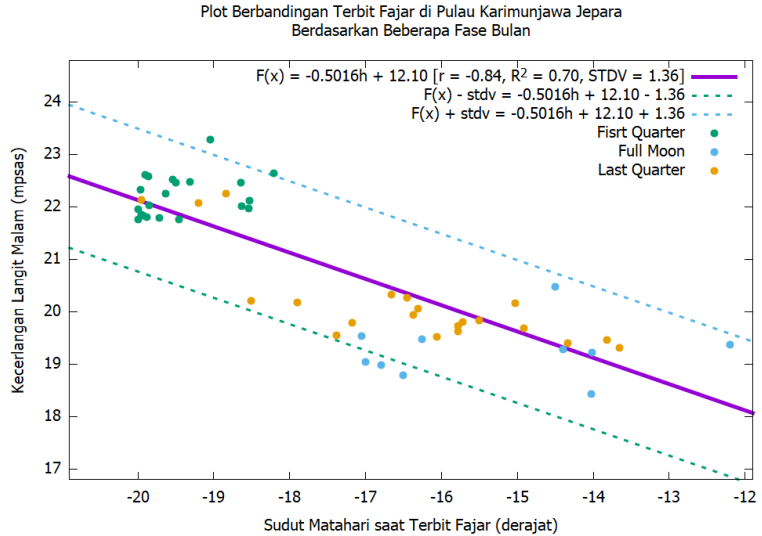
$r_{hitung} = -0,91$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 51$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,2759$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar  $\bar{s}adiq$  di Banyuwangi.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,91$  menunjukkan bahwa korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar  $\bar{s}adiq$  termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin gelap level malam karena tidak ada cahaya Bulan, maka cahaya fajar  $\bar{s}adiq$  terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin terang level kecerlangan langit malam suatu daerah karena pengaruh iluminasi cahaya Bulan, maka cahaya fajar  $\bar{s}adiq$  terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,91^2 = 0,82$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar  $\bar{s}adiq$  82% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel level kecerlangan langit malam karena perbedaan iluminasi cahaya Bulan, atau waktu terdeteksi cahaya fajar  $\bar{s}adiq$  82% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerlangan langit malam karena ada atau tidaknya polusi cahaya Bulan di lokasi pengamatan, sedangkan 18% waktu deteksi cahaya fajar  $\bar{s}adiq$  dipengaruhi oleh faktor lain.

Pengamatan di Karimunjawa menemukan 53 data cerah tanpa gangguan mendung. Dengan perincian 21 data ketika tidak ada gangguan cahaya Bulan (fase *first quarter*), 11 data ketika fase *full*

moon, dan 21 data ketika fase *last quarter*. Ketiga kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,84$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,70$  (Gambar 3.16).



Gambar 3. 16. Plot perbandingan terbit fajar di Karimunjawa berdasarkan beberapa fase Bulan

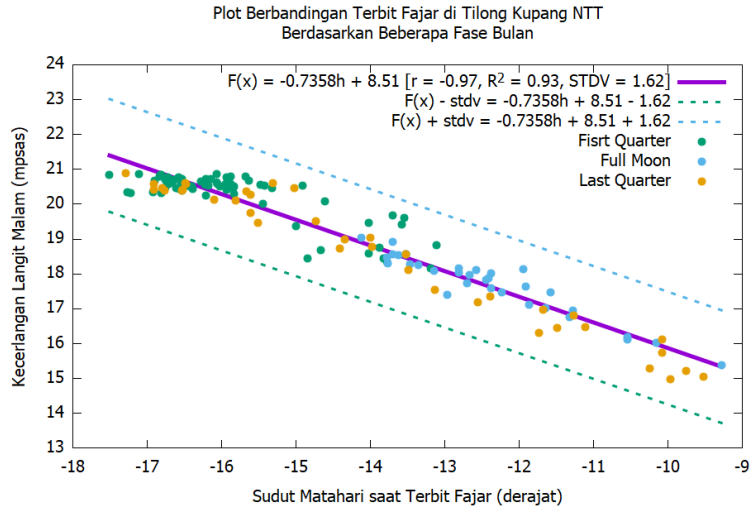
Berdasarkan hasil plot yang ditampilkan dalam Gambar 3.16 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,84$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 53$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,2706$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Karimunjawa.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,84$  menunjukkan bahwa korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Karimunjawa termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin gelap level malam karena tidak ada cahaya Bulan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin terang level kecerlangan langit malam suatu daerah karena pengaruh iluminasi cahaya Bulan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,84^2 = 0,70$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 70% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel level kecerlangan langit malam karena perbedaan iluminasi cahaya Bulan, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 70% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerlangan langit malam karena ada atau tidaknya polusi cahaya Bulan di lokasi pengamatan, sedangkan 30% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor selain polusi cahaya Bulan.

## 2. Daerah Agak Gelap

Pengamatan di Tilong Kupang menemukan 141 data cerah tanpa gangguan mendung. Dengan perincian 71 data ketika tidak ada gangguan cahaya Bulan (fase *first quarter*), 32 data ketika fase *full moon*, dan 38 data ketika fase *last quarter*. Ketiga kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,97$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,93$  (Gambar 3.17).



Gambar 3. 17. Plot perbandingan terbit fajar di Tilong Kupang berdasarkan beberapa fase Bulan

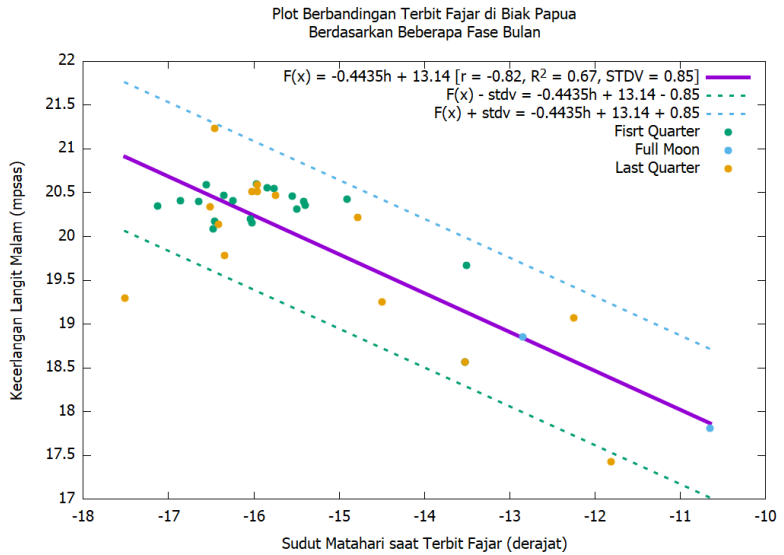
Berdasarkan hasil plot yang ditampilkan dalam Gambar 3.17 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,97$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 141$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,1654$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Tilong Kupang.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,97$  menunjukkan bahwa korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Tilong Kupang termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin gelap level malam karena tidak ada cahaya Bulan,

maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin terang level kecerlangan langit malam suatu daerah karena pengaruh iluminasi cahaya Bulan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,97^2 = 0,93$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 93% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel level kecerlangan langit malam karena perbedaan iluminasi cahaya Bulan, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 93% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerlangan langit malam karena ada atau tidaknya polusi cahaya Bulan di lokasi pengamatan, sedangkan 7% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor selain polusi cahaya Bulan.

Sementara pengamatan di Biak Papua menemukan 37 data cerah tanpa gangguan mendung. Dengan perincian 20 data ketika tidak ada gangguan cahaya Bulan (fase *first quarter*), 3 data ketika fase *full moon*, dan 14 data ketika fase *last quarter*. Ketiga kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,82$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,67$  (Gambar 3.18).



Gambar 3. 18. Plot perbandingan terbit fajar di Biak Papua berdasarkan beberapa fase Bulan

Berdasarkan hasil plot yang ditampilkan dalam Gambar 3.18 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,82$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 37$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,3246$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Biak Papua.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,82$  menunjukkan bahwa korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Biak Papua termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan

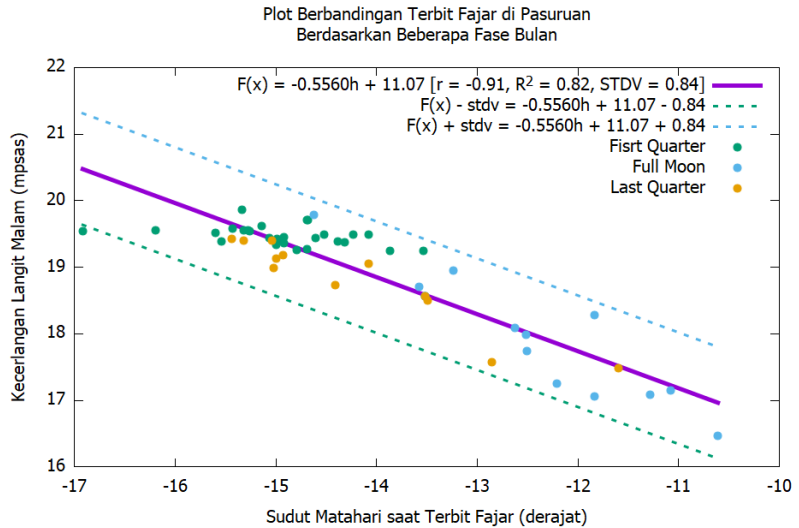
bahwa semakin gelap level malam karena tidak ada cahaya Bulan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin terang level kecerlangan langit malam suatu daerah karena pengaruh iluminasi cahaya Bulan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,82^2 = 0,67$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 67% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel level kecerlangan langit malam karena perbedaan iluminasi cahaya Bulan, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 67% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerlangan langit malam karena ada atau tidaknya polusi cahaya Bulan di lokasi pengamatan, sedangkan 33% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor selain polusi cahaya Bulan.

### 3. Daerah Agak Terang

Pengamatan di Pasuruan menemukan 53 data cerah tanpa gangguan mendung. Dengan perincian 28 data ketika tidak ada gangguan cahaya Bulan (fase *first quarter*), 13 data ketika fase *full moon*, dan 12 data ketika fase *last quarter*. Ketiga kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,91$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,82$  (Gambar 3.19).





Gambar 3. 19. Plot perbandingan terbit fajar di Pasuruan berdasarkan beberapa fase Bulan

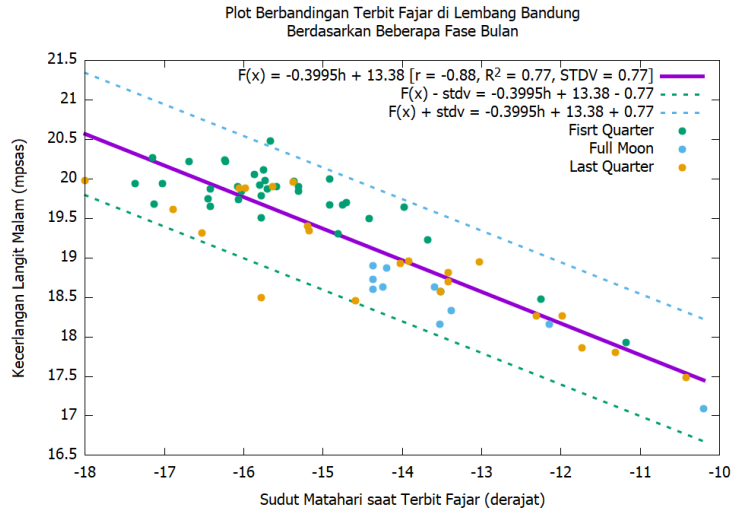
Berdasarkan hasil plot yang ditampilkan dalam Gambar 3.19 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,91$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 53$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,2706$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Pasuruan.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,91$  menunjukkan bahwa korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Pasuruan termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin gelap level malam karena tidak ada cahaya Bulan,

maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin terang level kecerlangan langit malam suatu daerah karena pengaruh iluminasi cahaya Bulan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Koefisien determinasinya  $r^2 = -0,91^2 = 0,82$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 82% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel level kecerlangan langit malam karena perbedaan iluminasi cahaya Bulan, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 82% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerlangan langit malam karena ada atau tidaknya polusi cahaya Bulan di lokasi pengamatan, sedangkan 18% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor selain polusi cahaya Bulan.

Selanjutnya pengamatan di Lembang Bandung menemukan 69 data cerah tanpa gangguan mendung. Dengan perincian 36 data ketika tidak ada gangguan cahaya Bulan (fase *first quarter*), 11 data ketika fase *full moon*, dan 22 data ketika fase *last quarter*. Ketiga kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,88$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,77$  (Gambar 3.20).



Gambar 3. 20. Plot perbandingan terbit fajar di Lembang Bandung berdasarkan beberapa fase Bulan

Berdasarkan hasil plot yang ditampilkan dalam Gambar 3.20 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,88$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 69$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,2369$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Lembang Bandung.

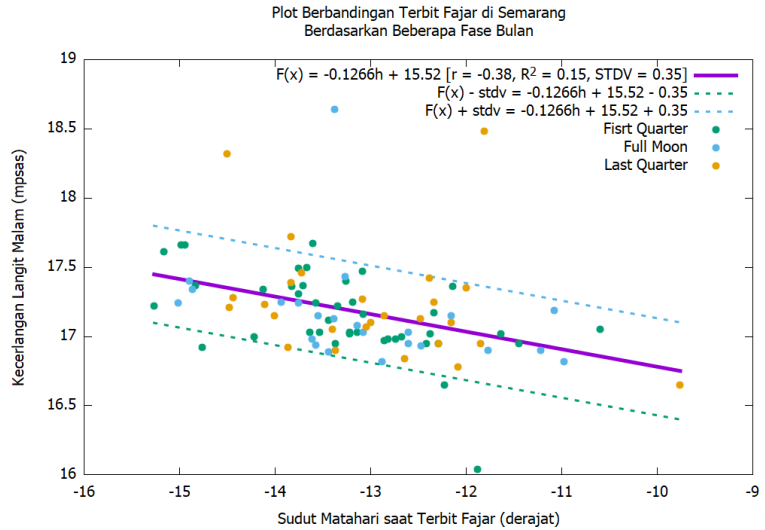
Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,88$  menunjukkan bahwa korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Lembang Bandung termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin gelap level malam karena tidak ada cahaya

Bulan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin terang level kecerlangan langit malam suatu daerah karena pengaruh iluminasi cahaya Bulan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,88^2 = 0,77$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 77% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel level kecerlangan langit malam karena perbedaan iluminasi cahaya Bulan, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 77% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerlangan langit malam karena ada atau tidaknya polusi cahaya Bulan di lokasi pengamatan, sedangkan 23% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor selain polusi cahaya Bulan.

#### 4. Daerah Terang

Pengamatan di Semarang menemukan 90 data cerah tanpa gangguan mendung. Dengan perincian 41 data ketika tidak ada gangguan cahaya Bulan (fase *first quarter*), 23 data ketika fase *full moon*, dan 26 data ketika fase *last quarter*. Ketiga kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,38$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,15$  (Gambar 3.21).



Gambar 3. 21. Plot perbandingan terbit fajar di Semarang berdasarkan beberapa fase Bulan

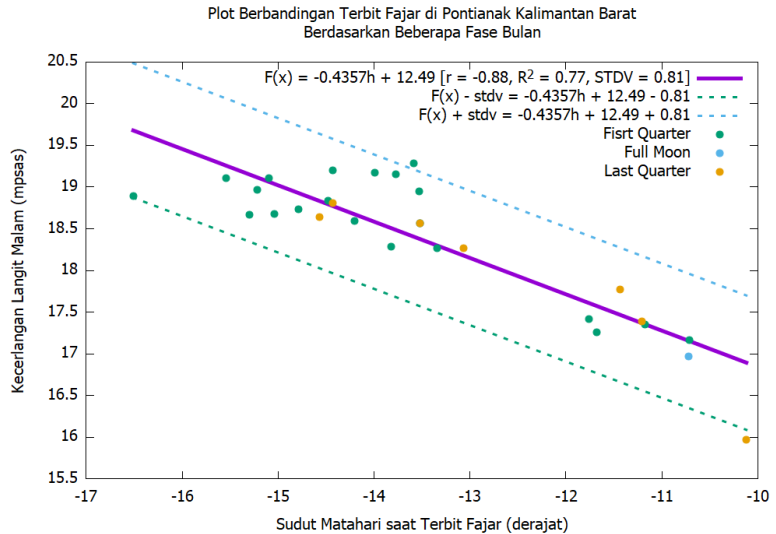
Berdasarkan hasil plot yang ditampilkan dalam Gambar 3.21 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,38$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 90$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,2072$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Semarang.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,38$  menunjukkan bahwa korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Semarang termasuk kategori korelasi rendah. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa saat tidak ada cahaya Bulan di Semarang, maka cahaya fajar *ṣādiq*

terdeteksi lebih awal dibandingkan ketika ada cahaya Bulan, walaupun bedanya sangat kecil. Sebaliknya semakin terang level kecerlangan langit malam di Semarang karena pengaruh iluminasi cahaya Bulan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi sedikit terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,38^2 = 0,15$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* hanya 15% yang bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel level kecerlangan langit malam karena perbedaan iluminasi cahaya Bulan, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 15% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerlangan langit malam karena ada atau tidaknya polusi cahaya Bulan di Semarang, sedangkan 85% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor selain polusi cahaya Bulan. Di antaranya adalah faktor polusi cahaya lampu kota yang sangat terang. Hal ini dibuktikan dengan kecerlangan langit malam di Semarang yang hanya bisa mencapai sekitar 17 mpsas baik ketika ada cahaya Bulan maupun tidak ada cahaya Bulan.

Selanjutnya pengamatan di Pontianak Kalimantan Barat menemukan 30 data cerah tanpa gangguan mendung. Dengan perincian 21 data ketika tidak ada gangguan cahaya Bulan (fase *first quarter*), 2 data ketika fase *full moon*, dan 7 data ketika fase *last quarter*. Ketiga kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,88$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,77$  (Gambar 3.22).



Gambar 3. 22. Plot perbandingan terbit fajar di Pontianak berdasarkan beberapa fase Bulan

Berdasarkan hasil plot yang ditampilkan dalam Gambar 3.22 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,88$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 30$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0.3610$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Pontianak Kalimantan Barat.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,88$  menunjukkan bahwa korelasi antara level iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Pontianak Kalimantan Barat termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin gelap level malam karena tidak ada cahaya

Bulan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin terang level kecerlangan langit malam suatu daerah karena pengaruh iluminasi cahaya Bulan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,88^2 = 0,77$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 77% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel level kecerlangan langit malam karena perbedaan iluminasi cahaya Bulan, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 77% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerlangan langit malam karena ada atau tidaknya polusi cahaya Bulan di lokasi pengamatan, sedangkan 23% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor selain polusi cahaya Bulan.

Tabel 3. 6. Rekap korelasi ketampakan fajar berdasarkan tingkat iluminasi cahaya Bulan di empat kategori lokasi pengamatan

No	Lokasi	Kategori	Indeks Korelasi (r)	Kategori Korelasi	Koefisien Determinasi (r <sup>2</sup> )
1	Banyuwangi	Gelap	-0,91	Sangat kuat	0,82
2	Karimunjawa		-0,84		0,70
3	Tilong	Agak Gelap	-0,97		0,93
4	Biak		-0,82		0,67
5	Pasuruan	Agak Terang	-0,91		0,82
6	Lembang		-0,88		0,77
7	Semarang	Terang	-0,38	Rendah	0,15
8	Pontianak		-0,88	Sangat kuat	0,77

Berdasarkan Tabel 3.6 dan uraian di atas tentang perbandingan ketampakan fajar berdasarkan tingkat iluminasi cahaya Bulan di beberapa kategori daerah dengan level kecerlangan langit malam



yang berbeda-beda ditemukan bahwa ketampakan cahaya fajar memiliki korelasi yang sangat kuat (nilai  $r$  lebih dari 0,80) dengan tingkat iluminasi Bulan di semua kategori lokasi kecuali di Semarang yang korelasinya masuk kategori rendah (nilai  $r = 0,38$ ).

Korelasi ketampakan fajar dan iluminasi cahaya Bulan di Semarang masuk kategori rendah karena ufuk timur Semarang adalah pusat kota yang sangat terang dengan kecerlangan mencapai sekitar 17 mpsas, sedangkan iluminasi cahaya Bulan juga menyebabkan kecerlangan langit menjadi sangat terang yaitu juga sekitar 17 mpsas. Dengan demikian di Semarang iluminasi cahaya Bulan pengaruhnya cukup rendah terhadap ketampakan fajar *ṣādiq* karena baik ketika ada cahaya Bulan maupun tidak ada cahaya Bulan kecerlangan langit Kota Semarang tetap berkisar pada 17 mpsas (Gambar 3.21). Kesamaan pengaruh cahaya Bulan dan cahaya lampu kota terhadap kecerlangan langit malam diilustrasikan oleh Unihedron sebagaimana Gambar 3.23 di bawah ini.



Gambar 3. 23. Ilustrasi level kecerlangan langit malam dari yang paling terang sampai yang paling gelap<sup>43</sup>

---

11. <sup>43</sup> Unihedron, “Unihedron SQM-LU-DL Operator’s Manual - 20200308,”

Pola hubungan iluminasi cahaya Bulan dan ketampakan fajar di Semarang mengkonfirmasi pendapat Tono Saksono yang menyatakan bahwa cahaya Bulan tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap ketampakan fajar.<sup>44</sup> Namun, hasilnya berbeda jika pengamatan dilakukan di lokasi yang memiliki kecerlangan langit lebih dari 18 mpsas. Hasil kajian dalam penelitian ini menunjukkan bahwa iluminasi cahaya Bulan mempunyai pengaruh yang sangat kuat terhadap ketampakan cahaya fajar *ṣādiq*. Semakin gelap suatu lokasi, cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya, semakin terang suatu lokasi cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

#### F. Perbandingan Ketampakan Fajar Berdasarkan Kecerahan Cuaca

Sebagaimana diuraikan sebelumnya bahwa mendung merupakan salah satu faktor yang berpotensi menghalangi dan mengganggu ketampakan fajar. Sementara permasalahan ada atau tidaknya pengaruh cuaca yang cerah dan mendung terhadap ketampakan cahaya fajar *ṣādiq* menjadi perdebatan ketika Tono Saksono menyatakan dalam website ISRN dan kanal Youtubanya bahwa mendung tidak memiliki pengaruh terhadap ketampakan fajar *ṣādiq*.<sup>45</sup> Namun, di sisi lain Djamaluddin

---

<sup>44</sup> Saksono, “Fajar Di Hari Dengan Polusi Cahaya Tertinggi”; Tono Saksono, “Fajar di hari dengan polusi cahaya tertinggi - YouTube,” diakses 6 Januari 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=OLRv0jM-244>.

<sup>45</sup> Tono Saksono, “Mendung dan polusi udara tidak menghambat kehadiran fajar,” diakses 15 November 2020, <https://www.saksono.org/2020/02/mendung-dan-polusi-udara-tidak.html>; Tono Saksono, “Mendung tebal tidak menghambat kehadiran fajar - YouTube,” diakses 9 Januari 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=bOH4hHjTS14&t=318s>.

menyatakan bahwa awan tipis bisa menghalangi cahaya fajar di ufuk timur.<sup>46</sup> Untuk itu analisis korelasi terhadap faktor yang berpotensi mengganggu ketampakan cahaya fajar, yaitu mendung, perlu dibahas sehingga bisa diketahui lebih detail karakteristik fisis cahaya fajar *ṣādiq* serta beberapa faktor pengganggunya dalam penentuan awal waktu Subuh.

Untuk itu dalam bagian ini diuraikan bagaimana pengaruh variasi cuaca terhadap waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* di beberapa kategori daerah dengan kecerlangan langit yang bervariasi. Perbandingan dilakukan terhadap data yang cerah dan data dengan gangguan mendung baik data dari daerah gelap, agak gelap, agak terang maupun daerah terang.

Dua kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan aplikasi GNUPlot dengan *script* yang hampir sama dengan *script* yang telah diuraikan sebelumnya, yaitu *script* untuk plot data perbandingan level kecerlangan langit malam maupun perbandingan tingkat iluminasi cahaya Bulan dan waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq*. Untuk keperluan analisis lebih lanjut, dalam plot tersebut ditampilkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ), dan koefisien determinasi ( $r^2$ ).

Tidak semua data yang berhasil direkam di beberapa lokasi memuat informasi untuk proses analisis perbandingan perbedaan cuaca dan waktu terbit fajar. Untuk itu dipilih beberapa lokasi dari empat kategori lokasi yang berhasil direkam data ideal (cerah tanpa gangguan Bulan dan mendung) serta data yang terdapat gangguan mendung atau hujan. Untuk

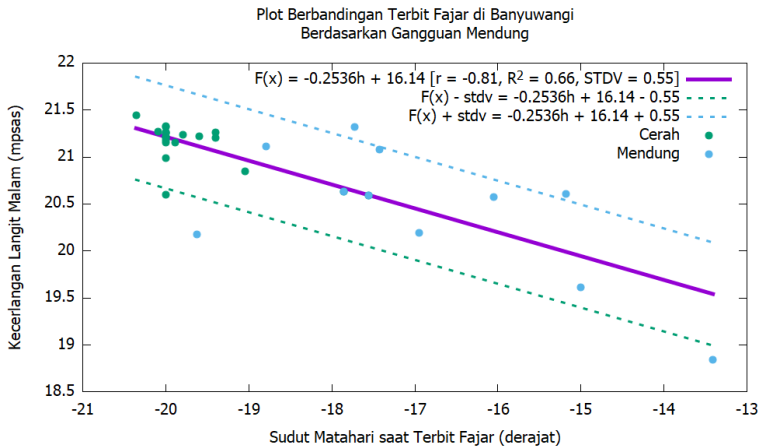
---

<sup>46</sup> Djamaluddin, “Benarkah Waktu Shubuh di Indonesia Terlalu Cepat?”

daerah gelap dipilih Banyuwangi, Karimunjawa, sedangkan daerah agak gelap dipilih Tilong Kupang, dan Biak Papua. Sementara daerah agak terang dipilih Pasuruan, dan Lembang Bandung, serta daerah terang dipilih Semarang, dan Pontianak.

### 1. Daerah Gelap

Pengamatan di Banyuwangi menemukan 33 data cerah dan gangguan mendung. Dengan perincian 22 data cerah dan 11 data dengan gangguan mendung. Kedua kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,81$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,66$  (Gambar 3.24).



Gambar 3. 24. Plot perbandingan terbit fajar di Banyuwangi berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.

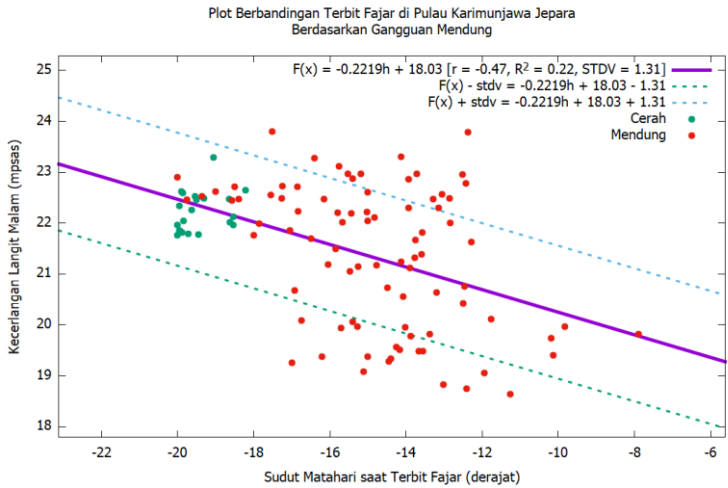
Berdasarkan hasil plot menggunakan perintah *stats* pada aplikasi *GNUPlot* yang ditampilkan dalam Gambar 3.24 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,81$  Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 33$ , taraf signifikansi

$(\alpha) = 5\%$  (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,3440$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Banyuwangi.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,81$  menunjukkan bahwa korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin cerah cuaca di lokasi pengamatan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin rendah tingkat kecerahannya karena faktor mendung atau hujan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,81^2 = 0,66$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 66% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel kecerahan cuaca, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 66% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerahan cuaca karena ada atau tidaknya mendung atau hujan di lokasi pengamatan, sedangkan 34% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor lain.

Pengamatan di Karimunjawa menemukan 107 data cerah dan gangguan mendung. Dengan perincian 21 data cerah dan 86 data dengan gangguan mendung. Kedua kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,47$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,22$  (Gambar 3.25).



Gambar 3. 25. Plot perbandingan terbit fajar di Karimunjawa berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.

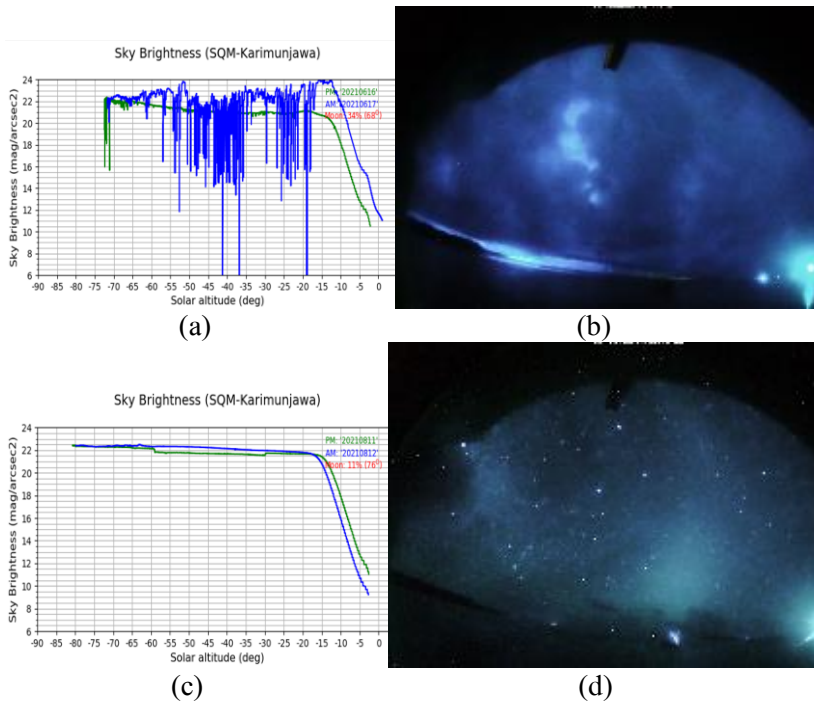
Berdasarkan hasil plot menggunakan perintah *stats* pada aplikasi *GNUPlot* yang ditampilkan dalam Gambar 3.25 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,47$  Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $t_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 107$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $t_{tabel} = 0,1900$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $t_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Karimunjawa.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,47$  menunjukkan bahwa korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* termasuk kategori korelasi sedang. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin cerah cuaca di lokasi pengamatan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin rendah tingkat kecerahannya karena faktor

mendung atau hujan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,47^2 = 0,22$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 22% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel kecerahan cuaca, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 22% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerahan cuaca karena ada atau tidaknya mendung atau hujan di lokasi pengamatan, sedangkan 78% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor lain.

Berdasarkan Gambar 3.25 tersebut (plot data dengan simbol titik merah) juga diketahui bahwa saat cuaca mendung, waktu deteksi cahaya fajar sangat bervariasi bergantung tingkat kepekatan mendung saat pengamatan, yaitu berkisar saat Matahari  $-8^\circ - 20^\circ$  di bawah ufuk.



Gambar 3. 26. Perbandingan hasil plot cahaya fajar yang direkam di Karimunjawa menggunakan SQM saat mendung (a) dan cerah (c) serta foto fajar pada saat mendung (b) dan cerah (d).

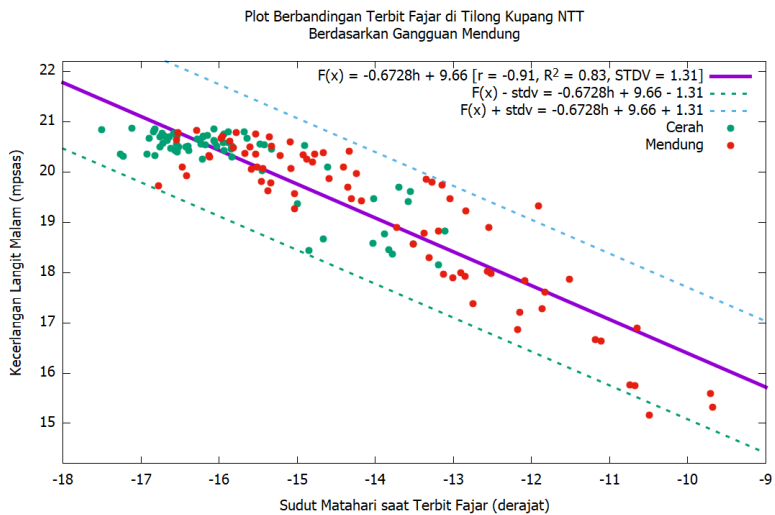
Perbandingan ketika cuaca cerah dan mendung juga terlihat dengan jelas pada Gambar 3.26. Ketika cuaca mendung pekat dan petir (Gambar 3.26.b), hasil plot intensitas kecerlangan langit (Gambar 3.26.a) malam menjadi acak, naik-turun dengan pola yang tidak teratur dan sulit dianalisis. Sebaliknya ketika cuaca cerah (Gambar 3.26.d), hasil plot intensitas kecerlangan langit (Gambar 3.26.c) membentuk kurva intensitas cahaya yang teratur dan ‘mulus’. Intensitas cahaya fajar *kāzib* juga terlihat dengan jelas membentuk pola garis linear dengan gradien menurun secara konstan sampai sudut



depresi atau ketinggian Matahari sekitar -20 derajat dan diikuti oleh perubahan intensitas cahaya secara eksponensial yang merupakan indikasi cahaya fajar *ṣādiq* telah terdeteksi.

## 2. Daerah Agak Gelap

Pengamatan di Tilong Kupang menemukan 147 data cerah dan gangguan mendung. Dengan perincian 72 data cerah dan 75 data dengan gangguan mendung. Kedua kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,91$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,83$  (Gambar 3.27).



Gambar 3. 27. Plot perbandingan terbit fajar di Tilong Kupang berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.

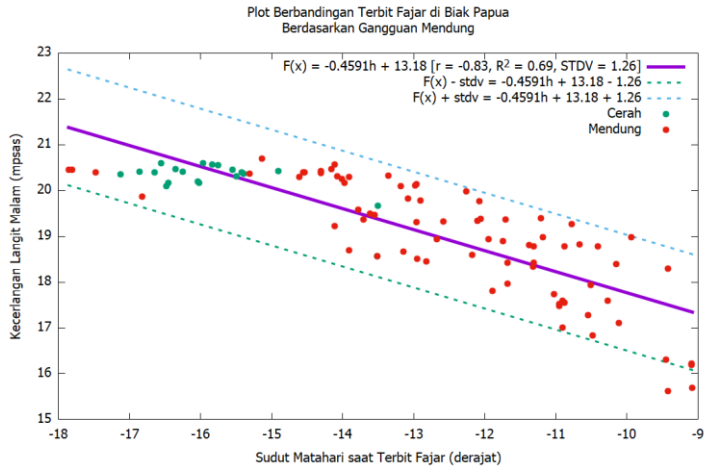
Berdasarkan hasil plot menggunakan perintah *stats* pada aplikasi *GNUPlot* yang ditampilkan dalam Gambar 3.27 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,91$  Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$

maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 147$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,1620$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Tilong Kupang.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,91$  menunjukkan bahwa korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin cerah cuaca di lokasi pengamatan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin rendah tingkat kecerahannya karena faktor mendung atau hujan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,91^2 = 0,83$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 83% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel kecerahan cuaca, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 83% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerahan cuaca karena ada atau tidaknya mendung atau hujan di lokasi pengamatan, sedangkan 17% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor lain.

Pengamatan di Biak menemukan 96 data cerah dan gangguan mendung. Dengan perincian 20 data cerah dan 76 data dengan gangguan mendung. Kedua kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,83$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,69$  (Gambar 3.28).



Gambar 3. 28. Plot perbandingan terbit fajar di Biak berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.

Berdasarkan hasil plot menggunakan perintah *stats* pada aplikasi *GNUPlot* yang ditampilkan dalam Gambar 3.28 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,83$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 96$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,2006$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Biak.

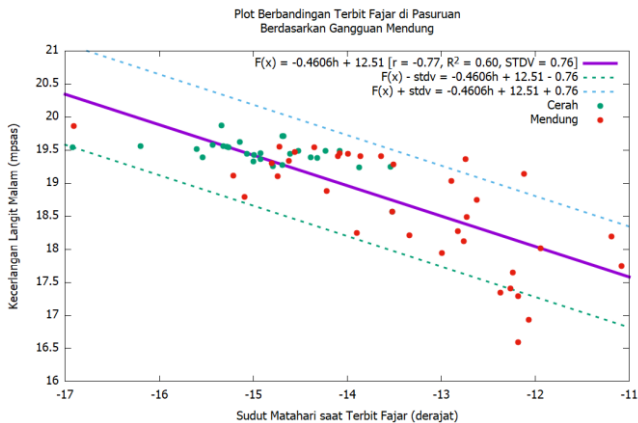
Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,83$  menunjukkan bahwa korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin cerah cuaca di lokasi pengamatan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin rendah tingkat kecerahannya karena faktor

mendung atau hujan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,83^2 = 0,69$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 69% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel kecerahan cuaca, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 69% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerahan cuaca karena ada atau tidaknya mendung atau hujan di lokasi pengamatan, sedangkan 31% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor lain.

### 3. Daerah Agak Terang

Pengamatan di Pasuruan menemukan 64 data cerah dan gangguan mendung. Dengan perincian 28 data cerah dan 36 data dengan gangguan mendung. Kedua kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,77$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,60$  (Gambar 3.29).



Gambar 3. 29. Plot perbandingan terbit fajar di Pasuruan berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.

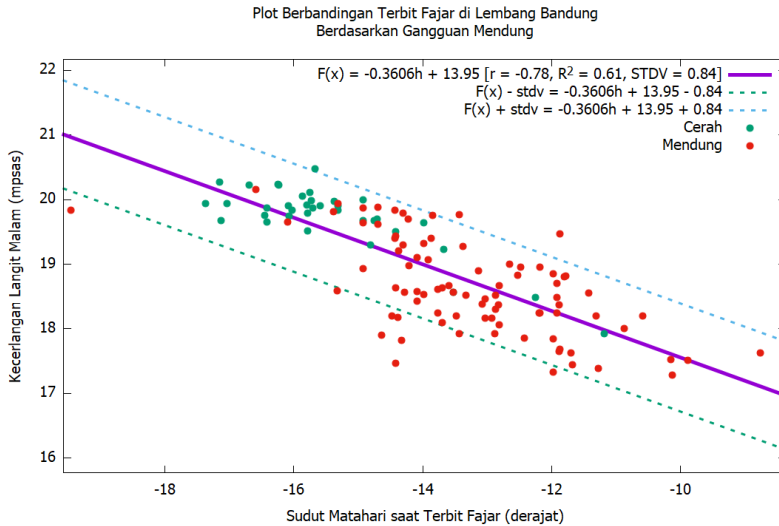
Berdasarkan hasil plot menggunakan perintah *stats* pada aplikasi *GNUPlot* yang ditampilkan dalam Gambar 3.29 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,77$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 64$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,2461$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Pasuruan.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,77$  menunjukkan bahwa korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* termasuk kategori korelasi kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin cerah cuaca di lokasi pengamatan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin rendah tingkat kecerahannya karena faktor mendung atau hujan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Koefisien determinasinya  $r^2 = -0,77^2 = 0,60$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 60% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel kecerahan cuaca, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 60% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerahan cuaca karena ada atau tidaknya mendung atau hujan di lokasi pengamatan, sedangkan 40% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor lain.

Adapun pengamatan di Lembang Bandung menemukan 123 data cerah dan gangguan mendung. Dengan perincian 36 data cerah dan 87

data dengan gangguan mendung. Kedua kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,78$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,61$  (Gambar 3.30).



Gambar 3. 30. Plot perbandingan terbit fajar di Lembang Bandung berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.

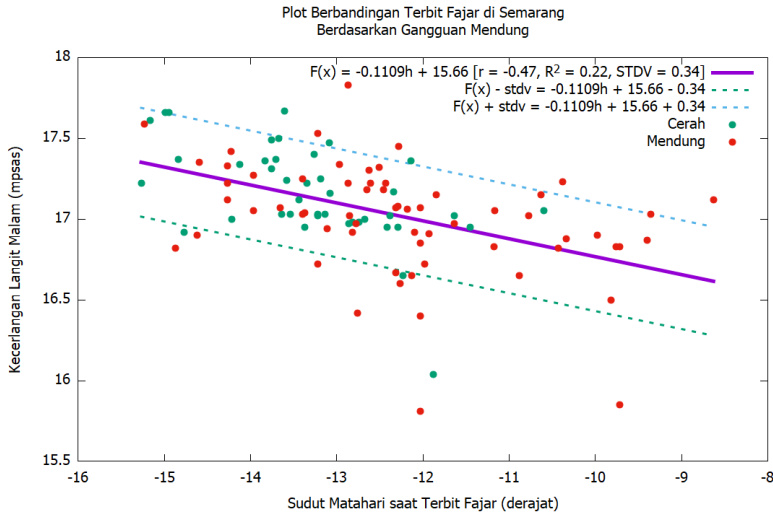
Berdasarkan hasil plot menggunakan perintah *stats* pada aplikasi *GNUPlot* yang ditampilkan dalam Gambar 3.30 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,78$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 123$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,1771$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Lembang Bandung.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,78$  menunjukkan bahwa korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* termasuk kategori korelasi kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin cerah cuaca di lokasi pengamatan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Sebaliknya semakin rendah tingkat kecerahannya karena faktor mendung atau hujan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,78^2 = 0,61$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 61% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel kecerahan cuaca, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 61% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerahan cuaca karena ada atau tidaknya mendung atau hujan di lokasi pengamatan, sedangkan 39% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor lain.

#### 4. Daerah Terang

Pengamatan di Semarang menemukan 103 data cerah dan gangguan mendung. Dengan perincian 41 data cerah dan 62 data dengan gangguan mendung. Kedua kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,47$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,22$  (Gambar 3.31).



Gambar 3. 31. Plot perbandingan terbit fajar di Semarang berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.

Berdasarkan hasil plot menggunakan perintah *stats* pada aplikasi *GNUPlot* yang ditampilkan dalam Gambar 3.31 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,47$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 103$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,1937$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Semarang.

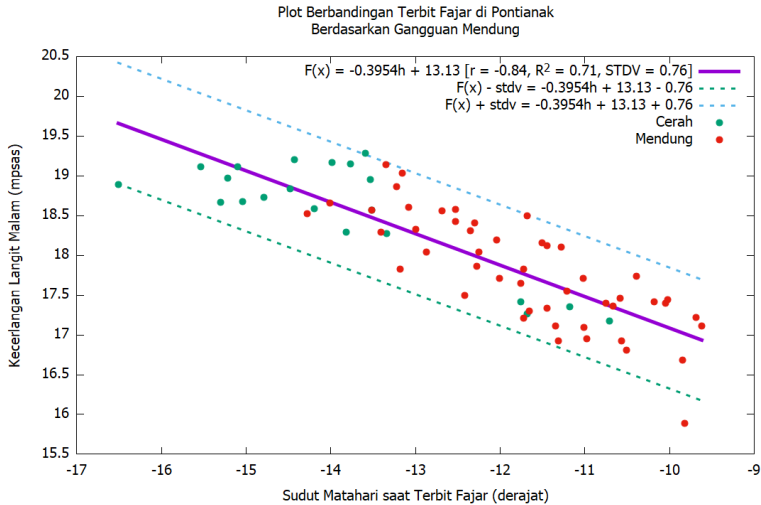
Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,47$  menunjukkan bahwa korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* termasuk kategori korelasi sedang. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin cerah cuaca di lokasi pengamatan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal.



Sebaliknya semakin rendah tingkat kecerahannya karena faktor mendung atau hujan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,47^2 = 0,22$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 22% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel kecerahan cuaca, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 22% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerahan cuaca karena ada atau tidaknya mendung atau hujan di lokasi pengamatan, sedangkan 78% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor lain.

Pengamatan di Pontianak menemukan 70 data cerah dan gangguan mendung. Dengan perincian 21 data cerah dan 49 data dengan gangguan mendung. Kedua kelompok data tersebut selanjutnya diplot dengan menyertakan perintah *stats* dalam *script GNUPlot* dan diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = -0,84$  dan koefisien determinasi  $r^2 = 0,71$  (Gambar 3.32).



Gambar 3. 32. Plot perbandingan terbit fajar di Pontianak berdasarkan tingkat kecerahan cuaca.

Berdasarkan hasil plot menggunakan perintah *stats* pada aplikasi *GNUPlot* yang ditampilkan dalam Gambar 3.32 diperoleh bahwa nilai  $r_{hitung} = -0,84$ . Jika nilai  $r_{hitung}$  tersebut dibandingkan dengan nilai  $r_{tabel}$  maka ditemukan bahwa dengan jumlah data  $N = 70$ , taraf signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% (taraf kepercayaan 95%), nilai  $r_{tabel} = 0,2352$ . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai mutlak  $r_{hitung}$  lebih besar dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Dengan demikian terdapat korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* di Pontianak.

Koefisien korelasi  $r_{hitung} = -0,84$  menunjukkan bahwa korelasi antara kecerahan cuaca dan waktu terdeteksi fajar *ṣādiq* termasuk kategori korelasi sangat kuat. Selain itu korelasinya bernilai negatif atau berbalik arah yang dapat diartikan bahwa semakin cerah cuaca di lokasi pengamatan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal.

Sebaliknya semakin rendah tingkat kecerahannya karena faktor mendung atau hujan, maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih terlambat.

Adapun koefisien determinasinya  $r^2 = -0,84^2 = 0,71$ . Hal ini berarti varians yang terjadi pada variabel waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 71% bisa dijelaskan oleh varians yang terjadi pada variabel kecerahan cuaca, atau waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* 71% dipengaruhi oleh perbedaan level kecerahan cuaca karena ada atau tidaknya mendung atau hujan di lokasi pengamatan, sedangkan 29% waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh faktor lain.

Tabel 3. 7. Rekap korelasi ketampakan fajar berdasarkan perbedaan cuaca di empat kategori lokasi pengamatan

No	Lokasi	Kategori	Indeks Korelasi (r)	Kategori Korelasi	Koefisien Determinasi (r <sup>2</sup> )
1	Banyuwangi	Gelap	-0,81	Sangat kuat	0,66
2	Karimunjawa		-0,47	Sedang	0,22
3	Tilong	Agak	-0,91	Sangat kuat	0,83
4	Biak	Gelap	-0,83	Sangat kuat	0,69
5	Pasuruan	Agak	-0,77	Kuat	0,60
6	Lembang	Terang	-0,78	Kuat	0,61
7	Semarang	Terang	-0,47	Sedang	0,22
8	Pontianak		-0,84	Sangat kuat	0,71

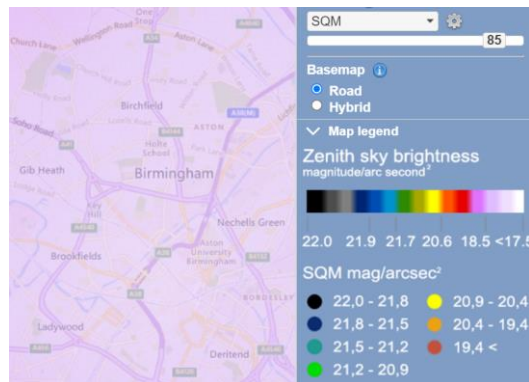
Berdasarkan Tabel 3.7 dan uraian tentang perbandingan ketampakan fajar berdasarkan perbedaan cuaca di beberapa kategori daerah dengan level kecerlangan langit malam yang berbeda-beda ditemukan bahwa ketampakan cahaya fajar memiliki korelasi kuat hingga sangat kuat kecuali di Semarang dan Karimunjawa yang korelasinya masuk kategori sedang. Selain di Semarang dan

Karimunjawa, cuaca semakin cerah maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal dibandingkan ketika ketika kondisi mendung atau hujan.

Adapun di Karimunjawa (Gambar 3.25), ketika kondisi cerah, cahaya fajar terdeteksi pada saat Matahari  $-18,5^{\circ}$  -  $-20^{\circ}$  di bawah ufuk timur. Namun, ketika kondisi mendung, cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi secara acak, terkadang fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal seperti ketika kondisi cerah dan terkadang terlambat cukup lama. Ketika kondisi mendung, cahaya fajar *ṣādiq* di Karimunjawa terdeteksi pada rentang yang cukup lebar bergantung kondisi mendung yang menghalangi, yaitu pada rentang  $-8^{\circ}$  –  $20^{\circ}$ . Dengan demikian korelasi antara perbedaan cuaca dan waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq* di Karimunjawa masuk kategori korelasi sedang cenderung ke rendah. Hal ini tampak dari indeks korelasinya  $r = -0,47$  yang sangat dekat dengan nilai indeks korelasi rendah ( $r = 0,20 - 0,399$ ).

Selanjutnya berdasarkan Gambar 3.31 (plot perbandingan terbit fajar di Semarang berdasarkan tingkat kecerahan cuaca) diketahui bahwa sebaran data terbit fajar di Semarang, baik ketika cuaca cerah (hijau) maupun mendung (merah), mempunyai sebaran data kecerlangan langit malam yang hampir sama, yaitu pada posisi 16 – 17,5 mpsas. Berdasarkan Gambar 3.31 tersebut juga tampak bahwa kecerlangan langit malam saat cerah dan mendung tidak menunjukkan nilai perbedaan yang konsisten. Terkadang ketika cuaca cerah kecerlangan langit malamnya lebih gelap dibandingkan ketika kondisi mendung dan sebaliknya.

Demikian juga waktu terdeteksi cahaya fajar *ṣādiq* ketika cerah dan mendung tidak terdapat perbedaan yang signifikan dan cenderung data keduanya *overlapping*. Terkadang ketika cuaca cerah cahaya fajar terdeteksi lebih lambat dibandingkan ketika cuaca mendung dan sebaliknya. Untuk itu cukup masuk akal jika korelasi perbedaan cuaca dan waktu deteksi cahaya fajar di Semarang memiliki korelasi sedang bahkan cenderung lemah. Hal ini ditunjukkan dengan korelasi  $r = -0,47$  yang nilainya sangat dekat dengan kategori korelasi rendah ( $r = 0,20 - 0,399$ ). Kecerlangan langit malam di Semarang yang cenderung konstan pada nilai sekitar 17 mpsas ini tidak lepas dari pengaruh cahaya kota yang sangat terang di ufuk timur. Dengan demikian, sebagaimana iluminasi cahaya Bulan, mendung di Semarang juga tidak banyak mempengaruhi waktu deteksi cahaya fajar *ṣādiq*.



Gambar 3. 33. Perkiraan nilai kecerlangan langit malam di Birmingham berdasarkan peta kecerlangan langit dari web <http://lightpollutionmap.info>

Pola hubungan perbedaan cuaca dan ketampakan fajar di Semarang mengkonfirmasi pendapat Tono Saksono yang menyatakan bahwa cahaya mendung tidak mempengaruhi secara signifikan

terhadap ketampakan fajar. Pendapat tersebut didasarkan pada analisisnya terhadap rekaman foto fajar di Brimingham.<sup>47</sup> Hal ini cukup masuk akal karena Semarang dan Brimingham memiliki tingkat kecerlangan langit yang hampir mirip, yaitu masuk kategori 8-9 skala Bortle dengan kecerlangan langit sekitar 18 mpsas atau lebih kecil. Dengan kecerlangan langit malam yang sudah sangat terang, cahaya fajar *ṣādiq* di Semarang dan Birmingham sama-sama terlambat terdeteksi dibandingkan lokasi yang lebih gelap sehingga kemunculan mendung di dua lokasi tersebut sudah tidak memiliki pengaruh yang cukup signifikan untuk menghambat deteksi cahaya fajar *ṣādiq*.

Di sisi lain, pendapat Djamaluddin yang menyatakan bahwa awan tipis bisa menghalangi cahaya fajar *ṣādiq*, terkonfirmasi dengan jelas di lokasi dengan kecerlangan langit lebih dari 18 mpsas. Di semua lokasi di atas dengan kecerlangan langit malam lebih dari 18 mpsas (kecuali Karimunjawa) ditemukan pola bahwa perbedaan cuaca mempunyai pengaruh yang kuat dan sangat kuat terhadap deteksi cahaya fajar *ṣādiq*. Semakin cerah suatu lokasi maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal dibandingkan dengan ketika kondisi mendung atau hujan, demikian juga sebaliknya. Dengan demikian awan bisa menghambat cahaya fajar *ṣādiq*.

Untuk itu berdasarkan karakteristik fisis cahaya awal fajar baik dalam kondisi cerah, maupun ketika ada gangguan cahaya Bulan dan

---

<sup>47</sup> Saksono, “Mendung dan polusi udara tidak menghambat kehadiran fajar”; Saksono, “Mendung tebal tidak menghambat kehadiran fajar - YouTube.”

mendung, maka yang dijadikan acuan dalam penentuan awal waktu Subuh adalah karakteristik fisis cahaya awal fajar ketika dalam kondisi cerah tanpa gangguan cahaya Bulan maupun mendung. Hal ini didasarkan pada temuan bahwa iluminasi cahaya Bulan dan gangguan mendung terbukti memperlambat ketampakan cahaya awal fajar *ṣādiq* di ufuk timur.

Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa ketampakan cahaya fajar *ṣādiq* di daerah dan kondisi yang kurang ideal karena pengaruh polusi cahaya atau pengaruh gangguan lain, yaitu cahaya Bulan dan mendung tidak dapat dijadikan acuan dan perlu dikoreksi oleh ketampakan cahaya fajar *ṣādiq* di daerah dan kondisi yang ideal.

Hal ini didasarkan pada temuan dalam penelitian disertasi ini, yaitu dalam penentuan awal waktu subuh tidak ditemukan informasi dalam hadis Nabi SAW yang menyatakan atau mencontohkan bahwa waktu Subuh mundur ketika ada gangguan cahaya Bulan, mendung maupun gangguan yang lain. Namun, Nabi SAW hanya memberikan informasi bahwa awal waktu Subuh ditandai dengan munculnya cahaya fajar *ṣādiq* yang terbitnya beriringan dengan fajar *kāzib*. Untuk itu yang dijadikan acuan adalah ketampakan fajar dari lokasi dan kondisi yang ideal seperti zaman Nabi SAW.

Selain itu ditemukan bukti bahwa semakin terpolusi suatu daerah atau kecerlangan langit malamnya semakin terang maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih lambat. Sebaliknya semakin gelap suatu daerah maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Analisis korelasi antara tingkat kecerlangan langit malam dan terbit fajar *ṣādiq*

menunjukkan bahwa ketampakan fajar *ṣādiq* 77% dipengaruhi oleh polusi cahaya.

Bukti lain menunjukkan bahwa di lokasi ideal ( $\geq 21,3$  mpsas), fajar *ṣādiq* terdeteksi rata-rata pada saat sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-19,73 \pm 0,19$  derajat, sedangkan di lokasi yang kurang ideal (daerah agak gelap, agak terang, dan terang) fajar terdeteksi lebih lambat, secara berturut-turut pada sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-16,70 \pm 1,48$  derajat,  $-14,80 \pm 0,66$  derajat, dan  $-14,10 \pm 0,81$  derajat. Sebagaimana polusi cahaya buatan, cahaya Bulan dan mendung juga mempunyai pengaruh yang sangat kuat terhadap ketampakan cahaya fajar *ṣādiq* di beberapa kategori lokasi, yaitu daerah gelap, agak gelap, dan agak terang.

Dengan demikian diperlukan koreksi terhadap ketampakan fajar di daerah yang terpolusi cahaya dengan acuan ketampakan fajar *ṣādiq* di daerah yang tidak terpolusi atau daerah ideal. Untuk itu pada bagian selanjutnya dibahas lebih detail bagaimana formulasi koreksi tersebut dan formula prediksi ketampakan fajar *ṣādiq* berdasarkan kecerlangan langit malam yang terdeteksi di suatu lokasi pengamatan.



## BAB IV

### FORMULA KOREKSI POLUSI CAHAYA

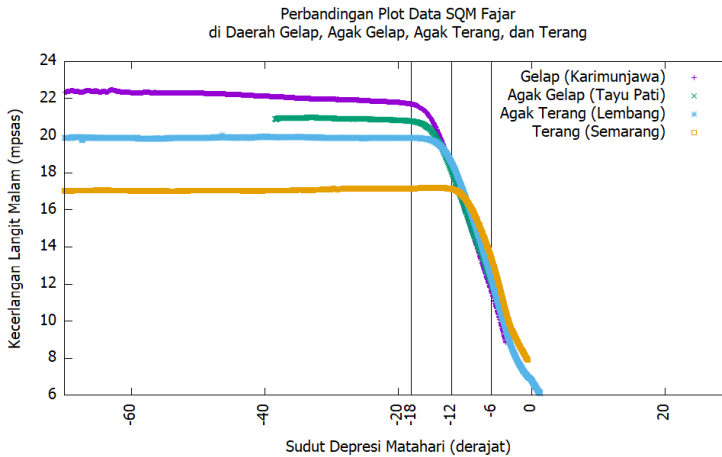
Bab ini menguraikan formulasi koreksi polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh. Pembahasan diawali dengan melakukan pemodelan matematis terhadap sumber cahaya yang terdeteksi oleh SQM, yaitu cahaya langit malam yang terdeteksi fajar *kāzib*, cahaya fajar *ṣādiq* dan cahaya langit malam yang terpengaruh polusi cahaya, Formula koreksi polusi cahaya diperoleh dengan membandingkan selisih kurva cahaya langit malam tidak terpolusi dengan kurva cahaya langit terpolusi, Semakin besar nilai selisihnya, berarti semakin terpolusi.

Pemodelan matematis untuk menentukan formulasi koreksi polusi cahaya tersebut dilakukan dengan metode regresi linear terhadap data kategori cerah dari data kecerlangan langit malam saat sebelum terbit fajar *ṣādiq*, yaitu pada rentang data ketika sudut depresi atau ketinggian Matahari sekitar 30 – 21 derajat di bawah ufuk. Data tersebut diambil dari empat kategori daerah yang telah ditentukan sebelumnya.

Pada bagian selanjutnya dilakukan pemodelan matematis untuk menentukan formula prediksi waktu terbit fajar *ṣādiq* di lokasi tertentu berdasarkan tingkat polusi cahaya di lokasi tersebut. Pemodelan matematis tersebut diperoleh dengan metode regresi linear terhadap semua data titik belok kurva cahaya yang masuk kategori cerah dari empat kategori daerah yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu daerah gelap, agak gelap, agak terang, dan terang.

## A. Formula Koreksi Polusi Cahaya

Formula koreksi dilakukan dengan mencari selisih model regresi linier<sup>1</sup> dari data terbaik dari empat kategori daerah dengan tingkat polusi cahaya berbeda. Daerah gelap menggunakan data pengamatan di Karimunjawa, daerah agak gelap diambil dari daerah Tayu Pati, daerah agak terang menggunakan data dari Lembang Bandung, sedangkan data terang diperoleh dari data pengamatan di Semarang. Perbandingan plot data dari empat daerah tersebut bisa dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4. 1. Perbandingan plot data fajar di empat kategori daerah dengan tingkat polusi cahaya berbeda

Berdasarkan Gambar 4.1 tersebut tampak bahwa kecerlangan langit di empat lokasi tersebut memiliki pola yang identik. Kurva mendatar adalah cahaya malam sebelum munculnya fajar. Sementara kurva berbelok dan terus turun secara cepat adalah cahaya fajar *ṣādiq* yang semakin terang seiring waktu sampai waktu terbit Matahari.

---

<sup>1</sup> Penjelasan detail analisis regresi linear bisa dilihat di Bab III.

Untuk membandingkan tingkat polusi cahaya secara kuantitatif, dilakukan analisis kecerlangan ufuk di empat kategori lokasi tersebut. Analisis kecerlangan cahaya ufuk yang dinyatakan dalam mpsas (*magnitude per arc square*) ditampilkan pada Tabel 4.1 berikut ini. Ufuk yang tampak makin terang dinyatakan dengan nilai mpsas makin kecil.

Kurva cahaya hasil pengukuran SQM di empat kategori lokasi tersebut disajikan dengan menampilkan garis ketinggian Matahari ( $h$ ) pada definisi fajar yang baku: fajar astronomi pada  $h = -18$  derajat, fajar nautika pada  $h = -12$  derajat, dan fajar sipil pada  $h = -6$  derajat.

Tabel 4. 1. Perbandingan kecerlangan langit malam berdasarkan definisi fajar baku di empat kategori lokasi

Lokasi	Kategori	Kecerlangan langit saat fajar (mpsas)		
		Astronomi (-18°)	Nautika (-12°)	Sipil (-6°)
Karimunjawa	Gelap	21,73	18,26	11,63
Tayu Pati	Agak gelap	20,81	18,11	12,02
Lembang	Agak terang	19,89	18,56	12,27
Semarang	Terang	17,15	17,14	13,38

Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat bahwa fajar astronomi di Tayu, Lembang, dan Semarang tampak lebih terang (nilai mpsas lebih kecil) daripada di Karimunjawa, sedangkan nilai kecerlangan langit saat fajar nautika di Tayu, Lembang, dan Karimunjawa relatif sama yaitu sekitar 18 mpsas. Sementara nilai kecerlangan langit saat fajar nautika di Semarang memiliki nilai relatif sama dengan fajar astronomi di Semarang yaitu sekitar 17 mpsas. Namun, lebih terang dibandingkan saat fajar nautika di Karimunjawa, Tayu, dan Lembang. Hal ini membuktikan bahwa polusi cahaya di Semarang sangat kuat sehingga cahaya fajar astronomi tidak

berhasil terdeteksi di Semarang. Dengan demikian polusi cahaya secara jelas terbukti mempengaruhi ketampakan beberapa kategori fajar.

Selanjutnya untuk menentukan formula koreksi polusi cahaya, masing-masing kurva cahaya hasil SQM di empat lokasi tersebut dianalisis dengan metode *fitting* linier terhadap data kecerlangan langit malam di empat kategori lokasi berdasarkan perbedaan kecerlangan langit malam, yaitu dengan persamaan:

$$f(x) = ax + b - \sigma \quad (1)$$

Dengan  $a$  adalah nilai gradien atau kemiringan fungsi linear dan  $b$  adalah *intercept* atau titik potong fungsi linear terhadap sumbu  $y$ , sedangkan  $\sigma$  adalah standar deviasi. Nilai gradien  $a$  diperoleh dari nilai *tangen* dari selisih nilai  $y$  dan  $x$ , atau bisa ditulis dengan persamaan:

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

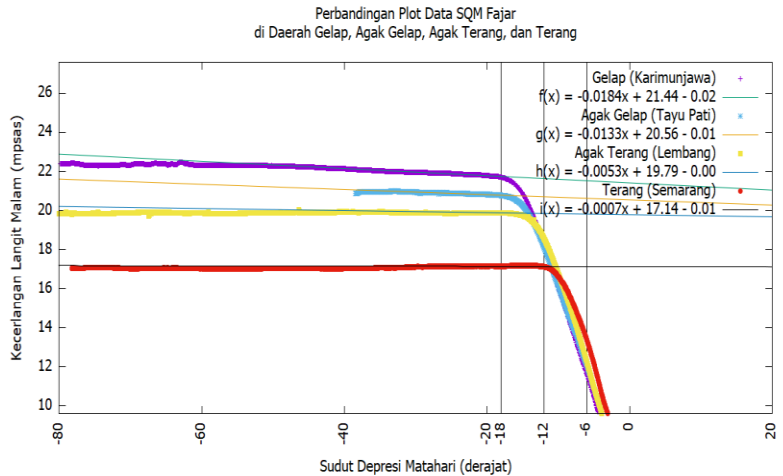
Untuk menentukan besar sudut kemiringan  $a$  bisa diperoleh dengan rumus:

$$\text{arc tan } a \quad (3)$$

Misal diketahui persamaan linear  $f(x) = -0,01837x + 21,44$ , maka nilai gradien  $a = -0,01837$  dan nilai  $\text{arc tan } a = 1,0524051^\circ$ . Dengan demikian persamaan  $f(x)$  tersebut membentuk garis lurus dengan nilai kemiringan sebesar  $1,0524051^\circ$  dengan arah turun karena gradiennya bernilai negatif ( $a = -0,01837$ ) dan memotong sumbu  $y$  pada titik 21,44.

Hasil analisis masing-masing data serta selisihnya dengan persamaan linear dari daerah tergelap ditampilkan pada Tabel 4.2 berikut ini. Formula koreksi diperoleh dengan menentukan selisih masing-masing

persamaan linear dengan persamaan linear dari daerah tergelap. Selisih terbesar menunjukkan bahwa daerah tersebut terpengaruh polusi tertinggi dibandingkan yang lain.



Gambar 4. 2. Plot data kecerlangan langit malam dan persamaan linear dari empat kategori lokasi.

Tabel 4. 2. Hasil pemodelan kecerlangan langit malam di empat kategori lokasi serta selisih masing-masing dengan daerah tergelap.

Lokasi	Kategori	Fungsi Linear	Selisih dengan $f(x)$
Karimunjawa	Gelap	$f(x) = -0,01837x + 21,44 - 0,02$	-
Tayu Pati	Agak gelap	$g(x) = -0,01332x + 20,56 - 0,01$	$-0,00505x + 0,88 - 0,01$
Lembang	Agak terang	$h(x) = -0,005275x + 19,79 - 0,0$	$-0,013095x + 1,65 - 0,02$
Semarang	Terang	$i(x) = -0,0007121x + 17,14 - 0,01$	$-0,0176579x + 4,3 - 0,01$

Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa semua fungsi linear dari empat kategori wilayah memiliki pola yang hampir mirip, yaitu sama-sama membentuk garis lurus dengan tren menurun karena memiliki nilai gradien negatif. Perbedaan fungsi linear tersebut terdapat pada besar nilai kemiringan atau gradien masing-masing. Secara berurutan nilai gradien daerah gelap lebih besar dibandingkan dengan daerah yang lebih terang.

Jika nilai gradien tersebut dinyatakan dalam bentuk sudut menggunakan rumus (3) maka di daerah gelap membentuk sudut  $1,0524051^\circ$ , daerah agak gelap membentuk sudut  $0,763134653^\circ$ , daerah agak terang membentuk sudut  $0,302232434^\circ$ , dan daerah terang membentuk sudut  $0,040800318^\circ$ . Pola kemiringan garis ini menunjukkan bahwa cahaya fajar *kāzib* terdeteksi dengan jelas di daerah gelap dan semakin lemah cahayanya dan sulit dideteksi di daerah agak gelap. Sementara di daerah agak terang dan terang, pola kemiringannya mendekati nol atau datar karena cahaya fajar *kāzib* sulit dikenali atau bahkan tidak terdeteksi sama sekali karena polusi cahaya.

Tingkat polusi cahaya juga bisa dilihat dari nilai *intercept* dalam persamaan linear tersebut. Nilai *intercept* tersebut menunjukkan nilai kecerlangan langit malam dalam satuan mpsas di lokasi tersebut. Semakin besar nilainya maka kecerlangan langit malamnya semakin gelap. Di daerah gelap memiliki nilai *intercept* 21,44, daerah agak gelap 20,56, daerah agak terang 19,79, dan daerah terang 17,14.

Tabel 4.2 juga menunjukkan bahwa semakin terang suatu daerah maka selisih persamaan linearnya juga semakin besar, baik nilai gradien atau kemiringan fungsi linear maupun nilai *intercept*-nya. Dengan demikian, untuk melakukan koreksi polusi cahaya di daerah agak gelap, agak terang, dan terang, maka persamaan linear dari masing-masing kategori wilayah tersebut ditambah dengan selisih persamaan linear tersebut, baik selisih nilai gradien maupun *intercept*-nya. Misal persamaan linear di daerah agak gelap adalah  $g(x)$  dan selisih dengan daerah gelap adalah  $g_2(x)$ , maka formula koreksinya adalah  $g(x) + g_2(x)$ . Demikian juga dengan daerah agak terang dan terang bisa dikoreksi

dengan menjumlahkan masing-masing persamaan linear langit malamnya ditambah dengan selisih persamaan linear masing-masing.

Berdasarkan fungsi linear yang disajikan dalam Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 juga bisa diketahui pemodelan kecerlangan cahaya fajar *ṣādiq*. Pemodelan cahaya fajar *ṣādiq* didasarkan pada fungsi linear dari kecerlangan langit malam. Sebagaimana diuraikan sebelumnya, fungsi linear tersebut membentuk garis lurus sepanjang data kecerlangan langit malam. Selanjutnya ketika cahaya fajar *ṣādiq* mulai terdeteksi, kecerlangan langit malam meningkat secara cepat dan membentuk kurva yang berbelok. Pembelokan diketahui bila kurva cahaya mulai menyimpang dari garis atau persamaan linier tersebut. Awal pembelokan dari pola garis linear tersebut diindikasikan sebagai awal terbit fajar *ṣādiq*. Berdasarkan pemodelan ini diketahui bahwa di daerah gelap (Karimunjawa) kurva cahaya berbelok pada saat sudut depresi atau ketinggian Matahari -19,43 derajat. Polusi cahaya di daerah agak gelap (Tayu), agak terang (Lembang), dan daerah terang (Semarang) telah menghalangi munculnya fajar *ṣādiq*. Fajar di Tayu baru terdeteksi ketika ketinggian Matahari pada posisi -18,35 derajat, dan di Lembang pada posisi -17,24 derajat, sedangkan di Semarang baru tampak menjelang ketampakan (per definisi) fajar nautika pada ketinggian Matahari -12,06 derajat.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa formula koreksi polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh dilakukan dengan pemodelan kecerlangan langit malam di empat kategori lokasi dengan regresi linear. Selanjutnya pemodelan di daerah gelap dijadikan acuan untuk mengoreksi daerah yang lebih terang. Untuk melakukan koreksi

dicari selisih masing-masing pemodelan dengan pemodelan di daerah gelap. Semakin besar selisihnya maka daerah tersebut semakin terpolusi oleh polusi cahaya.

## **B. Formula Prediksi Awal Terbit Fajar *Ṣādiq***

Korelasi dan regresi keduanya mempunyai hubungan yang sangat erat. Korelasi digunakan untuk menemukan arah dan kuatnya hubungan antara dua variabel atau lebih, sedangkan regresi digunakan untuk memprediksi nilai variabel dependen berdasarkan nilai variabel independen. Pada pembahasan sebelumnya telah dibahas tentang implementasi analisis korelasi antara beberapa variabel yang menjadi salah satu pembahasan dalam penelitian ini, yaitu korelasi tingkat kecerlangan langit malam dan waktu terbit fajar *ṣādiq*. Selanjutnya pada bagian ini dibahas bagaimana analisis regresi linear digunakan untuk memprediksi awal terbit fajar *ṣādiq* di suatu kategori lokasi, baik kategori gelap, agak gelap, agak terang maupun kategori terang.

Uji linearitas merupakan bagian uji asumsi dalam analisis korelasi *product moment* dan analisis regresi linear (model regresi). Model korelasi dan regresi dikatakan baik apabila ada hubungan yang linear antara suatu variabel independen dengan satu variabel dependen.

Asumsi linearitas menyatakan bahwa hubungan antar variabel yang dianalisis hendaknya membentuk pola garis linear. Peningkatan atau penurunan kuantitas di satu variabel diikuti secara linear oleh peningkatan atau penurunan kuantitas pada variabel yang lain. Jika ternyata pola hubungannya tidak linear, maka teknik analisis cenderung menghasilkan ketidakakuratan dalam hal kekuatan hubungan atau pengaruh antara dua



variabel. Salah satu teknik untuk mendeteksi ada atau tidaknya hubungan yang linear antar variabel bisa dilakukan dengan teknik visual grafik *scatter plot*.<sup>2</sup>

Sebelum analisis linearitas secara visual terhadap grafik *scatter plot*, pembahasan selanjutnya dibahas tentang teori dasar regresi linear sederhana dan penerapannya dalam formulasi prediksi terbit awal fajar *ṣādiq* di suatu kategori lokasi berdasarkan tingkat kecerlangan langit malamnya.

### 1. Regresi Linear Sederhana<sup>3</sup>

Regresi linear sederhana didasarkan pada hubungan fungsional ataupun kausal satu variabel independen dengan satu variabel dependen. Persamaan umum regresi linear sederhana adalah:

$$y = ax + b \pm \sigma \quad (4)$$

Dengan:

y = Subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan (sudut depresi atau ketinggian Matahari saat terbit fajar *ṣādiq* dalam satuan derajat)

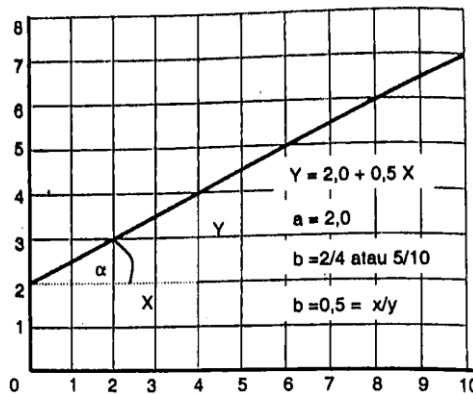
---

<sup>2</sup> N. H. Bingham dan John M. Fry, *Regression*, Springer Undergraduate Mathematics Series (London: Springer London, 2010), 2, <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-969-5>; Robert J. Casson dan Lachlan D.M. Farmer, "Understanding and checking the assumptions of linear regression: a primer for medical researchers," *Clinical & experimental ophthalmology* 42, no. 6 (2014): 593, <https://doi.org/10.1111/CEO.12358>; Singgih Santoso, *Panduan Lengkap SPSS Versi 20*, Revisi (Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2014), 355.

<sup>3</sup> Uraian lebih detail tentang Regresi Linear bisa dilihat misalnya pada: Sugiyono, *Statistika untuk Penelitian*, 260–64.

- x = Subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu (kecerlangan langit malam dalam satuan mpsas)
- a = Angka arah atau koefisien regresi, yang menunjukkan angka peningkatan ataupun penurunan variabel dependen yang didasarkan pada perubahan variabel independen. Bila (+) arah garis naik, dan bila (-) maka arah garis turun.
- b = Harga y ketika x = 0 (harga konstanta)
- $\sigma$  = Standar deviasi

Secara teknis harga b merupakan tangen dari perbandingan antara panjang garis variabel dependen setelah persamaan regresi ditemukan. (Gambar 4.3).



Gambar 4. 3. Garis regresi y karena pengaruh x dalam persamaan regresi  $y = 0,5x + 2,0$

Jadi harga b merupakan fungsi dari koefisien korelasi. Bila koefisien korelasi tinggi, maka harga b juga besar, sebaliknya bila koefisien korelasi rendah maka harga b juga rendah (kecil). Selain itu bila koefisien korelasi negatif maka harga b juga negatif, dan sebaliknya bila koefisien korelasi positif maka harga b juga positif.

Harga a dan b dapat dicari dengan rumus berikut:

$$a = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i)(\sum x_i y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (5)$$

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (6)$$

Dengan:

$x_i$  = Nilai data variabel dependen (kecerlangan langit malam) ke-i

$y_i$  = Nilai data variabel independen (sudut depresi atau ketinggian

Matahari saat terbit fajar *ṣādiq*) ke-i

Untuk memperoleh hasil dari formula (4), (5), dan (6) tersebut bisa digunakan salah satu perintah *stats* yang ada dalam software GNUPlot. Perintah tersebut adalah:

*stats "cerah.txt" using x:y*

File "cerah.txt" tersebut berisi data kecerlangan langit malam (x) dan data terbit fajar *ṣādiq* (y) di empat kategori lokasi saat kondisi cerah tanpa gangguan cahaya Bulan maupun mendung.<sup>4</sup>

Perintah tersebut menghasilkan data statistik dari semua data cerah sebagaimana Gambar 4.4 di bawah ini.

---

<sup>4</sup> Detail isi file "cerah.txt" bisa dilihat di uraian Bab III

```

FILE:
Records:          261
Out of range:    0
Invalid:         0
Column headers:  0
Blank:          0
Data Blocks:    1

COLUMNS:
Mean:            20.3128          -16.4056
Std Dev:         1.1844           2.1606
Sample StdDev:  1.1867           2.1648
Skewness:       -0.0606         -0.1574
Kurtosis:       2.5672           2.3166
Avg Dev:        0.9526           1.7529
Sum:            5301.6300        -4281.8600
Sum Sq.:        108056.8785      71464.8584

Mean Err.:      0.0733           0.1337
Std Dev Err.:  0.0518           0.0946
Skewness Err.: 0.1516           0.1516
Kurtosis Err.: 0.3032           0.3032

Minimum:        17.1700 [146]     -20.3600 [169]
Maximum:        23.2900 [232]     -10.7100 [146]
Quartile:       19.4500           -17.9800
Median:         20.4300           -16.1800
Quartile:       21.1500           -14.9100

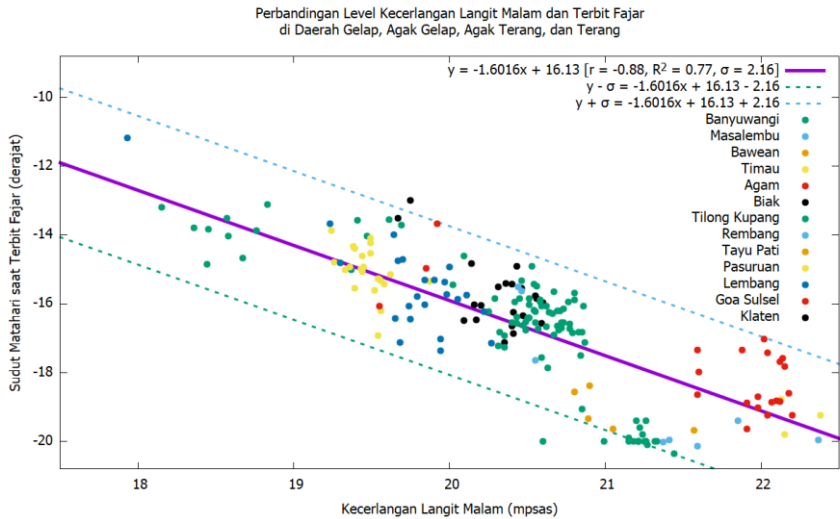
Linear Model:   y = -1.602 x + 16.13
Slope:         -1.602 +- 0.05426
Intercept:     16.13 +- 1.104
Correlation:   r = -0.878
Sum xv:        -8.756e+04

```

Gambar 4. 4. Data statistika yang dihasilkan oleh perintah *stats*

Untuk memudahkan analisis linearitas terhadap persamaan linear yang dihasilkan oleh perintah *stats* tersebut, perintah *stats* tersebut dimasukkan dalam *script* lengkap dalam GNUPlot untuk menghasilkan *plot* yang bisa dianalisis secara visual. *Script* yang digunakan tersebut sama dengan yang telah diuraikan dalam pembahasan sebelumnya. *Script* tersebut jika dijalankan

menggunakan aplikasi GNUPlot akan menghasilkan plot kurva sebagaimana Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4. 5. Plot perbandingan level kecerlangan langit malam dan terbit fajar di empat kategori lokasi

## 2. Uji Linearitas Regresi Linear

Menurut Singgih Santoso, perkiraan atau kriteria linearitas dalam model regresi dikatakan sudah tercukupi jika terdapat contoh yang terang dari plotting data untuk menunjukkan arah korelasi konkret atau negatif. Sementara jika plotting data tidak membentuk contoh yang terperinci, maka perkiraan linearitas tidak tercukupi.<sup>5</sup>

Berdasarkan grafik *scatter plot* di atas (Gambar 4.5), tampak titik-titik *plot* data membentuk pola garis lurus dari kanan bawah naik ke kiri atas. Hal ini memperlihatkan adanya hubungan yang linear dan negatif antara variabel sudut Matahari saat terbit fajar ( $y$ ) dengan

<sup>5</sup> Santoso, *Panduan Lengkap SPSS Versi 20*, 355.

variabel kecerlangan langit malam ( $x$ ). Hubungan negatif ini berarti bahwa kalau kecerlangan langit malam mengalami kenaikan atau semakin gelap maka sudut Matahari saat terbit fajar akan terdeteksi lebih awal dan sebaliknya.

Dengan demikian model regresi linear yang dihasilkan oleh perintah *stats* tersebut dikatakan baik karena ada korelasi yang linear antara satu variabel independen dengan satu variabel dependen. Linearitas ini ditunjukkan dengan hubungan antar variabel seperti garis lurus atau membentuk pola garis linear. Dengan demikian regresi linear tersebut bisa digunakan untuk memprediksi ketampakan fajar di suatu lokasi dengan memasukkan nilai kecerlangan langit malam hasil pengukuran di lokasi tersebut.

### 3. Formula Prediksi Awal Terbit Fajar *Ṣādiq*

Berdasarkan perintah *stats* yang ditampilkan pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 diperoleh persamaan linear sebagai berikut

$$y = -1,6016x + 16,13 \pm 2,16 \quad (7)$$

Dengan:

$x$  = kecerlangan langit malam dalam satuan mpsas

$y$  = sudut Matahari saat terbit fajar dalam satuan derajat.

Berdasarkan persamaan (7) tersebut juga diketahui nilai nilai  $a$  (gradien),  $b$  (*intercept*), dan  $\sigma$  (*sigma* atau standar deviasi).

Dengan:

$$a = -1,6016$$

$$b = 16,13$$

$$\sigma = 2,16$$

Persamaan regresi linear yang telah ditemukan tersebut dapat digunakan untuk melakukan prediksi waktu terbit fajar *ṣādiq* di suatu lokasi ketika nilai kecerlangan langit malamnya diketahui. Misal berdasarkan pengukuran di lapangan diketahui bahwa kecerlangan langit malam di suatu lokasi adalah 21,4 mpsas (kategori daerah gelap) maka waktu terbit fajar *ṣādiq* di lokasi tersebut bisa diperkirakan dengan formula (7) tersebut sebagai berikut:

$$y = -1,6016x + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -1,6016(21,4) + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -34,27424 + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -18,14424 \pm 2,16$$

$$y_1 = -18,14424 + 2,16 = -15,98424$$

$$y_2 = -18,14424 - 2,16 = -20,30424$$

Contoh yang lain, jika pengukuran di suatu daerah diketahui bahwa kecerlangan langit malamnya adalah 20,5 mpsas (kategori daerah agak gelap) maka waktu terbit fajar *ṣādiq* di lokasi tersebut bisa diperkirakan sebagai berikut:

$$y = -1,6016x + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -1,6016(20,5) + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -32,8328 + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -16,7028 \pm 2,16$$

$$y_1 = -16,7028 + 2,16 = -14,5428$$

$$y_2 = -16,7028 - 2,16 = -18,8628$$

Selanjutnya jika pengukuran di daerah diketahui kecerlangan langit malamnya adalah 20 mpsas (kategori daerah agak

terang) maka waktu terbit fajar *ṣādiq* di lokasi tersebut bisa diperkirakan sebagai berikut:

$$y = -1,6016x + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -1,6016(20) + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -32,032 + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -15,902 \pm 2,16$$

$$y_1 = -15,902 + 2,16 = -13,742$$

$$y_2 = -15,902 - 2,16 = -18,062$$

Jika pengukuran di daerah diketahui kecerlangan langit malamnya adalah adalah 18,5 mpsas (kategori daerah terang) maka waktu terbit fajar *ṣādiq* di lokasi tersebut bisa diperkirakan dengan formula (7) tersebut sebagai berikut:

$$y = -1,6016x + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -1,6016(18,5) + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -29,6296 + 16,13 \pm 2,16$$

$$y = -13,4996 \pm 2,16$$

$$y_1 = -13,4996 + 2,16 = -11,3396$$

$$y_2 = -13,4996 - 2,16 = -15,6596$$

Tabel 4. 3. Perbandingan hasil pengamatan dan perkiraan terbit fajar dengan regresi linear di empat kategori lokasi

Kategori Daerah	Terbit Fajar (derajat)		Selisih	
	Hasil pengamatan	Prediksi dengan regresi linear	Batas Bawah	Batas Atas
Gelap	-18.87 s.d. -19.93	-15.98 s.d. -20.30	2,89	0,37
Agak Gelap	-15.22 s.d. -18.18	-14.54 s.d. -18.86	0,68	0,68
Agak Terang	-14.14 s.d. -15.46	-13.74 s.d. -18.06	0,40	2,60
Terang	-13.29 s.d. -14.91	-11.34 s.d. -15.66	1,95	0,75
Rata-rata	-	-	1,48	1,10



Tabel 4.3 menunjukkan perbandingan hasil prediksi terbit fajar *ṣādiq* dengan hasil pengamatan. Prediksi yang terbaik adalah prediksi yang hasilnya lebih dekat dengan hasil pengamatan di lapangan. Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui bahwa akurasi hasil prediksi terbit fajar *ṣādiq* bervariasi ketika dibandingkan dengan hasil pengamatan di empat kategori lokasi.

Regresi linear tersebut menghasilkan akurasi terbaik ketika dibandingkan dengan pengamatan di lokasi agak gelap, yaitu selisih 0,68 derajat, baik data batas bawah maupun batas atas, sedangkan di lokasi gelap selisih batas atas cukup dekat (0,37 derajat) dan selisih batas bawahnya cukup jauh (2,89 derajat). Sementara di lokasi agak terang selisih batas bawahnya cukup dekat (0,4 derajat), sedangkan selisih batas atasnya cukup tinggi (2,6 derajat). Perbandingan hasil pengamatan dan prediksi regresi linear di lokasi terang menunjukkan selisih batas bawahnya (0,75 derajat) lebih baik dibandingkan selisih batas bawahnya (1,95 derajat), sedangkan rata-rata selisih hasil pengamatan dan prediksi regresi linear adalah 1,48 derajat untuk batas bawah dan 1,1 derajat untuk batas atas.

Berdasarkan nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,77$  atau 77% sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.5 dan berdasarkan selisih perbandingan hasil prediksi dengan regresi linear dan hasil pengamatan di lapangan, persamaan regresi linear tersebut bisa digunakan untuk memprediksi terbit fajar *ṣādiq* di suatu lokasi. Dengan parameter kecerlangan langit malam suatu lokasi, regresi linear tersebut memiliki akurasi 77%, sedangkan yang 23% ditentukan oleh parameter lain yang belum dikaji dalam penelitian ini.

Untuk itu diperlukan kajian lebih lanjut tentang parameter-parameter lain yang mempengaruhi ketampakan fajar *ṣādiq*. Beberapa parameter tersebut selanjutnya bisa dijadikan dasar dalam pemodelan matematis sehingga menghasilkan persamaan yang bisa memprediksi terbit fajar lebih akurat.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan sebelumnya dan mengacu pada rumusan masalah dalam kajian disertasi ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Diperlukan koreksi efek polusi cahaya buatan dalam penentuan awal waktu Subuh karena semakin terpolusi suatu daerah atau kecerlangan langit malamnya semakin terang maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih lambat. Sebaliknya semakin gelap suatu daerah maka cahaya fajar *ṣādiq* terdeteksi lebih awal. Analisis korelasi antara tingkat kecerlangan langit malam dan terbit fajar *ṣādiq* menunjukkan bahwa ketampakan fajar *ṣādiq* 77% dipengaruhi oleh polusi cahaya. Di lokasi ideal dengan kecerlangan langit malam  $\geq 21,3$  mpsas, fajar *ṣādiq* terdeteksi rata-rata pada saat sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-19,73 \pm 0,19$  derajat, sedangkan di lokasi yang kurang ideal (daerah agak gelap, agak terang, dan terang) fajar terdeteksi lebih lambat dibandingkan lokasi ideal tersebut. Secara berturut-turut fajar *ṣādiq* terdeteksi di tiga lokasi kurang ideal tersebut pada sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-16,70 \pm 1,48$  derajat,  $-14,80 \pm 0,66$  derajat, dan  $-14,10 \pm 0,81$  derajat.

Perlunya koreksi efek polusi cahaya tersebut dikuatkan juga dengan analisis faktor pengganggu yang lain terhadap ketampakan fajar *ṣādiq*, yaitu cahaya Bulan dan mendung. Sebagaimana polusi cahaya buatan, cahaya Bulan dan mendung juga mempunyai pengaruh yang sangat kuat terhadap ketampakan cahaya fajar *ṣādiq* di beberapa

kategori lokasi, yaitu daerah gelap, agak gelap, dan agak terang. Sementara di lokasi terang efek polusi cahaya buatan sudah cukup kuat mengubah kecerlangan langit malam di lokasi terang sehingga cahaya Bulan dan halangan mendung di daerah terang tidak berpengaruh signifikan terhadap ketampakan fajar *ṣādiq*.

2. Formula koreksi polusi cahaya dalam penentuan awal waktu Subuh dilakukan dengan pemodelan kecerlangan langit malam di empat kategori lokasi dengan regresi linear. Pemodelan regresi linear di daerah gelap dijadikan acuan untuk mengoreksi daerah yang lebih terang. Untuk melakukan koreksi dicari selisih pemodelan masing-masing kategori lokasi dengan pemodelan di daerah gelap. Semakin besar selisihnya maka daerah tersebut semakin terpolusi oleh polusi cahaya. Dampak polusi cahaya pada sudut ketinggian Matahari digambarkan dg persamaan  $y = -1,6016x + 16,13 \pm 2,16$ , dengan  $y$  adalah sudut ketinggian Matahari saat terbit fajar (dalam derajat) dan  $x$  kecerlangan langit malam (dalam mpsas). Selanjutnya untuk melakukan koreksi polusi cahaya di masing-masing kategori lokasi adalah dengan cara menjumlahkan persamaan regresi linear masing-masing lokasi dengan selisih masing-masing dengan regresi linear dari daerah gelap atau ideal.

## **B. Saran**

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

1. Bagi para peneliti, perlu dilakukan penelitian yang lebih komprehensif dan mendalam terkait beberapa faktor lain yang mempengaruhi ketampakan fajar *ṣādiq*. Dalam kajian ini ditemukan bahwa 77% ketampakan fajar dipengaruhi oleh faktor polusi cahaya, sedangkan 23% dipengaruhi oleh faktor lain yang belum tercover dalam penelitian disertasi ini. Untuk itu perlu kajian lebih mendalam tentang faktor-faktor lain tersebut sehingga kajian tentang fajar lebih komprehensif dan mendalam supaya ditemukan pemodelan ketampakan fajar *ṣādiq* yang lebih akurat karena parameter yang digunakan tidak hanya parameter polusi cahaya namun gabungan dari beberapa parameter yang lebih kompleks. Kajian lanjutan tersebut bisa memanfaatkan data hasil rekaman Sistem Otomasi Observasi Fajar (SOOF) yang sampai saat ini ditulis masih aktif merekam data fajar di beberapa lokasi di Indonesia.
2. Secara praktis, penelitian ini bisa dijadikan dasar bagi masyarakat dan Kementerian Agama RI bahwa kriteria awal waktu Subuh yang selama ini telah digunakan tetap bisa digunakan karena kriteria tersebut telah didukung dengan data pengamatan yang memadai baik secara kuantitas maupun kualitas. Berdasarkan hasil pengukuran di lima lokasi ideal (Banyuwangi, pulau Masalembu, pulau Bawean, pulau Karimunjawa, dan Dukuhseti Pati) ditemukan 48 data cerah tanpa gangguan, baik gangguan mendung maupun cahaya Bulan. Jika dirata-rata fajar *ṣādiq* terdeteksi di beberapa lokasi ideal tersebut ketika sudut depresi atau ketinggian Matahari  $-19,73 \pm 0,19$  derajat atau  $-19,54$  sampai  $-19,92$  derajat di bawah ufuk. Temuan ini menguatkan pengamatan di Labuanbajo ketika Temu Kerja Hisab

Rukyat Kementerian Agama RI pada 23-25 April 2018 bahwa munculnya fajar *ṣādiq* pada saat ketinggian matahari -20 derajat mempunyai dukungan data pengamatan yang cukup banyak.

Dengan demikian umat Islam diharapkan tidak mudah terpengaruh dengan beredarnya isu tentang salah kaprahnya jadwal salat yang dikeluarkan oleh Kementerian Agama RI, karena keraguan akan menimbulkan ketidakabsahan dalam beribadah. Sebelum ditemukan teori baru yang teruji kebenarannya baik dari segi syar'i maupun sains, maka teori yang selama ini digunakan sebagai pedoman masih layak dan sah untuk digunakan. Teori hanya bisa digugurkan oleh kebenaran berikutnya, padahal teori yang selama ini digunakan terbukti didukung data pengamatan yang cukup banyak sehingga teori tersebut tetap layak digunakan sebagai pedoman yang sah dalam beribadah.

### **C. Penutup**

Rasa syukur dihaturkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan petunjuk serta kekuatan lahir dan batin sehingga disertasi ini dapat diselesaikan. Meskipun telah berupaya dengan optimal, disadari bahwa disertasi ini masih memiliki kelemahan dan kekurangan dari berbagai segi dan jauh dari sempurna. Untuk itu, saran dan kritik konstruktif dibutuhkan untuk perbaikan dan kesempurnaan disertasi ini.

Akhirnya semoga disertasi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca umumnya. *Āmīn yā rabbal 'ālamīn.*

## DAFTAR PUSTAKA

- 'Ali, Umar Ibn. *Al-Lubāb fīy Ulūm al-Kitāb*. III. Beirut: Dar al-Kutub al-'Ilmiyah, 1998.
- Abid, Abd al-Qadir. "Taḥdid Mau'id Hulul al-Fajr as-Sadiq fīy al-Urdun bi yar-Rushdi al-Falakiy al-Mubasyir bi al-'Ain al-Mujarradah." *Jordan Journal for Islamic Studies* 11, no. 2 (2015): 1–18.
- Affendi, T. N. T., N. N. M. Shariff, Z. S. Hamidi, dan N. F. Ngadiman. "Measurement of Subh and Isha at Besut, Kuala Terengganu by using sky quality meter," 040002, 2021. <https://doi.org/10.1063/5.0058253>.
- Al-Alūsy, Mahmud. *Rūḥ al-Ma'āny*. II. Beirut: Ihya at-Turats al-Araby, t.t.
- Al-Andalusy, Muhammad ibn Yusuf. *Al-Bahr al-Muḥiṭ fīy al-Tafsīr*. II. Beirut: Dar al-Fikr, 2010.
- Al-anshary, Umar ibn Ali ibn Ahmad. *At-Taudliḥ li Syarkh al-Jami' as-Shahih*. VI. Beirut: Dar an-Nawadir, 2008.
- Al-Asy'aṣ, Abi Dawud Sulaiman Ibn. *Sunan Abī Dāwūd*. I. Beirut: Maktabah al-Ashriyah, t.t.
- Al-Asy'aṣ, Abi Dawud Sulaiman Ibn. *Sunan Abī Dāwūd*. II. Beirut: Maktabah al-Ashriyah, t.t.
- Al-Bagāwiy, Al-Husain ibn Mas'ūd. *Tafsīr al-Bagāwiy*. I. Riyadh: Dar Thaibah, 1988.
- Al-Bahūty, Manshur ibn Yunus ibn Idris. *Kasyf al-Qinā'*. Beirut: Alam al-Kutub, 1983.
- Al-Baihaqy, Ahmad bin al-Husain bin Ali. *as-Sunan al-Kubra*. Beirut: Dar al-Kutub al-'Ilmiyah, 1991.
- Al-Baihaqy, Ahmad Ibn Husain Ibn Ali. *As-Sunan al-Kubra*, 1991.
- Al-Bayḍawyy, Abdullah ibn Umar. *Tafsīr al-Bayḍawyy*. I. Beirut: Dar Ihya at-Turats al-Araby, t.t.
- Al-Buhairi, Mamduḥ Farhan. "Salah Kaprah Waktu Subuh." *Qiblati*. Malang, Mei 2009.

- Al-Bukhāry, Muhammad bin Ismail. *Ṣaḥīḥ al-Bukhāry*. I. Beirut: Dar Ibn Katsir, t.t.
- Al-Dāruqūṭny, Ali Ibn Umar. *Sunan al-Dāruqūṭny*. I. Beirut: Ar-Risalah, 2004.
- Al-Dimyāṭy, Muhammad Syaṭa. *Ḥāsyiyah 'Iinah at-Ṭālibīn*. I. Libanon: Dar al-Fikr, t.t.
- Al-Gulayainy, Mustāfa. *Jāmi' al-Durūs al-Arabiyyah*. I. Beirut: Al-Maktabah al-Aṣriyyah, 1994.
- Al-Hayṣamy, Ali Ibn Abi Bakr. *Majma' az-Zawā'id wa Manba' al-Fawā'id*. I. Beirut: Dar al-Kitab al-'Araby, t.t.
- Al-Māwardy, Ali ibn Muhammad. *An-Nukat wa al-Uyūn Tafsīr al-Māwardy*. I. Beirut: Dar al-Kutub al-'Ilmiyyah, t.t.
- Al-Mahally, Muhammad bin Ahmad. *Hasyiyah al-'Allamah al-Bannany*. II. Indonesia: Dar Ihya' al-Kutub al-'Arabiyyah, t.t.
- Al-Manbaji, Ali ibn Zakaria. *Al-Lubāb fīy al-Jām'i bain as-Sunnah wa al-Kitāb*. I. Pakistan: Al-Maktabah al-Haqaniyyah, 1994.
- Al-Maziry, Muhammad Ibn Ali Ibn Umar at-Tamīmy. *Syarkh at-Talqīn*. I. Beirut: Dar al-Gharab al-Islamy, 1997.
- Al-Suyūṭiy, Abd al-Raḥman Ibn al-Kamal Jalal. *Tafsīr al-Durr al-Mansūr fīy al-Tafsīr al-Ma'sūr*. I. Beirut: Dar al-Fikr, 2011.
- Al-Syarbini, Muhammad bin Muhammad. *Mughny al-Muhtaj ila Ma'rifat Ma'any Alfadh al-Minhaj, Jilid 1*. Vol. 1. Beirut: Dar al-Fikr, t.t.
- Al-Syarqawy, Abdullah bin Hijazi. *Ḥāsyiyah al-Syarqawy 'ala Ṭuḥfah al-Ṭullab*. I. Beirut: Dar al-Fikr, t.t.
- Al-Zuhāili, Wahbah. *al-Fiqh al-Islāmi wa Adillatuh*. I. Beirut: Dar al-Fikr, 2017.
- Alhilali, Muhammad Taqiy ad-Din. “Bayan al-Fajr as-Shadiq wa Imtiyazuh 'an al-Fajr al-Kadzib.” Diakses 5 November 2021. <http://www.alhilali.net/-عن-كتاب-الفجر-الصادق-وامتياز-ه-المكتبة/۱۱۶۴۷-الفجر-ال>
- Ali, Muhammad bin. *Al-Baḥr al-Muḥīṭ al-Ṣajjāj fīy Syarḥ Ṣaḥīḥ al-Imām*



- Muslim*. XXI. Beirut: Dar Ibn al-Jauzy, 2011.
- American Medical Association. “AMA adopts guidance to reduce harm from high intensity street lights.” Diakses 13 November 2021. <https://www.ama-assn.org/press-center/press-releases/ama-adopts-guidance-reduce-harm-high-intensity-street-lights>.
- An-Nasa'iy, Ahmad ibn Syua'ib. *Sunan an-Nasa'iy*. Halab: Maktab al-Mathbu'at al-Islamiyah, t.t.
- An-Nawawy, Muhyiddin ibn Syaraf. *Al-Majmū' Syarkh al-Muḥaḥab*. III. Damaskus: Idārah al-Ṭibā'iyyah al-Munīriyyah, t.t.
- An-Naysabury, Al-Hasan Ibn Muhammad. *Tafsīr Garāib al-Qurān wa Ragāib al-Furqān*. I. Beirut: Dar al-Kutub al-'Ilmiyah, 1996.
- Ar-Rāzy, Fakhr al-Din Muhammad ibn Umar. *Mafātiḥ al-Gaib*. I., t.t.
- “Arti kata fajar - Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Online.” Diakses 3 Maret 2021. <https://kbbi.web.id/fajar>.
- As-Samarqandy, Ala ad-Din. *Tuhfah al-Fuqaha*. I. Beirut: Dar al-Kutub al-'Ilmiyah, 1984.
- As-Shubaihi, Ibrahim bin Muhammad. *Thulu' al-Fajr as-Shadiq bayna Tahdid al-Quran wa Ithlaq al-Lughah*. Riyadl: Maktabah al-Mulk Fahd, 2007.
- As-Syafii, Muhammad Ibn Idris. *Al-Umm*. II. Dar al-Wafa, 2001.
- At-Ṭabary, Muhammad ibn Jarīr. *Tafsīr at-Aṭabary*. Kairo: Dar Hajar, 2001.
- At-Ṭabrany, Sulaiman bin Ahmad. *al-Mu'jam al-Awsad*. II. Kairo: Dar al-Haramain, 1995.
- At-Thabary, Muhammad ibn Jarir. *Tafsir at-Thabary Jami' al-Bayan 'an Ta'wil Ayi al-Quran*. III. Kairo: Markaz al-Buhuts wa ad-Dirasat al-Arabiyah wa al-Islamiyah, 2001.
- Atmanto, Nugroho Eko. “The Relevance Concept of Dawn and Twilight in the Book of Al-Qanun al-Mas'udi for Determine Isya' and Subuh Pray Time.” *Analisa: Journal of Social Science and Religion* 19, no. 1 (7 Juni 2012): 95–105. <https://doi.org/10.18784/ANALISA.V19I1.158>.

- Az-Zamahşyary, Mahmud Ibn Umar. *Tafsīr al-Kasyāf*. Beirut: Dar al-Ma'rifah, 2009.
- Az-Zijrajy, Ali Ibn Said. *Manāhij at-Taḥşīl wa Nata'ij Laṭā'if at-Ta'wīl*. I. Beirut: Dar Ibn Hazm, 2007.
- Azhari, Susiknan. "Tracing The Concept of Fajr in The Islam Mosaic and Modern Science." *AHKAM: Jurnal Ilmu Syariah* 18, no. 1 (12 Januari 2018). <https://doi.org/10.15408/ajis.v18i1.9819>.
- Azman, M I, M N Dalimin, M Mohamed, dan M F Abu Bakar. "A Brief Overview on Light Pollution." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 269 (5 Agustus 2019): 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/269/1/012014>.
- Bahali, Kassim, Abdul Latif Samian, Nazri Muslim, dan Nurul Shazana Abdul Hamid. "Measuring the Sun Depression Angle of Dawn with a DSLR Camera." *Sains Malaysiana* 47, no. 11 (30 November 2018): 2877–85. <https://doi.org/10.17576/jsm-2018-4711-31>.
- Bahali, Kassim, Abdul Latif Samian, Nazri Muslim, dan Nurul Shazana Abdul Hamid. "Re-evaluation of Calculation of the Dawn Prayer Time in the Malay World." *International Journal of the Malay World and Civilisation* 7, no. 2 (2019): 37–48. <https://doi.org/https://doi.org/10.17576/jatma-2019-0702-04>.
- Bashori, Agus Hasan. *Waktu Shubuh Secara Syar'i, Astronomi, dan Empiris*. Malang: Yayasan Bina al-Mujtama', 2016.
- Basthoni, M. "A Prototype of True Dawn Observation Automation System." *Jurnal Sains Dirgantara* 18, no. 1 (20 Januari 2020): 33–42. <https://doi.org/10.30536/J.JSD.2020.V18.A3475>.
- Basthoni, M, dan Hendro Setyanto. "Typology of dawn light curves in high and low light pollution areas." Dalam *AIP Conference Proceedings*, 2391:080005, 2022. <https://doi.org/10.1063/5.0073949>.
- Berg, Bruce L. *Qualitative Research Methods for Social Sciences*. 4 ed. Boston: Allyn & Bacon, 2001.
- Bigg, E. K. "The Detection of Atmospheric Dust and Temperature Inversions by Twilight Scattering." *Journal of Meteorology* 13, no.

3 (Juni 1956): 262–68. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1956\)0130262:TDOADA2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1956)0130262:TDOADA2.0.CO;2).

Bikos, Konstantin, dan Aparna Kher. “The Different Types of Twilight, Dawn and Dusk.” Diakses 6 November 2021. <https://www.timeanddate.com/astronomy/different-types-twilight.html>.

Bingham, N. H., dan John M. Fry. *Regression*. Springer Undergraduate Mathematics Series. London: Springer London, 2010. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-969-5>.

Bortle, John E. “Gauging Light Pollution: The Bortle Dark-Sky Scale.” Diakses 8 Maret 2020. <https://www.skyandtelescope.com/astronomy-resources/light-pollution-and-astronomy-the-bortle-dark-sky-scale/>.

Butar-Butar, Arwin Juli Rakhmadi. *Fajar & Syafak dalam Kesarjanaan Astronomi Muslim dan Ulama Nusantara*. Yogyakarta: LKiS, 2018.

———. “Kontribusi Syaikh Muhammad Thahir Jalaluddin dalam Bidang Ilmu Falak.” *MIQOT: Jurnal Ilmu-ilmu Keislaman* 42, no. 2 (4 Februari 2019): 300. <https://doi.org/10.30821/miqot.v42i2.553>.

Casson, Robert J., dan Lachlan D.M. Farmer. “Understanding and checking the assumptions of linear regression: a primer for medical researchers.” *Clinical & experimental ophthalmology* 42, no. 6 (2014): 590–96. <https://doi.org/10.1111/CEO.12358>.

Cheung, Sze-leung. “Light Pollution.” *International Astronomical Union*, 2018.

Cinzano, P., F. Falchi, dan C. D. Elvidge. “The first World Atlas of the artificial night sky brightness.” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 328, no. 3 (11 Desember 2001): 689–707. <https://doi.org/10.1046/j.1365-8711.2001.04882.x>.

Cinzano, Pierantonio. “Night Sky Photometry with Sky Quality Meter.” *ISTIL Internal Report* 1.4, no. 9 (2005).

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

Departemen Agama RI. *Pedoman Penentuan Jadwal Waktu Shalat*

*Sepanjang Masa*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1994.

Djamaluddin, T. “Benarkah Waktu Shubuh di Indonesia Terlalu Cepat?” Diakses 9 November 2020. <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2017/09/13/benarkah-waktu-shubuh-di-indonesia-terlalu-cepat/>.

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

———. “Penentuan Waktu Shubuh: Pengamatan dan Pengukuran Fajar di Labuan Bajo.” Diakses 1 Oktober 2020. <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2018/04/30/penentuan-waktu-shubuh-pengamatan-dan-pengukuran-fajar-di-labuan-bajo/>.

———. “Waktu Shubuh Ditinjau secara Astronomi dan Syar’i.” Diakses 6 November 2021. <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2010/04/15/waktu-shubuh-ditinjau-secara-astronomi-dan-syari/>.

Fadhil, Haris. “Tepis ISRN Uhamka, Kemenag Pastikan Waktu Salat Subuh Indonesia Sudah Tepat.” Diakses 4 Januari 2021. <https://news.detik.com/berita/d-4545323/tepis-isrn-uhamka-kemenag-pastikan-waktu-salat-subuh-indonesia-sudah-tepat>.

Fajri, M. Nur Iskandar. *Efektivitas Teknik Analisa Data Sqm (Moving Average, Linier Dan Visual Analysis) Dalam Menentukan Fajar Sidik Pada Data Dengan Gangguan Dan Tanpa Gangguan*. Skripsi. Prodi. Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2021.

Falchi, Fabio, Pierantonio Cinzano, Dan Duriscoe, Christopher C.M. Kyba, Christopher D. Elvidge, Kimberly Baugh, Boris A. Portnov, Nataliya A. Rybnikova, dan Riccardo Furgoni. “The new world atlas of artificial night sky brightness.” *Science Advances* 2, no. 6 (1 Juni 2016). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>.

Faris, Ahmad Ibn. *Mu’jam Maqayis al-Lugah*. II. Beirut: Dar al-Fikr, 1979.

- Fauziyah, Shifa. *Sistem Penentuan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sistem Otomatisasi Observasi Fajar (SOOF)*. Skripsi. Prodi. Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2021.
- Fikky, Muhammad. *Pengaruh Jarak Zenith Sky Quality Meter terhadap Observasi Fajar Shodiq*. Skripsi. Prodi. Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2021.
- Fikrah, Atina Zahiratul. *Verifikasi Suara Kokok Ayam Jantan diwaktu Fajar dalam Mengetahui Awal Waktu Shubuh*. Skripsi. Semarang: Prodi. Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2019.
- Flagstaff Dark Skies Coalition. “Lamp Spectrum and Light Pollution.” Diakses 23 April 2022. <https://www.flagstaffdarks skies.org/critical-dark-sky-issues/lamp-spectrum-light-pollution/>.
- Gaherty, Geoff. “How to See the Zodiacal Light.” Diakses 3 Januari 2021. <https://www.space.com/17997-rare-sight-zodiacal-light-observing-tips.html>.
- Haber, Jörg, Marcus Magnor, dan Hans-Peter Seidel. “Physically-based simulation of twilight phenomena.” *ACM Transactions on Graphics* 24, no. 4 (Oktober 2005): 1353–73. <https://doi.org/10.1145/1095878.1095884>.
- Hakim, Abdul Hamid. *Mabadi’ Awwaliyah*. Jakarta: Sa’adiyah Putra, t.t.
- Hambali, Slamet. *Ilmu Falak 1*. Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011.
- Hamdi, Saipul. “Dampak Aerosol Terhadap Lingkungan Atmosfer.” *Berita Dirgantara* 14, no. 1 (2013): 9–16.
- Hamdi, Saipul, Sri Kaloka, Iis Sofiati, dan Afif Bidiyono. “Aerosol Background Lapisan Stratosfer di Atas Bandung (6°54’LS 107°35’BT) Berdasarkan Penelitian Tahun 1997-2000 Menggunakan Raman Lidar.” *Jurnal Sains Dirgantara* 3, no. 1 (6 Oktober 2010). [http://jurnal.lapan.go.id/index.php/jurnal\\_sains/article/view/637](http://jurnal.lapan.go.id/index.php/jurnal_sains/article/view/637).
- Hanbal, Ahmad Ibn. *Musnad al-Imam Ahmad ibn Hanbal*. XXVI. Beirut:

Muassasah al-Risalah, 1998.

Hänel, Andreas, Thomas Posch, Salvador J. Ribas, Martin Aubé, Dan Duriscoe, Andreas Jechow, Zoltán Kollath, dkk. “Measuring night sky brightness: methods and challenges.” *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 205 (1 Januari 2018): 278–90. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2017.09.008>.

Harijadi Noor, Laksmiyanti Annake. *Analisis Perubahan Kecerahan Langit Waktu Fajar dengan Sky Quality Meter*. Tesis. Prodi. Astronomi Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung, 2019. <https://repo.science.itb.ac.id/3597/>.

Harvard Health Publishing. “Blue Light has a Dark Side.” Diakses 13 November 2021. <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/blue-light-has-a-dark-side>.

Hassan, A H, dan Yasser A Abdel-Hadi. “Naked Eye Determination of the Dawn at Tubruq of Libya Through Four Years Observations.” *Middle-East Journal of Scientific Research* 23, no. 11 (2015): 2627–32. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2015.23.11.22607>.

Hayati, Muna. “Mengingat Kembali Pemikiran Abdul Mukti Ali: Pendekatan Scientific-Cum-Doctrinaire dan Konsep Agree In Disagreement.” *Jurnal Ilmiah Ilmu Ushuluddin* 16, no. 2 (31 Januari 2018): 161–78. <https://doi.org/10.18592/JIU.V16I2.1720>.

Herdiwijaya, Dhani., R. Satyaningsih, Luthfiandari, H. A. Prastyo, E. P. Arumaningtyas, M. Sulaeman, A. Setiawan, dan Y. Yulianti. “Measurements of sky brightness at Bosscha Observatory, Indonesia.” *Heliyon* 6, no. 8 (1 Agustus 2020). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04635>.

Herdiwijaya, Dhani. “On the beginning of the morning twilight based on sky brightness measurements.” *Journal of Physics: Conference Series* 1523, no. 1 (16 April 2020): 012007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1523/1/012007>.

———. “Penelitian Awal Waktu Shubuh Berdasarkan Sky Quality Meter.” *Musyawah Nasional Tarjih Muhammadiyah XXXI*. 2 Desember 2020.

———. “Sky brightness and twilight measurements at Jogyakarta city,

- Indonesia.” Dalam *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 771. Institute of Physics Publishing, 2016. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/771/1/012033>.
- Hitti, Philip K. “History of the Arabs: from the Earliest Times to the Present.” London: Macmillan Co. Ltd, 1951.
- “Home Page - Light Pollution Science and Technology Institute.” Diakses 22 Maret 2022. <http://www.lightpollution.it/istil/index.html>.
- Ibn Hanbal, Ahmad. *Musnad al-Imam Ahmad ibn Hanbal*. XXII. Beirut: Muassasah al-Risalah, 1998.
- Ibn Majah, Muhammad Ibn Yazid. *As-Sunan Ibn Mājah*. I. Muassasah al-Risalah, t.t.
- Ibn Qudāmah, Abdullah Ibn Ahmad Ibn Muhammad. *Al-Mughny*. II. Riyadh: Dar Alam al-Kutub, 1997.
- Ibn Rajab, Aby al-Farj. *Fath̄ al-Bāry*. IV. Madinah: Dar al-Ghuraba al-Atsariyah, 1996.
- International Astronomical Union. “Polusi Cahaya.” Diakses 6 November 2021. [https://www.iau.org/static/archives/images/pdf/light-pollution-brochure\\_in.pdf](https://www.iau.org/static/archives/images/pdf/light-pollution-brochure_in.pdf).
- International Dark-Sky Association. “LED: Why 3000K or Less.” Diakses 13 November 2021. <https://www.darksky.org/our-work/lighting/lighting-for-citizens/3k/>.
- . “Light Pollution.” Diakses 6 November 2021. <https://www.darksky.org/light-pollution/>.
- . “Light Pollution Effects on Wildlife and Ecosystems.” Diakses 6 November 2021. <https://www.darksky.org/light-pollution/wildlife/>.
- Izzuddin, Ahmad. *Fiqih Hisab Rukyah*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2007.
- Izzudin, Ahmad. *Ilmu Falak Praktis*. Semarang: PT Pustaka Rizki Putra, 2012.
- Jaafar, Norhafzan. “Waktu Subuh lewat 8 menit babitkan seluruh negara - JAKIM,” 2019. <https://www.bharian.com.my/berita/nasional/2019/11/633306/waktu-subuh-lewat-8-minit-babitkan-seluruh-negara-jakim>.

- James, J. F., T. Mukai, T. Watanabe, M. Ishiguro, dan R. Nakamura. "The morphology and brightness of the zodiacal light and gegenschein." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 288, no. 4 (11 Juli 1997): 1022–26. <https://doi.org/10.1093/mnras/288.4.1022>.
- Kamil Ahmed, Ahmed, dan Abdul Halim Abdul Aziz. "Young Moon Visibility Criterion Based on Crescent Illumination and Sky Brightness Contrast Model." *Middle-East Journal of Scientific Research* 21, no. 9 (2014): 1641–57. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2014.21.09.21740>.
- Kemenag RI. "Al-Baqarah - 187 Qur'an Kemenag." Diakses 10 Januari 2021. <https://quran.kemenag.go.id/sura/2/187>.
- Kementerian Wakaf dan Urusan Keislaman Kuwait. *al-Mausu'ah al-Fiqhiyyah*. XXVII. Kuwait: Dar as-Shafwah, 1992.
- Kholilah, Fitri. *Ketampakan Mega Merah di Daerah Polutif dan Daerah Non Polutif dalam Penentuan Awal Waktu Shalat Isya*. Tesis. Prodi. Magister Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2019.
- Khuzaimah, Muhammad Ibn Ishaq Ibn. *Ṣaḥīḥ Ibn Khuzaimah*. I. Al-Maktab al-Islamy, t.t.
- King, Bob. "How to See and Shoot the Zodiacal Light." Diakses 3 Januari 2021. <https://skyandtelescope.org/observing/sec-shoot-zodiacal-light02042105/>.
- Kobi Lighting Studio. "Light pollution types and how it impacts on our living environment." Diakses 22 April 2022. <https://kobistudio.com/light-pollution-types-and-its-environmental-impacts/>.
- "Konferensi Awal Waktu Salat Subuh." Diakses 2 Januari 2021. <http://museumastronomi.com/konferensi-awal-waktu-salat-subuh>.
- LAPAN. "Mengenal Atmosfer." Diakses 4 November 2019. <http://psta.lapan.go.id/index.php/subblog/read/2014/45/Pentingnya-Atmosfer-Bumi/mengenal-atmosfer>.
- Malasan, Hakim L., Moch. Arief Senja, Bambang Hidayat, dan Moedji Raharto. "Economic Imperative versus Efforts for Preserving an



- Astronomical Site.” *Symposium - International Astronomical Union* 196 (2001): 147–50. <https://doi.org/10.1017/s0074180900163995>.
- Manzur, Muhammad Ibn Mukarram Ibn. *Lisan al-Arab*. VII. Beirut: Dar Shad, t.t.
- . *Lisan al-Arab*. VI. Beirut: Dar Shad, t.t.
- Meeus, Jean. *Astronomical Algorithms*. II. Virginia: Willmann-Bell, Inc., 1998.
- Mizon, Bob. *Light Pollution*. London: Springer London, 2002. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0669-2>.
- “MUI: Waktu Salat Subuh Sudah Pas : Okezone Nasional.” Diakses 17 Oktober 2021. <https://nasional.okezone.com/read/2010/03/24/337/315474/mui-waktu-salat-subuh-sudah-pas>.
- Munawwir, Ahmad Warson. *Al-Munawwir: Kamus Arab-Indonesia*. Yogyakarta, 1984.
- Muslim bin Al-Hajjāj, *Ṣaḥīḥ Muslim*. II. Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 1992.
- . *Ṣaḥīḥ Muslim*. I. Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 1992.
- “Nah Lho .... Subuh di Indonesia Kepagian.” Diakses 2 Januari 2021. <https://nasional.okezone.com/read/2010/03/23/337/315327/nah-lho-subuh-di-indonesia-kepagian>.
- Narisada, Kohei, dan Duco Schreuder. *Light Pollution Handbook*. Vol. 322. Astrophysics and Space Science Library. Dordrecht: Springer Netherlands, 2004. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2666-9>.
- Nawawi, Abd. Salam. *Ilmu Falak Praktis*. I. Surabaya: Imtiyaz, 2016.
- Ngadiman, N.F., N. N. M. Shariff, dan Z.S. Hamidi. “Quantification of Evening and Morning Twilight Angle in Malaysia: A Suburban-Rural Areas Comparison.” *International Journal of Advanced Science and Technology* 29, no. 3 (30 Maret 2020): 14995 – 15001–14995 – 15001. <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/32001>.
- Nievas, Miguel, dan Jaime Zamorano. “PySQM the UCM open source

software to read, plot and store data from SQM photometers,” 2014. [http://eprints.ucm.es/25900/1/LICA\\_PySQM\\_v2.pdf](http://eprints.ucm.es/25900/1/LICA_PySQM_v2.pdf).

Noor, Laksmiyanti Annake Harijadi. *Uji Akurasi Hisab Awal Waktu Shalat Shubuh dengan Sky Quality Meter*. Skripsi. Prodi. Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2016. <http://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/6840/>.

Noor, Laksmiyanti Annake Harijadi, dan Fahmi Fatwa Rosyadi Satria Hamdani. “The dawn sky brightness observations in the preliminary shubuh prayer time determination.” *Qudus International Journal of Islamic Studies* 6, no. 1 (1 Februari 2018): 25–37. <https://doi.org/10.21043/qijis.v1i1.2870>.

Pariona, Amber. “15 Largest Peninsulas In The World.” Diakses 17 November 2020. <https://www.worldatlas.com/articles/15-largest-peninsulas-in-the-world.html>.

Prastyo, Hendra Agus. “Analisis dampak polusi cahaya terhadap pemborosan energi listrik di Kota Surabaya menggunakan citra satelit DMSP-OLS dan Virs-DNB / Hendra Agus Prastyo.” Universitas Negeri Malang, 2017. <http://repository.um.ac.id/99950/>.

Priyatikanto, Rhorom. “SQM Measurements at LAPAN Stations.” *LAPAN*, 2019.

Qusthalaani, Imam. *Verifikasi Ketinggian Fajar Sidik (Studi Kasus di Desa Karangasem Kecamatan Sedan Kabupaten Rembang)*. Tesis. Prodi. Magister Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2019.

Raisal, Abu Yazid, Muhammad Hidayat, dan Leo Hermawan. “The Effect of the Installation Angle of the Sky Quality Meter on the Night Sky Brightness and the Beginning of the Fajr Prayer Time.” *Indonesian Review of Physics* 3, no. 2 (2 Januari 2021): 35–39. <https://doi.org/10.12928/IRIP.V3I2.2074>.

Raisal, Abu Yazid, Yudhiakto Pramudya, Okimustava Okimustava, dan Muchlas Muchlas. “Pemanfaatan Metode Moving Average dalam Menentukan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sky Quality Meter (SQM).” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 5, no. 1 (20 Juni 2019): 1–13.

<https://doi.org/10.30596/jam.v5i1.3121>.

- Rajkhowa, Rasna. "Light Pollution and Impact of Light Pollution." *International Journal of Science and Research* 3, no. 10 (2014): 861–67. [www.ijsr.net](http://www.ijsr.net).
- Rakhmadi, Arwin Juli, Hasrian Rudi Setiawan, Dan Abu, dan Yazid Raisal. "Pengukuran Tingkat Polusi Cahaya dan Awal Waktu Subuh di OIF UMSU dengan Menggunakan Sky Quality Meter." *Jurnal Ilmiah Multi Sciences* 12, no. 2 (5 September 2020): 58–65. <https://doi.org/10.30599/jti.v12i2.667>.
- Ramza, Harry, Zamah Sari, Tono Saksono, Mohd Haris Md Khir, Muhammadiyah ProfDrHamka, Jalan Tanah Merdeka No, Kecamatan Kampung Rambutan, dkk. "Towards the Compilation of the Global Twilight Pattern." *Ulum Islamiyyah* 33, no. 1 (25 April 2021): 71–83. <https://doi.org/10.33102/UIJ.VOL33NO1.269>.
- Rclone. "Rclone & Google Drive." Diakses 1 Maret 2020. <https://rclone.org/drive/>.
- Rizqo, Kanavino Ahmad. "ISRN Uhamka Nyatakan Waktu Salat Subuh Indonesia Lebih Awal 26 Menit, MUI Minta Diuji." Diakses 4 Januari 2021. <https://news.detik.com/berita/d-4544931/isrn-uhamka-nyatakan-waktu-salat-subuh-indonesia-lebih-awal-26-menit-mui-minta-diuji>.
- Rochman, Arman Abdul, Dhani Herdiwijaya, dan Hendro Setyanto. "Tingkat Kepercayaan Fitting Polinomial Kurva Gradien Data SQM untuk Menentukan Kemunculan Fajar." *Journal of Multidisciplinary Academic* 3, no. 2 (2019): 27–31.
- Rohmah, Nihayatur. *Pengaruh Atmosfer terhadap Ketampakan Fajar Shadiq (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)*. Disertasi. Semarang: Pascasarjana Institut Agama Islam Negeri Walisongo, 2014.
- . "The Effect of atmospheric humidity level to the determination of Islamic Fajr/morning prayer time and twilight appearance." Dalam *Journal of Physics: Conference Series*, 771:012048, 2016. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/771/1/012048>.
- Rozenberg, Georgii Vladimirovich. *Twilight*. Boston, MA: Springer US,

1966. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-6353-6>.

Rusli, Rusli, Niswatul Kariimah, dan Mahfudz Mahfudz. “Determination Dawn of Shadiq in Masalembu Island by Using Image Processing Sobel Edge Detection Technique.” *International Conference on Law, Technology, Spirituality and Society (ICOLESS)* 1 (30 September 2021): 57–66. <http://conferences.uin-malang.ac.id/index.php/ICOLESS/article/view/1386>.

Sabiq, Sayyid. *Fiqh al-Sunnah*. I. Beirut: Dar al-Kitab al-‘Araby, t.t.

Saksono, Tono. *Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya Perspektif Sains, Teknologi, dan Syariah*. Jakarta: UHAMKA Press & LPP UHAMKA, 2017.

———. “Fajar dengan polusi cahaya waning gibous 70% i.” Diakses 22 Maret 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=v7U3GXH5c0s>.

———. “Fajar di hari dengan polusi cahaya tertinggi.” Diakses 22 Maret 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=OLRv0jM-244>.

———. “Fajar Di Hari Dengan Polusi Cahaya Tertinggi.” Diakses 10 Oktober 2020. <https://www.saksono.org/2020/08/fajar-di-hari-dengan-polusi-cahaya.html>.

———. “Fajar di hari dengan polusi cahaya tertinggi - YouTube.” Diakses 6 Januari 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=OLRv0jM-244>.

———. “Korelasi antara Polusi dan Kehadiran Fajar.” Diakses 3 April 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=WFAkIMf5LF4&t=3s>.

———. “Korelasi antara polusi dengan kehadiran fajar.” Diakses 15 November 2020. <https://www.saksono.org/2018/08/korelasi-antara-polusi-dengan-kehadiran.html>.

———. “Mendung dan polusi udara tidak menghambat kehadiran fajar.” Diakses 15 November 2020. <https://www.saksono.org/2020/02/mendung-dan-polusi-udara-tidak.html>.

———. “Mendung tebal tidak menghambat kehadiran fajar - YouTube.” Diakses 9 Januari 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=bOH4hHjTS14&t=318s>.

- . “Polusi cahaya tidak menghambat kehadiran fajar.” Diakses 22 Maret 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=VnOoUQGbuDY>.
- . “Polusi cahaya tidak menghambat kehadiran fajar.” Diakses 15 November 2020. <https://www.saksono.org/2020/02/polusi-cahaya-tidak-menghambat.html>.
- . “Sekali lagi: polusi tidak dapat menahan kehadiran fajar.” Diakses 15 November 2020. <https://www.saksono.org/2020/07/sekali-lagi-polusi-tidak-dapat-menahan.html>.
- Saksono, Tono, dan Mohamad Ali Fulazzaky. “Predicting the accurate period of true dawn using a third-degree polynomial model.” *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics* 9, no. 1 (1 Januari 2020): 238–44. <https://doi.org/10.1080/20909977.2020.1738106>.
- Santoso, Singgih. *Panduan Lengkap SPSS Versi 20*. Revisi. Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2014.
- Schnitt, Sabrina, Thomas Ruhtz, Jürgen Fischer, Franz Hölker, dan Christopher C.M. Kyba. “Temperature stability of the Sky Quality Meter.” *Sensors (Switzerland)* 13, no. 9 (11 September 2013): 12166–74. <https://doi.org/10.3390/s130912166>.
- Schuerman†, D. W., dan J L Weinberg. “Zodiacal Light: A Probe of the Properties and Evolution of Interplanetary Dust.” *Highlights of Astronomy* 6 (30 Maret 1983): 421–25. <https://doi.org/10.1017/S1539299600005426>.
- Semeida, M.A., dan A.H. Hassan. “Pseudo dawn and true dawn observations by naked eye in Egypt.” *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences* 7, no. 3 (1 September 2018): 286–90. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2018.03.005>.
- Setyanto, Hendro, Hendra Agus Prastyo, dan M Basthoni. “Analisis Tipologi Kurva Cahaya Senja-Fajar.” Dalam *Seminar Nasional “Peran Ilmu Falak dalam Menghadapi Revolusi Industri 4.0.”* Semarang: Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2020.
- Shariff, Nur Nafhatun Mohd, Amran Muhammad, dan Zety Sharizat Hamidi. “An Investigation of Isha’ Prayer Time: Detectors

Comparison Between Human Eyes and Electronic Device From Islamic and Scientific Considerations.” Dalam *National Academic Conference (ENRICH 2011)*. Kelantan: Universiti Teknologi MARA Kelantan, 2011.  
<https://www.researchgate.net/publication/236644615>.

Shariff, Nur Nafhatun Mohd, Amran Muhammad, Mohd Zambri Zainuddin, dan Zety Sharizat Hamidi. “The Application of Sky Quality Meter at Twilight for Islamic Prayer Time.” *International Journal of Applied Physics and Mathematics* 2, no. 3 (2012): 143–45. <https://doi.org/10.7763/IJAPM.2012.V2.71>.

“Sky Quality Meter - FAQ.” Diakses 6 Juni 2019.  
<http://www.unihedron.com/projects/darksky/faq.php>.

Starlight Theatre. “What is Light Pollution?” Diakses 22 April 2022.  
<http://www.starlight-theatre.ca/LT-POLLUTION.HTM>.

Stevanus, Daniel Yosua. “Peluang Pemanfaatan Lampu LED Sebagai Lampu Penerangan Yang Hemat Energi.” Universitas Indonesia, 2012.

Sugiyono. *Metode Penelitian Kualitatif*. 3 ed. Bandung: Alfabeta, 2018.

———. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan Kombinasi (Mixed Methods)*. Bandung: Alfabeta, 2018.

———. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Bandung: Alfabeta, 2018.

———. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Bandung: Alfabeta, 2006.

———. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta, 2019.

Sulaiman, Muqātil ibn. *Tafsīr Muqātil ibn Sulaiman*. I. Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 2002.

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

Syams al-Haq, Muhammad. *’Aun al-Ma’bud*. VI. Madinah: Maktabah as-Salafiyah, 1968.

Taymiyah, Ahmad Abd al-Halim Ibn. *Kitab as-Shiyam min Syarkh al-Umdah*. Dar al-Anshary, 1996.

The Astronomical League. “2013 Leslie Peltier Award: John E. Bortle.”

Diakses 9 November 2020.  
<https://www.astroleague.org/peltier/2013-peltier-award-john-e-bortle>.

The Raspberry Pi Foundation. “Raspbian.” Diakses 6 Maret 2020.  
<https://www.raspberrypi.org/documentation/raspbian/>.

ThomasJl. “Wireless All Sky Camera.” Diakses 1 Agustus 2020.  
<https://www.instructables.com/Wireless-All-Sky-Camera/>.

Unihedron. “SQM-LU-DL Operator’s Manual.” Diakses 5 Maret 2020.  
[http://unihedron.com/projects/darksky/cd/SQM-LU-DL/SQM-LU-DL\\_Users\\_manual.pdf](http://unihedron.com/projects/darksky/cd/SQM-LU-DL/SQM-LU-DL_Users_manual.pdf).

———. “SQM comparison.” Diakses 18 November 2021.  
<http://unihedron.com/projects/darksky/comparison/>.

———. “Unihedron SQM-LU-DL Operator’s Manual - 20200308,” 2020.  
[http://unihedron.com/projects/darksky/cd/SQM-LU-DL/SQM-LU-DL\\_Users\\_manual.pdf](http://unihedron.com/projects/darksky/cd/SQM-LU-DL/SQM-LU-DL_Users_manual.pdf).

Unihedron. “Sky Quality Meter-LU-DL.” Diakses 18 November 2021.  
<http://unihedron.com/projects/sqm-lu-dl/>.

Universidad Complutense de Madrid. “PySQM.” Diakses 10 Februari 2020. <https://guaix.fis.ucm.es/PySQM>.

Uppgren, Arthur R. “The Measure of Light Pollution and the Populations of Cities.” *International Astronomical Union Colloquium* 112 (1991): 79–84. <https://doi.org/10.1017/s0252921100003754>.

US Department of Commerce, NOAA, National Weather Service. “Definitions of Twilight.” Diakses 24 Oktober 2021.  
<https://www.weather.gov/fsd/twilight>.

West Lothian Council. *Controlling light pollution and reducing lighting energy consumption*. United Kingdom, t.t.

Winarso, Widodo. “Scientific cum Doctriner Approach: A Collaborative Perspective in Islamic Studies.” *SSRN Electronic Journal*, 12 Juli 2017. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3000969>.

**Lampiran 1 : Tabel Nilai-Nilai  $r$  Product Moment**

N	$df = N - 2$	Tarf Signifikan		N	$df = N - 2$	Tarf Signifikan		N	$df = N - 2$	Tarf Signifikan	
		5%	1%			5%	1%			5%	1%
3	1	0,9969	0,9999	31	29	0,3550	0,4556	59	57	0,2564	0,3328
4	2	0,9500	0,9900	32	30	0,3494	0,4487	60	58	0,2542	0,3301
5	3	0,8783	0,9587	33	31	0,3440	0,4421	61	59	0,2521	0,3274
6	4	0,8114	0,9172	34	32	0,3388	0,4357	62	60	0,2500	0,3248
7	5	0,7545	0,8745	35	33	0,3338	0,4296	63	61	0,2480	0,3223
8	6	0,7067	0,8343	36	34	0,3291	0,4238	64	62	0,2461	0,3198
9	7	0,6664	0,7977	37	35	0,3246	0,4182	65	63	0,2441	0,3173
10	8	0,6319	0,7646	38	36	0,3202	0,4128	66	64	0,2423	0,3150
11	9	0,6021	0,7348	39	37	0,3160	0,4076	67	65	0,2404	0,3126
12	10	0,5760	0,7079	40	38	0,3120	0,4026	68	66	0,2387	0,3104
13	11	0,5529	0,6835	41	39	0,3081	0,3978	69	67	0,2369	0,3081
14	12	0,5324	0,6614	42	40	0,3044	0,3932	70	68	0,2352	0,3060
15	13	0,5140	0,6411	43	41	0,3008	0,3887	71	69	0,2335	0,3038
16	14	0,4973	0,6226	44	42	0,2973	0,3843	72	70	0,2319	0,3017
17	15	0,4821	0,6055	45	43	0,2940	0,3801	73	71	0,2303	0,2997
18	16	0,4683	0,5897	46	44	0,2907	0,3761	74	72	0,2287	0,2977
19	17	0,4555	0,5751	47	45	0,2876	0,3721	75	73	0,2272	0,2957
20	18	0,4438	0,5614	48	46	0,2845	0,3683	76	74	0,2257	0,2938
21	19	0,4329	0,5487	49	47	0,2816	0,3646	77	75	0,2242	0,2919
22	20	0,4227	0,5368	50	48	0,2787	0,3610	78	76	0,2227	0,2900
23	21	0,4132	0,5256	51	49	0,2759	0,3575	79	77	0,2213	0,2882
24	22	0,4044	0,5151	52	50	0,2732	0,3542	80	78	0,2199	0,2864
25	23	0,3961	0,5052	53	51	0,2706	0,3509	81	79	0,2185	0,2847
26	24	0,3882	0,4958	54	52	0,2681	0,3477	82	80	0,2172	0,2830
27	25	0,3809	0,4869	55	53	0,2656	0,3445	83	81	0,2159	0,2813
28	26	0,3739	0,4785	56	54	0,2632	0,3415	84	82	0,2146	0,2796
29	27	0,3673	0,4705	57	55	0,2609	0,3385	85	83	0,2133	0,2780
30	28	0,3610	0,4629	58	56	0,2586	0,3357	86	84	0,2120	0,2764



N	$\bar{d} = N - 2$	Taraf Signifikan		N	$\bar{d} = N - 2$	Taraf Signifikan		N	$\bar{d} = N - 2$	Taraf Signifikan	
		5%	1%			5%	1%			5%	1%
87	85	0,2108	0,2748	115	113	0,1832	0,2393	143	141	0,1642	0,2148
88	86	0,2096	0,2732	116	114	0,1824	0,2383	144	142	0,1637	0,2140
89	87	0,2084	0,2717	117	115	0,1816	0,2373	145	143	0,1631	0,2133
90	88	0,2072	0,2702	118	116	0,1809	0,2363	146	144	0,1625	0,2126
91	89	0,2061	0,2687	119	117	0,1801	0,2353	147	145	0,1620	0,2118
92	90	0,2050	0,2673	120	118	0,1793	0,2343	148	146	0,1614	0,2111
93	91	0,2039	0,2659	121	119	0,1786	0,2333	149	147	0,1609	0,2104
94	92	0,2028	0,2645	122	120	0,1779	0,2324	150	148	0,1603	0,2097
95	93	0,2017	0,2631	123	121	0,1771	0,2315	151	149	0,1598	0,2090
96	94	0,2006	0,2617	124	122	0,1764	0,2305	152	150	0,1593	0,2083
97	95	0,1996	0,2604	125	123	0,1757	0,2296	153	151	0,1587	0,2077
98	96	0,1986	0,2591	126	124	0,1750	0,2287	154	152	0,1582	0,2070
99	97	0,1975	0,2578	127	125	0,1743	0,2278	155	153	0,1577	0,2063
100	98	0,1966	0,2565	128	126	0,1736	0,2269	156	154	0,1572	0,2057
101	99	0,1956	0,2552	129	127	0,1729	0,2260	157	155	0,1567	0,2050
102	100	0,1946	0,2540	130	128	0,1723	0,2252	158	156	0,1562	0,2044
103	101	0,1937	0,2528	131	129	0,1716	0,2243	159	157	0,1557	0,2037
104	102	0,1927	0,2515	132	130	0,1710	0,2235	160	158	0,1552	0,2031
105	103	0,1918	0,2504	133	131	0,1703	0,2226	161	159	0,1547	0,2025
106	104	0,1909	0,2492	134	132	0,1697	0,2218	162	160	0,1543	0,2019
107	105	0,1900	0,2480	135	133	0,1690	0,2210	163	161	0,1538	0,2012
108	106	0,1891	0,2469	136	134	0,1684	0,2202	164	162	0,1533	0,2006
109	107	0,1882	0,2458	137	135	0,1678	0,2194	165	163	0,1528	0,2000
110	108	0,1874	0,2446	138	136	0,1672	0,2186	166	164	0,1524	0,1994
111	109	0,1865	0,2436	139	137	0,1666	0,2178	167	165	0,1519	0,1988
112	110	0,1857	0,2425	140	138	0,1660	0,2170	168	166	0,1515	0,1982
113	111	0,1848	0,2414	141	139	0,1654	0,2163	169	167	0,1510	0,1976
114	112	0,1840	0,2403	142	140	0,1648	0,2155	170	168	0,1506	0,1971

N	$\frac{N-1}{2}$	Taraf Signifikan		N	$\frac{N-1}{2}$	Taraf Signifikan		N	$\frac{N-1}{2}$	Taraf Signifikan	
		5%	1%			5%	1%			5%	1%
171	169	0,1501	0,1965	199	197	0,1391	0,1822	227	225	0,1303	0,1707
172	170	0,1497	0,1959	200	198	0,1388	0,1818	228	226	0,1300	0,1703
173	171	0,1493	0,1954	201	199	0,1384	0,1813	229	227	0,1297	0,1699
174	172	0,1488	0,1948	202	200	0,1381	0,1809	230	228	0,1294	0,1695
175	173	0,1484	0,1942	203	201	0,1378	0,1804	231	229	0,1291	0,1692
176	174	0,1480	0,1937	204	202	0,1374	0,1800	232	230	0,1288	0,1688
177	175	0,1476	0,1932	205	203	0,1371	0,1795	233	231	0,1286	0,1684
178	176	0,1471	0,1926	206	204	0,1367	0,1791	234	232	0,1283	0,1681
179	177	0,1467	0,1921	207	205	0,1364	0,1787	235	233	0,1280	0,1677
180	178	0,1463	0,1915	208	206	0,1361	0,1782	236	234	0,1277	0,1674
181	179	0,1459	0,1910	209	207	0,1358	0,1778	237	235	0,1275	0,1670
182	180	0,1455	0,1905	210	208	0,1354	0,1774	238	236	0,1272	0,1667
183	181	0,1451	0,1900	211	209	0,1351	0,1770	239	237	0,1269	0,1663
184	182	0,1447	0,1895	212	210	0,1348	0,1766	240	238	0,1267	0,1660
185	183	0,1443	0,1890	213	211	0,1345	0,1761	241	239	0,1264	0,1656
186	184	0,1439	0,1884	214	212	0,1342	0,1757	242	240	0,1261	0,1653
187	185	0,1435	0,1879	215	213	0,1338	0,1753	243	241	0,1259	0,1650
188	186	0,1432	0,1874	216	214	0,1335	0,1749	244	242	0,1256	0,1646
189	187	0,1428	0,1869	217	215	0,1332	0,1745	245	243	0,1254	0,1643
190	188	0,1424	0,1865	218	216	0,1329	0,1741	246	244	0,1251	0,1640
191	189	0,1420	0,1860	219	217	0,1326	0,1737	247	245	0,1249	0,1636
192	190	0,1417	0,1855	220	218	0,1323	0,1733	248	246	0,1246	0,1633
193	191	0,1413	0,1850	221	219	0,1320	0,1729	249	247	0,1244	0,1630
194	192	0,1409	0,1845	222	220	0,1317	0,1726	250	248	0,1241	0,1626
195	193	0,1406	0,1841	223	221	0,1314	0,1722	251	249	0,1239	0,1623
196	194	0,1402	0,1836	224	222	0,1311	0,1718	252	250	0,1236	0,1620
197	195	0,1398	0,1831	225	223	0,1308	0,1714	253	251	0,1234	0,1617
198	196	0,1395	0,1827	226	224	0,1305	0,1710	254	252	0,1231	0,1614

## Lampiran 2 : Analisis data pengamatan di daerah gelap

### a. Banyuwangi Jawa Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	24-08-2020	27	9:48	22:26	21,21	21,45	-20	CERAH
2	25-08-2020	38	10:38	23:22	21,18	21,48	-20	CERAH
3	26-08-2020	49	11:30	23:55	21,15	21,37	-20	CERAH
4	27-08-2020	60	12:24	0:19	21,2	21,4	-19,4	CERAH
5	28-08-2020	71	13:20	1:17	21,22	21,3	-19,6	CERAH
6	29-08-2020	80	14:16	2:14	21,33	21,41	-20	CERAH
7	31-08-2020	93	16:03	3:59	21,21	21,24	-18,9	CERAH
8	01-09-2020	97	16:53	4:46	19,67	19,7	-15,5	CERAH
9	02-09-2020	99	17:40	5:30	18,73	18,75	-14,87	CERAH
10	03-09-2020	99	18:26	6:12	18,11	18,14	-15,3	CERAH
11	04-09-2020	97	19:09	6:51	18,38	18,52	-15,5	CERAH
12	05-09-2020	94	19:52	7:29	18,89	19	-17,2	CERAH
13	06-09-2020	88	20:36	8:07	19,14	19,25	-18	CERAH
14	07-09-2020	82	21:20	8:46	19,03	19,07	-16,4	CERAH
15	08-09-2020	74	22:06	9:26	19,44	19,46	-16,9	CERAH
16	09-09-2020	66	22:55	10:09	19,74	19,76	-16,6	CERAH
17	10-09-2020	56	23:46	10:55	19,9	19,93	-17,3	CERAH
18	11-09-2020	47	0:01	11:45	20,08	20,09	-17,9	CERAH
19	12-09-2020	37	0:39	12:39	20,22	20,24	-18,4	CERAH
20	13-09-2020	27	1:34	13:35	20,28	20,32	-18,1	CERAH
21	14-09-2020	18	2:30	14:33	20,41	20,47	-17,8	CERAH
22	15-09-2020	10	3:24	15:31	20,79	21,41	-18,39	CERAH
23	16-09-2020	4	4:18	16:29	21,35	21,43	-19,57	CERAH
24	17-09-2020	1	5:09	17:26	21,27	21,55	-20,1	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
25	18-09-2020	0	6:00	18:23	21,24	21,37	-19,8	CERAH
26	19-09-2020	2	6:49	19:19	21,26	21,34	-19,4	CERAH
27	20-09-2020	7	7:39	20:16	21,21	21,42	-20	CERAH
28	21-09-2020	15	8:31	21:14	21,44	21,53	-20,36	CERAH
29	22-09-2020	24	9:24	22:13	21,32	21,45	-17,73	MENDUNG
30	23-09-2020	35	10:19	23:12	21,21	21,44	-20	CERAH
31	24-09-2020	46	11:15	23:55	21,26	21,47	-20	CERAH
32	25-09-2020	56	12:12	0:09	21,32	21,58	-20	CERAH
33	29-09-2020	90	15:38	3:29	21,26	21,3	-20	CERAH
34	30-09-2020	95	16:23	4:11	20,53	20,55	-16,44	CERAH
35	01-10-2020	98	17:07	4:50	18,96	18,99	-15,9	CERAH
36	02-10-2020	99	17:50	5:28	18,3	18,33	-15,5	CERAH
37	03-10-2020	99	18:33	6:06	18,43	18,5	-16,4	CERAH
38	05-10-2020	92	20:02	7:35	18,84	18,9	-13,41	MENDUNG
39	06-10-2020	87	20:50	8:17	19,02	19,06	-16,35	CERAH
40	07-10-2020	80	21:00	8:51	19,5	19,51	-17,28	CERAH
41	08-10-2020	72	21:45	9:38	19,22	19,31	-15,79	CERAH
42	09-10-2020	63	22:40	10:29	19,51	19,52	-15,9	CERAH
43	10-10-2020	53	23:30	11:55	19,61	19,67	-15	MENDUNG
44	11-10-2020	43	0:25	12:19	19,82	19,85	-17,76	CERAH
45	12-10-2020	32	1:10	13:15	19,95	20,03	-16,56	CERAH
46	13-10-2020	22	1:55	14:12	19,89	19,97	-17,01	CERAH
47	14-10-2020	13	2:50	15:08	20,19	21,5	-16,95	MENDUNG
48	15-10-2020	6	3:35	16:04	21	21,24	-19	CERAH
49	16-10-2020	2	4:30	17:01	21,15	21,29	-19,89	CERAH
50	17-10-2020	0	5:20	17:59	21,25	21,39	-20	CERAH
51	18-10-2020	1	6:07	18:58	21,11	21,33	-18,79	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
52	19-10-2020	5	6:55	19:59	20,57	20,62	-16,05	MENDUNG
53	20-10-2020	12	7:56	21:00	20,61	20,86	-15,18	MENDUNG
54	21-10-2020	20	9:05	22:01	20,6	20,76	-20	CERAH
55	22-10-2020	30	10:04	22:00	20,18	20,24	-19,63	MENDUNG
56	23-10-2020	41	11:01	22:55	20,99	21,14	-20	CERAH
57	24-10-2020	51	11:56	23:45	20,85	21,07	-19,05	CERAH
58	25-10-2020	61	12:47	0:40	20,63	20,86	-17,86	MENDUNG
59	26-10-2020	71	13:36	1:25	20,59	20,89	-17,56	MENDUNG
60	23-08-2020	81	8:59	21:31	21,08	21,15	-17,43	MENDUNG

b. Pulau Masalembu Sumenep Jawa Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	16-09-2020	2,7	4:08	16:23	21,88	22,08	-17,05	MENDUNG
2	17-09-2020	0,3	5:01	17:19	21,59	21,76	-20,13	CERAH
3	18-09-2020	1	5:52	18:15	22,03	22,15	-18,73	MENDUNG
4	19-09-2020	5	6:42	19:11	22,37	22,39	-19,96	CERAH
5	20-09-2020	11,8	7:33	20:07	22,19	22,33	-17,53	MENDUNG
6	21-09-2020	20,8	8:25	21:04	21,85	22,19	-19,39	CERAH
7	22-09-2020	31,4	9:19	22:03	21,37	21,52	-20,02	CERAH
8	23-09-2020	42,7	10:14	23:01	21,41	21,56	-19,96	CERAH
9	24-09-2020	54	11:11	23:59	22	22,03	-17,14	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
10	25-09-2020	64,8	12:07	0:05	21,66	21,95	-16,96	MENDUNG

c. Pulau Bawean Kab. Gresik Jawa Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	05-09-2019	42,4	10:21	23:02	21,54	21,89	-15,92	MENDUNG
2	06-09-2019	53,3	11:12	23:55	22,34	22,36	-17,25	MENDUNG
3	07-09-2019	63,8	12:03	0:05	22,11	22,12	-19,58	MENDUNG
4	08-09-2019	73,3	12:55	0:48	22,07	22,08	-18,69	CERAH
5	09-09-2019	81,7	13:46	1:39	21,57	21,79	-19,68	CERAH
6	12-02-2020	91	20:42	8:12	18,11	18,32	-15,45	CERAH
7	13-02-2020	82,7	21:31	9:07	18,68	18,7	-15,99	CERAH
8	15-02-2020	61,5	23:10	10:54	18,93	18,95	-16,24	CERAH

d. Bukit Timau Nusa Tenggara Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	19-07-2018	45,5	11:10	23:37	22,38	22,52	-19,24	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
2	23-07-2018	83,9	14:05	2:06	22,13	22,17	-18,77	CERAH
3	24-07-2018	90,5	14:52	2:55	22,15	22,17	-19,8	CERAH

e. Agam Sumatera Barat

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	01-03-2019	25,7	2:13	14:36	20,22	20,81	-11,92	MENDUNG
2	02-03-2019	17,6	3:01	15:25	20,92	21,11	-14,84	CERAH
3	04-03-2019	5,6	4:37	16:59	21,07	21,44	-13,74	MENDUNG
4	05-03-2019	2	5:22	17:44	22,04	22,11	-17,43	CERAH
5	06-03-2019	0,3	6:06	18:27	21,67	21,95	-16,89	MENDUNG
6	08-03-2019	2,6	7:32	19:52	22,05	22,09	-16,04	MENDUNG
7	11-03-2019	20,1	9:42	22:04	21,35	21,75	-14,24	MENDUNG
8	12-03-2019	29,2	10:30	22:53	21,64	21,75	-17	MENDUNG
9	13-03-2019	39,5	11:20	23:44	21,87	22,06	-15,45	MENDUNG
10	14-03-2019	50,6	12:13	0:16	21,88	21,9	-17,35	CERAH
11	15-03-2019	62	13:10	0:39	21,98	22,02	-19,02	CERAH
12	16-03-2019	73,1	14:08	1:37	21,98	22,01	-18,7	CERAH
13	17-03-2019	83,2	15:08	2:36	21,91	21,95	-19,64	CERAH
14	18-03-2019	91,4	16:08	3:36	20,97	20,98	-16,07	MENDUNG
15	19-03-2019	97	17:06	4:35	21,01	21,03	-14,23	MENDUNG
16	20-03-2019	98	18:02	5:32	19,14	19,17	-10,9	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
17	21-03-2019	99,7	18:56	6:27	17,47	17,82	-11,29	MENDUNG
18	22-03-2019	99,1	19:48	7:21	18,05	18,11	-11,49	MENDUNG
19	23-03-2019	95,6	20:40	8:13	18,03	18,17	-11,17	MENDUNG
20	24-03-2019	89,5	21:32	9:05	16,91	17,03	-10,94	MENDUNG
21	25-03-2019	81,6	22:23	9:57	17,14	17,98	-10,51	MENDUNG
22	26-03-2019	72,3	23:14	10:48	17,39	18,58	-10,16	MENDUNG
23	27-03-2019	62,3	23:37	11:40	18,69	19,99	-12,57	MENDUNG
24	28-03-2019	52,1	0:06	12:31	19,35	19,87	-13,97	MENDUNG
25	29-03-2019	42,1	0:56	13:21	19,85	20,53	-12,88	MENDUNG
26	30-03-2019	32,6	1:45	14:09	20,3	20,38	-14,83	MENDUNG
27	01-04-2019	16,1	3:19	15:41	21,23	21,32	-15,67	CERAH
28	02-04-2019	9,6	4:04	16:25	21,32	21,51	-15,59	CERAH
29	03-04-2019	4,7	4:47	17:08	21,74	21,75	-18,49	MENDUNG
30	04-04-2019	1,5	5:30	17:50	20,97	21,13	-14,71	MENDUNG
31	05-04-2019	0,2	6:12	18:33	21,19	21,9	-15,25	MENDUNG
32	06-04-2019	1	6:56	19:17	21,32	21,63	-16,27	MENDUNG
33	07-04-2019	3,9	7:40	20:02	21,68	21,79	-16,65	MENDUNG
34	08-04-2019	8,9	8:27	20:50	21,55	21,85	-14,79	MENDUNG
35	09-04-2019	16	9:17	21:41	21,5	21,63	-15,72	MENDUNG
36	10-04-2019	24,8	10:09	22:34	21,53	21,56	-17,82	MENDUNG
37	11-04-2019	35,1	11:04	23:31	21,13	21,33	-15,72	MENDUNG
38	12-04-2019	56,5	12:01	23:54	21,22	21,32	-14,67	MENDUNG
39	13-04-2019	58,2	12:59	0:28	21,6	21,73	-19	MENDUNG
40	14-04-2019	69,7	13:57	1:26	20,95	21,45	-16,46	MENDUNG
41	15-04-2019	80,1	14:54	2:24	21,58	21,66	-15,37	MENDUNG
42	16-04-2019	88,9	15:48	3:19	21,28	21,35	-17,47	MENDUNG
43	17-04-2019	95,3	16:42	4:14	21,48	21,53	-15,57	MENDUNG



NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
44	18-04-2019	99	17:34	5:06	18,76	18,87	-11,25	MENDUNG
45	19-04-2019	100	18:26	5:58	18,14	18,24	-11,41	MENDUNG
46	20-04-2019	99,7	19:17	6:50	17,61	17,96	-11,06	MENDUNG
47	21-04-2019	97,6	20:10	7:43	18,29	20	-10,32	MENDUNG
48	22-04-2019	93	21:02	8:35	18,18	18,28	-11,64	MENDUNG
49	23-04-2019	86,4	21:55	9:28	17,73	18,38	-15,99	MENDUNG
50	24-04-2019	78,3	22:47	10:21	18,23	18,59	-11,95	MENDUNG
51	26-04-2019	59,5	0:04	12:03	19,06	19,42	-12,69	MENDUNG
52	27-04-2019	49,6	0:27	12:51	19,19	19,67	-11,91	MENDUNG
53	28-04-2019	39,9	1:14	13:37	20,15	20,63	-14,05	MENDUNG
54	29-04-2019	30,6	1:59	14:21	21,05	21,08	-15,72	MENDUNG
55	01-05-2019	14,5	3:26	15:46	21,5	21,65	-16,94	CERAH
56	02-05-2019	8,2	4:08	16:29	20,83	21,55	-14,24	MENDUNG
57	03-05-2019	3,5	4:51	17:12	21,48	21,86	-15,81	MENDUNG
58	04-05-2019	0,8	5:36	17:58	21,37	21,83	-16,01	MENDUNG
59	05-05-2019	0,2	6:22	18:45	21,4	21,83	-16,01	MENDUNG
60	06-05-2019	2,1	7:12	19:36	21,59	21,6	-18,63	CERAH
61	07-05-2019	6,3	8:04	20:30	21,25	21,66	-15,21	MENDUNG
62	08-05-2019	12,9	8:59	21:26	21,6	21,63	-16,37	MENDUNG
63	09-05-2019	21,6	9:57	22:24	20,59	20,98	-13,55	MENDUNG
64	10-05-2019	32	10:55	23:22	21,71	21,77	-16,53	MENDUNG
65	11-05-2019	43,4	11:53	23:45	21,63	21,7	-16,5	MENDUNG
66	12-05-2019	55,3	12:49	0:19	21,22	21,23	-15,08	MENDUNG
67	13-05-2019	66,9	13:43	1:14	21,78	21,81	-17,86	MENDUNG
68	14-05-2019	77,6	14:35	2:07	21,17	21,32	-14,78	MENDUNG
69	15-05-2019	86,7	15:25	2:59	21,59	21,6	-17,34	CERAH
70	16-05-2019	93,6	16:16	3:49	20,91	20,99	-16,57	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
71	17-05-2019	98	17:06	4:40	20,29	20,33	-14,44	MENDUNG
72	18-05-2019	100	17:57	5:31	19,04	19,14	-10,68	MENDUNG
73	19-05-2019	99,8	18:50	6:23	19,56	19,59	-11,45	MENDUNG
74	20-05-2019	99	19:43	7:16	17,81	18,04	-11,55	MENDUNG
75	21-05-2019	95,8	20:36	8:09	17,86	17,89	-12,51	CERAH
76	22-05-2019	90,6	21:28	9:02	17,81	17,86	-11,08	MENDUNG
77	23-05-2019	83,7	22:19	9:53	17,48	17,51	-10,81	MENDUNG
78	24-05-2019	75,5	23:07	10:43	17,51	17,73	-12,05	MENDUNG
79	25-05-2019	66,5	23:54	11:31	19,51	20,04	-15,24	MENDUNG
80	26-05-2019	57	0:15	12:16	18,84	19,4	-12,85	MENDUNG
81	27-05-2019	47,3	0:38	12:59	20,49	20,9	-15,88	MENDUNG
82	28-05-2019	37,6	1:21	13:42	20,88	21,23	-14,71	MENDUNG
83	29-05-2019	28,3	2:03	14:24	20,87	21,13	-14,21	MENDUNG
84	30-05-2019	19,7	2:46	15:06	21,22	21,83	-15,21	MENDUNG
85	01-06-2019	6,1	4:15	16:37	21,37	21,38	-15,45	MENDUNG
86	02-06-2019	2	5:03	17:27	20,8	20,85	-15,5	MENDUNG
87	04-06-2019	0,9	6:50	19:17	20,53	20,64	-13,92	MENDUNG
88	05-06-2019	4,4	7:48	20:16	21,5	21,53	-15,54	MENDUNG
89	07-06-2019	19,2	9:47	22:14	21,78	21,9	-15,35	MENDUNG
90	08-06-2019	29,5	10:45	23:11	21,08	21,14	-14,03	MENDUNG
91	09-06-2019	41	11:40	23:34	22,02	22,04	-17,02	CERAH
92	10-06-2019	52,9	12:32	0:04	21,91	22,01	-18,88	CERAH
93	12-06-2019	75,2	14:12	1:46	21,08	21,18	-15,05	MENDUNG
94	13-06-2019	84,4	15:01	2:35	21,89	21,99	-15,76	MENDUNG
95	14-06-2019	91,7	15:50	3:25	21,71	22,02	-14,43	MENDUNG
96	15-06-2019	96,8	16:41	4:15	21,67	21,72	-14,48	MENDUNG
97	16-06-2019	99,5	17:33	5:06	19,63	19,65	-12,45	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
98	17-06-2019	100	18:26	5:59	18,35	18,65	-9,32	MENDUNG
99	18-06-2019	99,8	19:18	6:52	17,93	18,08	-10,48	MENDUNG
100	19-06-2019	97,9	20:10	7:44	17,78	19,6	-10,71	MENDUNG
101	20-06-2019	94	21:00	8:35	18	18,5	-9,18	MENDUNG
102	21-06-2019	88,4	21:47	9:24	17,66	18,26	-10,38	MENDUNG
103	22-06-2019	81,3	22:33	10:10	18	19,48	-10,81	MENDUNG
104	23-06-2019	73	23:16	10:54	15,96	19,38	-8,75	MENDUNG
105	24-06-2019	64	23:58	11:37	16,89	20,1	-10,45	MENDUNG
106	28-06-2019	25	2:06	14:28	21,14	21,87	-15,84	MENDUNG
107	29-06-2019	16,5	2:53	15:15	21,9	21,95	-17,11	MENDUNG
108	01-07-2019	3,6	4:36	17:02	21,76	22	-16,51	MENDUNG
109	02-07-2019	0,5	5:33	18:01	21,8	21,91	-15,2	MENDUNG
110	03-07-2019	0,3	6:34	19:02	21,79	21,97	-16,61	MENDUNG
111	04-07-2019	3,1	7:35	20:03	21,54	21,72	-15,04	MENDUNG
112	05-07-2019	8,8	8:35	21:03	21,82	22,03	-15,55	MENDUNG
113	06-07-2019	17,1	9:33	21:59	21,52	21,89	-16,05	MENDUNG
114	07-07-2019	27,3	10:28	22:52	21,49	21,56	-16,11	MENDUNG
115	08-07-2019	38,6	11:20	23:44	22,02	22,05	-18	MENDUNG
116	09-07-2019	50,3	12:10	0:10	22,14	22,16	-17,58	CERAH
117	10-07-2019	61,8	12:59	0:33	22,04	22,08	-19,23	CERAH
118	11-07-2019	72,4	13:48	1:22	22,1	22,16	-18,81	CERAH
119	12-07-2019	81,7	14:37	2:12	22,12	22,16	-18,84	CERAH
120	13-07-2019	89,3	15:28	3:02	21,89	21,96	-16,14	MENDUNG
121	14-07-2019	95	16:20	3:53	21,39	21,5	-13,61	MENDUNG
122	15-07-2019	98,5	17:12	4:45	20,49	20,53	-13,18	MENDUNG
123	16-07-2019	99,3	18:03	5:37	19,93	20,47	-11,15	MENDUNG
124	17-07-2019	100	18:54	6:28	18,96	19,21	-11,41	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
125	18-07-2019	99,3	19:42	7:18	17,73	17,84	-10,01	MENDUNG
126	19-07-2019	96,6	20:28	8:05	17,85	18,06	-10,78	MENDUNG
127	20-07-2019	92,2	21:12	8:50	17,84	18,05	-10,55	MENDUNG
128	21-07-2019	86,2	21:55	9:33	17,79	17,93	-11,81	MENDUNG
129	22-07-2019	78,8	22:36	10:15	17,26	18,41	-10,11	MENDUNG
130	23-07-2019	70,3	23:18	10:56	18,54	18,64	-12,71	MENDUNG
131	24-07-2019	61	23:41	11:38	18,54	18,86	-12,55	MENDUNG
132	25-07-2019	51	0:00	12:21	18,96	20,74	-13,95	MENDUNG
133	26-07-2019	40,7	0:44	13:06	20,56	20,94	-15,84	MENDUNG
134	27-07-2019	30,5	1:31	13:54	20,93	21,82	-15,34	MENDUNG
135	28-07-2019	20,9	2:22	14:47	21,32	22,05	-14,48	MENDUNG
136	29-07-2019	12,3	3:17	15:43	22	22,25	-16,58	MENDUNG
137	30-07-2019	5,6	4:15	16:43	22,13	22,16	-16,82	MENDUNG
138	01-08-2019	0	6:18	18:47	21,84	22	-15,89	MENDUNG
139	02-08-2019	2	7:19	19:46	22,18	22,27	-18,04	MENDUNG
140	03-08-2019	7,2	8:17	20:43	22,15	22,17	-17,81	CERAH
141	04-08-2019	14,9	9:12	21:37	22,14	22,19	-17,58	CERAH
142	05-08-2019	24,7	10:04	22:28	21,69	21,99	-15,21	MENDUNG
143	06-08-2019	35,7	10:55	23:19	21,79	21,92	-14,44	MENDUNG
144	07-08-2019	47,1	11:45	23:32	21,4	21,52	-14,68	MENDUNG
145	08-08-2019	58,3	12:35	0:09	22,08	22,22	-15,44	MENDUNG
146	09-08-2019	68,9	13:25	0:59	21,51	21,58	-16,31	MENDUNG
147	10-08-2019	78,3	14:16	1:50	21,69	21,99	-14,68	MENDUNG
148	11-08-2019	86,2	15:08	2:42	22,01	22,16	-15,24	MENDUNG
149	12-08-2019	92,5	15:59	3:33	21,96	22,11	-15,21	MENDUNG
150	13-08-2019	96,9	16:49	4:24	21,19	21,37	-13,81	MENDUNG
151	14-08-2019	99,4	17:38	5:14	19,77	19,85	-13,05	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
152	15-08-2019	100	18:25	6:02	18,92	18,99	-11,08	CERAH
153	16-08-2019	99,9	19:10	6:47	18,28	18,4	-10,78	MENDUNG
154	17-08-2019	98,5	19:53	7:31	18,2	18,38	-11,65	MENDUNG
155	18-08-2019	95,3	20:34	8:13	18,19	18,23	-11,61	CERAH
156	19-08-2019	90,3	21:16	8:54	17,75	17,81	-10,88	MENDUNG
157	20-08-2019	83,9	21:57	9:36	17,29	17,43	-10,81	MENDUNG
158	21-08-2019	76	22:40	10:17	16,48	17,97	-8,52	MENDUNG
159	22-08-2019	67	23:25	11:01	17,93	18,87	-10,91	MENDUNG
160	23-08-2019	57	23:49	11:47	18,75	19,24	-15,81	MENDUNG
161	24-08-2019	46,5	0:12	12:36	19,68	20,38	-14,05	MENDUNG
162	25-08-2019	35,7	1:04	13:29	20,17	20,97	-13,25	MENDUNG
163	26-08-2019	25,2	1:59	14:26	21,32	21,66	-16,84	MENDUNG
164	27-08-2019	15,7	2:58	15:26	21,26	21,37	-18,02	CERAH
165	28-08-2019	7,9	3:58	16:27	22,14	22,19	-16,99	MENDUNG
166	29-08-2019	2,5	4:59	17:27	21,5	21,53	-17,91	MENDUNG
167	30-08-2019	0,2	5:59	18:26	22,18	22,26	-18,59	CERAH
168	01-09-2019	5,4	7:51	20:17	22,2	22,25	-19,24	CERAH
169	02-09-2019	12,4	8:44	21:09	21,99	22,08	-16,66	MENDUNG
170	03-09-2019	21,5	9:36	22:01	21,5	21,58	-16,11	MENDUNG
171	04-09-2019	31,8	10:28	22:53	22,19	22,2	-19,49	MENDUNG
172	05-09-2019	42,8	11:20	23:45	22,12	22,15	-17,68	CERAH
173	06-09-2019	53,7	12:12	0:15	22,13	22,21	-18,11	MENDUNG
174	07-09-2019	64,1	13:04	0:38	21,43	22,4	-14,81	MENDUNG
175	08-09-2019	73,7	13:56	1:30	21,6	21,88	-17,98	CERAH
176	09-09-2019	82	14:46	2:21	22,07	22,18	-18,86	CERAH
177	10-09-2019	88,9	15:36	3:11	22,09	22,2	-16,79	MENDUNG
178	11-09-2019	94,3	16:23	3:59	21,35	21,49	-13,68	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
179	12-09-2019	97,9	17:08	4:45	20,41	20,52	-13,01	MENDUNG
180	13-09-2019	100	17:51	5:29	19,5	19,66	-11,81	MENDUNG
181	14-09-2019	99,6	18:33	6:12	18,28	18,36	-11,21	CERAH
182	15-09-2019	99,6	19:15	6:54	18,16	18,38	-13,41	CERAH
183	16-09-2019	97,6	19:56	7:35	18,14	18,33	-11,38	MENDUNG
184	17-09-2019	93,8	20:38	8:16	17,89	17,95	-10,98	MENDUNG
185	23-09-2019	40,6	0:45	13:12	19,97	20,91	-13,45	CERAH
186	26-09-2019	10,5	3:41	16:08	21,8	21,86	-19,89	CERAH
187	27-09-2019	4,1	4:38	17:04	22,1	22,24	-16,01	MENDUNG
188	29-09-2019	0,5	6:28	18:54	21,32	21,93	-14,54	MENDUNG
189	01-03-2019	25,7	2:13	14:36	20,22	20,81	-11,92	MENDUNG
190	02-03-2019	17,6	3:01	15:25	20,92	21,11	-14,84	CERAH

f. Labuanbajo Nusa Tenggara Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	24 April 2018	67,7	13:37	00:48	21,22	21,25	-19,33	CERAH

g. Pulau Karimunjawa Jepara Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	01-09-2020	97	16:53	4:46	20,48	20,6	-14,5	CERAH
2	02-09-2020	99	17:40	5:30	19,48	19,5	-13,67	MENDUNG
3	03-09-2020	99	18:26	6:12	20,56	20,6	-14,07	MENDUNG
4	04-09-2020	97	19:09	6:51	19,05	19,07	-17	CERAH
5	05-09-2020	94	19:52	7:29	18,83	19,15	-13,02	MENDUNG
6	06-09-2020	88	20:36	8:07	19,26	19,5	-17	MENDUNG
7	07-09-2020	82	21:20	8:46	19,48	19,5	-16,26	CERAH
8	08-09-2020	74	22:06	9:26	19,82	19,89	-13,37	MENDUNG
9	09-09-2020	66	22:55	10:09	19,52	19,58	-16,06	CERAH
10	10-09-2020	56	23:46	10:55	19,94	20,03	-15,7	MENDUNG
11	11-09-2020	47	23:55	11:45	20,18	20,2	-17,9	CERAH
12	12-09-2020	37	0:39	12:39	20,27	20,3	-16,45	CERAH
13	13-09-2020	27	1:34	13:35	22,5	20,4	-15,5	RUSAK
14	22-09-2020	24	9:24	22:13	22,47	22,52	-16,16	MENDUNG
15	23-09-2020	35	10:19	23:12	22,62	22,68	-19,9	CERAH
16	24-09-2020	46	11:15	23:20	22,46	22,5	-19,75	MENDUNG
17	25-09-2020	56	12:12	0:09	22,55	22,77	-17,55	MENDUNG
18	26-09-2020	75	13:18	1:11	22,53	22,56	-19,37	MENDUNG
19	27-09-2020	83	14:11	2:03	22,2	22,23	-15,8	MENDUNG
20	28-09-2020	90	15:00	2:52	21,67	21,83	-13,75	MENDUNG
21	29-09-2020	95	15:38	3:29	21,76	22	-18	MENDUNG
22	30-09-2020	98	16:33	4:18	22,73	22,79	-17,25	MENDUNG
23	01-10-2020	99	17:07	4:50	19,78	19,8	-13,88	MENDUNG
24	02-10-2020	99	17:50	4:58	18,75	18,83	-12,4	MENDUNG
25	03-10-2020	99	18:33	5:28	18,8	18,84	-16,5	CERAH
26	04-10-2020	96	18:40	6:15	19,08	19,17	-15,12	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
27	05-10-2020	92	19:25	6:50	19,22	19,27	-14,02	CERAH
28	06-10-2020	87	20:05	7:35	19,38	19,5	-15	MENDUNG
29	07-10-2020	80	21:00	8:17	19,48	19,68	-13,56	MENDUNG
30	08-10-2020	72	21:45	9:02	19,95	20	-14,02	MENDUNG
31	09-10-2020	63	22:40	9:50	20,12	20,16	-11,76	MENDUNG
32	10-10-2020	53	23:30	10:41	20,73	20,84	-14,49	MENDUNG
33	11-10-2020	43	0:25	12:30	19,96	20	-15,27	MENDUNG
34	12-10-2020	32	1:20	13:26	20,08	20,17	-16,74	MENDUNG
35	13-10-2020	22	2:10	14:22	20,06	20,17	-15,41	MENDUNG
36	14-10-2020	13	3:00	15:18	19,57	19,91	-14,25	MENDUNG
37	15-10-2020	6	3:55	16:14	22,71	22,8	-18,5	MENDUNG
38	16-10-2020	2	4:40	17:10	23,78	23,97	-12,37	MENDUNG
39	17-10-2020	0	5:35	18:07	22,48	23,1	-12,85	MENDUNG
40	18-10-2020	1	6:25	19:05	22,47	22,65	-13,29	MENDUNG
41	19-10-2020	5	7:20	20:05	23,12	23,19	-15,76	MENDUNG
42	20-10-2020	12	8:18	21:10	23,29	23,33	-19,05	CERAH
43	21-10-2020	20	9:17	22:10	22,22	22,29	-15,03	MENDUNG
44	22-10-2020	30	10:15	23:05	21,85	22,09	-17,05	MENDUNG
45	23-10-2020	41	11:12	0:00	22,62	22,76	-19	MENDUNG
46	24-10-2020	51	12:07	0:35	21,76	21,86	-20	CERAH
47	25-10-2020	61	12:58	0:55	22,44	22,5	-18,58	MENDUNG
48	26-10-2020	71	13:46	1:36	21,32	22,15	-13,78	MENDUNG
49	27-10-2020	79	14:31	2:18	22,97	22,99	-15,52	MENDUNG
50	28-10-2020	86	15:15	3:00	22,47	22,5	-18,4	MENDUNG
51	29-10-2020	92	16:00	3:45	22,02	22,79	-15,67	MENDUNG
52	30-10-2020	96	16:45	4:15	22,97	23,1	-13,71	MENDUNG
53	31-10-2020	99	17:30	4:55	20,63	20,67	-13,2	MENDUNG



NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
54	01-11-2020	99	17:25	5:40	21,39	21,42	-13,6	MENDUNG
55	02-11-2020	98	18:10	6:15	19,19	19,21	-11,76	CERAH
56	03-11-2020	96	18:55	7:00	19,28	19,5	-14,4	CERAH
57	04-11-2020	91	19:40	7:45	19,06	20,4	-11,94	MENDUNG
58	05-11-2020	85	20:35	8:40	19,28	19,61	-14,45	MENDUNG
59	06-11-2020	77	21:25	9:29	19,32	19,38	-13,65	CERAH
60	07-11-2020	69	22:20	10:22	19,63	19,7	-15,78	CERAH
61	08-11-2020	59	23:10	11:17	19,81	19,85	-15,72	CERAH
62	09-11-2020	48	0:00	12:11	19,84	19,87	-15,5	CERAH
63	11-11-2020	27	1:40	13:59	21,24	21,36	-14,12	MENDUNG
64	12-11-2020	17	2:30	14:52	19,51	19,64	-14,16	MENDUNG
65	13-11-2020	9	3:20	15:48	20,68	22	-16,92	MENDUNG
66	14-11-2020	3	4:10	16:45	21,19	21,21	-16,05	MENDUNG
67	15-11-2020	0	5:00	17:45	22,19	22,26	-15,43	MENDUNG
68	16-11-2020	0	6:00	18:47	22,46	22,57	-19,5	CERAH
69	17-11-2020	3	6:55	19:50	22,9	23,05	-20	MENDUNG
70	18-11-2020	8	7:57	20:51	22,88	23,2	-15,4	MENDUNG
71	19-11-2020	16	9:00	21:50	22,61	22,85	-15	MENDUNG
72	20-11-2020	32	9:58	22:43	22,72	22,75	-16,85	MENDUNG
73	21-11-2020	42	10:52	23:32	21,99	22,16	-17,85	MENDUNG
74	22-11-2020	52	11:42	23:59	21,69	21,82	-16,49	MENDUNG
75	23-11-2020	62	12:29	0:17	22,78	22,9	-12,43	MENDUNG
76	24-11-2020	72	13:13	0:58	22,86	22,9	-13,93	MENDUNG
77	25-11-2020	80	13:56	1:37	22	22,05	-12,84	MENDUNG
78	14-12-2020	0	4:38	17:28	22,3	22,47	-13,15	MENDUNG
79	15-12-2020	0	5:39	18:31	23,3	23,4	-14,13	MENDUNG
80	16-12-2020	3,4	6:40	19:32	22,96	22,97	-12,52	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
81	17-12-2020	8,9	7:41	20:30	19,4	19,5	-10,14	MENDUNG
82	18-12-2020	16,4	8:39	21:22	23,8	23,83	-17,52	MENDUNG
83	19-12-2020	25,2	9:32	22:10	23,27	23,32	-16,4	MENDUNG
84	20-12-2020	34,8	10:22	22:54	22,11	22,3	-14,83	MENDUNG
85	21-12-2020	44,8	11:08	23:34	22,04	22,06	-15,01	MENDUNG
86	22-12-2020	54,7	11:52	23:59	21,82	22,01	-13,58	MENDUNG
87	23-12-2020	64,2	12:34	0:13	19,82	21,84	-7,89	MENDUNG
88	24-12-2020	73,2	13:17	0:51	22,3	22,48	-13,93	MENDUNG
89	25-12-2020	81,3	14:00	1:30	22,97	23,01	-15,19	MENDUNG
90	26-12-2020	88,3	14:45	2:10	21,14	21,2	-15,25	MENDUNG
91	27-12-2020	93,9	15:33	2:52	22,49	22,84	-17,26	MENDUNG
92	28-12-2020	97,8	16:23	3:38	22,56	22,65	-13,05	MENDUNG
93	29-12-2020	99,8	17:15	4:26	21,63	21,66	-12,28	MENDUNG
94	30-12-2020	99,9	18:09	5:18	19,74	20,59	-10,19	MENDUNG
95	31-12-2020	99,6	19:03	6:13	19,34	19,59	-14,4	MENDUNG
96	01-01-2021	97,2	19:56	7:08	19,37	19,44	-16,2	MENDUNG
97	02-01-2021	92,5	20:47	8:02	18,64	18,8	-11,27	MENDUNG
98	03-01-2021	85,7	21:35	8:56	19,96	20,14	-9,82	MENDUNG
99	04-01-2021	77	22:22	9:48	20,42	20,78	-12,5	MENDUNG
100	05-01-2021	66,7	23:08	10:39	19,47	19,49	-13,82	CERAH
101	06-01-2021	55,5	23:54	11:30	21,12	21,15	-13,89	MENDUNG
102	07-01-2021	43,7	00:3	12:22	20,75	21,3	-12,46	MENDUNG
103	08-01-2021	32,2	0:41	13:15	21,5	21,58	-15,85	MENDUNG
104	09-01-2021	21,6	1:31	14:12	21,05	21,88	-15,47	MENDUNG
105	10-01-2021	12,5	2:25	15:11	22,23	22,29	-16,84	MENDUNG
106	11-01-2021	5,7	3:22	16:12	21,17	21,61	-14,77	MENDUNG
107	12-01-2021	1,4	4:22	17:14	21,92	22,04	-17,48	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
108	13-01-2021	0,1	5:23	18:13	20,15	20,57	-10,81	MENDUNG
109	14-01-2021	1,4	6:22	19:09	20,14	21,36	-10,33	MENDUNG
110	15-01-2021	5,3	7:18	19:59	20,48	21,48	-12,04	MENDUNG
111	16-01-2021	11,1	8:11	20:46	22,24	22,27	-14,16	MENDUNG
112	23-01-2021	74,1	13:25	0:46	22,49	22,55	-14,46	MENDUNG
113	24-01-2021	82,2	14:14	1:30	22,72	22,83	-14,73	MENDUNG
114	25-01-2021	89,3	15:05	2:17	21,47	21,55	-14,51	MENDUNG
115	26-01-2021	94,8	15:58	3:08	22,55	22,6	-17,35	MENDUNG
116	27-01-2021	98,5	16:53	4:02	20,37	21,06	-14,08	MENDUNG
117	29-01-2021	100	18:40	5:53	18,99	19,03	-10,98	MENDUNG
118	30-01-2021	98,8	19:30	6:49	19,83	20,93	-7,4	MENDUNG
119	31-01-2021	95,2	20:19	7:43	19,81	20,13	-8,63	MENDUNG
120	01-02-2021	89	21:06	8:35	18,94	19,08	-12,24	MENDUNG
121	02-02-2021	80,7	21:52	9:27	19,27	19,45	-11,49	MENDUNG
122	04-02-2021	59,4	23:28	11:11	19,56	19,87	-11,9	MENDUNG
123	05-02-2021	47,7		12:06	19,85	20,01	-11,85	MENDUNG
124	06-02-2021	36	0:19	13:03	20,03	20,38	-13,6	MENDUNG
125	07-02-2021	25,2	1:14	14:02	21,46	21,61	-14,61	MENDUNG
126	08-02-2021	15,8	2:11	15:02	21,11	22,21	-14,42	MENDUNG
127	09-02-2021	8,4	3:10	16:01	21,61	22,59	-13,52	MENDUNG
128	10-02-2021	3,2	4:09	16:57	22,42	22,47	-15,27	MENDUNG
129	11-02-2021	0,6	5:06	17:49	22,52	22,83	-19,54	CERAH
130	12-02-2021	0,4	5:59	18:37	19,22	19,36	-13,72	MENDUNG
131	13-02-2021	2,5	6:50	19:21	22,23	22,35	-16,77	MENDUNG
132	14-02-2021	6,7	7:37	20:03	22,43	22,64	-15,86	MENDUNG
133	15-02-2021	12,6	8:22	20:43	23,19	23,35	-13,68	MENDUNG
134	17-02-2021	28,2	9:48	22:01	22,59	22,76	-14,74	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
135	18-02-2021	37,3	10:32	22:41	21,86	22,29	-14,67	MENDUNG
136	19-02-2021	46,8	11:17	23:23	22,91	23,03	-13,37	MENDUNG
137	20-02-2021	56,6	12:05	23:50	21,96	22,16	-14,24	MENDUNG
138	21-02-2021	66,2	12:54	0:09	22,15	22,34	-12,49	MENDUNG
139	22-02-2021	75,5	13:46	0:57	22,19	22,47	-14,38	MENDUNG
140	23-02-2021	83,8	14:40	1:49	21,75	21,86	-12,88	MENDUNG
141	24-02-2021	90,9	15:34	2:43	22,48	22,95	-12,76	MENDUNG
142	26-02-2021	99,3	17:20	4:35	22,01	22,05	-15,85	MENDUNG
143	28-02-2021	99,6	18:59	6:25	19,37	19,41	-12,2	CERAH
144	01-03-2021	97,1	19:46	7:19	18,97	19,03	-15,35	MENDUNG
145	02-03-2021	91,8	20:35	8:12	18,95	19,21	-12,11	MENDUNG
146	08-03-2021	29	1:04	13:55	21,25	22,5	-13,85	MENDUNG
147	09-03-2021	19,4	2:02	14:51	20,98	22,46	-15,34	MENDUNG
148	10-03-2021	11,5	2:59	15:43	21,92	22,76	-13,63	MENDUNG
149	11-03-2021	5,6	3:52	16:32	22,93	23	-15	MENDUNG
150	12-03-2021	1,8	4:43	17:17	22,59	22,6	-19,86	CERAH
151	13-03-2021	0,2	5:31	17:59	23,66	23,7	-14,07	MENDUNG
152	16-03-2021	7,7	7:43	19:57	20,8	21,19	-15,52	MENDUNG
153	03-05-2021	59,8	23:45	11:36	20,06	20,1	-16,31	CERAH
154	04-05-2021	48,7	0:14	12:28	19,9	20,01	-11,84	MENDUNG
155	05-05-2021	38	0:37	13:15	20,17	20,29	-15,03	CERAH
156	06-05-2021	28,1	1:26	13:58	20,45	22,43	-12,67	MENDUNG
157	07-05-2021	19,5	2:12	14:38	20,72	22,65	-13,05	MENDUNG
158	08-05-2021	12,2	2:56	15:17	22,26	22,98	-18,84	CERAH
159	09-05-2021	6,5	3:39	15:55	22,08	22,64	-19,2	CERAH
160	10-05-2021	2,5	4:22	16:34	22,44	22,48	-17,5	MENDUNG
161	11-05-2021	0,4	5:05	17:14	22,25	22,39	-18,59	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
162	12-05-2021	0,2	5:50	17:56	21,96	22,31	-20	CERAH
163	13-05-2021	1,9	6:37	18:41	22,26	22,38	-19,63	CERAH
164	14-05-2021	5,4	7:26	19:28	21,81	22,32	-19,88	CERAH
165	15-05-2021	10,8	8:17	20:18	21,8	22,28	-18,7	MENDUNG
166	16-05-2021	17,8	9:08	21:10	22,84	22,87	-15,27	MENDUNG
167	17-05-2021	26,2	10:00	22:02	22,84	22,84	-17,47	MENDUNG
168	18-05-2021	35,9	10:50	22:55	22,42	22,59	-18,19	MENDUNG
169	19-05-2021	46,4	11:39	23:47	22,34	22,71	-11,03	MENDUNG
170	20-05-2021	57,4	12:26	00:5	22,66	22,74	-17,33	MENDUNG
171	21-05-2021	68,4	13:13	0:38	22,75	22,77	-13,82	MENDUNG
172	22-05-2021	78,8	13:59	1:29	21,79	21,88	-15,49	MENDUNG
173	23-05-2021	87,9	14:46	2:21	22,23	22,26	-16,98	MENDUNG
174	24-05-2021	94,8	15:35	3:14	22,02	22,17	-18,63	CERAH
175	25-05-2021	99	16:28	4:11	22,27	22,47	-15,2	MENDUNG
176	26-05-2021	99,9	17:25	5:11	18,94	18,96	-14,51	MENDUNG
177	27-05-2021	100	18:26	6:14	18,22	18,24	-15,7	MENDUNG
178	29-05-2021	92,1	20:33	8:24	18,7	18,82	-15,8	MENDUNG
179	30-05-2021	84,4	21:34	9:25	18,99	19	-16,79	CERAH
180	31-05-2021	74,9	22:30	10:20	19,55	19,57	-17,38	CERAH
181	01-06-2021	64,5	23:22	11:10	19,94	19,96	-16,37	CERAH
182	02-06-2021	53,9	23:45	11:56	19,58	19,61	-15,79	MENDUNG
183	03-06-2021	43,4	0:10	12:38	19,71	19,78	-15,15	MENDUNG
184	04-06-2021	33,5	0:55	13:17	20,21	20,29	-18,51	CERAH
185	05-06-2021	24,4	1:38	13:56	20,29	20,32	-15,44	MENDUNG
186	06-06-2021	16,5	2:21	14:34	19,97	20,13	-14,86	MENDUNG
187	07-06-2021	9,9	3:04	15:13	22,82	22,86	-17,42	MENDUNG
188	08-06-2021	4,9	3:48	15:55	22,42	22,96	-19,06	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
189	09-06-2021	1,5	4:34	16:39	22,49	22,78	-17,17	MENDUNG
190	10-06-2021	0,1	5:23	17:25	21,85	22,48	-19,95	CERAH
191	11-06-2021	0,6	6:13	18:15	22,02	22,61	-15,56	MENDUNG
192	12-06-2021	3,1	7:05	19:06	22,04	22,52	-19,85	CERAH
193	13-06-2021	7,5	7:56	19:59	22,31	22,61	-18,9	MENDUNG
194	14-06-2021	13,9	8:47	20:51	21,99	22,42	-17,13	MENDUNG
195	15-06-2021	22	9:36	21:43	22,2	22,55	-15,4	MENDUNG
196	16-06-2021	31,5	10:23	22:33	23,16	23,18	-16,53	MENDUNG
197	17-06-2021	42,1	11:09	23:23	23,8	24,05	-12,17	MENDUNG
198	18-06-2021	53,4	11:54	10:48	22,14	22,7	-19,95	CERAH
199	19-06-2021	64,9	12:39	0:13	22,74	22,78	-17,29	MENDUNG
200	20-06-2021	75,8	13:25	1:04	22,84	22,99	-15,12	MENDUNG
201	21-06-2021	85,5	14:15	1:57	23,08	23,09	-16,75	MENDUNG
202	22-06-2021	93,1	15:08	2:53	22,13	22,48	-18,53	CERAH
203	23-06-2021	98,1	16:06	3:53	22,61	22,96	-13,41	MENDUNG
204	24-06-2021	100	17:08	4:57	21,18	21,27	-14,44	MENDUNG
205	25-06-2021	100	18:13	6:02	18,29	18,36	-13,16	MENDUNG
206	26-06-2021	98,6	19:16	7:06	18,34	18,47	-14,55	MENDUNG
207	27-06-2021	94,3	20:16	8:06	18,95	19,09	-14,09	MENDUNG
208	28-06-2021	87,7	21:11	9:00	20,69	20,95	-8,78	MENDUNG
209	29-06-2021	79,2	22:02	9:49	18,94	19,37	-13,04	MENDUNG
210	30-06-2021	69,7	22:49	10:33	19,83	19,89	-15,6	MENDUNG
211	02-07-2021	49,5	23:50	11:54	19,8	19,88	-14,26	MENDUNG
212	03-07-2021	39,6	0:18	12:33	20,33	20,35	-16,66	CERAH
213	04-07-2021	30,2	1:01	13:12	19,45	19,53	-11,94	MENDUNG
214	05-07-2021	21,6	1:45	13:52	19,23	19,28	-14,87	MENDUNG
215	06-07-2021	14,2	2:30	14:35	22,74	22,85	-15,76	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
216	07-07-2021	8,1	3:18	15:21	20	20,76	-12,08	MENDUNG
217	08-07-2021	3,5	4:08	16:10	22,89	23,39	-16,07	MENDUNG
218	09-07-2021	0,8	4:59	17:01	23,1	23,14	-18,56	MENDUNG
219	10-07-2021	0,1	5:52	17:54	22,34	22,64	-19,96	CERAH
220	11-07-2021	1,6	6:43	18:47	22,18	22,69	-15,7	MENDUNG
221	12-07-2021	5,2	7:34	19:39	22,48	22,59	-19,31	CERAH
222	13-07-2021	11	8:22	20:31	22,34	23,05	-16,92	MENDUNG
223	14-07-2021	18,7	9:08	21:21	22,73	23,34	-16,69	MENDUNG
224	15-07-2021	28,1	9:52	22:10	22,65	22,89	-18,21	CERAH
225	16-07-2021	38,8	10:37	22:59	22,47	22,57	-18,64	CERAH
226	17-07-2021	50,3	11:21	23:50	22,59	22,72	-17,94	MENDUNG
227	18-07-2021	62	12:08	0:25	22,21	22,32	-17,49	MENDUNG
228	19-07-2021	73,3	12:58	0:43	22,71	22,75	-18,76	MENDUNG
229	20-07-2021	83,3	13:53	1:40	21,82	22,33	-18,5	MENDUNG
230	21-07-2021	91,4	14:51	2:41	22,22	22,53	-16,87	MENDUNG
231	22-07-2021	97	15:54	3:44	22,31	22,38	-18,16	MENDUNG
232	23-07-2021	99,7	16:57	4:47	22,11	22,25	-15,27	MENDUNG
233	24-07-2021	100	17:59	5:49	20,17	20,28	-14,12	MENDUNG
234	25-07-2021	99,3	18:57	6:46	18,44	18,55	-14,03	CERAH
235	26-07-2021	96,3	19:51	7:38	18,88	18,95	-15,23	MENDUNG
236	27-07-2021	90,9	20:41	8:25	19,19	19,3	-15,63	MENDUNG
237	28-07-2021	83,7	21:27	9:08	19,54	19,61	-17,05	CERAH
238	29-07-2021	75,3	22:12	9:49	19,79	19,83	-17,18	CERAH
239	30-07-2021	65,9	22:56	10:29	19,52	19,98	-14,25	MENDUNG
240	31-07-2021	56,2	23:40	11:08	19,69	19,75	-14,92	CERAH
241	01-08-2021	46,4	0:14	11:49	19,74	19,79	-15,78	CERAH
242	02-08-2021	36,7	0:25	12:31	19,59	20	-14,44	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
243	03-08-2021	27,6	1:12	13:15	19,41	19,5	-14,34	CERAH
244	04-08-2021	19,3	2:01	14:03	19,1	19,23	-13,69	MENDUNG
245	05-08-2021	12,1	2:52	14:53	19,01	19,17	-15,48	MENDUNG
246	06-08-2021	6,3	3:44	15:46	20,03	22,18	-11,84	MENDUNG
247	07-08-2021	2,3	4:36	16:40	21,43	22,22	-15,83	MENDUNG
248	08-08-2021	0,3	5:28	17:33	21,84	22,25	-19,93	CERAH
249	09-08-2021	0,7	6:17	18:26	22,04	22,43	-17,82	MENDUNG
250	10-08-2021	3,4	7:05	19:17	22,67	22,82	-17,33	MENDUNG
251	11-08-2021	8,6	7:51	20:07	21,97	22,2	-18,54	CERAH
252	12-08-2021	16	8:35	20:57	21,79	21,99	-19,72	CERAH
253	13-08-2021	25,3	9:20	21:47	21,77	22,18	-19,46	CERAH

h. Garut Jawa Barat

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	01-06-2018	95,5	19:56	7:55	18,23	18,25	-12,48	CERAH
2	02-06-2018	90,7	20:45	8:43	17,59	17,63	-11,91	MENDUNG
3	03-06-2018	84,3	21:33	9:30	15,97	15,99	-9,82	CERAH
4	04-06-2018	76,6	22:21	10:16	15,95	16,13	-11,11	CERAH
5	05-06-2018	67,9	23:08	11:00	15,9	15,95	-10,48	CERAH
6	06-06-2018	58,3	23:55	11:42	16,81	19,03	-11,11	CERAH
7	07-06-2018	48,2	0:19	12:25	19,56	20,53	-13,48	CERAH



NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
8	08-06-2018	37,9	0:42	13:07	20,19	20,6	-16,1	CERAH
9	09-06-2018	27,9	1:30	13:51	20,53	21,11	-15,18	MENDUNG
10	10-06-2018	18,5	2:20	14:36	20,95	21,29	-17,34	MENDUNG
11	11-06-2018	10,4	3:12	15:25	20,58	21,29	-13,91	MENDUNG
12	12-06-2018	4,3	4:08	16:18	21,02	21,35	-13,85	MENDUNG
13	13-06-2018	0,8	5:08	17:15	21,65	21,67	-19,89	CERAH
14	15-06-2018	3,1	7:14	19:19	21,54	21,55	-18,84	CERAH
15	16-06-2018	9	8:16	20:22	21,24	21,39	-15,04	MENDUNG
16	17-06-2018	17,4	9:15	21:23	21,07	21,09	-16,66	CERAH
17	18-06-2018	27,6	10:10	22:21	21,04	21,07	-17,7	CERAH
18	19-06-2018	38,8	11:01	23:16	21,36	21,38	-16,43	MENDUNG
19	20-06-2018	50,2	11:49	23:39	20,38	20,69	-11,41	MENDUNG
20	21-06-2018	61,2	12:34	0:08	19,76	20,11	-13,05	MENDUNG
21	22-06-2018	71,5	13:18	0:58	19,14	20,42	-11,75	MENDUNG
22	23-06-2018	80,5	14:02	1:46	20,6	21,29	-12,81	MENDUNG
23	24-06-2018	88	14:46	2:35	21,33	21,39	-15,28	MENDUNG
24	25-06-2018	93,8	15:30	3:23	21,38	21,39	-17,78	MENDUNG
25	29-06-2018	99,7	18:40	6:39	18,62	18,63	-13,5	CERAH
26	01-07-2018	94,1	20:17	8:13	17,53	17,65	-11,99	MENDUNG
27	02-07-2018	88,8	21:04	8:57	17,44	18,13	-11,26	MENDUNG
28	03-07-2018	81,8	21:50	9:40	16,03	17,06	-9,61	MENDUNG
29	04-07-2018	73,6	22:37	10:22	15,19	15,53	-8,82	CERAH
30	05-07-2018	64,3	23:23	11:03	15,61	15,73	-9,35	CERAH
31	09-07-2018	22,4	1:53	14:04	21,36	21,46	-16,17	CERAH
32	10-07-2018	13,3	2:50	14:58	21,5	21,54	-16,91	CERAH
33	11-07-2018	6	3:50	15:56	21,58	21,6	-18,4	CERAH
34	12-07-2018	1,4	4:52	16:58	21,49	21,52	-17,1	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
35	13-07-2018	0	5:56	18:02	21,6	21,63	-17,15	CERAH
36	14-07-2018	2	6:58	19:06	21,39	21,44	-16,86	MENDUNG
37	15-07-2018	7,1	7:57	20:08	20,92	21,23	-14,43	MENDUNG
38	16-07-2018	14,8	8:52	21:06	21,32	21,35	-17,58	CERAH
39	17-07-2018	24,3	9:43	22:01	20,99	21,06	-16,53	MENDUNG
40	18-07-2018	35	10:31	22:53	21,43	21,46	-17,29	CERAH
41	19-07-2018	46	11:16	23:43	21,16	21,19	-17,02	CERAH
42	20-07-2018	56,8	12:00	0:10	20,42	20,73	-14,72	MENDUNG
43	21-07-2018	67	12:44	0:32	21,14	21,16	-17,02	CERAH
44	22-07-2018	76,3	13:29	1:21	21,48	21,54	-18,42	CERAH
45	23-07-2018	84,2	14:14	2:09	21,49	21,55	-16,16	MENDUNG
46	24-07-2018	90,8	15:01	2:58	21,27	21,33	-18,27	CERAH
47	27-07-2018	99,5	17:26	5:24	19,59	19,89	-13,51	CERAH
48	28-07-2018	100	18:14	6:11	18,52	18,54	-12,92	CERAH
49	29-07-2018	99,3	19:01	6:56	17,84	17,85	-14,16	CERAH
50	01-08-2018	86,1	21:20	9:03	16,29	16,53	-10,85	MENDUNG
51	02-08-2018	78,4	22:07	9:44	18,28	18,46	-14,49	MENDUNG
52	03-08-2018	69,2	22:55	10:26	17	17,18	-10,33	MENDUNG
53	04-08-2018	59	23:45	11:09	16,65	16,8	-10,9	CERAH
54	05-08-2018	48,1	0:15	11:56	20	20,09	-15,54	MENDUNG
55	06-08-2018	36,8	0:38	12:46	19,47	19,56	-12,81	CERAH
56	07-08-2018	25,9	1:34	13:40	21,13	21,16	-16,78	CERAH
57	08-08-2018	16	2:34	14:39	21,09	21,11	-16,31	MENDUNG
58	10-08-2018	2,4	4:38	16:45	21,56	21,6	-17,47	CERAH
59	11-08-2018	0,1	5:39	17:48	21,39	21,4	-16,56	CERAH
60	12-08-2018	1,1	6:36	18:49	21,29	21,31	-16,97	CERAH
61	13-08-2018	5,2	7:30	19:47	21,31	21,38	-16,99	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
62	14-08-2018	11,9	8:21	20:42	21,6	21,62	-17,01	CERAH
63	15-08-2018	20,5	9:09	21:34	21,7	21,71	-17,67	CERAH
64	16-08-2018	30,4	9:55	22:25	21,09	21,15	-14,61	MENDUNG
65	20-08-2018	71	12:58	0:54	20,8	20,87	-14,61	MENDUNG
66	21-08-2018	79,5	13:45	1:44	20,64	20,89	-13,38	MENDUNG
67	22-08-2018	86,8	14:33	2:33	21,92	21,93	-18,16	CERAH
68	23-08-2018	92,7	15:22	3:21	21,52	21,55	-17,41	MENDUNG
69	24-08-2018	96,9	16:10	4:08	21,04	21,05	-14,77	MENDUNG
70	27-08-2018	99,9	18:32	6:20	18,54	18,56	-13,01	CERAH
71	28-08-2018	98,5	19:18	7:02	17,94	18,03	-12,78	CERAH
72	29-08-2018	95	20:05	7:43	17,3	17,43	-10,85	MENDUNG
73	30-08-2018	89,6	20:52	8:25	17,35	17,5	-11,21	MENDUNG
74	01-09-2018	73,4	22:32	9:53	16,86	17,52	-10,68	MENDUNG
75	02-09-2018	63,2	23:26	10:41	18,99	19,08	-13,28	MENDUNG
76	03-09-2018	52	0:00	11:32	19,23	19,66	-12,94	MENDUNG
77	04-09-2018	40,4	0:23	12:27	19,42	19,46	-13,82	MENDUNG
78	05-09-2018	29,1	1:22	13:26	20	20,29	-13,11	MENDUNG
79	06-09-2018	18,6	2:22	14:27	20,91	20,95	-13,88	MENDUNG
80	07-09-2018	10	3:22	15:29	20,49	20,73	-14,48	MENDUNG
81	08-09-2018	3,8	4:20	16:30	20,95	21,2	-14,31	MENDUNG
82	09-09-2018	0,5	5:15	17:29	21,53	21,54	-16,65	MENDUNG
83	10-09-2018	0,4	6:07	18:26	21,09	21,15	-14,41	MENDUNG
84	11-09-2018	3,3	6:57	19:20	19,34	19,36	-12,18	MENDUNG
85	12-09-2018	8,8	7:45	20:13	21,4	21,45	-19,77	CERAH
86	13-09-2018	16,2	8:31	21:05	21,31	21,35	-16	MENDUNG
87	14-09-2018	25,1	9:18	21:56	21,52	21,56	-19,41	CERAH
88	15-09-2018	34,8	10:05	22:47	21,32	21,34	-17,78	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
89	16-09-2018	44,9	10:52	23:37	21,46	21,48	-17,12	MENDUNG
90	17-09-2018	54,9	11:40	0:04	21,42	21,44	-15,44	MENDUNG
91	18-09-2018	64,5	12:28	0:27	19,83	19,91	-12,68	MENDUNG
92	19-09-2018	73,6	13:17	1:16	21,18	21,24	-15,94	MENDUNG
93	20-09-2018	81,6	14:05	2:03	20,78	20,84	-14,34	MENDUNG
94	24-09-2018	99,7	17:15	5:00	18,32	18,43	-11,81	MENDUNG
95	25-09-2018	100	18:02	5:42	18,5	18,51	-13,48	CERAH
96	26-09-2018	99,5	18:49	6:24	18,56	18,56	-13,59	CERAH
97	27-09-2018	97,1	19:38	7:07	18,79	18,8	-13,45	CERAH
98	28-09-2018	92,4	20:29	7:51	17,57	17,63	-11,21	MENDUNG
99	29-09-2018	85,7	21:22	8:38	17,26	17,28	-11,15	MENDUNG

i. Pantai Krakal Wonosari Yogyakarta

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	21 Juli 2018	66,9	12:32	00:20	21,29	21,35	-18,31	CERAH

j. Dukuhseti Pati Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	14 April 2021	07:06	19:12	20.57	20.66	-16.37	07:06	MENDUNG
2	15 April 2021	07:52	19:55	21.3	21.4	-13.84	07:52	MENDUNG
3	16 April 2021	15.2	08:39	20:40	21.56	21.71	-15.51	MENDUNG
4	18 April 2021	31.7	10:20	22:19	20.8	20.85	-16.39	MENDUNG
5	19 April 2021	41.5	11:12	23:11	21.43	21.5	-17.26	MENDUNG
6	20 April 2021	51.9	12:03	23:34	20.01	20.03	-15.44	MENDUNG
7	21 April 2021	62.5	12:54	00:05	21.59	21.63	-19.79	CERAH

### Lampiran 3 : Analisis data pengamatan di daerah agak gelap

#### a. Pantai Tayu Pati Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	31-08-2016	1,6	4:32	16:44	20,8	21,05	-18,56	CERAH
2	01-09-2016	0	5:19	17:34	20,89	20,93	-19,34	CERAH
3	02-09-2016	0,7	6:04	18:21	20,9	21,05	-18,38	CERAH
4	03-09-2016	3,5	6:46	19:07	21,05	21,09	-19,63	CERAH

#### b. Biak Papua

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	02-06-2019	2,3	4:36	16:57	20,4	20,49	-14,54	MENDUNG
2	06-06-2019	9,9	8:20	20:45	19,58	20	-13,78	MENDUNG
3	07-06-2019	18,2	9:20	21:44	20,45	20,47	-17,81	MENDUNG
4	08-06-2019	28,4	10:17	22:41	20,46	20,49	-15,55	CERAH
5	09-06-2019	39,8	11:12	23:35	17,94	19,29	-10,51	MENDUNG
6	13-06-2019	83,5	14:32	2:07	20,55	20,57	-15,76	CERAH
7	15-06-2019	96,4	16:12	3:48	20,69	20,73	-15,14	MENDUNG
8	19-06-2019	98,2	19:40	7:18	18,43	18,87	-11,68	MENDUNG
9	20-06-2019	94,5	20:30	8:09	16,84	17,06	-10,48	MENDUNG
10	01-06-2020	75,7	13:55	1:28	20,43	20,45	-14,91	CERAH
11	02-06-2020	85,3	14:46	2:19	19,67	19,71	-13,51	CERAH
12	03-06-2020	92,9	15:37	3:11	20,16	20,53	-13,98	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
13	04-06-2020	97,9	16:32	4:05	18,39	19,98	-10,15	MENDUNG
14	05-06-2020	99,9	17:28	5:01	18,85	18,87	-12,85	CERAH
15	06-06-2020	100	18:27	6:00	17,97	18,28	-11,68	MENDUNG
16	07-06-2020	99	19:26	6:59	18,81	18,94	-11,38	MENDUNG
17	08-06-2020	95,4	20:23	7:58	18,3	18,34	-9,42	MENDUNG
18	09-06-2020	89,6	21:18	8:54	17,28	17,5	-10,55	MENDUNG
19	10-06-2020	82	22:09	9:47	15,62	16,31	-9,42	MENDUNG
20	11-06-2020	73,3	22:57	10:36	15,69	17,94	-9,08	MENDUNG
21	12-06-2020	63,8	23:41	11:21	19,07	19,38	-12,25	CERAH
22	13-06-2020	53,9	0:01	12:03	18,7	19,29	-13,91	MENDUNG
23	14-06-2020	44,1	0:24	12:44	19,36	20,14	-13,71	MENDUNG
24	15-06-2020	34,6	1:05	13:24	18,78	19,63	-11,31	MENDUNG
25	16-06-2020	25,6	1:45	14:04	18,98	19,47	-11,18	MENDUNG
26	17-06-2020	17,5	2:27	14:46	20,59	20,63	-15,96	CERAH
27	18-06-2020	10,6	3:11	15:30	21,23	21,29	-16,46	CERAH
28	19-06-2020	5,2	3:56	16:16	20,34	20,38	-16,51	CERAH
29	20-06-2020	1,5	4:45	17:06	20,59	20,62	-16,56	CERAH
30	21-06-2020	0	5:38	17:59	20,11	20,49	-12,98	MENDUNG
31	24-06-2020	9,9	8:25	20:47	19,27	19,8	-10,78	MENDUNG
32	25-06-2020	17,8	9:19	21:42	18,78	20,22	-10,88	MENDUNG
33	26-06-2020	27,6	10:12	22:34	19,76	20,33	-12,08	MENDUNG
34	27-06-2020	38,7	11:03	23:25	20,16	20,19	-16,02	CERAH
35	28-06-2020	50,5	11:52	23:48	19,83	20,49	-13,08	MENDUNG
36	29-06-2020	62,3	12:41	0:15	20,39	20,42	-17,48	MENDUNG
37	01-07-2020	83,3	14:23	1:57	20,35	20,39	-17,13	CERAH
38	02-07-2020	91,2	15:17	2:51	20,2	20,26	-16,04	CERAH
39	03-07-2020	96,7	16:13	3:47	20,47	20,53	-14,16	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
40	04-07-2020	99,6	17:11	4:45	18,45	18,65	-12,82	MENDUNG
41	05-07-2020	100	18:09	5:43	18,43	18,48	-11,31	MENDUNG
42	08-07-2020	92,9	20:48	8:26	17,81	18,14	-11,89	MENDUNG
43	09-07-2020	86,6	21:35	9:14	16,3	18,01	-9,45	MENDUNG
44	10-07-2020	78,9	22:18	9:58	16,22	16,26	-9,09	MENDUNG
45	12-07-2020	60,9	23:41	11:20	16,19	19,89	-9,09	MENDUNG
46	13-07-2020	51,2	23:59	12:00	17,01	19,65	-10,91	MENDUNG
47	14-07-2020	41,4	0:22	12:41	19,87	20,02	-16,82	MENDUNG
48	15-07-2020	31,9	1:05	13:23	19,49	20	-13,62	MENDUNG
49	16-07-2020	23	1:49	14:08	20,14	20,17	-16,42	CERAH
50	17-07-2020	14,9	2:36	14:57	18,98	19,23	-9,94	MENDUNG
51	18-07-2020	8,2	3:27	15:49	20,29	20,33	-14,61	MENDUNG
52	19-07-2020	3,3	4:21	16:44	20,33	20,58	-13,36	MENDUNG
53	20-07-2020	0,5	5:18	17:41	20,56	20,58	-15,84	CERAH
54	21-07-2020	0,3	6:15	18:38	20,36	20,38	-15,4	CERAH
55	26-07-2020	36,5	10:39	23:03	20,09	20,45	-13,18	MENDUNG
56	27-07-2020	48,3	11:28	23:54	20,56	20,87	-14,11	MENDUNG
57	28-07-2020	60,1	12:19	0:23	20,17	20,19	-16,46	CERAH
58	29-07-2020	71,2	13:11	0:46	20,09	20,11	-16,48	CERAH
59	30-07-2020	81,1	14:06	1:40	20,36	20,41	-15,31	MENDUNG
60	01-08-2020	95,1	15:59	3:33	19,22	19,28	-14,11	MENDUNG
61	03-08-2020	100	17:49	5:25	18,67	18,76	-13,15	MENDUNG
62	04-08-2020	99,9	18:40	6:18	18,94	18,98	-12,68	MENDUNG
63	05-08-2020	98,8	19:28	7:06	18,59	18,7	-12,18	MENDUNG
64	06-08-2020	95,7	20:13	7:52	17,59	17,77	-10,91	MENDUNG
65	07-08-2020	90,7	20:55	8:35	17,48	17,59	-10,95	MENDUNG
66	08-08-2020	84,1	21:37	9:16	17,81	17,88	-10,65	CERAH



NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
67	10-08-2020	67,7	22:59	10:36	17,1	18,87	-10,11	MENDUNG
68	11-08-2020	58,3	23:42	11:18	17,43	19,34	-11,81	CERAH
69	12-08-2020	48,5	0:05	12:01	18,9	18,94	-11,75	MENDUNG
70	13-08-2020	38,6	0:28	12:47	19,78	20,47	-12,91	MENDUNG
71	14-08-2020	28,9	1:16	13:37	19,3	19,32	-17,51	CERAH
72	15-08-2020	19,8	2:08	14:30	20,51	20,59	-16,02	CERAH
73	16-08-2020	11,9	3:03	15:26	20,22	20,36	-14,78	CERAH
74	17-08-2020	5,6	4:00	16:24	20,51	20,54	-15,96	CERAH
75	18-08-2020	1,5	4:58	17:21	20,4	20,53	-15,42	CERAH
76	19-08-2020	0,1	5:54	18:18	17,52	20,58	-10,95	MENDUNG
77	20-08-2020	1,8	6:49	19:12	20,38	20,51	-14,31	MENDUNG
78	21-08-2020	6,3	7:42	20:05	20,41	20,45	-16,25	CERAH
79	24-08-2020	34	10:15	22:42	20,47	20,57	-16,35	CERAH
80	25-08-2020	45,6	11:08	23:36	20,25	20,36	-14,01	MENDUNG
81	26-08-2020	57,2	12:02	0:59	20,29	20,4	-13,91	MENDUNG
82	27-08-2020	68,3	12:57	0:32	18,94	19,98	-11,95	MENDUNG
83	28-08-2020	78,1	13:53	1:28	18,78	19,16	-10,41	MENDUNG
84	29-08-2020	86,4	14:49	2:25	19,32	19,38	-12,58	MENDUNG
85	30-08-2020	92,8	15:43	3:20	19,47	19,76	-13,55	MENDUNG
86	02-09-2020	100	18:08	5:47	17,73	18,28	-11,03	MENDUNG
87	03-09-2020	99,7	18:52	6:31	18,51	18,65	-12,95	MENDUNG
88	07-09-2020	82,1	21:38	9:14	17,55	18,23	-10,88	MENDUNG
89	08-09-2020	74,2	22:22	9:56	17,59	17,86	-10,27	MENDUNG
90	09-09-2020	65,2	23:08	10:41	18,34	18,78	-11,32	MENDUNG
91	10-09-2020	55,5	23:58	11:28	19,78	19,87	-16,34	CERAH
92	11-09-2020	45,3	0:27	12:19	19,25	19,36	-14,5	CERAH
93	12-09-2020	35	0:50	13:12	19,38	19,73	-12,06	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
94	13-09-2020	25	1:45	14:08	19,34	20	-12,11	MENDUNG
95	14-09-2020	15,9	2:42	15:05	20,47	20,54	-15,75	CERAH
96	15-09-2020	8,4	3:38	16:01	19,4	20,36	-11,21	MENDUNG
97	16-09-2020	3	4:33	16:57	19,98	20,64	-12,26	MENDUNG
98	17-09-2020	0,4	5:28	17:52	20,6	20,63	-15,97	CERAH
99	18-09-2020	0,9	6:21	18:45	20,41	20,43	-16,86	CERAH
100	19-09-2020	4,6	7:13	19:39	19,31	19,65	-12,96	MENDUNG
101	20-09-2020	11,3	8:06	20:33	20,4	20,58	-14,56	MENDUNG
102	21-09-2020	20,2	9:00	21:29	20,42	20,6	-14,31	MENDUNG
103	22-09-2020	30,7	9:55	22:25	20,45	20,49	-17,86	MENDUNG
104	23-09-2020	42	10:52	23:23	18,83	20,53	-10,67	MENDUNG
105	25-09-2020	64,2	12:45	0:20	19,36	20,02	-11,71	MENDUNG
106	26-09-2020	74,1	13:40	1:16	20,14	20,4	-12,96	MENDUNG
107	27-09-2020	82,7	14:32	2:09	20,31	20,37	-15,5	CERAH
108	28-09-2020	89,7	15:20	2:59	20,4	20,42	-16,65	CERAH
109	29-09-2020	94,9	16:06	3:45	20,31	20,36	-14,08	MENDUNG

c. Tilog Kupang Nusa Tenggara Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	16-04-2018	0,2	5:47	18:02	20,83	21,11	-16,29	MENDUNG
2	02-02-2019	6,9	3:22	16:19	19,52	19,6	-14,74	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
3	03-02-2019	2,8	4:11	17:07	19,63	20,51	-15,38	MENDUNG
4	04-02-2019	0,5	5:01	17:53	20,67	20,73	-15,98	MENDUNG
5	05-02-2019	0,1	5:49	18:37	19,85	21	-13,35	MENDUNG
6	06-02-2019	1,6	6:37	19:19	19,69	20,01	-14,35	MENDUNG
7	07-02-2019	5	7:24	19:59	20,7	20,91	-15,36	MENDUNG
8	08-02-2019	10,1	8:09	20:38	20,73	20,76	-16,15	CERAH
9	09-02-2019	16,8	8:55	21:17	20,75	20,83	-15,53	MENDUNG
10	10-02-2019	24,9	9:40	21:56	20,34	20,58	-14,93	MENDUNG
11	11-02-2019	34,2	10:27	22:37	20,76	20,92	-15,94	CERAH
12	12-02-2019	44,5	11:16	23:21	20,71	20,84	-15,96	MENDUNG
13	13-02-2019	55,3	12:08	23:44	20,6	20,83	-15,09	MENDUNG
14	14-02-2019	66,2	13:03	0:08	20,84	20,91	-17,51	CERAH
15	15-02-2019	76,8	14:01	1:00	20,87	20,91	-17,12	CERAH
16	16-02-2019	86,1	15:01	1:56	20,41	20,88	-14,34	MENDUNG
17	17-02-2019	93,6	16:03	2:57	20,86	20,96	-16,07	CERAH
18	18-02-2019	98,3	17:03	4:00	19,61	19,65	-13,55	CERAH
19	19-02-2019	100	18:01	5:04	17,96	17,99	-13,13	MENDUNG
20	20-02-2019	99,9	18:55	6:07	17,72	17,76	-12,7	CERAH
21	21-02-2019	98,2	19:46	7:08	17,38	17,42	-12,75	MENDUNG
22	22-02-2019	93,4	20:34	8:06	16,64	16,82	-11,11	MENDUNG
23	23-02-2019	86,1	21:22	9:02	15,6	15,82	-9,71	MENDUNG
24	24-02-2019	77	22:08	9:56	15,77	16,32	-10,74	MENDUNG
25	25-02-2019	66,8	22:55	10:50	16,3	17,45	-11,74	CERAH
26	26-02-2019	56,2	23:42	11:43	17,98	19,16	-12,52	MENDUNG
27	27-02-2019	45,6	0:05	12:35	19,03	20	-14	CERAH
28	01-03-2019	26,3	1:19	14:16	20,35	20,48	-15,53	MENDUNG
29	02-03-2019	18,1	2:08	15:05	20,78	20,8	-16,53	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
30	03-03-2019	11,2	2:57	15:51	20,88	20,95	-17,29	CERAH
31	04-03-2019	5,9	3:46	16:35	20,83	20,86	-16,83	CERAH
32	05-03-2019	2,2	4:34	17:18	20,54	20,69	-15,42	CERAH
33	06-03-2019	0,3	5:21	17:58	20,37	20,7	-15,67	MENDUNG
34	15-03-2019	61,3	12:49	0:20	20,2	20,8	-14,81	MENDUNG
35	16-03-2019	72,4	13:47	0:43	20,07	20,42	-15,08	MENDUNG
36	17-03-2019	82,6	14:46	1:43	20,78	20,87	-15,78	MENDUNG
37	18-03-2019	90,9	15:43	2:44	20,29	20,36	-15,84	CERAH
38	19-03-2019	96,7	16:38	3:46	20,09	20,11	-14,61	CERAH
39	20-03-2019	99,6	17:30	4:47	18,14	18,21	-11,95	CERAH
40	21-03-2019	100	18:20	5:46	17,88	17,92	-12,41	CERAH
41	22-03-2019	99,3	19:09	6:44	17,63	17,7	-11,91	CERAH
42	23-03-2019	95,9	19:57	7:41	17,46	17,5	-11,58	CERAH
43	24-03-2019	90	20:45	8:36	16,9	16,97	-10,65	MENDUNG
44	25-03-2019	82,1	21:33	9:31	16,02	16,06	-10,15	CERAH
45	26-03-2019	72,9	22:22	10:25	15,75	16,44	-10,68	MENDUNG
46	27-03-2019	63	23:12	11:19	16,48	18,03	-11,11	CERAH
47	28-03-2019	52,8	23:35	12:10	17,92	19,74	-12,85	MENDUNG
48	29-03-2019	42,7	0:02	13:00	18,9	20,31	-12,55	MENDUNG
49	30-03-2019	33,2	0:52	13:48	20,27	20,73	-15,61	CERAH
50	01-04-2019	16,6	2:30	15:16	20,09	20,33	-15,52	MENDUNG
51	02-04-2019	10	3:17	15:57	20,47	20,81	-15,03	CERAH
52	03-04-2019	5	4:03	16:37	20,09	20,16	-16,47	MENDUNG
53	04-04-2019	1,7	4:49	17:16	19,96	20,09	-14,24	MENDUNG
54	05-04-2019	0,2	5:35	17:55	19,47	19,91	-13,05	MENDUNG
55	06-04-2019	0,9	6:22	18:36	20,8	21,02	-15,68	CERAH
56	07-04-2019	3,6	7:10	19:18	20,71	20,89	-16,21	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
57	08-04-2019	8,5	8:00	20:02	20,69	20,84	-16,64	CERAH
58	09-04-2019	15,5	8:52	20:50	20,67	20,8	-15,64	CERAH
59	10-04-2019	24,2	9:47	21:41	20,09	20,76	-14,41	MENDUNG
60	11-04-2019	34,4	10:43	22:36	20,8	20,91	-15,88	CERAH
61	16-04-2019	88,4	15:19	2:33	20,51	20,71	-15,84	CERAH
62	17-04-2019	95	16:08	3:31	20,42	20,51	-15,94	CERAH
63	18-04-2019	98,8	16:56	4:28	18,83	18,96	-13,11	CERAH
64	19-04-2019	100	17:44	5:24	18,08	18,12	-13,15	CERAH
65	20-04-2019	99,8	18:32	6:20	18,05	18,07	-12,81	CERAH
66	21-04-2019	97,8	19:21	7:16	17,83	17,92	-12,45	CERAH
67	22-04-2019	93,4	20:11	8:11	16,66	17,01	-11,18	MENDUNG
68	23-04-2019	86,9	21:02	9:06	16,13	16,26	-10,55	CERAH
69	24-04-2019	78,8	21:53	10:00	15,22	15,29	-9,75	CERAH
70	25-04-2019	69,8	22:44	10:52	15,04	15,62	-9,52	CERAH
71	26-04-2019	60,1	23:35	11:42	17,21	18,45	-12,15	MENDUNG
72	27-04-2019	50,2	23:59	12:29	18,3	18,78	-13,31	MENDUNG
73	28-04-2019	40,5	0:24	13:13	18,78	19,25	-13,38	MENDUNG
74	29-04-2019	31,2	1:12	13:54	19,27	19,85	-15,04	MENDUNG
75	01-05-2019	14,9	2:44	15:14	19,87	20,52	-14,59	MENDUNG
76	02-05-2019	8,5	3:30	15:53	20,61	20,67	-15,32	CERAH
77	03-05-2019	3,8	4:17	16:33	20,66	20,69	-16,28	CERAH
78	04-05-2019	0,9	5:04	17:14	20,51	20,54	-15,33	MENDUNG
79	05-05-2019	0,2	5:54	17:58	20,59	20,66	-16,06	CERAH
80	06-05-2019	1,9	6:46	18:46	20,62	20,65	-16,07	CERAH
81	07-05-2019	6	7:41	19:37	20,5	20,52	-15,61	MENDUNG
82	08-05-2019	12,4	8:38	20:32	20,38	20,42	-14,67	MENDUNG
83	09-05-2019	21	9:36	21:29	20,58	20,61	-15,88	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
84	10-05-2019	31,3	10:34	22:28	19,32	19,67	-11,91	MENDUNG
85	11-05-2019	42,6	11:30	23:28	20,33	20,69	-15,22	MENDUNG
86	12-05-2019	54,5	12:24	23:51	20,5	20,55	-16,41	CERAH
87	13-05-2019	66,2	13:14	0:26	20,62	20,64	-16,67	CERAH
88	14-05-2019	76,9	14:03	1:23	20,7	20,73	-16,69	CERAH
89	15-05-2019	86,1	14:50	2:18	20,72	20,75	-16,71	CERAH
90	16-05-2019	93,2	15:36	3:13	20,51	20,55	-16,03	CERAH
91	17-05-2019	97,8	16:23	4:08	19,69	19,71	-13,7	CERAH
92	18-05-2019	99,8	17:10	5:02	18,17	18,2	-12,81	CERAH
93	19-05-2019	100	17:59	5:57	18,01	18,1	-12,38	CERAH
94	20-05-2019	99,2	18:50	6:53	17,59	17,66	-12,38	CERAH
95	21-05-2019	96,1	19:42	7:48	16,94	17,01	-11,28	CERAH
96	22-05-2019	91	20:34	8:42	16,77	16,82	-11,32	CERAH
97	23-05-2019	84,2	21:26	9:33	15,38	15,44	-9,28	CERAH
98	24-05-2019	76,1	22:16	10:22	15,16	15,21	-10,49	MENDUNG
99	25-05-2019	67,1	23:05	11:08	15,29	16,3	-10,24	CERAH
100	26-05-2019	57,6	23:52	11:50	16,46	16,7	-11,49	CERAH
101	27-05-2019	47,9	0:15	12:31	17,86	19,32	-11,52	MENDUNG
102	28-05-2019	38,2	0:38	13:10	19,47	19,52	-15,51	CERAH
103	29-05-2019	28,9	1:23	13:49	20,1	20,25	-15,81	CERAH
104	30-05-2019	20,2	2:09	14:28	19,23	20,33	-12,84	MENDUNG
105	01-06-2019	6,5	3:45	15:52	18,82	19,01	-13,19	MENDUNG
106	02-06-2019	2,2	4:36	16:38	18,15	18,23	-13,19	CERAH
107	03-06-2019	0,2	5:31	17:28	18,02	18,04	-12,57	MENDUNG
108	04-06-2019	0,8	6:28	18:23	18,36	18,42	-13,78	CERAH
109	05-06-2019	4,1	7:28	19:21	18,45	18,5	-13,83	CERAH
110	06-06-2019	10,2	8:27	20:21	18,76	18,87	-13,88	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
111	07-06-2019	18,6	9:25	21:22	18,44	18,47	-14,85	CERAH
112	08-06-2019	28,8	10:21	22:21	18,67	18,8	-14,67	CERAH
113	09-06-2019	40,2	11:13	23:19	18,58	18,7	-14,03	CERAH
114	10-06-2019	52,1	12:02	23:42	19,37	19,38	-15	CERAH
115	11-06-2019	63,7	12:48	0:14	19,8	21,02	-13,28	MENDUNG
116	12-06-2019	74,5	13:33	1:08	19,78	19,83	-15,34	MENDUNG
117	13-06-2019	83,8	14:19	2:02	20,73	20,79	-16,55	CERAH
118	14-06-2019	91,3	15:05	2:55	20,85	20,9	-16,82	CERAH
119	15-06-2019	96,5	15:52	3:49	20,56	20,61	-15,48	CERAH
120	16-06-2019	99,4	16:41	4:43	18,93	18,94	-13,7	CERAH
121	17-06-2019	100	17:32	5:38	18,31	18,33	-13,77	CERAH
122	18-06-2019	99,9	18:24	6:32	18,25	18,28	-13,36	CERAH
123	19-06-2019	98,1	19:16	7:24	17,61	17,81	-11,83	MENDUNG
124	20-06-2019	94,3	20:08	8:14	17,03	17,07	-11,64	CERAH
125	21-06-2019	88,8	20:57	9:02	16,19	16,25	-10,55	CERAH
126	22-06-2019	81,8	21:45	9:46	15,32	15,39	-9,68	MENDUNG
127	23-06-2019	73,6	22:32	10:27	14,99	15,15	-9,97	CERAH
128	27-06-2019	35,2	0:48	13:03	19,72	20,03	-16,78	MENDUNG
129	28-06-2019	25,7	1:35	13:44	20,36	20,52	-15,67	CERAH
130	29-06-2019	17	2:25	14:28	20,35	20,43	-14,78	MENDUNG
131	01-07-2019	3,9	4:13	16:09	20,26	20,36	-14,88	MENDUNG
132	02-07-2019	0,6	5:12	17:06	20,49	20,54	-16,52	CERAH
133	03-07-2019	0,2	6:13	18:07	20,31	20,33	-17,23	CERAH
134	04-07-2019	2,8	7:14	19:10	20,32	20,35	-16,82	CERAH
135	05-07-2019	8,4	8:12	20:12	20,43	20,44	-16,39	CERAH
136	06-07-2019	16,5	9:07	21:12	19,92	20,03	-16,42	MENDUNG
137	07-07-2019	26,6	9:58	22:09	20,25	20,28	-16,22	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
138	08-07-2019	37,8	10:47	23:05	18,89	19,12	-13,73	MENDUNG
139	09-07-2019	49,6	11:33	23:58	20,05	20,14	-15,59	MENDUNG
140	10-07-2019	61,1	12:18	0:21	20,7	20,75	-16,76	CERAH
141	11-07-2019	71,8	13:03	0:51	20,64	20,69	-16,55	MENDUNG
142	12-07-2019	81,2	13:49	1:44	20,61	20,68	-15,87	MENDUNG
143	13-07-2019	88,9	14:37	2:38	19,74	19,94	-13,15	MENDUNG
144	14-07-2019	94,7	15:27	3:31	20,02	20,09	-15,45	CERAH
145	15-07-2019	98,4	16:18	4:25	19,41	19,42	-13,58	CERAH
146	16-07-2019	99,9	17:09	5:17	19,47	19,56	-14,31	MENDUNG
147	17-07-2019	100	18:01	6:08	17,98	18,04	-12,67	CERAH
148	22-07-2019	79,3	21:57	9:43	16,11	16,19	-10,08	CERAH
149	23-07-2019	70,9	22:42	10:21	15,75	15,86	-10,08	CERAH
150	24-07-2019	61,6	23:28	10:59	16,97	17,39	-11,68	CERAH
151	25-07-2019	51,7	23:51	11:39	18,78	19,12	-13,98	CERAH
152	26-07-2019	41,4	0:15	12:20	19,76	20,22	-15,61	CERAH
153	27-07-2019	31,2	1:05	13:05	20,41	20,51	-16,53	CERAH
154	28-07-2019	21,5	1:58	13:55	20,6	20,65	-16,49	CERAH
155	29-07-2019	12,8	2:55	14:49	20,58	20,65	-16,48	CERAH
156	30-07-2019	6	3:55	15:48	20,59	20,68	-16,92	CERAH
157	02-08-2019	1,8	6:54	18:57	20,45	20,51	-15,85	CERAH
158	03-08-2019	6,7	7:49	19:58	20,48	20,56	-15,82	MENDUNG
159	04-08-2019	14,4	8:40	20:56	20,64	20,71	-16,24	CERAH
160	05-08-2019	24	9:28	21:52	20,58	20,65	-15,95	CERAH
161	07-08-2019	46,4	11:01	23:40	20,72	20,78	-16,54	CERAH
162	08-08-2019	57,6	11:48	0:03	20,77	20,8	-16,73	CERAH
163	09-08-2019	68,2	12:35	0:34	20,67	20,72	-16,9	CERAH
164	10-08-2019	77,7	13:24	1:27	20,79	20,83	-16,84	CERAH



NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
165	11-08-2019	85,7	14:14	2:21	19,43	20,18	-14,18	MENDUNG
166	12-08-2019	92,1	15:05	3:13	20,69	20,74	-16,21	CERAH
167	13-08-2019	96,6	15:56	4:04	20,53	20,54	-14,91	CERAH
168	14-08-2019	99,3	16:46	4:53	19,03	19,04	-14,12	CERAH
169	15-08-2019	100	17:35	5:39	18,46	18,49	-13,78	CERAH
170	16-08-2019	99,9	18:23	6:22	18,57	18,59	-13,7	CERAH
171	17-08-2019	98,6	19:09	7:03	18	18,1	-12,91	MENDUNG
172	18-08-2019	95,5	19:54	7:42	17,84	17,88	-12,09	MENDUNG
173	19-08-2019	90,7	20:39	8:20	17,46	17,47	-12,23	CERAH
174	20-08-2019	84,3	21:24	8:58	17,12	17,15	-11,87	CERAH
175	21-08-2019	76,5	22:10	9:36	16,81	16,83	-11,27	CERAH
176	22-08-2019	67,6	22:57	10:16	17,34	17,38	-12,39	CERAH
177	23-08-2019	57,7	23:48	10:59	18,12	18,21	-13,49	CERAH
178	24-08-2019	47,2	0:19	11:45	19	19,07	-14,35	CERAH
179	25-08-2019	36,4	0:42	12:36	19,81	19,85	-15,46	MENDUNG
180	26-08-2019	25,9	1:38	13:31	20,4	20,44	-16,54	CERAH
181	27-08-2019	16,3	2:37	14:31	20,41	20,48	-16,91	CERAH
182	28-08-2019	8,3	3:37	15:33	20,47	20,5	-16,81	CERAH
183	29-08-2019	2,8	4:36	16:36	20,57	20,6	-16,72	CERAH
184	30-08-2019	0,2	5:33	17:39	20,43	20,48	-16,57	CERAH
185	01-09-2019	5,1	7:17	19:38	20,46	20,55	-15,33	CERAH
186	02-09-2019	11,9	8:06	20:35	20,54	20,6	-16,18	CERAH
187	03-09-2019	20,8	8:54	21:31	20,55	20,61	-16,55	CERAH
188	04-09-2019	31,1	9:42	22:27	20,51	20,56	-16,4	CERAH
189	05-09-2019	42,1	10:31	23:22	20,49	20,55	-16,76	CERAH
190	06-09-2019	53	11:20	23:45	20,47	20,5	-16,62	CERAH
191	07-09-2019	63,5	12:10	0:16	20,55	20,62	-16,23	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
192	08-09-2019	73,1	13:01	1:10	20,77	20,84	-16,58	CERAH
193	09-09-2019	81,5	13:53	2:01	20,5	20,55	-16,43	CERAH
194	10-09-2019	88,5	14:43	2:51	20,4	20,46	-16,54	CERAH
195	11-09-2019	94	15:32	3:37	20,33	20,37	-16,13	MENDUNG
196	12-09-2019	97,7	16:20	4:21	19,47	19,48	-14,02	CERAH
197	13-09-2019	99,6	17:07	5:03	18,54	18,56	-13,63	CERAH
198	14-09-2019	100	17:52	5:42	18,28	18,32	-13,47	CERAH
199	15-09-2019	99,6	18:37	6:20	18,12	18,15	-12,58	CERAH
200	16-09-2019	97,8	19:22	6:58	16,86	17,1	-12,18	MENDUNG
201	17-09-2019	94,1	20:07	7:36	17,89	17,94	-13,01	MENDUNG
202	18-09-2019	88,6	20:54	8:16	17,28	17,39	-11,87	MENDUNG
203	19-09-2019	81,5	21:43	8:57	17,39	17,41	-12,97	CERAH
204	20-09-2019	72,9	22:35	9:41	17,18	17,2	-12,56	CERAH
205	21-09-2019	63,1	23:29	10:29	17,54	17,63	-13,13	CERAH
206	22-09-2019	52,5	23:52	11:21	18,72	19,36	-14,41	CERAH
207	23-09-2019	41,3	0:25	12:17	19,56	20,14	-15,04	MENDUNG
208	24-09-2019	30,2	1:23	13:16	20,12	20,22	-16,1	CERAH
209	25-09-2019	19,8	2:20	14:17	20,07	20,31	-15,44	MENDUNG
210	26-09-2019	11	3:16	15:19	20,38	20,42	-16,77	CERAH
211	27-09-2019	4,4	4:10	16:20	20,3	20,34	-16,12	MENDUNG
212	28-09-2019	0,8	5:02	17:19	20,35	20,39	-16,93	CERAH
213	29-09-2019	0,4	5:52	18:18	20,35	20,39	-17,27	CERAH

d. Kalianda Lampung Selatan

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	29-12-2019	9.9	08:15	20:55	20.39	20.42	-11.59	MENDUNG

e. Kuala Penet Labuhan Maringgai Lampung Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	30-12-2019	16.7	09:04	21:41	20.91	20.94	-15.51	MENDUNG

f. Pulau Tiban Kendal Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	08-08-2019	58	11:46	23:56	20.14	20.38	-16.36	CERAH

g. Bira, Kec, Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	29-05-2014	0.3	06:13	18:21	20.83	20.99	-18.08	CERAH

h. Pulau Galang Kep. Riau

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	26-12-2019	0	05:51	18:14	20.25	20.35	-16	MENDUNG

i. Sedan Rembang Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	14-05-2018	2.6	4:16	16:32	20.44	20.64	-15.5	CERAH
2	15-05-2018	0.3	5:11	17:24	20.48	20.53	-15.17	MENDUNG
3	18-05-2018	10.9	8:10	20:18	20.31	20.53	-14.99	MENDUNG
4	19-05-2018	19.8	9:11	21:19	20.46	20.52	-15.63	CERAH
5	16-06-2018	8.9	7:58	20:07	20.55	20.64	-17.64	CERAH
6	17-06-2018	17.3	8:58	21:08	19.83	19.98	-15.39	MENDUNG

#### Lampiran 4 : Analisis data pengamatan di daerah agak terang

##### a. Pasuruan Jawa Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	05-06-2019	4.3	7:09	19:12	19.44	19.45	-14.61	CERAH
2	06-06-2019	10.4	8:09	20:12	19.56	19.57	-15.32	CERAH
3	08-06-2019	29.1	10:03	22:11	19.36	19.41	-12.74	MENDUNG
4	09-06-2019	40.6	10:56	23:07	19.45	19.51	-14.08	MENDUNG
5	10-06-2019	52.5	11:46	23:30	19.47	19.53	-16.08	CERAH
6	11-06-2019	64.1	12:33	0:01	19.49	19.5	-14.23	CERAH
7	12-06-2019	74.8	13:19	0:54	19.36	19.38	-14.92	CERAH
8	13-06-2019	84.1	14:06	1:47	18.19	18.42	-11.19	MENDUNG
9	15-06-2019	96.6	15:41	3:32	19.49	19.53	-14.52	CERAH
10	16-06-2019	99.4	16:31	4:25	18.95	18.97	-13.24	CERAH
11	18-06-2019	100	18:15	6:13	17.98	18.04	-12.52	CERAH
12	19-06-2019	98	19:07	7:06	17.75	17.81	-11.08	MENDUNG
13	20-06-2019	94.2	19:57	7:56	17.15	17.23	-11.08	CERAH
14	30-06-2019	9.3	3:00	15:06	19.41	19.49	-13.64	MENDUNG
15	01-07-2019	3.7	3:55	15:59	19.11	19.14	-15.21	MENDUNG
16	02-07-2019	0.6	4:54	16:57	18.75	18.8	-12.62	MENDUNG
17	04-07-2019	2.9	6:56	19:00	19.87	19.88	-15.34	CERAH
18	05-07-2019	8.6	7:54	20:01	19.24	19.27	-13.87	CERAH
19	06-07-2019	16.8	8:50	21:01	19.55	19.56	-15.28	CERAH
20	07-07-2019	26.9	9:42	21:57	19.47	19.5	-14.56	MENDUNG
21	08-07-2019	38.2	10:31	22:51	19.54	19.6	-14.35	MENDUNG
22	09-07-2019	49.9	11:18	23:44	19.86	19.92	-16.91	MENDUNG
23	10-07-2019	61.4	12:05	0:07	19.49	19.52	-14.08	CERAH
24	15-07-2019	98.5	16:08	4:06	19.28	19.31	-13.51	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
25	16-07-2019	99.6	17:00	4:59	19.79	19.82	-14.62	CERAH
26	17-07-2019	100	17:51	5:50	17.29	17.31	-12.18	MENDUNG
27	18-07-2019	99.3	18:40	6:38	17.25	17.29	-12.21	CERAH
28	19-07-2019	96.8	19:28	7:24	17.65	17.68	-12.24	MENDUNG
29	20-07-2019	92.4	20:15	8:07	17.06	17.08	-11.84	CERAH
30	21-07-2019	86.4	21:00	8:48	16.47	16.51	-10.61	CERAH
31	22-07-2019	79.1	21:44	9:27	16.59	16.76	-12.18	MENDUNG
32	23-07-2019	70.6	22:28	10:06	17.34	17.56	-12.37	MENDUNG
33	24-07-2019	61.3	23:12	10:45	17.57	17.84	-12.86	CERAH
34	25-07-2019	51.4	23:59	11:26	18.73	19.18	-14.41	CERAH
35	26-07-2019	41.1	0:25	12:08	19.13	19.33	-15	CERAH
36	27-07-2019	30.9	0:48	12:54	19.41	19.49	-14.1	MENDUNG
37	29-07-2019	12.6	2:37	14:40	19.34	19.37	-14.62	MENDUNG
38	30-07-2019	5.8	3:36	15:39	19.43	19.48	-15.44	CERAH
39	02-08-2019	1.9	6:37	18:46	19.45	18.47	-14.92	CERAH
40	03-08-2019	6.9	7:32	19:46	19.26	19.3	-14.79	CERAH
41	05-08-2019	24.4	9:14	21:38	19.43	19.5	-14.99	CERAH
42	06-08-2019	35.3	10:01	22:31	19.54	19.59	-16.92	CERAH
43	09-08-2019	68.5	12:24	0:17	19.03	19.27	-12.89	MENDUNG
44	10-08-2019	78	13:14	1:10	19.54	19.56	-15.26	CERAH
45	11-08-2019	86	14:04	2:02	19.62	19.64	-15.14	CERAH
46	12-08-2019	92.3	14:55	2:55	19.56	19.62	-16.2	CERAH
47	14-08-2019	99.3	16:36	4:34	18.49	18.51	-12.73	MENDUNG
48	15-08-2019	99.9	17:25	5:21	18.27	18.28	-12.82	MENDUNG
49	17-08-2019	98.6	18:57	6:46	18.09	18.11	-12.63	CERAH
50	18-08-2019	95.4	19:41	7:26	17.74	17.75	-12.51	CERAH
51	19-08-2019	90.5	20:25	8:05	17.41	17.51	-12.26	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
52	20-08-2019	84.1	21:09	8:44	17.08	17.1	-11.28	CERAH
53	21-08-2019	76.3	21:54	9:23	16.93	17.73	-12.07	MENDUNG
54	22-08-2019	67.3	22:41	10:04	17.49	17.56	-11.6	CERAH
55	24-08-2019	46.8	0:01	11:35	18.99	19.02	-15.02	CERAH
56	25-08-2019	36.1	0:24	12:26	19.18	19.22	-14.93	CERAH
57	26-08-2019	25.6	1:20	13:22	19.1	19.13	-14.74	MENDUNG
58	28-08-2019	8.1	3:19	15:24	19.3	19.31	-14.8	MENDUNG
59	29-08-2019	2.6	4:18	16:26	19.44	19.48	-14.8	CERAH
60	30-08-2019	0.2	5:16	17:28	19.39	19.4	-15.54	CERAH
61	31-08-2019	1.1	6:10	18:27	19.58	19.62	-15.43	CERAH
62	02-09-2019	12.1	7:52	20:21	18.21	18.29	-13.34	MENDUNG
63	03-09-2019	21.1	8:41	21:15	19.44	19.48	-15.07	CERAH
64	04-09-2019	31.5	9:30	22:10	19.33	19.34	-15	CERAH
65	05-09-2019	42.4	10:19	23:04	19.41	19.42	-13.86	MENDUNG
66	07-09-2019	63.8	12:01	0:28	19.38	19.41	-14.32	CERAH
67	08-09-2019	73.3	12:52	0:51	19.39	19.44	-14.39	CERAH
68	10-09-2019	88.7	14:33	2:32	19.52	19.55	-15.6	CERAH
69	11-09-2019	94.1	15:22	3:19	19.71	19.73	-14.69	CERAH
70	12-09-2019	97.8	16:09	4:03	19.25	19.27	-13.54	CERAH
71	13-09-2019	98.6	16:54	4:46	18.7	18.72	-13.58	CERAH
72	14-09-2019	99.6	17:39	5:26	18.28	18.3	-11.84	CERAH
73	15-09-2019	100	18:23	6:05	18.12	18.13	-12.76	MENDUNG
74	16-09-2019	97.7	19:07	6:44	18.01	18.03	-11.94	MENDUNG
75	17-09-2019	93.9	19:51	7:23	17.94	17.97	-12.99	MENDUNG
76	18-09-2019	88.4	20:38	8:03	18.25	18.3	-13.9	MENDUNG
77	19-09-2019	81.2	21:26	8:45	18.88	18.9	-14.22	MENDUNG
78	20-09-2019	72.6	22:17	9:30	18.79	18.85	-15.09	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
79	21-09-2019	62.8	23:10	10:19	18.5	18.58	-13.49	CERAH
80	22-09-2019	52.1	23:33	11:11	19.05	19.08	-14.08	CERAH
81	23-09-2019	40.9	0:07	12:08	19.4	19.45	-15.04	CERAH
82	24-09-2019	29.8	1:04	13:07	19.4	19.46	-15.32	CERAH
83	25-09-2019	19.5	2:02	14:07	19.14	19.52	-12.12	MENDUNG
84	26-09-2019	10.7	2:59	15:08	19.44	19.51	-13.99	MENDUNG
85	28-09-2019	0.7	4:47	17:06	19.55	19.59	-14.72	MENDUNG
86	29-09-2019	0.5	5:38	18:03	19.71	19.74	-14.68	CERAH
87	30-09-2019	3.4	6:28	19:00	19.27	19.29	-14.69	CERAH

b. Pontianak Kalimantan Barat

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	06-06-2018	58.3	23:53	11:29	17.11	17.44	-11.35	MENDUNG
2	07-06-2018	48.3	0:14	12:14	17.86	17.99	-12.28	MENDUNG
3	08-06-2018	38	0:37	12:59	17.39	17.53	-11.21	CERAH
4	09-06-2018	27.9	1:23	13:45	17.77	17.86	-11.44	CERAH
5	10-06-2018	18.5	2:10	14:33	18.27	18.28	-13.07	CERAH
6	12-06-2018	4.3	3:53	16:20	18.42	18.47	-13.39	CERAH
7	13-06-2018	0.8	4:51	17:19	18.73	18.75	-14.79	CERAH
8	14-06-2018	0.3	5:52	18:21	17.35	17.38	-11.18	CERAH
9	15-06-2018	3.1	6:54	19:24	17.34	17.37	-11.45	MENDUNG



NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
10	16-06-2018	9	7:57	20:26	18.04	18.09	-12.87	MENDUNG
11	17-06-2018	17.4	8:58	21:26	18.84	18.86	-14.48	CERAH
12	18-06-2018	27.6	9:55	22:21	17.44	18	-10.02	MENDUNG
13	25-06-2018	93.7	15:33	3:08	17.55	17.66	-11.21	MENDUNG
14	26-06-2018	97.7	16:20	3:55	18.56	18.59	-12.69	MENDUNG
15	27-06-2018	99.7	17:08	4:43	18.19	18.2	-12.04	MENDUNG
16	28-06-2018	100	17:57	5:32	16.97	17.01	-10.72	CERAH
17	29-06-2018	99.7	18:45	6:20	16.81	17.05	-10.51	MENDUNG
18	01-07-2018	94.2	20:20	7:56	16.92	16.95	-11.31	MENDUNG
19	10-07-2018	13.3	2:34	15:01	18.16	18.19	-11.51	MENDUNG
20	11-07-2018	6.1	3:32	16:01	18.64	18.65	-14.57	CERAH
21	12-07-2018	1.5	4:33	17:04	18.67	18.68	-15.3	CERAH
22	13-07-2018	0	5:37	18:07	18.89	18.9	-16.51	CERAH
23	17-07-2018	24.3	9:32	21:56	18.68	18.69	-15.04	CERAH
24	18-07-2018	34.9	10:22	22:46	19.11	19.12	-15.54	CERAH
25	20-07-2018	56.8	11:58	23:56	18.31	18.48	-12.35	MENDUNG
26	21-07-2018	67	12:44	0:20	17.17	17.3	-10.71	CERAH
27	22-07-2018	76.2	13:31	1:06	17.09	17.16	-11.01	MENDUNG
28	23-07-2018	84.2	14:18	1:53	18.97	19	-15.22	CERAH
29	25-07-2018	95.6	15:54	3:29	18.1	18.45	-11.28	MENDUNG
30	26-07-2018	98.7	16:42	4:17	18.29	18.3	-13.41	MENDUNG
31	27-07-2018	99.5	17:30	5:05	17.46	18.52	-10.58	MENDUNG
32	28-07-2018	100	18:17	5:53	17.71	17.73	-12.01	MENDUNG
33	29-07-2018	99.3	19:03	6:39	18.04	18.06	-12.25	MENDUNG
34	30-07-2018	96.7	19:48	7:25	17.22	17.28	-9.69	MENDUNG
35	03-08-2018	69.3	22:45	10:21	15.89	16.04	-9.82	MENDUNG
36	04-08-2018	59.1	23:32	11:07	15.97	16.12	-10.12	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
37	06-08-2018	36.9	0:23	12:48	18.81	18.85	-14.43	CERAH
38	07-08-2018	25.9	1:17	13:44	18.86	18.88	-13.22	MENDUNG
39	09-08-2018	7.9	3:16	15:46	18.58	18.62	-12.53	MENDUNG
40	14-08-2018	11.9	8:11	20:36	18.29	18.33	-13.82	CERAH
41	16-08-2018	30.3	9:51	22:14	18.43	18.6	-12.53	MENDUNG
42	17-08-2018	40.8	10:39	23:02	18.59	18.65	-14.2	CERAH
43	20-08-2018	71	13:02	0:37	17.42	17.69	-10.18	MENDUNG
44	21-08-2018	79.5	13:50	1:25	18.52	18.6	-14.28	MENDUNG
45	23-08-2018	92.6	15:27	3:02	17.42	17.45	-11.76	CERAH
46	24-08-2018	96.9	16:14	3:50	17.26	17.29	-11.68	CERAH
47	25-08-2018	99.4	17:00	4:37	17.3	17.33	-11.66	MENDUNG
48	30-08-2018	89.6	20:43	8:19	17.83	17.86	-13.18	MENDUNG
49	31-08-2018	82.3	21:29	9:05	16.92	16.95	-10.57	MENDUNG
50	03-09-2018	52.1	23:27	11:35	17.71	17.98	-11.02	MENDUNG
51	04-09-2018	40.5	0:05	12:32	18.6	18.68	-13.08	MENDUNG
52	05-09-2018	29.1	1:03	13:31	17.65	17.77	-11.76	MENDUNG
53	06-09-2018	18.7	2:03	14:32	18.66	18.76	-14.01	MENDUNG
54	07-09-2018	10	3:04	15:32	18.33	18.6	-13	MENDUNG
55	08-09-2018	3.8	4:03	16:31	18.41	18.43	-12.3	MENDUNG
56	09-09-2018	0.5	5:01	17:27	18.12	18.29	-11.45	MENDUNG
57	10-09-2018	0.4	5:56	18:21	17.4	17.57	-10.75	MENDUNG
58	11-09-2018	3.3	6:49	19:13	19.14	19.53	-13.35	MENDUNG
59	12-09-2018	8.7	7:39	20:03	19.28	19.29	-13.59	CERAH
60	13-09-2018	16.2	8:29	20:53	19.15	19.17	-13.77	CERAH
61	14-09-2018	25	9:18	21:41	19.2	19.21	-14.43	CERAH
62	15-09-2018	34.7	10:07	22:30	19.11	19.13	-15.1	CERAH
63	16-09-2018	44.8	10:56	23:19	18.95	18.97	-13.53	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
64	17-09-2018	54.8	11:45	23:42	17.11	17.19	-9.62	MENDUNG
65	18-09-2018	64.5	12:33	0:08	16.68	16.89	-9.85	MENDUNG
66	19-09-2018	73.5	13:22	0:57	19.03	19.07	-13.16	MENDUNG
67	20-09-2018	81.6	14:09	1:45	18.5	18.56	-11.68	MENDUNG
68	21-09-2018	88.5	14:56	2:32	18.27	18.31	-13.34	CERAH
69	22-09-2018	94	15:42	3:18	19.17	19.21	-13.99	CERAH
70	23-09-2018	97.8	16:27	4:04	17.74	17.86	-10.39	MENDUNG
71	24-09-2018	99.7	17:11	4:48	17.83	17.86	-11.72	MENDUNG
72	25-09-2018	100	17:56	5:32	16.95	17.05	-10.98	MENDUNG
73	26-09-2018	99.5	18:41	6:17	17.4	17.63	-10.05	MENDUNG
74	27-09-2018	97.1	19:27	7:03	17.5	17.57	-12.42	MENDUNG
75	28-09-2018	92.4	20:15	7:50	17.36	17.44	-10.67	MENDUNG
76	29-09-2018	85.7	21:06	8:39	17.21	17.28	-11.72	MENDUNG

c. Observatorium Rowasiya, Juwiring Klaten Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	25-07-2017	2.5	04:17	16:57	20.14	20.19	-14.83	CERAH

d. Ngepringan Serenan Juwiring Klaten Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	20-09-2017	0.1	05:24	17:43	19.75	19.76	-12.99	CERAH

e. Subang Jawa Barat

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	28-04-2018	97.7	16:36	4:13	18.44	18.46	-13.49	CERAH
2	29-04-2018	99.7	17:21	5:03	17.92	17.94	-13.71	CERAH
3	01-05-2018	99.3	18:52	6:42	17.44	17.47	-12.26	CERAH
4	02-05-2018	96.8	19:39	7:31	16.99	17.03	-12.49	CERAH
5	03-05-2018	92.3	20:27	8:21	16.6	16.63	-12.47	MENDUNG
6	04-05-2018	86.2	21:15	9:10	16.32	16.35	-12.46	MENDUNG
7	05-05-2018	78.8	22:04	9:59	15.86	15.98	-10.79	MENDUNG
8	06-05-2018	70.3	22:52	10:47	15.77	16.01	-10.28	CERAH
9	07-05-2018	61.1	23:40	11:33	16.9	17.17	-12.35	CERAH
10	08-05-2018	51.4	0:04	12:18	18.15	18.3	-13.42	CERAH
11	09-05-2018	41.5	0:27	13:03	18.41	18.43	-14.14	CERAH
12	10-05-2018	31.7	1:15	13:46	18.82	18.84	-14.87	CERAH
13	11-05-2018	22.5	2:02	14:30	18.93	18.96	-14.63	CERAH
14	12-05-2018	14.2	2:51	15:14	18.93	18.97	-14.39	CERAH
15	22-05-2018	53.6	12:14	0:05	18.83	18.89	-12.71	MENDUNG
16	23-05-2018	64.9	13:03	0:28	18.54	18.63	-12.75	MENDUNG
17	24-05-2018	75.1	13:50	1:20	17.65	17.69	-10.11	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
18	25-05-2018	83.9	14:35	2:10	19	19.1	-13.48	MENDUNG
19	26-05-2018	90.9	15:19	2:59	18.98	19.02	-13.96	CERAH
20	27-05-2018	96	16:03	3:47	18.53	18.6	-13.28	CERAH
21	28-05-2018	99	16:48	4:36	18.54	18.57	-12.63	CERAH
22	29-05-2018	99.8	17:34	5:25	17.82	17.85	-12.9	CERAH
23	30-05-2018	100	18:21	6:14	17.05	17.16	-10.84	MENDUNG
24	01-06-2018	95.5	19:58	7:53	16.89	17.04	-12.09	MENDUNG
25	02-06-2018	90.7	20:46	8:41	17.03	17.08	-11.21	MENDUNG
26	03-06-2018	84.3	21:34	9:28	16.61	16.96	-11.71	MENDUNG
27	04-06-2018	76.6	22:22	10:14	16.26	16.29	-11.31	MENDUNG
28	05-06-2018	67.9	23:08	10:58	16.42	16.49	-12.04	CERAH
29	06-06-2018	58.3	23:55	11:41	16.82	16.93	-12.31	CERAH
30	07-06-2018	48.2	0:19	12:24	17.61	18.1	-12.58	MENDUNG
31	08-06-2018	37.9	0:42	13:06	18.58	18.63	-15.16	CERAH
32	09-06-2018	27.9	1:29	13:50	18.67	18.73	-13.83	MENDUNG
33	10-06-2018	18.5	2:19	14:37	18.86	18.93	-13.88	CERAH
34	11-06-2018	10.4	3:11	15:26	18.24	18.43	-14.85	MENDUNG
35	12-06-2018	4.3	4:07	16:19	19.1	19.15	-14.88	CERAH
36	13-06-2018	0.8	5:06	17:17	19.24	19.27	-14.7	CERAH
37	14-06-2018	0.3	6:08	18:18	17.79	17.88	-12.48	MENDUNG
38	15-06-2018	3.1	7:11	19:21	18.94	18.98	-14.59	CERAH
39	16-06-2018	9	8:14	20:24	18.91	19.06	-13.48	MENDUNG
40	17-06-2018	17.4	9:13	21:24	17.03	17.17	-10.55	MENDUNG
41	18-06-2018	27.6	10:09	22:22	19.2	19.22	-14.51	CERAH
42	19-06-2018	38.8	11:00	23:16	18.85	19.24	-12.48	MENDUNG
43	20-06-2018	50.2	11:48	23:39	17.81	17.92	-10.91	MENDUNG
44	21-06-2018	61.2	12:34	0:08	18.99	19.33	-13.95	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
45	22-06-2018	71.5	13:18	0:57	19.38	19.39	-15.17	CERAH
46	23-06-2018	80.5	14:02	1:46	18.87	19.34	-12.91	MENDUNG
47	24-06-2018	88	14:46	2:34	17.9	18.29	-10.41	MENDUNG
48	25-06-2018	93.8	15:31	3:22	19.03	19.24	-12.55	MENDUNG
49	26-06-2018	97.7	16:18	4:11	18.68	18.76	-12.98	MENDUNG
50	27-06-2018	99.7	17:05	5:00	18.43	18.48	-12.68	CERAH
51	28-06-2018	100	17:53	5:49	18.09	18.12	-12.47	CERAH
52	29-06-2018	99.7	18:42	6:37	17.74	17.76	-13.43	CERAH
53	01-07-2018	94.1	20:18	8:11	17.87	17.91	-12.37	CERAH
54	02-07-2018	88.8	21:05	8:56	16.96	17	-11.48	MENDUNG
55	03-07-2018	81.8	21:51	9:39	16.29	16.93	-9.92	MENDUNG
56	04-07-2018	73.6	22:37	10:21	15.12	15.22	-8.56	MENDUNG
57	05-07-2018	64.3	23:23	11:03	15.42	15.44	-10.44	CERAH
58	06-07-2018	54.1	23:46	11:45	16.41	16.75	-11.41	CERAH
59	07-07-2018	43.4	0:10	12:29	18.43	18.83	-13.5	CERAH

f. Pelabuhan Kendal Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	07-08-2019	46.8	10:59	23:33	19.29	19.31	-16.53	CERAH

g. Kertosono Nganjuk Jawa Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	10-10-2019	90.3	14:54	02:47	18.83	19.24	-12.83	MENDUNG
2	05-01-2020	71.6	13:04	00:33	20.17	20.48	-14.48	MENDUNG
3	23-06-2021	98.1	15:56	03:49	19.69	19.83	-14.48	CERAH

h. Lawu Resort Camp Tawangmangu Karanganyar Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	17 Sept 2017	11,27	02:53	15:01	19,88	19,89	-12,63	CERAH

i. Observatorium Bosscha Lembang

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	20-01-2012	12,6	2:36	15:28	18,9	18,94	-6,78	MENDUNG
2	31-01-2012	52,8	11:51	23:54	17,51	17,92	-9,89	MENDUNG
3	01-02-2012	62,4	12:39	0:20	18,57	18,65	-14,28	MENDUNG
4	02-02-2012	71,7	13:28	0:40	19,23	19,27	-13,68	CERAH
5	04-02-2012	87,8	15:10	2:21	18,38	19,25	-13,08	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
6	08-02-2012	100	18:31	5:55	18,16	18,25	-13,53	CERAH
7	24-02-2012	5,6	7:27	19:43	17,84	19,64	-11,98	MENDUNG
8	28-02-2012	34,7	10:31	22:34	17,93	18,64	-11,18	CERAH
9	29-02-2012	44,2	11:20	23:21	19,81	19,87	-15,38	MENDUNG
10	01-03-2012	54,1	12:09	23:45	18,83	20,07	-12,53	MENDUNG
11	02-03-2012	64	12:59	0:10	19,64	19,97	-13,98	CERAH
12	08-03-2012	100	17:56	5:28	17,63	17,83	-8,76	MENDUNG
13	09-03-2012	99,7	18:46	6:23	17,9	18,06	-14,64	MENDUNG
14	11-03-2012	91,9	20:31	8:17	18,1	18,23	-13,7	MENDUNG
15	12-03-2012	84	21:28	9:16	18,16	18,3	-12,15	CERAH
16	14-03-2012	62,9	23:24	11:16	17,49	17,96	-10,42	CERAH
17	15-03-2012	51,3	23:57	12:15	18,26	18,87	-12,31	CERAH
18	16-03-2012	39,9	0:22	13:10	17,8	19,47	-11,31	CERAH
19	17-03-2012	29,3	1:18	14:02	18	19	-10,87	MENDUNG
20	18-03-2012	19,9	2:11	14:50	18,26	18,67	-11,98	CERAH
21	19-03-2012	12,1	3:02	15:35	18,06	19,5	-12,81	MENDUNG
22	20-03-2012	6,2	3:50	16:18	17,63	19,34	-11,7	MENDUNG
23	22-03-2012	0,3	5:23	17:40	19,87	20	-14,92	MENDUNG
24	23-03-2012	0,5	6:08	18:21	19,84	20	-16,03	CERAH
25	27-03-2012	19,1	9:14	21:16	19,84	19,9	-15,31	CERAH
26	29-03-2012	36,5	10:52	22:53	20	20,04	-14,92	CERAH
27	30-03-2012	46,4	11:41	23:44	19,75	19,77	-16,45	CERAH
28	31-03-2012	56,7	12:30	0:15	19,43	19,8	-14,42	MENDUNG
29	01-04-2012	67,1	13:19	0:35	19,21	19,4	-14,37	MENDUNG
30	10-04-2012	87	21:14	9:04	17,09	17,13	-10,2	CERAH
31	14-04-2012	44,5	0:08	12:48	17,69	19,17	-11,87	MENDUNG
32	15-04-2012	33,9	1:00	13:34	18,8	19,23	-11,81	MENDUNG



NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
33	17-04-2012	16,1	2:35	14:59	18,95	19,25	-13,03	CERAH
34	19-04-2012	4,4	4:05	16:20	18,2	19,47	-10,59	MENDUNG
35	20-04-2012	1,3	4:50	17:01	18,93	19,02	-14,92	MENDUNG
36	21-04-2012	0,1	5:36	17:43	18,7	18,91	-11,92	MENDUNG
37	22-04-2012	0,8	6:22	18:27	18,48	19,02	-11,92	MENDUNG
38	23-04-2012	3,4	7:10	19:12	19,3	19,36	-14,81	CERAH
39	26-04-2012	21,4	9:36	21:38	19,32	19,38	-13,98	MENDUNG
40	27-04-2012	30,2	10:25	22:28	18,95	19,15	-12,48	MENDUNG
41	28-04-2012	40,1	11:12	23:19	19,68	19,75	-17,13	CERAH
42	29-04-2012	50,6	11:59	23:45	19,7	19,8	-14,71	CERAH
43	30-04-2012	61,5	12:45	0:09	19,47	20,32	-11,87	MENDUNG
44	01-05-2012	72,1	13:31	1:00	19,65	19,74	-16,09	MENDUNG
45	02-05-2012	82	14:19	1:51	19,74	19,77	-16,07	CERAH
46	03-05-2012	90,4	15:08	2:44	18,9	19,03	-13,14	MENDUNG
47	05-05-2012	99,6	16:55	4:39	19,1	19,2	-14,09	MENDUNG
48	08-05-2012	96,1	19:59	7:48	17,33	18,1	-11,98	MENDUNG
49	09-05-2012	89,7	21:00	8:50	18,6	18,77	-14,37	CERAH
50	10-05-2012	81,2	21:59	9:48	18,3	18,53	-12,87	MENDUNG
51	11-05-2012	71,2	22:53	10:42	17,86	18,23	-12,42	MENDUNG
52	22-05-2012	1,4	6:44	18:45	19,97	20,14	-15,37	CERAH
53	23-05-2012	4,7	7:33	19:35	20,05	20,17	-15,87	CERAH
54	26-05-2012	25,3	9:56	22:05	19,67	20,14	-14,75	CERAH
55	27-05-2012	35,1	10:42	22:54	19,9	19,97	-15,31	CERAH
56	28-05-2012	45,8	11:27	23:44	20,11	20,21	-15,75	CERAH
57	30-05-2012	68,3	12:58	0:34	18,67	18,97	-13,59	MENDUNG
58	01-06-2012	88	14:39	2:22	20,22	20,24	-16,23	CERAH
59	03-06-2012	99	16:34	4:22	19,83	19,88	-14,43	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
60	04-06-2012	100	17:37	5:26	18,25	18,35	-12,18	MENDUNG
61	05-06-2012	99,9	18:41	6:30	17,28	18,42	-10,13	MENDUNG
62	06-06-2012	97,5	19:42	7:32	18,16	18,35	-12,93	MENDUNG
63	08-06-2012	84,7	21:35	9:21	17,47	17,92	-14,42	MENDUNG
64	09-06-2012	75,7	22:26	10:10	17,45	17,82	-11,68	MENDUNG
65	10-06-2012	65,6	23:14	10:54	18,59	18,7	-15,33	MENDUNG
66	11-06-2012	55,3	23:37	11:37	17,86	18,16	-11,73	CERAH
67	12-06-2012	45	0:00	12:18	17,92	18,31	-13,43	MENDUNG
68	13-06-2012	35,1	0:46	12:58	17,82	19,34	-14,33	MENDUNG
69	15-06-2012	17,9	2:16	14:22	18,5	20,18	-15,78	CERAH
70	16-06-2012	11,1	3:03	15:07	19,98	20,26	-18	CERAH
71	17-06-2012	5,7	3:51	15:53	19,88	20,18	-15,98	CERAH
72	18-06-2012	2	4:40	16:42	19,94	20,15	-17,37	CERAH
73	19-06-2012	0,2	5:30	17:31	19,7	19,85	-14,23	MENDUNG
74	20-06-2012	0,4	6:19	18:22	19,94	20,07	-17,03	CERAH
75	21-06-2012	2,7	7:07	19:12	20,15	20,22	-16,59	MENDUNG
76	22-06-2012	7	7:55	20:02	19,98	20,09	-15,73	CERAH
77	23-06-2012	13,4	8:41	20:52	19,79	19,9	-15,78	CERAH
78	07-07-2012	88,3	21:05	8:46	18,18	18,59	-14,39	MENDUNG
79	28-07-2012	73,9	13:08	0:58	19,75	19,96	-13,85	MENDUNG
80	29-07-2012	83,8	14:08	1:58	19,62	19,75	-14,7	MENDUNG
81	30-07-2012	91,6	15:08	2:59	19,84	20,07	-19,46	MENDUNG
82	31-07-2012	97	16:08	3:58	19,88	19,96	-14,7	MENDUNG
83	01-08-2012	99,6	17:06	4:54	19,79	19,87	-14,31	MENDUNG
84	04-08-2012	96,7	19:44	7:23	18,52	18,93	-12,87	MENDUNG
85	05-08-2012	91,7	20:32	8:07	18,58	18,7	-14,09	MENDUNG
86	06-08-2012	85	21:19	8:49	18,16	18,49	-13,03	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
87	07-08-2012	76,9	22:05	9:32	18,25	18,4	-11,92	MENDUNG
88	08-08-2012	67,9	22:52	10:14	19,4	19,49	-15,2	CERAH
89	09-08-2012	58,4	23:39	10:58	19,31	19,34	-16,53	CERAH
90	10-08-2012	48,6	0:04	11:43	18,96	19,02	-13,92	CERAH
91	11-08-2012	39	0:27	12:29	18,81	18,84	-13,42	CERAH
92	12-08-2012	29,6	1:16	13:18	18,25	18,4	-13,76	MENDUNG
93	13-08-2012	21	2:06	14:08	18,61	19,84	-13,76	MENDUNG
94	14-08-2012	13,4	2:55	14:58	18,25	19,61	-12,2	MENDUNG
95	15-08-2012	7,2	3:44	15:49	19,61	19,71	-16,89	CERAH
96	16-08-2012	2,8	4:32	16:40	19,4	19,46	-13,87	MENDUNG
97	17-08-2012	0,5	5:19	17:31	19,65	19,67	-16,42	CERAH
98	18-08-2012	0,6	6:05	18:22	20,27	20,32	-17,15	CERAH
99	31-08-2012	99,8	17:35	5:15	18,98	18,99	-14,21	MENDUNG
100	01-09-2012	100	18:23	6:00	18,63	18,73	-14,25	CERAH
101	02-09-2012	98,4	19:11	6:43	18,73	18,83	-14,37	CERAH
102	03-09-2012	94,8	19:58	7:26	18,63	18,8	-13,59	CERAH
103	04-09-2012	89,4	20:45	8:09	18,87	18,97	-14,2	CERAH
104	05-09-2012	82,6	21:32	8:52	18,9	19,03	-14,37	CERAH
105	06-09-2012	74,5	22:20	9:37	18,46	18,5	-14,59	CERAH
106	07-09-2012	65,6	23:09	10:23	18,53	18,7	-13,98	MENDUNG
107	08-09-2012	56,1	23:57	11:10	18,93	19	-14,03	CERAH
108	09-09-2012	46,3	0:22	11:59	18,63	18,7	-13,7	MENDUNG
109	10-09-2012	36,5	0:46	12:49	18,43	18,53	-14,09	MENDUNG
110	11-09-2012	27,1	1:34	13:39	18,2	18,43	-13,48	MENDUNG
111	12-09-2012	18,4	2:22	14:30	18,7	20,37	-13,42	CERAH
112	13-09-2012	10,9	3:09	15:20	18,2	19,97	-11,31	MENDUNG
113	14-09-2012	5	3:56	16:12	19,9	20	-15,64	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
114	15-09-2012	1,3	4:43	17:04	19,9	20,07	-15,59	CERAH
115	16-09-2012	0,2	5:30	17:57	19,87	20	-15,7	CERAH
116	17-09-2012	1,9	6:19	18:51	19,94	20,14	-15,31	MENDUNG
117	18-09-2012	6,5	7:10	19:48	17,53	19,13	-10,15	MENDUNG
118	20-09-2012	23,1	8:59	21:46	18,63	18,83	-14,42	MENDUNG
119	21-09-2012	34	9:57	22:47	19,27	19,74	-13,37	MENDUNG
120	22-09-2012	45,7	10:56	23:45	19,87	19,94	-16,42	CERAH
121	23-09-2012	57,4	11:54	00:8	19,64	19,74	-14,92	MENDUNG
122	25-09-2012	78,5	13:46	1:35	19,3	19,4	-14,31	MENDUNG
123	26-09-2012	86,8	14:39	2:25	19,67	19,84	-14,92	CERAH
124	27-09-2012	93,3	15:29	3:11	19,07	19,13	-13,92	MENDUNG
125	28-09-2012	97,5	16:17	3:56	19,5	19,64	-14,42	CERAH
126	29-09-2012	99,6	17:05	4:39	19	19,17	-12,65	MENDUNG
127	30-09-2012	99,6	17:51	5:22	18,67	18,73	-12,81	MENDUNG
128	01-10-2012	100	18:38	6:04	18,33	18,4	-13,38	CERAH
129	02-10-2012	97,5	19:26	6:47	17,65	18,05	-11,88	MENDUNG
130	03-10-2012	93,5	20:14	7:32	17,92	18,16	-12,88	MENDUNG
131	04-10-2012	87,9	21:02	8:17	18,52	18,61	-13,33	MENDUNG
132	05-10-2012	80,8	21:50	9:04	18,46	18,5	-13,03	MENDUNG
133	06-10-2012	72,6	22:39	9:52	17,39	18,01	-11,28	MENDUNG
134	07-10-2012	63,5	23:26	10:41	18,37	18,46	-12,83	MENDUNG
135	08-10-2012	53,8	23:49	11:30	18,2	19,4	-14,48	MENDUNG
136	09-10-2012	43,7	0:14	12:19	18,37	19,27	-11,88	MENDUNG
137	10-10-2012	33,7	1:00	13:09	18,82	19,68	-11,78	MENDUNG
138	11-10-2012	24	1:46	13:59	19,96	20,11	-15,38	CERAH
139	16-10-2012	0,8	5:50	18:32	19,4	19,42	-14,43	MENDUNG
140	17-10-2012	4,5	6:46	19:33	18,95	19,88	-12,18	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
141	18-10-2012	11,1	7:46	20:36	19,77	19,96	-13,43	MENDUNG
142	20-10-2012	30,7	9:47	22:36	18,85	19,88	-11,98	MENDUNG
143	21-10-2012	42,1	10:46	23:31	18,55	19,3	-11,43	MENDUNG
144	22-10-2012	53,6	11:43	23:54	18,5	20	-10,78	MENDUNG
145	23-10-2012	64,6	12:36	0:22	19,9	20	-16,08	CERAH
146	24-10-2012	74,5	13:26	1:10	19,51	19,68	-15,78	CERAH
147	30-10-2012	100	18:09	5:28	18,59	18,72	-12,83	MENDUNG
148	31-10-2012	99,3	6:13	18:57	18,61	18,8	-12,93	MENDUNG
149	01-11-2012	96,7	19:45	6:59	18,52	18,65	-13,4	MENDUNG
150	02-11-2012	92,4	20:34	7:47	18,52	18,57	-12,25	MENDUNG
151	03-11-2012	86,5	21:21	8:35	17,35	17,88	-9,4	MENDUNG
152	04-11-2012	79,1	22:08	9:24	18,48	18,87	-12,69	MENDUNG
153	05-11-2012	70,6	22:54	10:13	18,8	18,95	-14,38	MENDUNG
154	10-11-2012	20,1	1:54	14:20	19,34	19,66	-15,18	CERAH
155	13-11-2012	0,9	4:27	17:12	18,29	18,63	-11,67	MENDUNG
156	14-11-2012	0,1	5:26	18:16	18,57	18,59	-12,2	MENDUNG
157	15-11-2012	2,7	6:28	19:20	19,89	19,93	-15,67	MENDUNG
158	16-11-2012	8,4	7:31	20:23	19,92	19,96	-15,8	CERAH
159	17-11-2012	16,5	8:34	21:22	19,75	19,92	-14,11	MENDUNG
160	18-11-2012	26,4	9:34	22:16	18,16	18,2	-12,07	MENDUNG
161	19-11-2012	37,3	10:30	23:06	18,14	18,5	-12,51	MENDUNG
162	21-11-2012	59,2	12:12	23:29	18,87	19,75	-12,02	MENDUNG
163	22-11-2012	69,3	13:00	0:37	18,48	18,61	-12,25	CERAH
164	23-11-2012	78,3	13:46	1:19	19,88	19,94	-15,13	MENDUNG
165	24-11-2012	85,9	14:32	2:01	19,81	19,92	-15,67	MENDUNG
166	25-11-2012	92,1	15:18	2:43	19,17	19,34	-12,82	MENDUNG
167	26-11-2012	96,5	16:05	3:26	20,07	20,15	-14,2	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
168	28-11-2012	100	17:41	4:56	19,12	19,21	-12,78	MENDUNG
169	30-11-2012	98,9	19:18	6:32	18,31	18,57	-12,25	MENDUNG
170	01-12-2012	95,9	20:05	7:20	18,01	18,74	-12,91	MENDUNG
171	02-12-2012	91,2	20:51	8:09	18,55	18,61	-12,73	MENDUNG
172	03-12-2012	84,8	21:36	8:57	18,91	19,02	-13,09	MENDUNG
173	05-12-2012	67,8	23:03	10:33	18,22	18,35	-15,18	MENDUNG
174	06-12-2012	57,6	23:47	11:20	17,9	18,48	-15,09	MENDUNG
175	07-12-2012	46,8	0:09	12:09	18,8	19,73	-11,54	MENDUNG
176	08-12-2012	35,8	0:32	13:00	19,17	20	-12,51	MENDUNG
177	09-12-2012	25,1	1:19	13:54	19,88	19,94	-16,06	CERAH
178	10-12-2012	15,5	2:10	14:51	18,74	19,9	-11,45	MENDUNG
179	12-12-2012	2,3	4:05	16:56	18,82	19,55	-13,98	MENDUNG
180	13-12-2012	0,1	5:08	18:00	20,24	20,33	-16,24	CERAH
181	14-12-2012	1,2	6:12	19:03	18,31	19,94	-12,07	MENDUNG
182	15-12-2012	5,6	7:16	20:02	20,48	20,54	-15,67	CERAH
183	16-12-2012	12,5	8:16	20:56	20,22	20,3	-16,69	CERAH
184	17-12-2012	21,4	9:12	21:46	17,97	19,34	-11,36	MENDUNG
185	27-12-2012	99,4	17:15	4:28	19,68	19,75	-14,11	MENDUNG
186	28-12-2012	100	18:02	5:17	19,08	19,15	-12,07	MENDUNG
187	29-12-2012	99,8	18:49	6:06	18,01	18,25	-12,69	MENDUNG
188	30-12-2012	98,3	19:35	6:55	18,65	18,85	-13,76	MENDUNG
189	31-12-2012	94,8	20:19	7:43	17,9	18,1	-11,89	MENDUNG

## Lampiran 5 : Analisis data pengamatan di daerah terang

### a. Mangkangkulon Tugu Kota Semarang Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	03-06-2019	0.1	5:22	17:29	17.16	17.34	-13.08	CERAH
2	05-06-2019	4.3	7:18	19:22	17.34	17.38	-14.13	CERAH
3	06-06-2019	10.4	8:18	20:23	15.81	15.83	-12.03	MENDUNG
4	17-07-2019	100	18:01	5:58	18.64	18.69	-13.38	CERAH
5	30-07-2019	5.7	3:45	15:50	17.59	17.67	-15.23	MENDUNG
6	31-07-2019	1.4	4:46	16:52	16.04	16.09	-11.88	CERAH
7	27-09-2019	4.2	4:03	16:18	17.73	17.81	-15.14	CERAH
8	28-09-2019	0.7	4:56	17:16	16.95	17	-13.37	CERAH
9	29-09-2019	0.5	5:48	18:13	16.42	16.61	-12.76	MENDUNG
10	05-12-2019	61.3	12:22	0:09	17.22	17.26	-13.35	CERAH
11	23-12-2019	11.5	2:34	15:14	17.02	17.35	-12.85	MENDUNG
12	24-12-2019	5.2	3:25	16:10	16.4	17.12	-12.03	MENDUNG
13	10-01-2020	100	17:38	4:42	17.02	17.32	-10.77	MENDUNG
14	11-01-2020	100	18:37	5:42	16.9	16.95	-11.22	CERAH
15	12-01-2020	98.8	19:35	6:43	16.9	17.02	-11.77	CERAH
16	13-01-2020	94.8	20:30	7:43	16.67	16.73	-12.32	MENDUNG
17	14-01-2020	88.1	21:21	8:41	16.5	16.8	-9.82	MENDUNG
18	15-01-2020	79.2	22:10	9:37	16.9	17	-13.37	CERAH
19	16-01-2020	68.6	22:58	10:31	16.82	16.87	-14.87	MENDUNG
20	17-01-2020	57.1	23:44	11:24	17.05	17.2	-13.97	MENDUNG
21	18-01-2020	45.5	23:55	12:16	17.22	17.3	-14.27	MENDUNG
22	19-01-2020	34.1	0:32	13:09	16.9	17	-14.62	MENDUNG
23	20-01-2020	23.8	1:21	14:04	16.72	16.97	-13.22	MENDUNG
24	21-01-2020	15	2:11	14:59	16.6	17	-12.27	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
25	22-01-2020	8	3:04	15:54	16.92	17.05	-13.87	CERAH
26	23-01-2020	3.2	3:58	16:48	17.22	17.29	-15.27	CERAH
27	24-01-2020	0.6	4:52	17:41	17.12	17.2	-14.27	MENDUNG
28	25-01-2020	0.1	5:44	18:30	15.85	16.13	-9.72	MENDUNG
29	26-01-2020	1.9	6:35	19:17	17.05	17.15	-11.17	MENDUNG
30	27-01-2020	5.5	7:24	20:00	17	17.1	-14.22	CERAH
31	28-01-2020	10.8	8:10	20:41	16.92	17.12	-14.77	CERAH
32	27-02-2020	11.9	8:17	20:34	16.65	16.63	-12.23	CERAH
33	28-02-2020	18.8	9:00	21:13	17.02	17.05	-12.38	CERAH
34	29-02-2020	27	9:44	21:53	16.65	16.73	-12.13	MENDUNG
35	03-03-2020	56.6	12:10	23:45	16.82	17.05	-10.43	MENDUNG
36	04-03-2020	67.1	13:05	0:12	17	17.05	-12.68	CERAH
37	05-03-2020	77.1	14:02	1:07	17.12	17.3	-8.63	MENDUNG
38	06-03-2020	86.1	14:59	2:04	17.24	17.25	-13.58	CERAH
39	07-03-2020	93.4	15:57	3:04	17.3	17.37	-12.63	MENDUNG
40	08-03-2020	98.1	16:53	4:05	17.15	17.3	-10.63	MENDUNG
41	09-03-2020	99.8	17:46	5:05	17.19	17.27	-11.08	CERAH
42	10-03-2020	100	18:38	6:04	16.82	16.87	-10.98	CERAH
43	11-03-2020	98.3	19:29	7:01	16.65	16.72	-10.88	MENDUNG
44	12-03-2020	93.6	20:19	7:58	16.72	16.85	-11.98	MENDUNG
45	13-03-2020	86.2	21:10	8:55	16.82	16.87	-12.88	CERAH
46	14-08-2020	28.2	1:13	13:14	17.13	17.28	-12.48	CERAH
47	15-08-2020	19.2	2:06	14:06	16.84	16.94	-12.65	CERAH
48	16-08-2020	11.4	3:01	15:03	18.48	18.78	-11.81	CERAH
49	17-08-2020	5.2	3:58	16:01	16.78	16.9	-12.09	CERAH
50	20-08-2020	2	6:41	18:55	16.95	17.01	-12.42	CERAH
51	25-09-2020	65	12:22	0:19	17.03	17.05	-13.14	CERAH



NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
52	26-09-2020	74.8	13:17	1:14	17.03	17.08	-13.64	CERAH
53	27-09-2020	83.2	14:10	2:06	17.02	17.1	-11.64	CERAH
54	28-09-2020	90.1	15:00	2:54	17.17	17.2	-12.34	CERAH
55	29-09-2020	95.2	15:47	3:38	17.03	17.1	-13.54	CERAH
56	30-09-2020	98.5	16:33	4:20	17.13	17.18	-13.39	CERAH
57	02-10-2020	100	17:59	5:38	17.22	17.23	-12.43	MENDUNG
58	03-10-2020	99.2	18:43	6:16	17.03	17.15	-12.61	CERAH
59	04-10-2020	96.8	19:26	6:54	16.95	17.03	-12.61	CERAH
60	05-10-2020	92.6	20:12	7:34	16.97	17.1	-12.78	MENDUNG
61	06-10-2020	86.8	20:59	8:16	16.98	17.02	-13.62	CERAH
62	07-10-2020	79.5	21:49	9:00	16.85	17	-12.03	MENDUNG
63	08-10-2020	71	22:40	9:48	16.83	16.85	-11.18	MENDUNG
64	09-10-2020	61.4	23:33	10:39	16.95	16.98	-11.85	CERAH
65	10-10-2020	51	23:55	11:33	17.03	17.17	-9.36	MENDUNG
66	11-10-2020	40.3	0:27	12:29	17.25	17.43	-12.34	CERAH
67	12-10-2020	29.6	1:21	13:25	16.65	16.72	-9.76	CERAH
68	13-10-2020	19.6	2:13	14:22	17.18	17.23	-12.65	MENDUNG
69	14-10-2020	11	3:04	15:18	17.05	17.08	-13.4	CERAH
70	15-10-2020	4.5	3:54	16:14	17.17	17.22	-13.49	CERAH
71	16-10-2020	0.8	4:44	17:11	17.05	17.13	-10.6	CERAH
72	17-10-2020	0.4	5:34	18:08	16.95	17.02	-12.29	CERAH
73	18-10-2020	3.2	6:26	19:07	16.95	17.07	-11.45	CERAH
74	19-10-2020	9.1	7:20	20:08	16.83	16.93	-9.72	MENDUNG
75	20-10-2020	17.3	8:17	21:09	16.98	17.05	-12.74	CERAH
76	21-10-2020	27.2	9:15	22:10	16.83	17.15	-9.76	MENDUNG
77	22-10-2020	38	10:14	23:08	17.5	17.6	-13.67	CERAH
78	23-10-2020	48.9	11:11	0:30	17.23	17.5	-10.38	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
79	24-10-2020	59.6	12:06	0:02	17.02	17.05	-13.22	CERAH
80	25-10-2020	69.4	12:57	0:52	16.92	17	-12.82	MENDUNG
81	26-10-2020	78.3	13:45	1:38	17.08	17.18	-12.29	MENDUNG
82	27-10-2020	85.8	14:31	2:20	16.87	17.32	-9.4	MENDUNG
83	28-10-2020	91.9	15:15	3:00	17.47	17.48	-13.09	CERAH
84	29-10-2020	96.4	15:58	3:38	17.03	17.07	-13.4	MENDUNG
85	30-10-2020	99.1	16:41	4:16	17.08	17.12	-13.14	CERAH
86	31-10-2020	99.9	17:24	4:54	16.9	16.93	-9.98	MENDUNG
87	02-11-2020	98.9	18:56	6:14	17.15	17.22	-11.85	MENDUNG
88	03-11-2020	96	19:45	6:58	17.43	17.47	-13.27	CERAH
89	04-11-2020	91.2	20:36	7:45	17.15	17.22	-12.16	CERAH
90	05-11-2020	84.8	21:28	8:35	16.93	17.02	-12.47	CERAH
91	06-11-2020	76.7	22:21	9:27	17.23	17.28	-14.11	CERAH
92	07-11-2020	67.4	23:14	10:21	17.07	17.15	-13.05	CERAH
93	08-11-2020	57	23:35	11:16	17.1	17.15	-12.16	CERAH
94	09-11-2020	45.9	0:05	12:10	17.27	17.32	-13.09	CERAH
95	10-11-2020	34.7	0:54	13:05	16.95	17.02	-12.29	CERAH
96	11-11-2020	24	1:43	13:59	17.1	17.15	-13	CERAH
97	12-11-2020	14.4	2:31	14:53	17.53	17.59	-13.22	MENDUNG
98	13-11-2020	6.8	3:19	15:49	17.35	17.42	-14.6	MENDUNG
99	14-11-2020	1.8	4:10	16:46	17.22	17.3	-12.87	MENDUNG
100	15-11-2020	0	5:02	17:47	16.98	17.07	-12.82	CERAH
101	16-11-2020	1.5	5:58	18:49	17.03	17.1	-13.22	CERAH
102	17-11-2020	6.1	6:57	19:52	17.07	17.1	-12.03	MENDUNG
103	18-11-2020	13.2	7:58	20:54	17.37	17.43	-13.71	CERAH
104	20-11-2020	32	9:56	22:46	17.32	17.5	-12.51	MENDUNG
105	25-11-2020	80.2	13:56	1:38	16.88	17.23	-10.34	MENDUNG

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
106	29-06-2021	79.2	22:02	9:51	18.32	18.35	-14.51	CERAH
107	30-06-2021	69.7	22:50	10:35	17.83	17.92	-12.87	MENDUNG
108	03-07-2021	39.6	0:18	12:33	17.35	17.36	-12	CERAH
109	04-07-2021	30.2	1:02	13:11	17.42	17.43	-12.39	CERAH
110	10-07-2021	0.1	5:54	17:52	17.36	17.39	-13.83	CERAH
111	12-07-2021	5.2	7:36	19:38	17.67	17.75	-13.61	CERAH
112	13-07-2021	11	8:24	20:30	17.66	17.7	-14.95	CERAH
113	15-07-2021	28.1	9:54	22:10	17.45	17.43	-12.28	MENDUNG
114	16-07-2021	38.8	10:37	23:00	17.36	17.43	-12.14	CERAH
115	18-07-2021	62	12:08	0:10	17.07	17.27	-12.32	MENDUNG
116	19-07-2021	73.3	12:57	0:45	17.18	17.37	-12.46	MENDUNG
117	20-07-2021	83.3	13:51	1:42	17.42	17.45	-14.23	MENDUNG
118	22-07-2021	97	15:52	3:46	17.22	17.31	-12.61	MENDUNG
119	23-07-2021	99.7	16:55	4:50	16.92	17.03	-12.1	MENDUNG
120	24-07-2021	100	17:57	5:52	16.94	17.03	-13.11	MENDUNG
121	26-07-2021	96.3	19:50	7:40	17.24	17.3	-15.02	CERAH
122	27-07-2021	90.9	20:40	8:27	17.34	17.38	-14.87	CERAH
123	28-07-2021	83.7	21:27	9:09	17.4	17.48	-14.9	CERAH
124	29-07-2021	75.3	22:13	9:50	17.21	17.24	-14.48	CERAH
125	30-07-2021	65.9	22:57	10:29	17.28	17.31	-14.44	CERAH
126	31-07-2021	56.2	23:41	11:08	17.15	17.24	-14.01	CERAH
127	01-08-2021	46.4	0:04	11:48	17.15	17.24	-12.86	CERAH
128	02-08-2021	36.7	0:27	12:30	17.27	17.34	-13.97	MENDUNG
129	03-08-2021	27.6	1:14	13:14	17.06	17.24	-12.18	MENDUNG
130	04-08-2021	19.3	2:03	14:01	17.46	17.51	-13.73	CERAH
131	05-08-2021	12.1	2:54	14:52	17.33	17.57	-14.27	MENDUNG
132	06-08-2021	6.3	3:47	15:44	17.72	17.78	-13.84	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
133	07-08-2021	2.3	4:39	16:38	17.49	17.54	-13.76	CERAH
134	08-08-2021	0.3	5:30	17:32	17.25	17.3	-13.19	CERAH
135	09-08-2021	0.7	6:19	18:25	16.91	17.18	-11.93	MENDUNG
136	10-08-2021	3.4	7:07	19:16	17.07	17.1	-13.66	MENDUNG
137	11-08-2021	8.6	7:52	20:07	17.37	17.4	-14.84	CERAH
138	12-08-2021	16	8:36	20:57	17.34	17.66	-12.97	MENDUNG
139	13-08-2021	25.3	9:20	21:48	17.31	17.37	-13.76	CERAH
140	14-08-2021	36.1	10:06	22:41	17.66	17.77	-14.99	CERAH
141	15-08-2021	47.7	10:54	23:36	17.61	17.67	-15.17	CERAH
142	16-08-2021	59.6	11:45	0:11	17.25	17.39	-13.4	MENDUNG
143	17-08-2021	70.9	12:41	0:34	17.12	17.16	-13.44	CERAH
144	18-08-2021	81.1	13:40	1:35	16.97	17.28	-11.64	MENDUNG
145	19-08-2021	89.5	14:42	2:37	16.97	17.07	-12.86	CERAH
146	20-08-2021	95.5	15:43	3:38	17.4	17.45	-13.26	CERAH
147	21-08-2021	99	16:42	4:36	17.03	17.03	-13.08	CERAH
148	22-08-2021	99.8	17:38	5:29	17.04	17.1	-13.37	MENDUNG
149	23-08-2021	100	18:30	6:17	16.89	16.94	-13.44	CERAH
150	24-08-2021	98	19:18	7:02	16.94	16.98	-13.58	CERAH
151	25-08-2021	94	20:05	7:44	17.24	17.25	-13.76	CERAH
152	26-08-2021	88.2	20:50	8:24	17.15	17.25	-13.55	CERAH
153	27-08-2021	80.9	21:35	9:03	17.25	17.29	-13.94	CERAH
154	28-08-2021	72.5	22:20	9:43	17.39	17.43	-13.84	CERAH

b. Depok Jawa Barat

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	13-06-2015	14.8	2:36	14:50	18.5	18.61	-13.19	CERAH
2	14-06-2015	7.5	3:31	15:43	18.7	18.83	-14.48	CERAH
3	15-06-2015	2.6	4:27	16:36	18.57	18.64	-13.25	CERAH
4	16-06-2015	0.4	5:23	17:31	18.7	18.8	-13.94	CERAH
5	17-06-2015	0.7	6:18	18:25	18.4	18.48	-13.57	CERAH
6	18-06-2015	3.3	7:10	19:17	19	19.06	-13.33	MENDUNG
7	19-06-2015	8.1	8:00	20:08	19	19.09	-14.18	CERAH
8	20-06-2015	14.5	8:48	20:57	18.56	18.8	-13.03	MENDUNG
9	22-06-2015	31	10:15	22:29	18.4	18.48	-13.47	CERAH
10	24-06-2015	50	11:36	23:58	18.45	18.63	-12.64	MENDUNG
11	25-06-2015	59.8	12:17	0:25	18.8	18.91	-13.9	CERAH
12	26-06-2015	69.2	12:58	0:42	18.9	18.96	-14.04	CERAH
13	27-06-2015	78.1	13:42	1:28	19	19.08	-14.43	CERAH
14	28-06-2015	86.1	14:28	2:16	18.4	18.49	-13.33	CERAH
15	29-06-2015	92.6	15:17	3:06	18.4	18.43	-13.78	CERAH

c. Kota Batam Kepulauan Riau

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	25-12-2019	1.3	04:55	17:19	16.09	16.25	-9.89	MENDUNG
2	27-12-2019	1.2	06:46	19:09	16.72	16.78	-10.02	CERAH
3	28-12-2019	4.6	07:40	20:02	17.27	17.28	-12.55	CERAH

d. PPTQ Al-Furqon Gunungpati Semarang Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	14-06-2019	91.5	15:02	02:48	17.65	17.73	-14.47	MENDUNG

e. Hotel HOME Yogyakarta

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	14-11-2019	98.6	19:12	06:21	16.94	17.07	-12.19	MENDUNG

f. Medan Sumatera Utara

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	31-05-2019	12.1	03:35	15:59	17.66	18.4	-9.98	MENDUNG
2	01-06-2019	6.1	04:19	16:47	17.33	17.35	-11.73	MENDUNG
3	02-06-2019	2	05:06	17:38	17.83	17.86	-12.09	CERAH
4	03-06-2019	0.1	05:56	18:32	18.44	18.47	-13.99	MENDUNG
5	04-06-2019	0.9	06:51	19:30	17.02	17.15	-14.11	MENDUNG
6	05-06-2019	4.5	07:48	20:29	17.29	17.32	-11.02	CERAH

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
7	06-06-2019	10.7	08:48	21:29	17.06	17.08	-11.33	MENDUNG
8	07-06-2019	19.2	09:48	22:27	18.57	18.6	-11.98	MENDUNG
9	08-06-2019	29.6	10:46	23:22	18.15	18.17	-12.85	MENDUNG
10	09-06-2019	41	11:43	23:45	18.65	18.68	-13.31	MENDUNG
11	10-06-2019	52.9	12:36	00:14	16.75	17.85	-10.29	MENDUNG
12	11-06-2019	64.5	13:28	01:04	17.5	18.06	-11.6	MENDUNG
13	12-06-2019	75.2	14:19	01:53	17.48	17.58	-11.3	MENDUNG
14	13-06-2019	84.4	15:10	02:41	18.44	18.48	-13.36	MENDUNG
15	14-06-2019	91.7	16:01	03:29	17.13	17.97	-11.28	MENDUNG
16	15-06-2019	96.8	16:53	04:18	17.84	18.36	-12.24	MENDUNG
17	16-06-2019	99.5	17:45	05:08	17.67	17.74	-13.02	MENDUNG
18	17-06-2019	100	18:39	06:00	17.76	17.77	-12.19	MENDUNG
19	18-06-2019	99.8	19:32	06:52	16.49	16.52	-10.21	CERAH
20	23-06-2019	73	23:26	10:58	16.64	16.72	-11.79	MENDUNG
21	24-06-2019	63.9	23:49	11:41	16.62	16.69	-11.5	MENDUNG
22	25-06-2019	54.3	00:07	12:24	16.79	17.38	-11.83	MENDUNG
23	26-06-2019	44.4	00:47	13:07	16.56	17.23	-10.75	MENDUNG
24	27-06-2019	34.6	01:28	13:51	17.93	18.35	-12.34	MENDUNG
25	28-06-2019	25.1	02:11	14:37	18.29	18.33	-13.54	CERAH
26	29-06-2019	16.4	02:56	15:26	17.02	17.1	-11.73	MENDUNG
27	30-06-2019	9.1	03:44	16:19	16.27	16.33	-9.65	MENDUNG
28	01-07-2019	3.6	04:37	17:15	18.29	18.39	-12.74	MENDUNG

g. Masjid Jami' Al-Akmal Bali

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	06-10-2019	57.6	12:25	00:29	16.83	16.93	-13.44	MENDUNG

h. Hotel Salak Denpasar Bali

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	09-10-2019	83.9	14:54	02:53	16.79	17.7	-11.83	MENDUNG

i. Pantai Mangunharjo Semarang Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	30-01-2020	25.5	09:38	21:58	18.13	18.34	-12.81	MENDUNG



j. Masjid Ya Tammam Gresik Jawa Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	01-03-2020	36.1	10:21	22:26	16.03	16.13	-9.07	CERAH

k. Bonang Tuban Jawa Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	05-10-2019	0.2	05:39	17:49	15.96	15.99	-11.99	MENDUNG

l. Desa Ganting Gedangan Sidoarjo Jawa Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	13-09-2018	16.1	08:11	20:44	16.99	17.05	-11.84	CERAH
2	06-07-2019	16.8	08:50	21:01	18.94	19.07	-15.43	MENDUNG

m. Masjid Muhammad Jamaluddin Pao-Pao Gowa Sulawesi Selatan

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	18-10-2013	99.9	17:21	4:49	18.15	18.29	-13.23	MENDUNG
2	19-10-2013	100	18:11	5:37	17.75	17.81	-14.16	CERAH
3	20-10-2013	99.5	19:02	6:24	18.12	18.19	-14.46	CERAH
4	21-10-2013	96.8	19:52	7:13	18.15	18.26	-14.16	CERAH
5	23-10-2013	86	21:31	8:51	18.43	18.53	-14.61	CERAH
6	24-10-2013	78.4	22:19	9:39	18.9	19	-14.58	CERAH
7	25-10-2013	69.8	23:05	10:27	18.7	18.8	-13.98	CERAH
8	05-11-2013	3.9	6:58	19:41	19.55	19.75	-16.06	CERAH
9	06-11-2013	10	7:57	20:41	19.92	20.03	-13.68	CERAH
10	07-11-2013	18.6	8:58	21:41	18.87	19.55	-12.83	MENDUNG
11	10-11-2013	52.1	11:51	23:55	18.63	18.9	-11.16	MENDUNG
12	11-11-2013	63.5	12:44	0:23	19.31	19.38	-14.31	MENDUNG
13	12-11-2013	74	13:35	1:12	19.85	19.96	-14.96	CERAH

n. Atap Wisma Arjuna Sarangan Magetan Jawa Timur

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
	07-02-2016	2.9	04:04	16:49	17.98	17.96	-10.52	MENDUNG

o. Mawar Camp Ungaran Kab. Semarang

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	09-08-2019	68.6	12:34	00:26	17.85	18.18	-12.37	MENDUNG

p. Bitung Sulawesi Utara

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	13 Sept 2018	15,8	08:25	20:46	17,63	17,99	-15,81	MENDUNG

q. Poncol Magetan Jawa Tengah

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	13 Mei 2018	7,5	03:26	15:45	17,98	17,99	-11,34	CERAH

r. Observatorium Malikussaleh - IAIN Lhokseumawe Aceh

NO	TANGGAL	CAHAYA BULAN			KECERLANGAN LANGIT (mpsas)		POSISI MATAHARI SAAT FAJAR (derajat)	CUACA
		ILUMINASI (%)	TERBIT	TERBENAM	FAJAR	MALAM		
1	26-08-2020	58.5	12:53	00:09	17.86	17.9	-13.76	MENDUNG
2	27-08-2020	69.4	13:50	01:03	17.56	17.71	-14.05	MENDUNG
3	28-08-2020	79.1	14:47	01:59	17.74	17.83	-15.7	MENDUNG

## RIWAYAT HIDUP

### A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : M. Basthoni
2. Tempat & Tgl. Lahir : Nganjuk, 16 November 1977
3. Alamat Rumah : Jl. Kyai Gilang No. 45  
Mangkangkulon Kec. Tugu  
Kota Semarang
4. HP : 085641016622
5. E-mail : m.basthoni@gmail.com

### B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
  - a. SD Negeri Lambangkuning II Kec. Kertosono Kab. Nganjuk (1984-1990)
  - b. SMP Negeri I Kec. Kertosono Kab. Nganjuk (1990-1993)
  - c. MAN Kec. Kertosono Kab. Nganjuk (1993-1996)
  - d. Jurusan Muamalah Fakultas Syaria'ah IAIN Walisongo Semarang (1998-2003)
  - e. Jurusan Teknik Komputer Fakultas Teknologi Informasi Universitas Stikubank Semarang (2006-2009)
  - f. Magister (S2) Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang (2015-2017)
  - g. Konsentrasi Ilmu Falak Program Doktor (S3) Prodi Studi Islam Pascasarjana UIN Walisongo Semarang (2017-2022)
2. Pendidikan Non-Formal
  - a. Pondok Pesantren Darul Muta'allimin Kec. Kertosono Kab. Nganjuk (1989-1996)
  - b. Pondok Pesantren Al-Ishlah Mangkangkulon Kec. Tugu Kota Semarang (1996-2003)

### C. Karya Ilmiah

1. "Diferensiasi Metode Penentuan Awal Bulan Hijriyah: Kajian Perspektif Teori Evolusi Sosial Herbert Spencer," *Endogami: Jurnal Ilmiah Kajian Antropologi*, vol. 1, no. 2 (8 Juni 2018)
2. "Analisis Tipologi Kurva Cahaya Senja-Fajar," dalam Seminar Nasional "Peran Ilmu Falak dalam Menghadapi Revolusi Industri 4.0" (Semarang: Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2020).

3. “A Prototype of True Dawn Observation Automation System,” *Jurnal Sains Dirgantara* 18, no. 1 (20 Januari 2020)
4. “Accuracy of Solar Eclipse Calculation Algorithm Based on Jet Propulsion Laboratory Data NASA,” *Al-Ahkam* 30, no. 1 (30 April 2020)
5. “Fajar Semu, Fajar Nyata, dan Waktu Subuh Indonesia,” *Kompas.com*, (05 Oktober 2021)
6. “Typology of Dawn Light Curves in High and Low Light Pollution Areas,” *AIP Conference Proceedings 2391* (Maret 2022)

#### **D. Riwayat Organisasi**

1. Ketua Kelompok Kajian Falak PP Al-Ishlah Mangkangkulon Semarang (2017 – sekarang)
2. Wakil Ketua Lembaga Falakiyah PCNU Kota Semarang (2021-2026)
3. Pengurus Lembaga Falakiyah PWNu Jawa Tengah (2018-2023)
4. Tim Riset Fajar Lembaga Falakiyah PBNU (2021)
5. Tim Instalasi *Portable Twilight Meter* (PTM) Kemenag RI (2021)
6. Tim Unifikasi Kalender Hijriyah Kemenag RI (2022)

#### **E. Kegiatan Seminar/Lokakarya/Pertemuan Ilmiah lainnya**

1. Peserta, “Nyantri Ilmu Falak” di Imah Noong Lembang Bandung, 2016
2. Peserta, Workshop Teleskop (HMJ Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang), 2017
3. Peserta, Seminar Internasional Fikih Falak “Peluang dan Tantangan Implementasi Kalender Global Hijriah Tunggal” (Dirjen Bimbingan Masyarakat Islam), 2017
4. Peserta, Seminar Nasional “Geliat Observatorium & Planetarium di Indonesia” (HMJ Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang), 2017
5. Peserta, Kaderisasi Ulama Hisab Rukyat (Lembaga Falakiyah Pengurus Wilayah Nahdlatul Ulama Jawa Timur), 2017, 2018, 2019
6. Peserta, “Hilal Image Processing” di Imah Noong Lembang Bandung, 2018

7. Peserta, “Workshop Pengamatan dan Pengolahan Data Fajar dengan Sky Quality Meter” di Imah Noong Lembang Bandung, 2018
8. Peserta, Simposium & Seminar Nasional Falak Asosiasi Dosen Falak Indonesia (IAIN Ponorogo), 2018
9. Narasumber, Kaderisasi Ulama Hisab Rukyat XXV (Lembaga Falakiyah Pengurus Wilayah Nahdlatul Ulama Jawa Timur), 2020
10. Narasumber, Bahtsul Masail (Lembaga Bahtsul Masail Pengurus Wilayah Nahdlatul Ulama Jawa Timur), 2020
11. Narasumber, “The 6th International Conference on Science and Applied Science” (Prodi Fisika FMIPA Univ. Sebelas Maret), 2021
12. Narasumber, “Webinar Nasional: Problematika Waktu Shalat di Indonesia” (HMPS Ilmu Falak UIN Mataram), 2021
13. Narasumber, “Webinar Falak 2021: Pemanfaat Teknologi dalam Pengamatan Fajar Shadiq” (Prodi Ilmu Falak FSH UIN Sunan Ampel Surabaya), 2021
14. Narasumber, “Webinar Nasional: Waktu Subuh dalam Pandangan Nahdlatul Ulama” (Lembaga Falakiyah PBNU), 2021
15. Narasumber, “Seminar dalam SAP: Mewujudkan Kemandirian Riset dengan Instrumen Buatan Sendiri” (Prodi Sains Atmosfer dan Keplanetan (SAP) Institut Teknologi Sumatera), 2021
16. Narasumber, “Falakiyyah Goes to Campus: Problematika Penentuan Awal Bulan Hijriyah” (Lembaga Falakiyah PCNU Kota Semarang dan Keluarga Mahasiswa NU Univ. Diponegoro Semarang), 2022
17. Narasumber, “Kaderisasi Tenaga Hisab Rukyat Nasional” (Dirjen Bimbingan Masyarakat Islam), 2022
18. Narasumber, “Sinkronisasi Hisab Taqwim Standar Indonesia” (Dirjen Bimbingan Masyarakat Islam), 2022

Semarang, Juni 2022



**M. Basthoni**

NIM. 1700029035

## GLOSARIUM

- Curve Fitting* : Proses membuat sebuah kurva dari rentetan data. Kurva yang dihasilkan bisa berupa persamaan linear ataupun non linear
- Daerah gelap : Daerah yang memiliki kecerlangan langit lebih besar atau sama dengan 21,3 mpsas yang biasanya ditemukan di daerah yang jauh kota
- Daerah agak gelap : Daerah yang memiliki kecerlangan langit 20,2 - 21,2 mpsas yang biasanya ditemukan di daerah pinggiran kota
- Daerah agak terang : Daerah yang memiliki kecerlangan langit 19,1 - 20,1 mpsas yang biasanya ditemukan di daerah kota kecil
- Daerah terang : Daerah yang memiliki kecerlangan langit lebih kecil dari 19,1 mpsas yang biasanya ditemukan di daerah kota besar
- Fajar Astronomi : Akhir malam, ketika cahaya bintang mulai meredup karena mulai munculnya hamburan cahaya Matahari. Posisi Matahari saat kondisi fajar astronomi berada 18 derajat di bawah ufuk
- Fajar *kāzib* : Fajar yang warnanya putih menjulang seperti ekor serigala sepanjang garis ekliptika karena sumber cahayanya adalah cahaya Matahari yang dihamburkan oleh debu antar planet.
- Fajar Nautika : Fajar yang ditandai dengan terlihatnya ufuk di laut. Posisi Matahari pada kondisi ini berada sekitar 12 derajat di bawah ufuk
- Fajar *ṣādiq* : Fajar yang warnanya putih memanjang di ufuk timur karena sumber cahayanya adalah cahaya Matahari yang dihamburkan oleh atmosfer Bumi.



- Fajar Sipil : Fajar yang ditandai dengan mulai tampaknya benda-benda di daerah sekitar, dalam hal ini kondisi daerah sekitar sudah mulai terang menandakan Matahari akan segera terbit. Pada kondisi seperti ini, sudut depresi atau ketinggian Matahari berada sekitar 6 derajat di bawah cakrawala
- Filologi : Ilmu yang mengkaji tentang sejarah, pranata, dan kehidupan suatu bangsa yang terdapat dalam naskah-naskah lama
- Fitting Polinomial* : Salah satu teknik analisis untuk mengetahui titik belok kurva fajar dengan cara memodelkan kuva fajar dengan pendekatan persamaan eksponensial pangkat tinggi. Persamaan tersebut kemudian dicari titik beloknya dengan cara mencari nilai turunannya
- Gradient* : Nilai kemiringan/kecondongan suatu garis yang membandingkan antara komponen Y (ordinat) dengan komponen X (absis)
- Magnitudo : Ukuran kecerlangan objek langit
- Moving Average* : Salah satu teknik analisis untuk mengetahui titik belok kurva fajar dengan membandingkan rata-rata gradien satu periode tertentu dengan rata-rata gradient pada periode berikutnya
- Pemodelan matematis : Proses untuk menjelaskan dan mempresentasikan sistem-sistem fisik atau problem pada dunia real dalam pernyataan matematika sehingga diperoleh pemahaman dari problem dunia real ini menjadi lebih tepat
- Polusi Cahaya : Cahaya lampu yang dihamburkan oleh atmosfer Bumi bagian bawah sehingga kecerlangan langit malam di suatu lokasi menjadi tampak lebih terang

- Product Moment* : Salah satu teknik analisis dalam ilmu statistika untuk mencari hubungan atau korelasi antara dua variabel atau lebih
- PySQM : *Software* berbasis bahasa pemrogram Python yang berfungsi untuk membaca data yang direkam oleh Sky Quality Meter
- Raspberry pi : Komputer saku sebesar ukuran ATM yang sering digunakan untuk perangkat sistem otomatisasi
- Regresi linear : Salah satu teknik analisis dalam ilmu statistika untuk memprediksi seberapa jauh perubahan variabel dependen bila variabel independen dimanipulasi atau diubah-ubah atau dinaikkan-turunkan
- Sky Quality Meter : Fotometer portabel yang diproduksi oleh Unihedron untuk mengukur kecerlangan langit malam di suatu lokasi

## INDEKS

- Abdur Rachim, 1, 75
- Astronomi, ix, 1, 8, 14, 17, 21,  
25, 31, 40, 45, 47, 54, 67, 68,  
69, 72, 81, 82, 85, 88, 90, 92,  
93, 210
- Atmosfer, 5, 7, 25, 26, 68, 75,  
76, 81, 82, 83, 105, 215, 303,  
304
- Cahaya Bulan, xxi, 39, 41, 42,  
44, 46, 93, 96, 98, 99, 120,  
121, 122, 124, 130, 142, 143,  
144, 145, 146, 147, 148, 149,  
150, 151, 152, 153, 154, 155,  
156, 157, 158, 159, 160, 161,  
179, 180, 181, 182, 193, 201,  
202, 203
- Daerah agak gelap, x, xix, xxi,  
12, 13, 19, 27, 33, 41, 42, 99,  
130, 132, 140, 142, 143, 161,  
162, 182, 183, 184, 188, 189,  
190, 197, 199, 201, 202, 253,  
303
- Daerah agak terang, x, xix, xxi,  
12, 13, 20, 34, 41, 42, 99,  
130, 132, 141, 142, 143, 161,  
162, 182, 183, 184, 188, 189,  
190, 198, 199, 201, 202, 268,  
303
- Daerah gelap, ix, x, xix, xxi,  
xxii, xxiii, 6, 12, 22, 27, 31,  
41, 42, 44, 52, 53, 55, 56, 61,  
62, 66, 67, 68, 72, 85, 88, 95,  
96, 98, 99, 104, 112, 124,  
128, 130, 132, 139, 140, 142,  
144, 146, 147, 150, 151, 153,  
157, 159, 160, 161, 162, 178,  
180, 181, 182, 183, 184, 185,  
187, 188, 189, 190, 196, 197,  
199, 201, 202, 226, 303
- Daerah terang, x, xix, xxi, xxiii,  
6, 7, 12, 22, 31, 35, 41, 42,  
51, 52, 56, 62, 68, 72, 73, 85,  
90, 93, 94, 99, 104, 112, 114,  
127, 130, 132, 139, 140, 141,  
142, 143, 144, 146, 148, 150,  
152, 154, 156, 158, 159, 160,  
161, 162, 179, 180, 181, 182,  
183, 184, 185, 187, 188, 189,  
190, 195, 198, 199, 201, 202,  
286, 303, 304
- Djamaluddin, iii, vii, xvi, 4, 5,  
6, 8, 69, 72, 73, 74, 76, 80,  
105, 130, 140, 160, 161, 180,  
210
- Fajar astronomi, 4, 68, 69, 74,  
76, 105, 185, 303
- Fajar *kāzib*, xxii, 30, 31, 43, 46,  
60, 67, 72, 73, 93, 94, 95, 96,  
98, 118, 119, 120, 127, 128,  
166, 181, 183, 188
- Fajar nautika, xxii, 68, 70
- Fajar *ṣādiq*, ix, x, xxi, xxii, 2, 3,  
5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 22, 23,  
25, 26, 28, 30, 39, 42, 43, 46,  
52, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 63,  
64, 65, 66, 67, 72, 73, 74, 75,  
92, 94, 96, 98, 99, 115, 118,  
120, 123, 126, 127, 128, 129,

130, 132, 133, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 189, 190, 191, 193, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204

Fajar sipil, 68, 105, 185

Fisis, 11, 13, 17, 19, 42, 46, 47, 98, 99, 113, 120, 128, 161, 180, 181

Formulasi koreksi polusi cahaya, ix, 11, 19, 43, 46, 183

*Galas*, 61, 62, 63, 67

*Isfār*, 61, 62

ISRN, xxv, 3, 4, 15, 160, 210, 217

Kriteria  $-20^{\circ}$ , 1, 2, 11, 15, 16, 76, 178

Majalah Qiblati, 2

Nonpolutif, 10, 12, 13, 19, 25

Polusi cahaya, ix, x, xxiv, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 40, 42, 43, 46, 47, 75, 80, 81, 82, 83, 84, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 99, 100, 105, 114, 130, 132, 140, 141, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 201, 202, 203, 216, 218

Polutif, 10, 12, 13, 19, 22, 25

Regresi linear, x, xxi, 43, 133, 136, 183, 184, 189, 190, 191, 196, 197, 198, 199, 202

Saadoc'ddin Jambek, 1, 16

Sistem Otomatisasi Observasi Fajar, xix, xxv, 31, 38, 99, 100, 105, 111, 211

Skala Bortle, xxi, 30, 31, 47, 93, 94, 95, 129, 180

Sky Quality Meter, ix, xi, xix, xxv, 4, 9, 12, 15, 18, 19, 22, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 99, 100, 101, 102, 104, 107, 125, 209, 211, 212, 216, 217, 219, 220, 221, 302, 305

SOOF, xix, xxv, 31, 38, 99, 105, 111, 203, 211

SQM, xiii, xvii, xxi, xxii, xxiii, xxv, 4, 12, 13, 15, 18, 19, 22, 23, 24, 27, 29, 30, 31, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 46, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 111, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 129, 130, 159, 166, 183, 185, 186, 216, 217, 221

Subuh, iii, v, vii, ix, x, xvi, xviii, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 56, 59, 61, 62, 64, 65, 66, 74, 75, 96, 97, 98, 99, 105, 111, 112, 125, 130, 140, 161, 181, 183, 189, 201, 202, 203, 205, 207, 209, 210, 213, 214, 215, 217, 218, 301, 302

Titik belok kurva fajar, 24, 112,  
113, 120, 304  
Tono Saksono, 4, 8, 14, 112,  
141, 160, 179, 180, 217, 218,  
219

*Zodiacal Light*, 72, 96, 115,  
116, 211, 214, 219