

**SUDUT DEPRESI MATAHARI AWAL WAKTU SUBUH
(KAJIAN KOMPARASI TESIS TONO SAKSONO DAN
NIHAYATUR ROHMAH)**

SKRIPSI

Oleh:
Siti Meilia Nur Aini
NIM : C08216023



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

**Universitas Islam Negeri Sunan Ampel
Fakultas Syariah Dan Hukum
Jurusan Hukum Perdata
Prodi Ilmu Falak
Surabaya
2022**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Siti Meilia Nur Aini
NIM : C08216023
Fakultas/Jurusan/Prodi : Syariah dan Hukum/ Hukum PerdataIslam/
Ilmu Falak
Judul Skripsi : Sudut Depresi Matahari Awal Waktu Subuh
(Kajian Komparasi Tesis Tono Saksono Dan
Nihayatur Rohmah)

Menyatakan bahwa skripsi ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian/
karya saya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Surabaya, 04 Juni 2022

Saya yang menyatakan



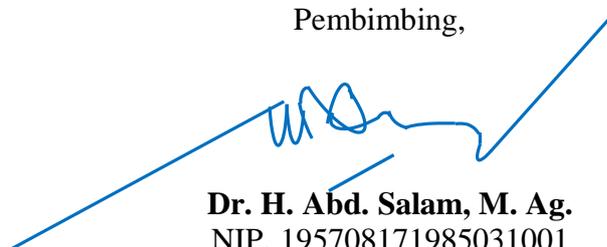
Siti Meilia Nur Aini
C08216023

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang ditulis oleh Siti Meilia Nur Aini, NIM (C08216023) ini telah diperiksa dan disetujui untuk dimunaqosahkan.

Surabaya, 4 Juni 2022

Pembimbing,



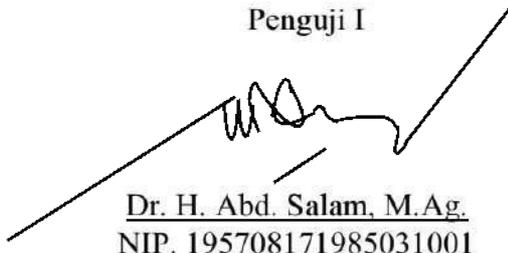
Dr. H. Abd. Salam, M. Ag.
NIP. 195708171985031001

PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh Siti Meilia Nur Aini NIM C08216023 ini telah dipertahankan di depan sidang Majelis Munaqosah Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Sunan Ampel pada hari Rabu, tanggal 6 Juli 2022, dan dapat diterima sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana strata satu dalam Ilmu Syari'ah.

Majelis Munaqosah Skripsi

Penguji I



Dr. H. Abd. Salam, M.Ag.
NIP. 195708171985031001

Penguji II



Dr. H. Moh. Imron Rosyadi, S.Ag, MHI., MHI.
NIP.197704152006041002

Penguji III



Novi Sopwan, M.Si.
NIP. 198411212018011002

Penguji IV



Adi Damanturi, M.Si.
NIP. 198611012019031010

Surabaya, 6 Juli 2022

Mengesahkan,

Fakultas Syari'ah dan Hukum

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel

Dekan,



Dr. H. Suqiyah Musyafa'ah, M.Ag

NIP. 196303271999032001



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Siti Meilia Nur Aini
NIM : C08216023
Fakultas/Jurusan : Syariah dan Hukum / Ilmu Falak
E-mail address : smeilianuraini@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Sudut Depresi Matahari Awal Waktu Subuh (Kajian Komparasi Tesis Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah)

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 26 Agustus 2022

Penulis

(Siti Meilia Nur Aini)

Abstrak

Skripsi ini membembahas Sudut Depresi Matahari Awal Waktu Subuh yang meliputi kajian komparasi antara dua tokoh peneliti. Perbedaan pendapat terjadi ketika pengumpulan data kemunculan fajar *Sadiq* sebagai acuan untuk menentukan nilai sudut depresi Matahari awal waktu Subuh. Dalam kajian komparasi ini melibatkan kedua tokoh, masing-masing tokoh adalah Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah yang menyajikan beberapa pendapat dalam tesanya.

Skripsi ini bertujuan untuk mengetahui segi perbedaan dan persamaan nilai Sudut Depresi Matahari Awal Waktu Subuh serta manakah yang paling relevan antara tesa Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah berdasarkan rumusan masalah *Pertama* bagaimana tesa Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah disusun, *Kedua* bagaimana sudut depresi Matahari awal waktu Subuh menurut Tesa Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah. Skripsi ini ditulis dengan jenis penelitian kualitatif untuk menghasilkan deskripsi yang mendalam. Menggunakan teknik pengumpulan data berupa teknik wawancara dan studi pustaka kemudian dianalisis dengan teknik deskriptif juga komparatif.

Berdasarkan kajian komparasi meliputi data waktu dan tempat pengambilan, cara pengambilan data, alat yang digunakan, metode analisis, dan konsep fajar. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa nilai sudut depresi Matahari awal waktu Subuh dalam tesa Tono Saksono berkisar antara $-14,5^{\circ}$ dan $-11,5^{\circ}$ dengan standar deviasi $1,4^{\circ}$. Artinya nilai yang diperoleh lebih tinggi dari nilai yang dihasilkan oleh Nihayatur Rohmah yaitu $-18,9^{\circ}$ dengan standar deviasi $2^{\circ}17'2,4''$. Perbedaan nilai yang didapatkan ini akan mengantarkan untuk melakukan pengkajian lebih mendalam dengan mempertimbangkan berbagai aspek factor pemicu untuk mendapatkan nilai kesepakatan sudut depresi Matahari awal waktu Subuh.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM	i
PENYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TRANSLITERASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi dan Rumusan Masalah.....	5
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah.....	7
E. Kajian Pustaka	7
F. Tujuan Penelitian.....	13
G. Kegunaan Hasil Penelitian.....	14
H. Definisi Operasional	14
I. Metode Penelitian.....	15
J. Sistematika Pembahasan	19
BAB II FAJAR SADIQ SEBAGAI ACUAN AWAL WAKTU	
SUBUH.....	21
A. Waktu Subuh dalam Norma Fikih.....	21
B. Fajar Sadiq dan Kemunculannya Dalam Tinjauannya	
Astronomi	26
BAB III SUDUT DEPRESI MATAHARI AWAL WAKTU SUBUH	
DALAM TESIS TONO SAKSONO DAN NIHAYATUR	
ROHMAH.....	32

A. Sudut Depresi Matahari Awal Waktu Subuh Dalam	
Tesis Tono Saksono	32
1. Biografi Tono Saksono	32
2. Waktu dan Tempat Pengambilan Data	
Kemunculan Fajar <i>Sadiq</i>	33
3. Cara Pengambilan Data	34
4. Alat yang Digunakan untuk Pengambilan Data	
dan Cara Kerjanya.....	35
5. Metode Analisis Data yang Digunakan.....	38
6. Konsep Fajar <i>Sadiq</i> yang dijadikan Acuan Analisis ..	46
B. Sudut Depresi Matahari Awal Waktu Subuh Dalam	
Tesis Nihayatur Rohmah	49
1. Biografi Nihayatur Rohmah	49
2. Waktu dan Tempat Pengambilan Data	
Kemunculan Fajar <i>Sadiq</i>	50
3. Cara Pengambilan Data	52
4. Alat yang Digunakan untuk Pengambilan Data	
dan Cara Kerjanya.....	52
5. Metode Analisis Data yang Digunakan.....	54
6. Konsep Fajar <i>Sadiq</i> yang dijadikan Acuan Analisis ..	60
BAB IV KAJIAN KOMPARASI TESIS TONO SAKSONO DAN	
NIHAYATUR ROHMAH TENTANG SUDUT	
DEPRESI DEPRESI MATAHARI AWAL WAKTU	
SUBUH.....	63
A. Analisis Waktu dan Tempat Pengambilan Data	
Kemunculan Fajar <i>Sadiq</i>	63
B. Analisis Cara Pengambilan Data	69
C. Analisis Alat yang Digunakan untuk Pengambilan	
Data dan Cara Kerjanya	70
D. Analisis Metode Analisis Data yang Digunakan.....	70

E. Analisis Konsep Fajar <i>Sadiq</i> yang dijadikan Acuan Analisis.....	71
BAB V PENUTUP	75
A. Kesimpulan.....	75
B. Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	80



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Waktu dan Sudut Depresi Matahari.....	11
Tabel 4.1 Waktu dan Tempat Pengambilan DataKemunculan Fajar Sadiq.....	63



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Civil Twilight dan Civil Dawn, Nautical Twilight dan Nautical Dawn, Astronomical Twilight dan Astronomical Dawn</i>	29
Gambar 3.1 SQM dan Kontak Pelindungnya	35
Gambar 3.2 <i>All Sky Camera</i>	37
Gambar 3.3 Plot Data SQM Kota Depok 17 Maret 2017.....	39
Gambar 3.4 Data MPSAS 30 Menit di Depok, 17 Maret 2017 Model Polinomial Derajat Empat.....	42
Gambar 3.5 Citra <i>All Sky Camera</i> , pada 3 Juli 2017	42
Gambar 3.6 Plot histogram citra ASC pada 3 Juli 2017	43
Gambar 3.7 Pembagian Kuadran	44
Gambar 3.8 Citra Histogram Kemunculan Fajar Sadiq	45
Gambar 3.9 Segmentasi detil citra setiap tujuh detik.....	46
Gambar 3.10 Tampilan Citra Asli	56
Gambar 3.11 Tampilan Citra <i>Psiodocolour</i>	56
Gambar 3.12 Tampilan Digital Number.....	57
Gambar 3.13 Observasi Fajar di Juwiring Jawa Tengah pada 27 Juli 2013.....	57

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dua dekade yang lalu, di penghujung abad ke-20, Hanafi S. Djamari menulis artikel yang berjudul “Menelaah Kembali Awal Salat Subuh”. Dalam tulisan yang dimuat harian *Republika* pada 21 Mei 1999 itu Hanafi mengajak umat Islam Indonesia mengkaji ulang konsep jarak zenith Matahari pada awal waktu Subuh. Menurutnya, jarak zenith Matahari yang relevan untuk saat ini adalah 108° atau -18° di bawah ufuk hakiki (*true horizon*). Horizon hakiki (*true horizon*) adalah Lingkaran horizon sebenarnya atau horizon sejati. Bidang horizon ini tepat mengenai titik pusat bola Langit (juga titik pusat Bumi).¹ Ajakan Hanafi berlalu tanpa ada respon dari umat Islam yang menampak ke permukaan. Sepuluh tahun kemudian, muncul tulisan Syaikh Mamduh Farhan al-Buhairi yang berjudul “Salah Kaprah Waktu Subuh”.² Dalam tulisannya yang dimuat majalah *Qiblati* secara bersambung (2009) itu al-Buhairi menyatakan bahwa azan Subuh di Indonesia terlalu pagi atau terlalu awal 24 menit daripada saat terbit fajar *Sadiq*.³

Judul tulisan al-Buhairi yang cukup provokatif dan pernyataannya yang blak-blakan berhasil memancing reaksi umat Islam. Berbagai kegiatan kemudian diselenggarakan, baik diskusi maupun rukyat bersama fajar *Sadiq*, sebagai ikhtiar untuk menjawab atau mengkaji ulang kebenaran sudut

¹Taufiqurrahman K., *Ilmu Falak dan Tinjauan Matlak Global*, Yogyakarta: MPKSDI, 2010. hlm. 65,

²Susiknan Azhari, “Awal waktu subuh di Indonesia” dalam *muscumastronomi.com*. Diakses 10 Mei 2020

³Abdul Mughni, “Problematika Jadwal Waktu Subuh di Indonesia”, *Asy-Syir'ah Jurnal Ilmu Syariah dan Hukum*, (Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga), 2014.

depresi Matahari di awal fajar selama ini berlaku di Indonesia, yakni -20° atau jarak Zenith Matahari 110° berdasarkan pada pendapat Saado'ddin Djambek yang mengikuti Thahir Jalaluddin dalam Kitab *Nukhbah at-Taqrirat fi Hisab al-Awqat*.⁴

Para ulama sepakat bahwa awal waktu Subuh dimulai dari terbitnya fajar *Sadiq* dan berakhir pada saat terbit Matahari.⁵ Penegasan tentang terbitnya fajar *Sadiq* yang menjadi momentum awal haramnya makan dan minum bagi orang yang berpuasa sekaligus sebagai penanda masuknya awal waktu Subuh termaktub di dalam Alquran surah al-Baqarah ayat 187 sebagai berikut :

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

Makan dan minumlah hingga jelas bagimu (perbedaan) antara benang putih dan benang hitam, yaitu fajar.

Berkenaan dengan fenomena terbitnya fajar *Sadiq* tersebut sahabat Jabir bin Abdillah menuturkan bahwa Rasulullah Saw bersabda sebagai berikut.

الْفَجْرُ فَجْرَانِ: فَأَمَّا الْفَجْرُ الَّذِي يَكُونُ كَذَنْبِ السَّرْحَانِ فَلَا يُجِلُّ الصَّلَاةَ وَلَا يُحْرِمُ الطَّعَامَ ،

وَأَمَّا الَّذِي يَذْهَبُ مُسْتَقْبِلًا فِي الْأُفُقِ فَإِنَّهُ يُجِلُّ الصَّلَاةَ وَيُحْرِمُ الطَّعَامَ / رواه الحاكم⁶

Fajar itu ada dua. Adapun fajar yang keberadaannya laksana ekor srigala tidaklah menghalalkan salat dan tidak mengharamkan makanan. Sedangkan yang memanjang di ufuk, maka sesungguhnya ia menghalalkan salat dan mengharamkan makanan.

⁴Disampaikan oleh Arwin Rakhmadi Julia Butar-Butar pada pertemuan Soe-Imahnoong via Zoom, Sabtu, 25 April 2020. Pukul 16.04 WIB.

⁵Muhajir, "Awal Waktu Salat Telaah Fikih dan Sains", *Madinah: Jurnal Studi Islam*, STAI An-Nawawi Purworejo. hlm. 44. Dikutip dari Ibnu Rusyd, *Bidayatul Mujtahid wa Nihayah al Muqtasid*, hlm. 124.

⁶Al-Baihaqi. Al-Sunan al-Kubra, juz 1, h. 377 (dikutip dari Maktabah Syamilah)

Fajar *Sadiq* adalah fenomena alam sehari-hari yang terbitnya bertemali dengan posisi Matahari dalam pergerakan hariannya. Posisi Matahari di awal fajar tersebut secara astronomis dinyatakan dengan jarak Zenith Matahari atau dengan ketinggian Matahari.

“Jarak Zenith Matahari adalah jarak sudut sepanjang lingkaran vertikal yang dihitung dari 0° di titik Zenith sampai ke titik pusat Matahari. Nilai maksimal jarak zenith adalah 180° . Sedangkan Ketinggian Matahari adalah jarak sudut sepanjang lingkaran vertikal yang dihitung dari 0° di ufuk sampai titik pusat Matahari. Nilai maksimal ketinggian Matahari adalah 90° derajat yang apabila Matahari berada di atas ufuk dinyatakan dengan angka positif, dan apabila Matahari berada di bawah ufuk dinyatakan dengan angka negatif”.⁷

Pada zaman ini ilmu astronomi sejatinya sudah dapat menghitung dengan cermat posisi Matahari pada setiap saat. Namun berapa nilai jarak Zenith Matahari atau nilai ketinggian Matahari pada awal terbitnya fajar *Sadiq*, hal itu terpulang pada hasil ijtihad penginderaan terhadap peristiwa terbitnya fajar *Sadiq* itu sendiri.

Dalil-dalil syariat di atas tadi hanya memberikan ciri kualitatif bahwa fajar *Sadiq* itu –di awal terbitnya– memanjang (horizontal) di garis ufuk seperti benang putih (*al-khayth al-abyaḍ*). Keberhasilan mengindra dengan cermat benang putih fajar tersebut di awal kemunculannya bukanlah perkara yang mudah mengingat pada kegelapan malam eksisnya faktor pengganggu

⁷Nihayatur Rohmah, “Pengaruh Atmosfer Terhadap Ketampakan Fajar Sadiq (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)”, (Disertasi—t.tp., t.p., t.t), hlm. 15. Dikutip dari Dahlia Ma’u, “Waktu Salat Fardu (Perspektif Syar’i dan Astronomi)”, *Makalah Komprehensif*, hlm. 20.

pengindraan di ufuk Timur (semisal kabut atau awan) memang sulit dideteksi. Faktor inilah yang menjadi pangkal dari lahirnya kesimpulan yang bervariasi dari para pengindra fajar *Sadiq* mengenai pada sudut depresi berapakah awal kemunculan fajar *Sadiq* itu terjadi.

Para ilmuwan dan ahli falak mencoba melakukan riset di beberapa tempat dengan menggunakan alat. Di antaranya seperti yang dilakukan oleh Tono Saksono yang hasilnya dituangkan dalam buku berjudul Evaluasi Awal Waktu Subuh. Tono meneliti kemunculan fajar *Sadiq* di berbagai daerah dekat khatulistiwa dengan menggunakan *Sky Quality Meter* dan pengambilan citra digital di ufuk Timur yang diproses dengan *edge detection operator canny*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dari semua data yang diolah sebanyak 68,27% hasil hitungan tentang sudut depresi Matahari di awal kemunculan fajar *Sadiq* berada pada rentang statistik antara $-14,5^{\circ}$ dan $-11,5^{\circ}$.

Di pihak lain, penelitian yang dilakukan oleh Nihayatur Rohmah (Niha) yang mengkaji fenomena fajar *Sadiq* dituangkan dalam sebuah disertasi berjudul Pengaruh Atmosfer Terhadap Ketampakan Fajar *Sadiq* (Diskursus Atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari). Niha meneliti dengan menggunakan alat *Sky Quality Meter* (SQM) dan pengambilan citra digital di langit arah ufuk Timur pada akhir malam sampai sebelum Matahari terbit tanpa gangguan dari cahaya Bulan, kemudian diproses dengan *Er-Mapper* dan didukung dengan aplikasi *Accurate Time* untuk mendapatkan nilai *altitude* Matahari. Dari penelitian ini Niha

menyimpulkan bahwa nilai sudut depresi Matahari awal waktu Subuh sebesar $-18,9^\circ$.

Nilai sudut depresi Matahari yang dihasilkan Nihayatur Rohmah tersebut lebih dekat dengan sudut depresi Matahari awal waktu Subuh yang sekarang positif diacu di Indonesia, yakni -20° , daripada nilai sudut depresi Matahari awal waktu Subuh yang dihasilkan Tono Saksono, yakni antara $-14,5^\circ$ dan $-11,5^\circ$. Dari segi bahwa keduanya sama-sama melakukan penelitian di Indonesia, namun berujung dengan tesis yang sangat mencolok perbedaannya, maka hasil penelitian mereka tentang sudut depresi Matahari di awal waktu Subuh ini menarik untuk dikaji dengan pendekatan komparasi. Latar belakang inilah yang mendorong penulis melakukan kajian atau penelitian ini.

B. Identifikasi Masalah

Dari uraian tentang latar belakang masalah di atas dapat diidentifikasi masalah-masalah yang perlu dikaji atau diteliti sebagai berikut:

1. Sudut depresi Matahari sebesar -20° yang sekarang menjadi acuan resmi penentuan waktu awal Subuh di Indonesia. Segi-segi yang perlu dikaji mengenai masalah ini adalah berkenaan dengan sejarah pemberlakuannya sebagai acuan resmi, rujukan astronomis yang digunakan, dan dukungan data empiris observasionalnya di Indonesia.
2. Tesis Tono Saksono tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh sebesar $-14,5^\circ$ dan $-11,5^\circ$ yang dihasilkan melalui penelitian

dilakukannya di berbagai daerah dekat khatulistiwa. Segi-segi yang penting dikaji tentang masalah ini adalah berkenaan dengan kualifikasi tempat dan waktu dilakukannya pengambilan data, cara pengambilan data, alat yang digunakan dan cara kerjanya, metode analisis, dan konsep tentang fajar yang menjadi acuan analisisnya.

3. Tesis Nihayatur Rohmah tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh sebesar $-18,9^{\circ}$ yang dihasilkan melalui penelitian yang dilakukannya di beberapa tempat di Indonesia. Sama dengan tesis Tono Saksono, segi-seginya yang penting dikaji adalah berkenaan dengan kualifikasi tempat dan waktu dilakukannya pengambilan data, cara pengambilan data, alat yang digunakan dan cara kerjanya, metode analisis, dan konsep tentang fajar yang dijadikan acuan analisis.

C. Batasan Masalah

Mengingat berbagai keterbatasan pada diri penulis, maka masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini dibatasi pada masalah kedua dan ketiga saja, yakni sudut depresi Matahari awal waktu Subuh menurut tesis Tono Saksono dan sudut depresi Matahari awal waktu Subuh menurut Nihayatur Rohmah. Kajian tentang tesis-tesis mereka tersebut dibatasi arahnya pada deskripsi dan komparasi berkenaan dengan berbagai aspeknya seperti yang dituangkan dalam identifikasi masalah. Tegasnya, kajian dalam penelitian ini dibatasi pada masalah:

1. Deskripsi tesis Tono Saksono tentang nilai sudut depresi Matahari awal waktu Subuh.
2. Deskripsi tesis Nihayatur Rohmah tentang nilai sudut depresi Matahari awal waktu Subuh.
3. Komparasi antara tesis Tono Saksono dan tesis Nihayatur Rohmah tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh

D. Rumusan Masalah

Sejalan dengan batasan masalah di atas, maka masalah-masalah yang menjadi titik tolak penelitian ini dirumuskan dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana tesis Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh dan tesis tersebut disusun?
2. Bagaimana komparasi antara tesis Tono Saksono dan tesis Nihayatur Rohmah tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh?

E. Kajian Pustaka

Sejauh penelusuran yang penulis lakukan, ditemukan 3 (tiga) karya ilmiah terdahulu yang menjadikan tema sudut depresi Matahari awal waktu Subuh sebagai obyek kajiannya.

Pertama, karya ilmiah berjudul “Studi Analisis Awal Waktu Salat Subuh (Kajian atas Relevansi Nilai Ketinggian Matahari terhadap Kemunculan Fajar *Sadiq*)”.⁸ Karya ilmiah yang ditulis oleh Ayuk

⁸Ayuk Khoirunnisak, “Studi Analisis Awal Waktu Saat Subuh (Kajian atas Relevansi Nilai Ketinggian Matahari terhadap Kemunculan Fajar Sadiq”, Skripsi—Institut Agama Islam Negeri Walisongo, Semarang, 2011.

Khoirunnisak (Ayuk) ini bertolak dari tiga pertanyaan penelitian berikut ini: 1) Bagaimana konsep fajar *Sadiq* dalam perspektif fikih kaitannya dengan salat Subuh. 2) Bagaimana nilai ketinggian Matahari dalam astronomi kaitannya dengan awal waktu salat Subuh. 3) Bagaimana Relevansi nilai ketinggian Matahari dan kemunculan fajar *Sadiq* kaitannya dengan awal waktu salat Subuh.

Sebagai jawabannya, Ayuk menyimpulkan bahwa: 1) Konsep fajar *Sadiq* dalam perspektif fikih merupakan permulaan awal waktu salat Subuh sebagaimana tercantum dalam surah al-Baqarah ayat 187 dan diperkuat dalam beberapa hadis yang diriwayatkan oleh Imam Muslim. Terdapat beberapa kriteria warna yang dijadikan patokan sebagai sifat dari fajar *Sadiq*, diantaranya adalah putih, putih kemerah-merahan, dan kebiruan. Fajar tersebut disepakati ulama sebagai patokan pertanda awal waktu salat Subuh. 2) Nilai ketinggian Matahari dalam astronomi kaitannya dengan waktu salat Subuh bisa dilihat dengan ketinggian Matahari -18° sampai dengan -13° dengan syarat langit tidak mendung maka akan terlihat tanda putih kemerah-merahan (fajar *Sadiq* terlihat). 3) Relevansi nilai ketinggian Matahari awal waktu subuh terhadap fajar *Sadiq* merupakan keselarasan konsep antara perspektif fikih dan astronomi, perlu adanya pembuktian dengan beberapa pengamatan terhadap fajar *Sadiq*. Dalam hal ini terdapat beberapa pengamatan yang dilakukan dan menunjukkan adanya kelemahan ketinggian Matahari -20° untuk perhitungan awal waktu Subuh oleh Pemerintah Indonesia selama ini.

Kedua, karya ilmiah yang ditulis oleh Niswatu Karimah (Niswah) dengan judul “Aplikasi *Edge Detection* untuk Mengetahui Fajar *Sadiq* sebagai Penentu Awal Waktu Subuh Menggunakan GUI Matlab”.⁹ Niswah melakukan kajian ini untuk menjawab tiga pertanyaan penelitian, yakni: 1) Bagaimana algoritma pemrograman *Graphical User Interface* pada *software* Matlab untuk mendeteksi kemunculan fajar *Sadiq* dengan menggunakan metode *edge detection*. 2) Berapa nilai sudut depresi Matahari saat awal waktu masuk salat Subuh berdasarkan *edge detection* di kelurahan Dampit. 3) Bagaimana akurasi waktu salat Subuh di kelurahan Dampit berdasarkan penelitian menggunakan *edge detection* bila dibandingkan dengan jadwal salat KEMENAG dan aplikasi digital.

Di akhir kajiannya, Niswah menyajikan tiga jawaban atau kesimpulan sebagai berikut: 1) Algoritma pemrograman *Graphical User Interface* untuk mendeteksi citra fajar *Sadiq* meliputi beberapa tahap, yaitu *uploading* citra dan mengubah citra menjadi *grayscale*. Kemudian dilakukan *processing* citra *grayscale* menggunakan teknik *canny edge detection*. Berdasarkan citra yang sudah diproses, diperoleh waktu awal kemunculan sinar fajar *Sadiq* yang dihukumi sebagai awal Subuh. Selanjutnya waktu Subuh yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai derajat dip. Hasil perhitungan nilai dip di *export* pada *Microsoft Excel* untuk keperluan analisa data. 2) Adapun nilai dip yang dihasilkan memiliki rentang antara -17° hingga -20° . Sebagai kehati-hatian, diambil nilai dip yang paling awal muncul yaitu -20° sebagai

⁹Niswatu Karimah, “Aplikasi *Edge Detection* untuk Mengetahui Fajar *Sadiq* sebagai Penentu Awal Waktu Subuh Menggunakan GUI Matlab”, Skripsi—Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2019.

hasil akhir penelitian. Dikhawatirkan saat diperoleh dip tinggi dari -20° , kondisi cuaca tidak sedang baik sehingga awal cahaya fajar *Sadiq* muncul tertutup oleh awan. 3) Akurasi waktu subuh yang diperoleh jika dibandingkan dengan KEMENAG dan aplikasi *digital* memiliki selisih antara satu hingga sepuluh menit, dengan nilai *error* sebesar 0.1% hingga 4%. Namun nilai derajat dip yang diperoleh sesuai dengan KEMENAG yakni sebesar -20° .

Ketiga, karya ilmiah yang ditulis oleh Laksmiyanti Annake Harijadi (Keke) dengan judul “Analisis Perubahan Kecerahan Langit Waktu Fajar dengan *Sky Quality Meter*”.¹⁰ Keke melakukan kajian ini untuk menjawab tiga pertanyaan penelitian, yaitu 1) Bagaimana nilai kecerlangan langit yang diukur di lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang berbeda. 2) Bagaimana metode yang digunakan dalam penentuan perubahan kecerahan langit saat fajar. 3) Bagaimana waktu Subuh dan nilai sudut depresi Matahari diketahui dari pengamatan kecerahan langit saat fajar.

Di akhir kajiannya, sebagai jawaban, Keke menyajikan tiga kesimpulan berikut: 1) Nilai kecerlangan langit yang diukur di lokasi tingkat polusi yang berbeda adalah kecerahan langit tergelap di lokasi Imah Noong sebesar 19.51 mpdbp, kemudian berturut-turut di pantai Tayu sebesar 21.08 mpdbp, dermaga Branta 18.78 mpdbp, desa Pengkol 18.66 mpdbp dan Observatorium e-Maya 20.13 mpdbp. Adapun nilai kecerlangan langit terendah berturut-turut masing-masing lokasi kecuali dermaga Branta

¹⁰Laksmiyanti Annake Harijadi, “Analisis Perubahan Kecerahan Langit Waktu Fajar dengan *Sky Quality Meter*”, Tesis—Institut Teknologi Bandung, 2019

dengan nilai 18.23 mpdbp, 20.86 mpdbp, 18.37 mpdbp, dan 18.45 mpdbp. Pantai Tayu merupakan daerah gelap bebas polusi cahaya, begitu pun dengan dermaga Brantas adalah daerah yang mendapat pengaruh dari lampu kapal nelayan. Sedangkan Imah Noong, desa Pengkol, dan Observatorium e-Maya merupakan daerah pinggiran kota yang mendapat pengaruh penerangan dari pemukiman. Kondisi tersebut semakin diperparah dengan adanya awan yang menyebabkan *sky glow* ataupun keberadaan Bulan di atas ufuk, sehingga menurunkan kualitas kecerahan langit.

2) Metode yang digunakan dalam penentuan perubahan langit fajar adalah pemilihan daerah dengan kondisi langit bebas polusi cahaya dan daerah dengan kondisi langit terpaparpolusi cahaya dengan mengetahui keberadaan awan yang akan menyulitkan saat penentuan waktu akhir malam. Yang berdampak pada perubahan kecerlangan langit adalah adanya efek langit malam semu yakni (keterlambatan) kemunculan fajar yang terdeteksi.

3) Waktu Subuh dan nilai sudut depresi Matahari yang diketahui dari daerah pengamatan adalah rata-rata waktu kemunculan cahaya fajar:

Lokasi	Waktu dan Sudut Depresi Matahari					
	1 σ		2 σ		3 σ	
Imah Noong	04:51 WIB	-16.86°	04:52 WIB	-16.64°	04:53 WIB	-16.40°
Pantai Tayu	04:10 WIB	-21.81°	04:12 WIB	-21.41°	04:14 WIB	-20.94°
Dermaga Branta	04:34 WIB	-15.85°	04:36 WIB	-15.26°	04:40 WIB	-14.39°
Desa Pengkol	04:35 WIB	-16.67°	04:35 WIB	-16.44°	04:36 WIB	-16.21°
Observatorium e-Maya	04:50 WIB	-16.83°	04:51 WIB	-16.69°	04:52 WIB	-16.40°

Perbedaan sudut depresi Matahari yang dihasilkan antara lokasi tingkat polusi cahaya tinggi dan rendah menunjukkan bahwa sudut depresi Matahari bergantung pada tingkat polusi cahaya atau kondisi langit lokal suatu tempat (transparansi atmosfer) dan tidak bergantung pada ketinggian.

Keempat, karya ilmiah yang ditulis oleh Zahrotul Husniyah (Niya) dengan judul “Analisis Pengaruh Perhitungan *Solar Dip* Tono Saksono terhadap Awal Waktu Salat Isya dan Subuh”.¹¹ Niya melakukan kajian ini untuk menjawab dua pertanyaan penelitian, yakni 1) Apa yang menjadi latar belakang munculnya nilai *solar dip* terhadap awal waktu salat Subuh Tono Saksono. 2) Bagaimana pengaruh nilai *solar dip* Tono Saksono terhadap awal waktu salat Isya dan Subuh.

Sebagai jawaban, diakhir kajian Niya menyajikan kesimpulan sebagai berikut: 1) Latar belakang nilai *solar dip* Tono Saksono yaitu alat yang digunakan ulama terdahulu adalah astrolabe dan proses data dengan alat Rubu' Mujayyab untuk menentukan nilai *solar dip*. Menurut Tono Saksono astrolabe dan Rubu' Mujayyab termasuk alat kuno yang berkisar 1.500 tahun yang lalu sehingga hasil yang ditunjukkan tidak saintifik. Dalam kajian kitab-kitab klasik dijelaskan bahwa *solar dip* Subuh -18° dan Isya -16° pada daerah Timur Tengah. Menurut Tono Saksono jika ditinjau dari posisi daerah maka Indonesia seharusnya lebih tinggi dari Timur Tengah, karena Indonesia terletak pada daerah ekuator. Sehingga hasil *solar dip* -20° yang digunakan oleh Indonesia tidak terbukti secara saintifik. Oleh karena itu

¹¹Zahrotul Husniyah, “Analisis Pengaruh Perhitungan *Solar Dip* Tono Saksono terhadap Awal Waktu Salat Isya dan Subuh”, Skripsi—Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, 2019.

menurut Tono Saksono untuk meyakinkan dengan nilai *solar dip* Subuh yang digunakan Indonesia, seharusnya dinaikkan bukan sebaliknya diturunkan.

2) Nilai *solar dip* Tono Saksono sangat berpengaruh pada perhitungan awal waktu salat Subuh dan Isya, karena hasil yang menggunakan nilai *solar dip* -20° untuk waktu salat Subuh tanggal 23 November 2019 jatuh pada pukul 3.39 WIB. Sedangkan untuk waktu salat Isya yang menggunakan nilai *solar dip* -18° jatuh pada pukul 18.46 WIB. Dari kedua hasil tersebut awal waktu Subuh memiliki selisih 26 menit dan untuk awal waktu salat Isya selisih kurang lebih 27 menit.

Jika diletakkan dalam perpektif kajian atau penelitian terdahulu, obyek kajian yang akan menulis lakukan ini sedikit bersinggungan dengan kajian yang telah dilakukan Zahrotul Husniyah, yakni sama-sama berkenaan dengan tesis Tono Saksono tentang sudut depresi Matahari (*solar Dip*) awal waktu Subuh. Bedanya, Zahrotul Husniyah mengambil *angle* pengaruh *solar dip* Tono Saksono terhadap perhitungan awal waktu salat Isya dan Subuh. Sedangkan *angle* kajian yang penulislakukan ini adalah deskripsi tentang bagaimana tesis Tono Saksono tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh itu disusun *plus* komparasinya dengan tesis Nihayatur Rohmah. Memang bersinggungan obyeknya, namun beda *angle* kajiannya. Dengan demikian dapat dibilang bahwa meskipun sudah ada sejumlah kajian ilmiah terdahulu mengenai sudut depresi Matahari awal waktu Subuh, namun kajian ini sama sekali tidak merupakan pengulangan atau duplikasi dari kajian-kajian ilmiah terdahulu tersebut.

F. Tujuan Penelitian

Sejalan dengan identifikasi dan rumusan masalah di atas, tujuan dari kajian atau penelitian ini adalah:

1. Dihasilkannya deskripsi tentang tesis Tono Saksono tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh dan proses penyusunannya.
2. Dihasilkannya deskripsi tentang tesis Nihayatur Rohmah tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh dan proses penyusunannya.
3. Dihasilkannya komparasi antara tesis Tono Saksono dan tesis Nihayatur Rohmah tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh dan proses penyusunannya.

G. Kegunaan Hasil Penelitian

Secara teoritik, hasil penelitian ini diharapkan berguna sebagai informasi keilmuan seputar tema yang menjadi obyek kajiannya, yakni tentang bagaimana tesis Tono Saksono dan tesis Nihayatur Rohmah disusun dan apa saja segi-segi persamaan dan perbedaannya. Sedangkan secara praktis hasil penelitian ini diharapkan berguna untuk melihat secara proporsional fakta perbedaan pendapat mengenai sudut depresi Matahari awal waktu Subuh baik antara Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah yang dikaji di sini maupun lainnya.

H. Definisi Operasional

Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan “sudut depresi Matahari awal waktu Subuh” adalah jarak sudut sepanjang lingkaran vertikal mulai

dari lingkaran horizon sampai ke titik pusat Matahari pada awal terbitnya fajar *Sadiq* (yang memanjang di ufuk atau horizon timur).

Tono Saksonoyang dimaksud adalah salah seorang guru besar pada Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA) di Jakarta, Ketua *the Islamic Science Research Network* (ISRN) pada universitas tersebut, dan penulis buku berjudul “Evaluasi Awal Waktu Subuh”.

Nihayatur Rohmah yang dimaksud adalah salah seorang dosen pada Pascasarjana IAIN Ponorogo, dan penulis disertasi dengan judul “Pengaruh Atmosfer pada Ketampakan Fajar *Sadiq* (Diskursus Atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)”.

Adapun yang dimaksud dengan “Kajian Komparasi” adalah kajian perbandingan yang berorientasi pada diperolehnya persamaan dan perbedaan antara dua obyek yang dikaji.

I. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian kualitatif untuk menghasilkan deskripsi mendalam, detil, dan lengkap mengenai tesis Tono Saksono dan tesis Nihatur Rohmah tentang sudut depresi Matahari awal Subuh dari segi bagaimana ia disusun dan untuk menghasilkan uraian komparasi tentang persamaan dan perbedaan antara keduanya.

2. Data yang dikumpulkan.

Untuk menjawab rumusan masalah penelitian ini, akan dikumpulkan data tentang:

a. Tesis Tono Saksono tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh dan penyusunannya yang meliputi:

- 1) Tempat dan waktu dilakukannya pengambilan data kemunculan fajar *Şadiq*;
- 2) Cara pengambilan data kemunculan fajar *Şadiq*;
- 3) Alat yang digunakan untuk mengumpulkan data kemunculan fajar *Şadiq* dan cara kerjanya;
- 4) Metode analisis data kemunculan fajar *Şadiq*;
- 5) Konsep fajar *Şadiq* yang dijadikan acuan analisis.

b. Tesis Nihayatur Rohmah tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh dan penyusunannya yang meliputi:

- 1) Tempat dan waktu dilakukannya pengambilan data kemunculan fajar *Şadiq*;
- 2) Cara pengambilan data kemunculan fajar *Şadiq*;
- 3) Alat yang digunakan untuk mengumpulkan data kemunculan fajar *Şadiq* dan cara kerjanya;
- 4) Metode analisis data kemunculan fajar *Şadiq*;
- 5) Konsep fajar *Şadiq* yang dijadikan acuan analisis.

3. Sumber Data

a. Sumber Data Primer

- 1) Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya Perspektif Sains, Teknologi dan Syariah, buku karya Tono Saksono
- 2) Pengaruh Atmosfer terhadap Ketampakan Fajar Sadiq (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari), Disertasi karya Nihayatur Rohmah.
- 3) Syafaq dan Fajar Verifikasi denan Aplikasi Fotometri: Tinjauan Syar'i dan Astronomi, buku karya Nihayatur Rohmah.
- 4) Tono Saksono selaku peneliti dan penyusun tesis yang dituangkan dalam buku berjudul "Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya Perspektif Sains, Teknologi dan Syariah."
- 5) Nihayatur Rohmah selaku peneliti dan penyusun tesis yang dituangkan dalam disertasi berjudul "Pengaruh Atmosfer terhadap Ketampakan Fajar Shadiq (Diskursus Atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)."

b. Sumber Data Skunder

- 1) Adi Damanhuri selaku anggota ISRN dan penulis Buku yang berjudul "Pengamatan dan Penelitian Awal Waktu Subuh: Semua Bisa Melakukannya".
- 2) Rizki Noor Hidayat Wijaya penulis Modul *Er Mapper* berjudul "*Centre of Gis dan Remote Sensing Research: Rizky's Digital Image Proccessing Laboratory*".

4. Teknik Pengumpulan Data

Untuk mengumpulkan data di atas digunakan teknik wawancara mendalam (*depth interview*) dan studi Pustaka

- a. Wawancara mendalam dilakukan untuk mengumpulkan data Tono tentang tempat dan waktu dilakukannya pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq*, konsep fajar *Sadiq* yang dijadikan acuan analisis. Dan data Nihayatur Rohmah tentang cara pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq*, alat yang digunakan untuk mengumpulkan data beserta cara kerja alat yang digunakan.
- b. Studi Pustaka dilakukan untuk mengumpulkan data Tono tentang cara pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq*, alat yang digunakan untuk mengumpulkan data beserta cara kerja alat yang digunakan, dan metode analisis data kemunculan fajar *Sadiq*. Sedangkan data Niha tentang tempat dan waktu dilakukannya pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq*, konsep fajar *Sadiq* yang dijadikan analisis, dan metode analisis data kemunculan fajar *Sadiq*.

5. Teknis Analisis Data

Data yang sudah dikumpulkan dianalisis dengan teknik deskriptif dan komparatif.

- a. Teknik Deskriptif digunakan untuk menganalisis data tentang tesis Tono dan Niha terkait proses penyusunannya dengan penggambaran yang mendalam, cermat, dan lengkap.

- b. Teknik Komparatif digunakan untuk menganalisis data tentang tesis Tono dan Niha tersebut dari segi persamaan dan perbedaan antara keduanya secara mendalam, cermat, dan lengkap.

J. Sistematika Pembahasan

Sebagai laporan hasil penelitian, bahasan dalam skripsi ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

Pada Bab I, sebagai bab pendahuluan, disajikan uraian tentang berbagai aspek mengenai penelitian ini. Dimulai dari uraian tentang latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, kajian pustaka, tujuan penelitian, kegunaan penelitian, definisi operasional, dan metode penelitian.

Untuk menyediakan landasan konseptual buat bahasan berikutnya, Pada Bab II disajikan uraian tentang “Fajar *Sadiq* sebagai Acuan Awal Waktu Subuh”. Uraian mengenai tajuk ini dipilah menjadi dua sub bab, yakni sub bab tentang “Awal Waktu Subuh Dalam Norma Fikih”, dan Fajar *Sadiq* dan Kemunculannya Dalam Tinjauan Astronomi”.

Pada Bab III dimuat deskripsi data penelitian dengan tajuk “Sudut Depresi Matahari Awal Waktu Subuh Dalam Tesis Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah”. Deskripsi tersebut dituangkan dalam sub-sub bab mengenai “Biografi Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah”, Waktu dan Tempat Pengambilan Data Kemunculan Fajar *Sadiq*”, “Cara Pengambilan Data”, “Alat yang digunakan untuk Pengambilan Data dan Cara Kerjanya”, “Metode Analisis Data yang digunakan”, dan “Konsep Fajar *Sadiq* yang dijadikan Acuan Analisis.”

Selanjutnya pada Bab IV yang bertajuk “Kajian Komparasi Tesis Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah tentang Sudut Depresi Matahari Awal Waktu Subuh” diartikulasikan analisis komparatif terhadap data penelitian yang sudah dideskripsikan pada Bab III. Segi-segi yang dianalisis secara komparatif dicerminkan oleh empat judul dimuat dalam bab ini, yakni “Analisis Waktu dan Tempat Pengambilan Data Kemunculan Fajar *Sadiq*”, “Analisis tentang Cara Pengambilan Data Kemunculan Fajar *Sadiq*”, “Analisis tentang Alat yang digunakan untuk Mengumpulkan Data Kemunculan Fajar *Sadiq* dan Cara Kerjanya”, “Analisis tentang Metode Analisis yang Digunakan”, dan “Analisis tentang Konsep Fajar *Sadiq* yang dijadikan Acuan”.

Bab V, sebagai bab penutup, memuat sub bab tentang “Kesimpulan” sebagai jawaban dari rumusan masalah skripsi ini, dan sub bab tentang “Saran” kepada pihak terkait yang relevan dengan hasil penelitian ini.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

FAJAR *SADIQ* SEBAGAI ACUAN AWAL WAKTU SUBUH

A. Awal Waktu Subuh Dalam Norma Fikih

Sebagai bagian dari salat-salat fardu (*al-ṣalawāt al-maktūbah*), salat Subuh disyariatkan untuk dilaksanakan pada waktu yang sudah ditentukan. Allah SWT menegaskan hal tersebut melalui firman-Nya dalam surat *al-Nisa* ' ayat103:

... إِنَّ الصَّلَاةَ كَانَتْ عَلَى الْمُؤْمِنِينَ كِتَابًا مَّوْقُوتًا

“Sesungguhnya salat itu adalah kewajibanyang ditentukan waktunya atas orang-orang yang beriman.”¹

Waktu-waktu salat fardu tersebut dititahkan dengan lebih rinci dalam surat *al-Isrā* ' ayat 78 dengan redaksi ayat sebagai berikut.

أَقِمِ الصَّلَاةَ لِذُلُوكِ الشَّمْسِ إِلَى غَسَقِ اللَّيْلِ وَقُرْآنِ الْفَجْرِ إِنَّ قُرْآنَ الْفَجْرِ كَانَ مَشْهُودًا

“Dirikanlah salat dari sesudah Matahari tergelincir sampai gelap malam dan (dirikanlah pula shalat) Subuh. Sesungguhnya shalat Subuh itu disaksikan (oleh malaikat).”²

Diksi “*Qur’an al-Fajr*” dalam ayat ini--yang secara harfiah berarti “bacaan Alquran di waktu fajar”-- dipahami oleh semua penafsir, baik dari kalangan Ahlus Sunnah maupun Syi’ah, sebagai sebutan untuk Salat Subuh karena konteks pembicaraan ayat tersebut adalah mengenai waktu-waktu

¹ *Al Qur’an Dan Terjemahnya*, (Madinah Al Munawwarah: Mujamma’ al-Malik Fahd Li Thibaat al Mush-hafAsy-Syarif), hlm. 138

² *Ibid.*, hlm. 436

salat, dan pada saat fajar tidak ada bacaan wajib kecuali bacaan Alquran dalam salat.³

Mengenai diksi “*Qur’an al-Fajr*” dalam ayat di atas, Wahbah al-Zuhaili menulis sebagai berikut:

وَقُرْآنَ الْفَجْرِ بِحَاظِ مُرْسَلٍ مِنْ إِطْلَاقِ الْجُزْءِ عَلَى الْكُلِّ، أَيِ قِرَاءَةِ الْفَجْرِ، وَهِيَ صَلَاةُ الْفَجْرِ لِأَنَّ الْقِرَاءَةَ جُزْءٌ مِنْهَا.⁴

(“*Qur’an al-Fajr*” adalah *Majāz Mursal* dari segi penyebutan bagian untuk arti keseluruhan, yakni “Bacaan Fajar”, dan ia adalah “Salat Fajar” karena “bacaan” merupakan bagian darinya).

Waktu-waktu salat fardu yang dititahkan dalam surat *al-Isrā’* ayat 78 di atas dijelaskan dengan lebih rinci lagi dalam hadis Nabi Saw. di bawah ini.

عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عَمْرٍو أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: وَقْتُ الظُّهْرِ إِذَا زَالَتِ الشَّمْسُ وَكَانَ ظِلُّ الرَّجُلِ كَطُولِهِ مَا لَمْ يَخْضُرِ الْعَصْرُ، وَوَقْتُ الْعَصْرِ مَا لَمْ تَصْفَرَّ 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، ... /5... مسلم ١٤١٩

“Dari Abdullah bin ‘Amr bahwa Nabi Saw bersabda: Waktu Zuhur adalah ketika Matahari tergelincir dan bayangan seorang laki-laki sama dengan panjang badannya selagi belum tiba waktu Asar. Waktu Asar adalah selagi Matahari belum menguning. Waktu salat Magrib adalah selagi *syafaq* (mega) belum hilang separuh malam yang pertengahan. Waktu salat Subuh dari terbit fajar selagi Matahari belum terbit. ...”⁶

³M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Misbah*, Vol. 7, (Jakarta: Lentera Hati, Cct. 2, 2004), hlm. 524.

⁴Wahbah ibn Mustafa al-Zuhaili, *Tafsir al-Munir fi al-‘Aqidahwa al-Syari’ahwa al-Minhaj*, juz 15 (Damaskus: *Dar al-Fir al-Mu’asir*, cct. 2, 1418 H.), hlm. 140.

⁵Abu al-Husain Muslim bin al-Hajjaj al-Naisaburi, *Al-Jāmi’ al-Sahīh*, juz 15 (Beirut: *Dar al-Jīl + Dar al-Afāq*, t.t.), juz 2, hlm. 105. Dikutip dari *al-Maktabah al-Syāmilah*.

⁶Muslim bin al-Hajjaj al-Naisaburi, *al-Jāmi’ al-Sahīh*, (Beirut: Dar al-Jayl + Dar al-Afaq, t.t.) juz 2, hlm. 105

Di dalam surah *al-Baqarah* ayat 187 fenomena “kemunculanfajar” yang --di dalam hadis di atas dinyatakan sebagai penanda awal masuknya waktu salat Subuh—dilukiskan dengan kalimatsebagai berikut.

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

“Dan Makan minumlah hingga terang bagimu benang putih dari benang hitam, yaitu fajar.”⁷

Ungkapan “benang putih” dan “benang hitam” untuk fenomena kemunculan fajar ini sempat dipahami secara harfiah oleh ‘Adiy bin Hatim, sahabat Nabi Saw. Fakta tentang kejadian tersebut dimuat dalam hadis yang di *takhrij* oleh al-Bukhari di bawah ini.

عَنْ عَدِيِّ بْنِ حَاتِمٍ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ لَمَّا نَزَلَتْ حَتَّى يَتَبَيَّنَ لَكُمُ الْخَيْطُ الْأَبْيَضُ مِنَ الْخَيْطِ الْأَسْوَدِ عَمَدْتُ إِلَى عِقَالِ أَسْوَدَ وَإِلَى عِقَالِ أَبْيَضَ فَجَعَلْتُهُمَا تَحْتِ وَسَادَتِي فَجَعَلْتُ أَنْظُرُ فِي اللَّيْلِ فَلَا يَسْتَبِينُ لِي فَعَدَوْتُ عَلَى رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فَذَكَرْتُ لَهُ ذَلِكَ فَقَالَ إِنَّمَا ذَلِكَ سَوَادُ اللَّيْلِ وَبَيَاضُ النَّهَارِ.⁸

Dari ‘Ady bin Hatim r.a., iaberkata: Ketika turunayat“ ...hingga terang bagimu benang putih dari benang hitam ...”, aku menggabung ‘*iqal* (tali kepala) hitam dan ‘*iqal* putih, lalu kuletakkan keduanya di bawah bantalku, lalu aku lihat di waktu malam hari, maka tidak jelas bagiku. Aku pergi pada pagi harinya ke Rasulullah Saw. Aku ceritakan hal itu kepada beliau. Maka beliau bersabda: “Sesungguhnya yang dimaksud itu tidak lain adalah hitamnya malam dan putihnya siang.”

Lebih lanjut sebuah hadis yang dinarasikan oleh Ibnu Abbas memuat penjelasan Rasulullah Saw. tentang adanya dua jenis fajar sebagai berikut:

⁷ *Al Qur’an Dan Terjemahnya*, (Madinah Al Munawwarah: Mujamma’ al-Malik Fahd Li Thibaat al Mush-hafAsy-Syarif), hlm. 45

⁸ Muhammad ibn Isma’il al-Bukhari, *al-Jāmi’ al-Ṣaḥīḥ*, (Riyadh, *Dār al-Salām*), cet 1, 1419 H., juz 4, nomorhadis 1916, hlm.599

الْفَجْرُ فَجْرَانِ: فَجْرٌ يُحْرِمُ الطَّعَامَ وَيَحِلُّ فِيهِ الصَّلَاةُ، وَفَجْرٌ نَحْرُمُ فِيهِ الصَّلَاةُ - أَي: صَلَاةُ الصُّبْحِ - وَيَحِلُّ فِيهِ الطَّعَامُ / رَوَاهُ ابْنُ حُرَيْمَةَ وَالْحَاكِمُ وَصَحَّحَاهُ.

"Fajar itu ada dua, yaitu fajar yang mengharamkan makan dan memperbolehkan salat dan fajar yang tidak boleh padanya salat (Subuh) dan boleh makan (sahur). (HR. Ibnu Khuzaimah dan al Hakim, dan keduanya menshahihkan).⁹

Penjelasan yang sama dengan hadis di atas dimuat juga dalam riwayat al-Hakim pada hadis dari Jabir r.a. Di dalam hadis tersebut terdapat tambahan keterangan mengenai fajar yang mengharamkan makanan tersebut, yaitu. “bahwa ia memanjang (horizontal) di ufuk”, dan tentang fajar yang lainnya “bahwa ia seperti ekor srigala”.¹⁰

Penjelasan rinci mengenai awal waktu salat Subuh yang diberikan dalil-dalil syariat tersebut mengejawantah dalam pendapat para ulama fikih yang secara umum mencerminkan kesatuan pandangan. Kesatuan pandangan tersebut—sekurang-kurangnya—direpresentasikan oleh pandangan fikih ulama Mazhab Empat berikut ini.

Pandangan fikih mazhab Hanafi tentang awal waktu salat Subuh dicerminkan—antara lain-- oleh tulisan al-Syarkhasi dalam kitab karyanya yang bertahukal-*Mabsut* sebagai berikut:

وقْتُ صَلَاةِ الْفَجْرِ مِنْ حِينَ يَطْلُعُ الْفَجْرُ الْمَعْتَرِضُ فِي الْأَفْقِ إِلَى طُلُوعِ الشَّمْسِ. وَالْفَجْرُ فَجْرَانِ كَاذِبٌ تُسَمِّيهِ الْعَرَبُ ذَنْبَ السَّرْحَانِ وَهُوَ الْبَيَاضُ الَّذِي يَبْدُو فِي السَّمَاءِ طَوَّلًا وَيَعْقِبُهُ ظِلَامٌ وَالْفَجْرُ الصَّادِقُ وَهُوَ الْبَيَاضُ الْمُنْتَشِرُ فِي الْأَفْقِ، فَبِطُلُوعِ الْفَجْرِ الْكَاذِبِ لَا يَدْخُلُ وَقْتُ الصَّلَاةِ وَلَا يُحْرَمُ الْأَكْلُ عَلَى الصَّائِمِ مَا لَمْ يَطْلُعِ الْفَجْرُ الصَّادِقُ...¹¹

⁹Ibnu Hajar al-‘Asqalani, *Bulūgh al-Marām Min Adillat al-Aḥkām*, (*al-Maktabah al-Syamilah*), juz 1, hlm. 54

¹⁰*Ibid*, hlm 55

¹¹Syamsuddin Abu Bakar Muhammad bin Abi Sahl al-Syarkhasi, *al-Mabsūt*, (Beirut: Dar al-Fikr, cet. 1, 1421 H/2000 M.), juz 1, hlm 55. Dinukildari *al-Maktabah al-Syamilah*.

Waktu salat Fajar ialah dari saat fajar yang melebar di ufuk sampai terbitnya Matahari. Fajar itu ada dua, yakni fajar *Kazib* (bohong) yang orang Arab menamainya Ekor Srigala, yaitu cahaya putih yang muncul di langit dengan memanjang vertikal dan diikuti oleh gelap. Dan fajar *Sadiq* (jujur), yaitu cahaya putih yang bertebar di ufuk. Dengan terbitnya fajar *Kazib* waktu Subuh tidak masuk, dan makan tidak haram atas orang yang berpuasa sepanjang fajar *Sadiq* belum terbit....

Pandangan fikih mazhab Maliki tentang awal waktu salat Subuh tergambar—antara lain-- dalam kitab “*al-Tsamar al-Dani fi Taqrib al-Ma’ani Syarh Risalah Ibn Abi Zaid al-Qayrawani*” sebagai berikut:

"فأول وقتها" يعني الاختياري "انصداع" أي انشقاق "الفجر المعترض" أي المنتشر "بالضياء في أقصى" أي أبعد "المشرق" أي أن ضياء الفجر مستمد من ضوء الشمس وهي تارة تطلع من أقصى المشرق وتارة من غيره فهو تابع لها فموضع انفجاره هو موضع طلوع الشمس وخرج بقوله المعترض الفجر الكاذب وهو البياض الذي يصعد كذنب السرحان أي الذئب مستدقا فلا ينتشر فليس له حكم...¹²

Awal waktunya, yakni waktu ikhtiyari (pilihan), ialah terbitnya “fajar yang melebar”, yakni yang menyebar dengan cahaya di timur yang terjauh. Maksudnya ialah bahwa cahaya fajar itu berasal dari cahaya Matahari. Matahari adakalanya terbit dari timur yang terjauh dan adakalanya dari selainnya. Jadi terbit fajar itu mengikuti Matahari. Dengan begitu tempat terbit fajar adalah tempat terbit Matahari. Dengan rumusan kata “yang melebar” keluarlah dari pengertian fajar di sini, fajar *Kazib*, yaitu cahaya putih yang naik (tegak) seperti ekor srigala, lancip, tidak menyebar, dan karena itu hukum tidak berlaku padanya....

Pandangan fikih mazhab Syafi’i tentang awal waktu salat Subuh dimuat dalam kitab “*al-Umm*” karya al-Syafi’i sendiri sebagai berikut:

¹²Muhammad bin Idris al-Syafi’i, *al-Umm*, (Beirut: Dār al-Ma’rifah, 1393 H), juz 1, hlm 74. Dinukil dari *al-Maktabah al-Syamilah*.

وَالصُّبْحُ الْفَجْرُ فَلَهَا اسْمَانِ الصُّبْحُ وَالْفَجْرُ لَا أَحَبُّ أَنْ تُسَمَّى إِلَّا بِأَحَدِهِمَا وَإِذَا بَانَ الْفَجْرُ
الْأَخِيرُ مُعْتَرِضًا حَلَّتْ صَلَاةُ الصُّبْحِ وَمَنْ صَلَّىهَا قَبْلَ تَبَيُّنِ الْفَجْرِ الْأَخِيرِ مُعْتَرِضًا أَعَادَ...¹³

Subuh adalah Fajar. Karena itu ia punya duan nama, yaitu salat Subuh dan salat Fajar. Aku tidak sukai adi sebut kecuali dengan salah satu dari keduanya. Apabila fajar yang akhir telah tampak dalam keadaan melebar (horizontal) maka tibalah waktu salat Subuh. Siapa yang mengerjakan salat Subuh sebelum ketampakan fajar yang akhir dalam keadaan melebar (horizontal), maka ia mengulangi (salatnya).

...

ثم الفجر وأول وقتها إذا طلع الفجر الثاني بغير خلاف وهو البياض الذي يبدو من قبيل
المشرق معترضًا لا ظلمة بعده وآخره إذا طلعت الشمس...¹⁴

Kemudian salat Fajar, dan awal waktunya adalah apabila terbit fajar yang kekuatan paper beda pendapat, dan ia adalah cahaya putih yang muncul dari arah timur dalam keadaan melebar (horizontal), tidak ada kegelapan sesudahnya, dan akhirnya ketika Matahari terbit.

...

Jadi, ringkasnya, dalam norma fikih, setidaknya fikih Mazhab Empat, disepakati bahwa awal waktu Subuh ialah pada saat kemunculan fajar *Sadiq*, yakni cahaya putih yang melebar horizontal di ufuk Timur di dekat tempat terbitnya Matahari.

B. Fajar Sadiq dan Kemunculannya Dalam Tinjauan Astronomi

Dalam tinjau anastronomi, pembicaraan tentang ihwal fajar *Sadiq* erat berkaitan dengan tema mengenai Senjakala atau *Twilight*, yakni... *the time between day and night when there is light outside, but the Sun is below*

¹³Şālih bin ‘Abd al-Samī’ al-Ābi al-Azharī, *al-Tsamar al-Dāni fi Taqrīb al-Ma’āni* Syarh *Risālah Ibnī Abi Zaid al-Qayrawāni*, (Beirut: Maktabah al-Tsaqafah), juz 1, hlm 87. Dinukildari *al-Maktabah al-Syamilah*.

¹⁴Abdullah bin Qudāmah al-Maqdisī, *Al-Kāfi fi al-Fiqh al-Mubajjal* Ahmad ibn Ḥanbal, juz 1, hlm 183. Dinukildari *al-Maktabah al-Syamilah*.

*the horizon.*¹⁵ (waktu antara siang dan malam ketika ada cahaya di luar, tetapi Matahari berada di bawah ufuk). Astronomi umum membagi *twilight* atau senjakala menjadi tiga, yakni *Civil Twilight* (Senjakala Sipil), *Nautical Twilight* (Senjakala Bahari), dan *Astronomical Twilight* (Senjakala Astronomi) dengan penjelasan sebagai berikut.

Civil Twilight occurs when the Sun is less than 6 degrees below the horizon. In the morning, civil twilight begins when the Sun is 6 degrees below the horizon and ends at sunrise. In the evening, it begins at sunset and ends when the Sun reaches 6 degrees below the horizon. Civil twilight is the brightest form of twilight. There is enough natural sunlight during this period that artificial light may not be required to carry out outdoor activities. Only the brightest celestial objects can be observed by the naked eye during this time.... **Nautical Twilight** occurs when the center of the Sun is between 6 degrees and 12 degrees below the horizon. This twilight period is less bright than civil twilight and artificial light is generally required for outdoor activities.... **Astronomical twilight** occurs when the Sun is between 12 degrees and 18 degrees below the horizon.¹⁶

(**Senjakala Sipil** terjadi ketika Matahari kurang dari 6 derajat di bawah ufuk. Di pagi hari, senjakala sipil dimulai ketika Matahari berada 6 derajat di bawah ufuk dan berakhir saat Matahari terbit. Di malam hari, itu dimulai saat Matahari terbenam dan berakhir ketika Matahari mencapai 6 derajat di bawah ufuk. ...Senjakala Sipil merupakan senjakala yang paling terang. Ada cukup sinar Matahari alami selama periode ini sehingga cahaya buatan mungkin tidak diperlukan untuk melakukan aktivitas di luar ruangan. Hanya benda langit paling terang yang dapat diamati dengan mata telanjang selama waktu ini.... **Senjakala Bahari** terjadi ketika pusat Matahari berada antara 6 derajat dan 12 derajat di bawah ufuk. Periode senja ini kurang terang daripada senja

¹⁵Konstantin Bikos dan Aparma Kher, *Twilight, Dawn, and Dusk*, (<https://www.timeanddate.com/astronomy/different-types-twilight.html>). Akses: 16 September 2021

¹⁶Ibid.

sipil dan cahaya buatan umumnya diperlukan untuk kegiatan di luar ruangan.... **Senjakala Astronomis** terjadi ketika Matahari berada antara 12 derajat dan 18 derajat di bawah ufuk).

Dalam kaitan dengan pembagian *twilight* (senjakala) inilah ilmu astronomi mengklasifikasi fajar (*dawn*) menjadi tiga, yakni *Civil Dawn* (Fajar Sipil), *Nautical Dawn* (Fajar Bahari), dan *Astronomical Dawn* (Fajar Astronomi) sebagai berikut.

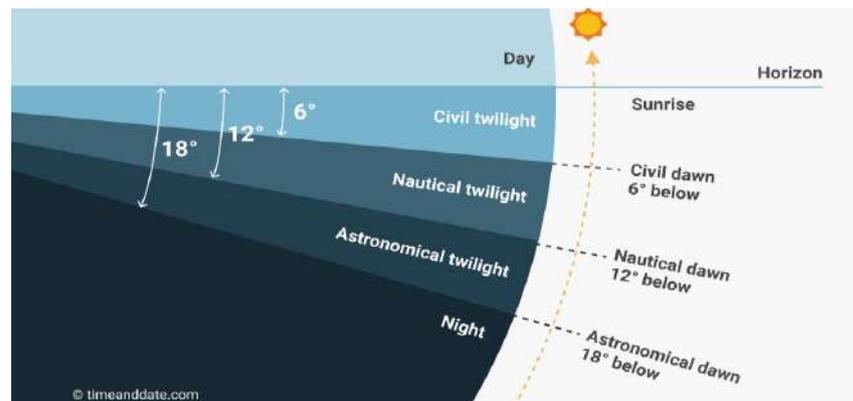
Civil dawn is the moment when the center of the Sun is 6 degrees below the horizon in the morning.... **Nautical dawn** occurs when the Sun is 12 degrees below the horizon during the morning. ... **Astronomical dawn** is the time when the center of the Sun is at 18 degrees below the horizon.¹⁷

(**Fajar sipil** adalah momen ketika pusat Matahari berada 6 derajat di bawah ufuk di pagi hari.... **Fajar Bahari** terjadi saat Matahari berada 12 derajat di bawah ufuk pada pagi hari. ... **Fajar astronomi** adalah waktu ketika pusat Matahari berada pada 18 derajat di bawah ufuk). Perhatikan ilustrasinya pada gambar 2.1.

Ketiga jenis fajar di atas di kalangan ilmuwan astronomi dikenal dengan sebutan *True Dawn* atau Fajar *Sadiq*, yakni fajar yang mereka indentifikasi sebagai hamburan sinar Matahari oleh atmosfer Bumi di langit ufuk timur yang akan menjadi latar dari terbitnya Matahari.¹⁸

¹⁷Ibid.

¹⁸Abd. Salam, *Ilmu Falak Praktis: Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah*, (Surabaya: Imtiyaz, cet. 1, 2016), hlm. 81



Gambar 2.1

Civil Twilight dan Civil Dawn, Nautical Twilight dan Nautical Dawn, Astronomical Twilight dan Astronomical Dawn

Sumber: <https://www.timeanddate.com/astronomy/different-twilight->

Adapun fajar lain yang oleh ulama fikih diberi nama *Fajar Kazib* (*False Dawn*) diidentifikasi oleh kalangan ahli astronomi sebagai hamburan sinar Matahari oleh debu-debu antar planet yang tersebar di bidang Ekliptika (bidang tempuhan gerak semu tahunan Matahari). Karena itulah Fajar *Kazib* (*False Dawn*) tampil tegak menjulang (vertikal) seperti ekor srigala. Arah tegaknya selaras dengan bidang Ekliptika karena debu-debu antar planet yang menjadi media penghamburnya tersebar di sana.¹⁹

Di samping itu, karena kedudukan debu-debu antar planet itu lebih tinggi dari atmosfer yang menjadi media penghambur Fajar *Sadiq*, maka kemunculan Fajar *Kazib* selalu lebih awal daripada Fajar *Sadiq* sehingga Fajar *Kazib* disebut *al-Fajr al-Awwal* dan Fajar *Sadiq* disebut *al-Fajr al-Tsani*.²⁰

Menurut Thomas Djamaluddin, sesungguhnya Fajar *Sadiq* atau Fajar Subuh itu adalah Fajar Astronomi, yaitu hamburan cahaya di ufuk Timur yang kemunculannya membuat cahaya bintang-bintang mulai meredup. Per

¹⁹ *Ibid.*, hlm. 81-82

²⁰ *Ibid.*, hlm. 82

definisi, fajar astronomi itu terjadi pada saat Matahari berada pada posisi -18 derajat. Namun ini nilai rata-ratanya. Faktanya atmosfer atas yang menjadi media penghambur fajar itu tidak sama ketinggiannya di semua wilayah. Atmosfer di wilayah sekitar ekuator lebih tinggi dari atmosfer wilayah yang jauh dari ekuator. Karena itu wajar bila wilayah di sekitar ekuator seperti Indonesia mengalami hamburan cahaya Matahari lebih awal dari nilai rata-rata tersebut, yakni di saat posisi Matahari berada pada -20 derajat.²¹

Ringkasnya, Fajar *Sadiq* itu dalam tinjauan astronomi tiada lain adalah *Astronomical Dawn* atau Fajar Astronomi. Hanya saja dalam konteks sebagai acuan awal waktu salat Subuh, Fajar Astronomi yang kemunculannya dipatok rata pada angka depresi Matahari -18 derajat tersebut tidak relevan untuk digunakan. Alasannya adalah karena atmosfer yang menjadi media penghambur fajar itu sendiri ketinggiannya bervariasi. Adalah logis jika di wilayah-wilayah yang beratmosfer tinggi kemunculan Fajar *Sadiq* akan terjadi lebih awal daripada wilayah-wilayah lain dengan atmosfer yang lebih rendah.

Dengan demikian nilai depresi Matahari bagi kemunculan Fajar *Sadiq* tidak bisa dipukul rata –misalnya dengan mematok angka -18 derajat– untuk seluruh kawasan di Bumi. Tegasnya, setiap wilayah harus mengacu pada nilai depresi Matahari yang selaras dengan realitas kemunculan fajar *Sadiq*-nya setempat meskipun boleh jadi berbeda dengan nilai depresi Matahari yang

²¹Thomas Djamaluddin, *Benarkah Waktu Subuh di Indonesia Terlalu Cepat*, (<https://tdjamaluddin.wordpress.com/2017/09/13/benarkah-waktu-shubuh-di-indonesia-terlalu-cepat/>). Diakses pada 27 Juli 2021 pukul 08.15 WIB.

diacu wilayah lain, dan bahkan meskipun boleh jadi berbeda dengan nilai depresi Matahari yang menjadi acuan global fajar astronomi.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB III
SUDUT DEPRESI AWAL WAKTU SUBUH
DALAM TESIS TONO SAKSONO DAN NIHAYATUR ROHMAH

A. Sudut Depresi Matahari Awal Waktu Subuh Dalam Tesis Tono Saksono

1. Biografi Tono Saksono

Tono Saksono (Tono), lahir di Cirebon pada 5 Januari 1952, adalah salah seorang peneliti lulusan studi master di *Departement of Geodetic Science, School of Earth Science, Ohio State University, USA* pada 1984, dan *Ph.D* dari *Departement of Civil, Enviromental and Geomaic Engineering, University College London Inggris* tahun 1999. Tono pernah menjadi peneliti dan praktisi yang menggeluti integrasi Sains Islam di *Uiversity Tun Hussein Onn Malaysia* (UTMH). Saat ini Tono mendapat amanat sebagai guru besar Pascasarjana sekaligus sebagai Ketua *The Islamic Science Research Network* (ISRN) pada Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA) Jakarta. ISRN UHAMKA merupakan pusat penelitian integrasi sains Islam yang berdiri pada April 2016.¹

Selain sebagai seorang peneliti, berkat kegemarannya menulis dan kemampuan intelektualnya, Tono --sampai tahun 2017-- tercatat telah menulis sekitar 60 *technical paper* yang sebagian besar dipresentasikan di pelbagai pertemuan ilmiah tingkat Internasional. Buku-buku yang telah ditulisnya antara lain “Mengungkap Rahasia Simfoni Dzikir Jagat Raya

¹Tono Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya: Perspektif Sains, Teknologi, dan Syariah*. (Jakarta: UHAMKA Press dan LPP AIKA UHAMKA, 2017).

(2006)”, “Mengkompromikan Hisab dan Rukyat” (2007), “Kuliah ke Luar Negeri Tidak Perlu Mahal” (2007), “Menembus Penjuru Langit dan Bumi” (2007), dan “Pseudo Syariah Economy and Muslims Civilizational Debt” (2014), dan “Evaluasi Awal Waktu Subuh” (2017).²

2. Waktu dan Tempat Pengambilan Data Kemunculan Fajar *Sadiq*

Tono melakukan pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq* pada tahun 2015, 2017, dan 2018 di 4 (empat) tempat di Indonesia. Sebagian besar (67 kali) dilakukan di Depok, dan selebihnya di Cirebon sebanyak 2 (dua) kali, di Yogyakarta sebanyak 2 (dua) kali, dan di Labuanbajo juga sebanyak 2 (dua) kali. Data rincinya sebagai berikut.

Pada tahun 2015, Tono melakukan pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq* sebanyak 5 kali di Depok, yakni:

- a. 4 kali pada bulan Juni (tanggal 7, 10, 12, dan 13)
- b. 1 kali pada bulan Juli (tanggal 7).

Pada tahun 2017 Tono melakukan pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq* sebanyak 48 kali, seluruhnya di Depok, yakni:

- a. 4 kali pada bulan Maret (tanggal 15, 17, 18, dan 19)
- b. 4 kali pada bulan April (tanggal 16, 17, 21, dan 25)
- c. 12 kali pada bulan Mei (tanggal 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, dan 25)
- d. 4 kali pada bulan Juni (tanggal 13, 14, 22, dan 23)
- e. 3 kali pada bulan Juli (tanggal 9, 18, dan 19)
- f. 7 kali pada bulan Agustus (tanggal 8, 15, 16, 17, 18, 19, dan 20)

² Ibid.

- g. 8 kali pada bulan September (tanggal 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, dan 16)
- h. 6 kali pada bulan Desember (tanggal 3, 4, 5, 6, 7, dan 8).

Pada tahun 2018 pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq* dilakukan sebanyak 20 kali dengan rincian 14 kali di Depok, 2 kali di Cirebon, 2 kali di Yogyakarta, dan 2 kali di Labuanbajo dengan rincian sebagai berikut.

- a. 11 kali pada bulan Januari (tanggal 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15 dan 16) di Depok.
- b. 3 kali pada bulan Pebruari (tanggal 16, 17, 21, dan 25) di Depok.
- c. 2 kali pada bulan Maret (tanggal 5 dan 6) di Cirebon
- d. 2 kali pada bulan Mei (tanggal 4 dan 5 Mei) di Yogyakarta
- e. 2 kali pada bukan Mei (tanggal 12 dan 13) di Labuanbajo.³

3. Cara Pengambilan Data

Tono mengambil data fajar *Sadiq* dengan cara memotret dan merekamnya pada arah ufuk Timur. Pengambilan data juga dilakukan pada arah zenith dengan maksud untuk mempertimbangkan posisi Matahari musiman guna menyelidiki efek perubahan posisi Matahari pada bulan Maret dan September (yaitu ketika posisi Matahari berada di sekitar equator). Begitu juga pada bulan Juni, yaitu ketika Matahari berada di utara equator, dan pada bulan Desember saat Matahari berada di Selatan equator. Pengambilan data dilakukan pada wilayah yang gelap, bebas dari polusi cahaya bulan maupun lampu perkotaan. Dalam

³Tono Saksono dan Syamsul Anwar, *Premature Dawn The Global Twilight Pattern*, (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2021), hlm. tt.

pengambilan data, dilakukan sejak sekitar pukul 4:30:00 sampai dengan sekitar pukul 5:30:00.⁴

4. Alat yang Digunakan untuk Pengambilan Data dan Cara Kerjanya

Ada dua alat yang digunakan Tono untuk mengambil data kemuculan fajar *Sadiq*, yakni:

- a. *Sky Quality Meter* (SQM), yang merupakan instrumen untuk mengukur kecerlangan langit malam. Tipe yang digunakan adalah SQM LU-DL yang hampir sama dengan generasi sebelumnya, yaitu SQM-L. Perangkat ini dilengkapi dengan sensor cahaya TAOS TSL237S dan filter penapis kanal sinar inframerah HOYA CM-500. Ukuran fisiknya sangat portable (97 x 61 x 25mm). Kurang lebih sebesar telepon genggam yang dioperasikan dengan baterai berdaya 9 volt.⁵



Gambar 3.1 : Alat SQM dan kontak

⁴Wawancara dengan Prof. Tono Saksono, pada Rabu, 9 September 2020.

⁵Tono Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh ...*, hlm. 58.

Dengan ditapisnya sinar inframerah, maka SQM hanya mengukur intensitas pada kanal cahaya yang tampak (*visible light*) dengan panjang gelombang 0.4-0.7 mikron.⁶ SQM akan melakukan pengukuran temperatur sekitar, kemudian semua pengukuran fotometrik dapat langsung dikoreksi terhadap suhu yang tercatat. Pengoperasian SQM dapat menggunakan koneksi USB, baik tersambung atau tidak dengan komputer, sehingga data tetap bisa dibaca melalui *Internal Recording*, yaitu perangkat dalam SQM. Alat SQM ini disetting untuk merekam data dengan temporal yang ditentukan. Hasil data yang terekam dapat dibaca melalui software yang bernama *Unihedron Device Manager* (UDM) dengan menyambungkan perangkat SQM LU-DL melalui kabel USB ke komputer, kemudian perintah komputer akan diteruskan kepada *Microcontroller* dan akan merespon perintah dari komputer.

- b. *All Sky Camera* (ASC), yakni kamera DSLR yang dilengkapi dengan *fish-eye lens* (lensa cembung) sehingga mampu mengambil citra panoramik 360° pada siang, malam, hujan, atau cerah. Nama komersialnya adalah ALPHEA 6 MW *All-Sky Camera* yang mengindikasikan bahwa ia memiliki kapasitas 6 mega pixel.⁷ ASC ALPHEA 6 MW merupakan sistem pencitraan berwarna untuk citra langit malam yang praktis digunakan dan berbiaya rendah. Pada kamera jenis ini, penampilan merupakan dimensi penting dalam

⁶ Tono Saksono dan Syamsul Anwar, *Premature Dawn The Global Twilight Pattern*, (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2021), hlm. 54.

⁷Tono Saksono dan Syamsul Anwar, *Premature Dawn ...* (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2021), hlm. 65.

gambar yang dihasilkan, sehingga dapat membedakan keberadaan polusi dan awan tebal. Gambar yang direkam menampilkan warna aslinya dan sumber polusi ringan akan mudah dikenali.⁸



Gambar 3.2 : *All Sky Camera*. Sumber: Google

All Sky Camera ini memiliki kemampuan mengambil citra panoramik namun harus dibayar dengan distorsi detilnya terutama di bagian pinggir citra sehingga tidak baik untuk sistem pencitraan yang memerlukan hasil geometri yang tinggi. Pada bagian belakang lensa terdapat *photocathode* yang merupakan elektroda bermuatan negatif dalam alat pendeteksi cahaya yang berfungsi sebagai *photomultiplier* atau *phototubey* yang dilapisi dengan senyawa fotosensitif. Apabila terdapat cahaya (*foton*) yang menerpanya, energi yang diserap menyebabkan emisi elektron akibat efek fotolistrik.⁹

Pusat proses pembentukan citra sebetulnya terjadi pada bagian belakang *photocathode* yaitu pada *back-thinned CCD* (*charge-*

⁸ Ibid.

⁹ Tono Saksono dan Syamsul Anwar, *Premature Dawn ...* (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2021), hlm. 65.

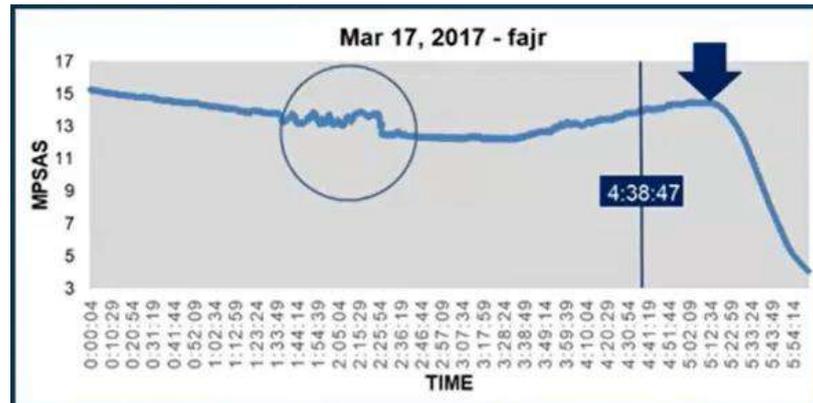
coupled device), sebuah sensor elektronik cahaya yang digunakan dalam berbagai peralatan termasuk kamera digital. Pada jenis ASC yang beragam akan memiliki jumlah CCD yang berbeda. Adapun ASC ALPHEA 6MW ini memiliki 6,439,680 CCD yang tersusun atas 2,080 baris dan 3,096 kolom.¹⁰ Setiap CCD yang didesain untuk menghasilkan citra berwarna pada masing-masing kanal warnanya (*Red, Green, Blue*) maka diperlukan sekitar 19 MB hanya untuk merekam satu frame citra dan memiliki resolusi radiometris 8 bit atau 256 gradasi intensitas.

5. Metode Analisis Data yang Digunakan

Metode yang digunakan Tono dalam menganalisis data sensor *non imaging* adalah algoritma yang memakai model matematik. Terdapat empat pengembangan algoritma yang sesuai dengan pemodelan matematika, yaitu: Regresi Polynomial Derajat Tiga, Regresi Polynomial Derajat Empat, Regresi Polynomial Derajat Lima, dan *Moving Average* untuk berbagai macam *window*.

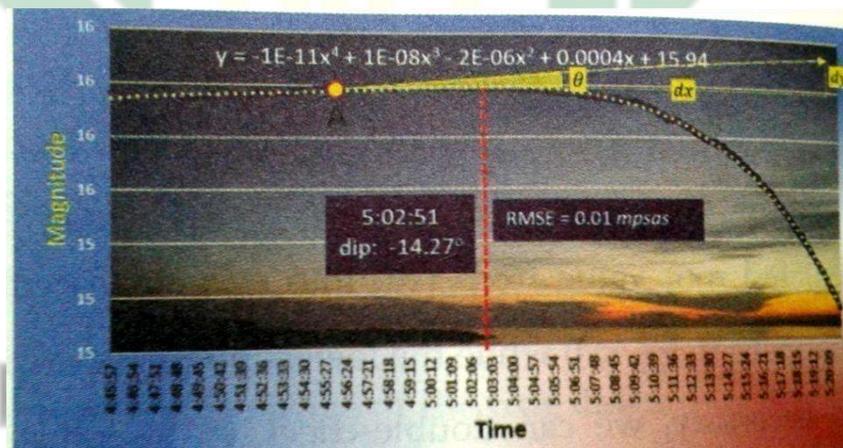
Perekaman kecerlangan langit malam dengan SQM menghasilkan keluaran data dalam bentuk besaran MPSAS (*Magnitudes Per Square Arc Second*), yaitu besarnya *magnitude* setiap luasan 1 detik busur di langit. Misalnya data kecerlangan langit malam pada 17 Maret 2017 adalah sebagaimana di bawah ini (Gambar 3.3)

¹⁰Tono Saksono dan Syamsul Anwar, *Premature Dawn The Global Twilight Pattern*, (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2021), hlm. 65.



Gambar 3.3 : Plot data SQM, Depok 17 Maret 2017

Hasil rekaman SQM di atas dianalisis oleh Tono dengan model matematik fungsi polynomial derajat empat. Hasilnya seperti tampak gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4 :
Data MPSAS 30 menit di Depok, 17 Maret 2017
dengan model polinomial derajat empat¹¹

Bentuk umum dari polynomial derajat empat yang menyatakan hubungan fungsional antara data MPSAS (y_i) dan waktu (t_i) diberikan dengan persamaan (1) sebagai berikut:

¹¹ Tono Saksono dan Syamsul Anwar, *Premature Dawn: The Global Twilight Pattern*, (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2021), hlm. 94.

$$y_i = p_1 t_i^4 + p_2 t_i^3 + p_3 t_i^2 + p_4 t_i + p_5$$

Dimana: y_i = MPSAS hasil hitungan pada t_i

$p_1 p_2 p_3 p_4 p_5$ = parameter polynomial yang harus dihitung

t_i = waktu SQM merekam data asli MPSAS

Demi memperoleh nilai parameter polynomial $p_1 p_2 p_3 p_4 p_5$ digunakan metode *least square* karena jumlah data yang digunakan lebih besar daripada jumlah parameter yang harus dihitung. Untuk mengetahui ketelitian polinomial derajat empat sebagai model matematik dari data fisik yang dimiliki dengan menghitung harga *root mean square error* (RMSE).

$$\text{RMSE} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y}_i)^2}{n-u} \right)^{0.5} \quad (2)$$

Dimana:

\bar{y}_i = harga MPSAS hasil hitungan pada waktu t_i

y_i = harga MPSAS hasil pengamatan (data fisik) pada waktu t_i

n = jumlah data dalam window

u = jumlah parameter model polinomial

Secara matematik, untuk menentukan titik ekstrim kemunculan fajar *Sadiq* dilakukan dengan melihat garis yang menyinggung salah satu titik yang terletak pada fungsi polinomial yang memiliki kemiringan $\text{slope} \propto$ sedemikian rupa hingga sehingga $\tan \alpha = \frac{dy}{dt}$. Jika garis ini bergeser terus sepanjang fungsi sampai titik ini mencapai titik ekstrimnya (puncak atas maupun bawah), maka garis singgung ini terjadi saat kemiringannya sama dengan nol ($\tan \alpha = 0$).¹²

¹² Tono Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya: Perspektif Sains, Teknologi, dan Syariah*, (Jakarta: UHAMKA Press dan LPP AIKA UHAMKA, 2017), hlm. 86.

Mengingat model polynomial tidak akan dapat bekerja sempurna apabila data fisik MPSAS yang terekam menyerupai grafik yang sangat datar dan baru terjadi kemiringan garis singgung yang sangat tajam di titik terbitnya fajar, maka data yang diperoleh dikembangkan dengan menggunakan metode *moving average*.¹³

Metode algoritma *moving average* bertujuan untuk menghitung kemiringan antara data yang berurutan. Metode ini harus menggunakan konsep penapisan (*filtering*) dalam lebar window yang bertujuan untuk mendapatkan hasil akhir sesuai ketelitian yang diinginkan. Sehubungan waktu salat diperoleh dengan ketelitian satu menit maka lebar window = 11 dinilai cukup baik. Dengan resolusi temporal data asli 3 detik. Maka lebar window = 11 bisa menghasilkan penapisan data $(11-1) \times 3$ detik atau sama dengan 0,5 menit, lebih kecil dari ketelitian akhir hasil yang diinginkan sebesar 1 menit. Dengan demikian dapat diperoleh data hasil penapisan pada setiap kelipatan 11.

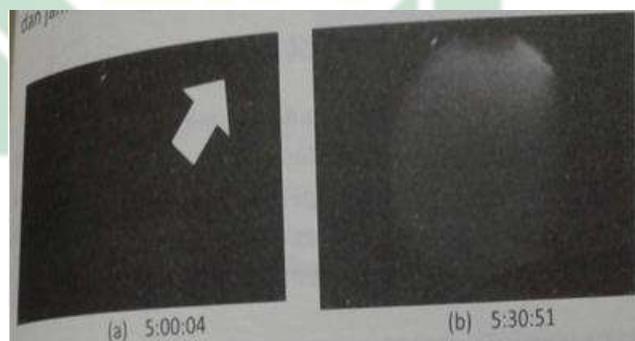
Selanjutnya dihitung kemiringan antara data hasil penapisan. Kemiringan pertama yang bernilai negatif atau nol dimana setelah itu tidak terjadi kemiringan yang positif menunjukkan titik munculnya fajar sehingga nilai dip dapat ditentukan,. Akan tetapi, karena pada metode pemodelan algoritma *move average* ini terdapat kelemahan berupa hilangnya informasi data asli di antara ujung-ujung window, maka pemodelan algoritma ini hanya digunakan apabila ketiga pemodelan algoritma polynomial tidak berhasil

¹³ Ibid, hlm. 90.

mendapatkan harga polynomial.¹⁴ Untuk langkah akhir hasil hitungan digunakan *weighted arithmetic mean* jika hasil sementara diperoleh melalui beberapa metode yang memiliki akurasi yang berbeda.

Plot gambar 3.4 di atas menunjukkan bahwa fungsi polynomial derajat empat merupakan model yang lebih baik digunakan sebagaimana ditunjukkan oleh nilai RSME pada 17 Maret 2017 sebesar 0.01 magnitude, dan nilai dip mengerucut pada angka -14.27° .

Selanjutnya untuk data sensor *imaging*, Tono Saksono menggunakan metode analisis citra histogram melalui *progressive sampling*. Analisis citra histogram ini banyak digunakan misalnya dalam *Remote Sensing* untuk melihat penyebaran intensitas (*grayscale*) pada citra. Teknik ini biasanya untuk melihat kontras citra yang dimiliki. Perhatikan gambar 3.5 berikut ini.



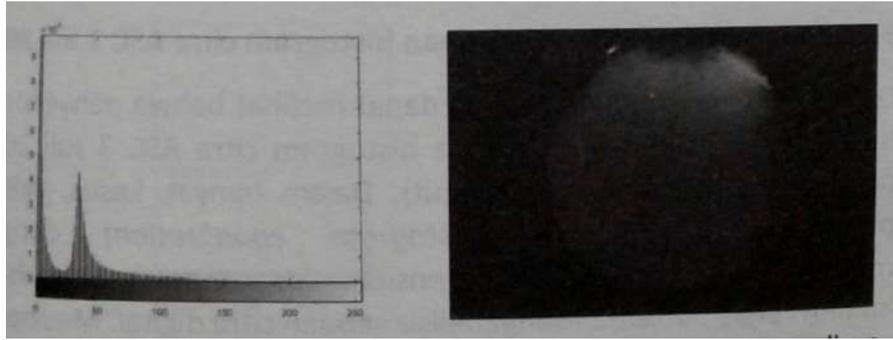
Gambar 3.5: Citra *All Sky Camera*, pada 3 Juli 2017¹⁵

Secara visual, gambar 3.5 bagian (a) menunjukkan suasana langit gelap pada pukul 5:00:04 dan bagian (b) menunjukkan suasana langit yang sudah lebih terang pada pukul 5:30:51 karena fajar sudah muncul.¹⁶

¹⁴ Tono Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya: Perspektif Sains, Teknologi, dan Syariah*, (Jakarta: UHAMKA Press dan LPP AIKA UHAMKA, 2017), hlm. 91.

¹⁵Ibid, hlm. 125.

¹⁶Ibid, hlm. 126.



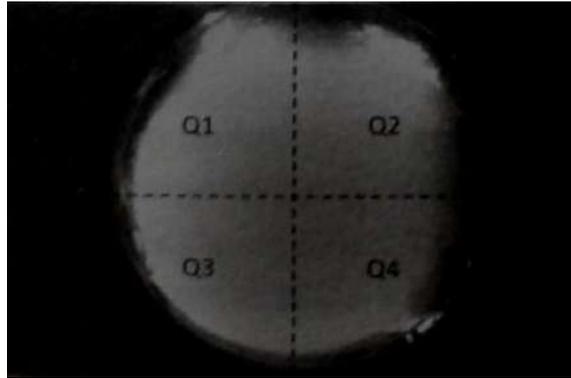
Gambar 3.6:Plot histogram citra ASC pada 3 Juli 2017 jam 5:30:51

Analisis histogram dilakukan agar dapat memperhatikan adanya perubahan baru yang terjadi sekitar jam 5:30:51 sebagaimana plot histogram yang ditunjukkan pada gambar 6. Pada *thresholding Matlab*, citra ini menunjukkan sekitar 43,500 pixel yang memiliki nilai *greycafe* 150. Artinya kehadiran sinar fajar baru terdeteksi setelah 23 menit dari kehadiran fajar yang sesungguhnya pada jam 5:02:51 berdasarkan data SQM. Dapat dipahami bahwa citra ASC ini tidak cukup sensitif dapat menangkap kehadiran fajar Sadiq jika dibandingkan dengan alat SQM.

Langkah selanjutnya, pada 3 Juli 2017, Tono melakukan pemerataan citra ASC untuk memperlebar penyebaran intensitas citra yang akan meningkatkan kualitas citra, dan melakukan analisis citra digital.¹⁷

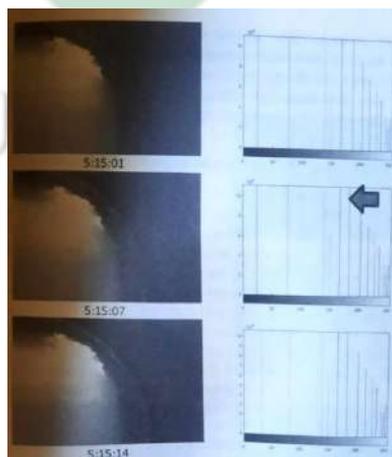
Berikutnya, mempermudah proses analisis histogram melalui *progressive sampling*, Tono membagi citra menjadi 4 kwadran yang terdiri dari Q1, Q2, Q3, dan Q4 (perhatikan gambar 3.7).

¹⁷ Ibid, hlm. 130.



Gambar 3.7: Pembagian Kwadran¹⁸

Berhubung fajar akan muncul di sebelah Timur, maka analisis akan difokuskan pada citra bagian Timur, yaitu pada kwadran Q2. Pada proses *progressive sampling* yang pertama, dilakukan analisis citra dengan selang sekitar setiap 10 menit sekali. Apabila terdeteksi kemunculan fajar *Sadiq* antara hasil dua citra yang berurutan maka dilakukan *zooming* penelitian sekitar selang 2 menit. Demikian seterusnya *zoom* akan dilakukan pada rentang yang lebih kecil lagi sebagaimana gambar 3.8 berikut ini.



Gambar 3.8:
Citra histogram pada detik-detik kemunculan Fajar Sadiq dimulai 5:15:01 hingga 5:15:14 ¹⁹

¹⁸ Tono Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya...*, hlm. 134.

Setelah dilakukan tahapan zoom melalui *progressive sampling* antara citra 5:15:01 dengan citra 5:15:14 yang berisi citra aslinya dengan rentang waktu 7 detik. Hasilnya terlihat dari gambar bahwa perbedaan histogram yang menonjol baru terjadi pada histogram citra yang diambil pada pukul 5:15:07 dibanding dengan histogram citra sebelumnya yang diambil pada pukul 5:15:01.

Proses *Image Processing* selanjutnya yang dilakukan Tono lainnya adalah segmentasi detil citra yang berfungsi menapis tepi (*edge*) detil citra sehingga pada titik-titik dimana terdapat kemiringan (*gradient*) bagian citra yang minimum atau maksimum dapat dideteksi.²⁰ Untuk menghasilkan batas luaran obyek bagian-bagian detil citra, Tono melakukan konversi terhadap citra berwarna ke citra hitam putih (*monochrome*). Pendektasian citra ini bertujuan untuk mengetahui apakah garis munculnya fajar Sadiq dapat terdeteksi. Ada beberapa jenis operator deteksi tepi (*edge detection*) seperti *Prewitts*, *Sobel*, *Roberts*, *Laplacian of Gaussian*, *Zero Cross*, *Canny* dan lain sebagainya. Melalui beberapa eksperimen, metode *Canny* dinilai paling cocok untuk melakukan segmentasi detil citra untuk mengkonfirmasi kehadiran fajar yang didominasi oleh warna hitam. Teknik ini sama sekali tidak memiliki pengaruh oleh warna hitam yang mendominasinya di bagian kotak citra seperti pada analisis histogram.

¹⁹ Tono Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya...*, hlm. 143.

²⁰ Ibid, hlm. 144.



Gambar 3.9: Segmentasi detail citra selang setiap tujuh detik.²¹

Gambar di atas adalah hasil analisis segmentasi detail citra yang dilakukan *zooming* sampai dengan selang terkecil sesuai dengan citra aslinya yaitu setiap 7 detik. Berdasarkan gambar visual tersebut dapat disimpulkan bahwa fajar telah muncul pada pukul 05:15:28.²²

Untuk mengevaluasi kehadiran fajar yang mengakhiri kegelapan malam, menurut Tono Saksono, memerlukan nilai MPSAS absolut seperti untuk menganalisis polusi cahaya, melainkan hanya memerlukan nilai MPSAS relatif terhadap nilai kecerlangan langit di sekitarnya. Yang dimaksud nilai MPSAS relatif adalah perilaku grafik MPSAS saat terjadi perubahan kemiringan garis singgung yang semula berfluktuasi positif-negatif mendadak berubah menjadi konsisten negatif.

6. Konsep Fajar *Sadiq* yang dijadikan Acuan Analisis

Metode analisis data yang diimplementasikan Tono Saksono di atas mengacu pada konsep Fajar *Sadiq* berdasarkan pemaknaan atau pemahamannya terhadap dalil syariat yang berkaitan. Dalil syariat yang dimaksud ialah firman Allah dalam surah *al-Baqarah* ayat 187:

²¹ Tono Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya...*, hlm. 147

²² Ibid.

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

”Dan makan minumlah hingga terang bagimu benang putih dari benang hitam yaitu (fajar).”

Pada ayat ini terdapat kata *yatabayyana* (يَتَبَيَّن) yang berasal dari akar kata *bayanun* (بَيَّان). Menurut Tono Saksosno, kata *bayanun* muncul sebanyak 523 kali dalam Alquran, di antaranya 18 kali dalam bentuk kata kerja yang bermakna menjadi jelas.²³ Dengan demikian kemunculan fajar *Sadiq* yang dimaksud dalam surah al-Baqarah ayat 187 adalah kemunculan fajar *Sadiq* yang dapat dibedakan dengan jelas dalam arti tidak terdapat keraguan antara indikasi benang hitam (malam) dan benang putih (Fajar). Yang dimaksud benang putih dan hitam, menurut Tono, bukan benang putih dan hitam dalam makna harfiah, melainkan peralihan dari malam ke siang. Ini merupakan tempat masuknya sains dan teknologi. Artinya, malamnya sebagai *background* atau langit, dan siangnya sebagai *foreground* seperti tumbuhan dan gunung.

Makna benang putih dan benang hitam juga tercermin dalam hadis Nabi Saw. riwayat al-Bukhari yang menggambarkan bahwa Adi bin Hatim berkata: “Saya mengambil dua utas ikat kepala (*iqal*), satu hitam dan yang lain putih dan menyimpannya di bawah bantal saya. Saya terus melihat kedua utas ikat kepala ini sepanjang malam, tetapi tidak dapat membedakan keduanya. Jadi keesokan harinya, saya bertemu Rasul dan menceritakannya, kemudian Rasul berkata:

إِنَّ وَسَادَتَكَ إِذَا لَعْرِضٌ أَنْ كَانَ الْخَيْطُ الْأَبْيَضُ وَالْأَسْوَدُ تَحْتَ وَسَادَتِكَ

²³ Tono Saksosno, *Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya Perspektif Sains Teknologi dan Syariah*, (Jakarta: UHAMKA Press dan LPP AIKA UHAMKA, 2017), hlm. 37.

“Bantal anda terlalu lebar, jika benang putih dan hitam di belakangnya.”²⁴

Maksud dari sabda Nabi Saw. ini adalah “bantal anda terlalu besar jika menutupi terangnya siang dan gelapnya malam. Seharusnya “bantal anda hanya selebar Timur dan Barat. ”Jelasnya, menurut Tono, interpretasi astronomis dari benang hitam dan benang putih adalah adanya garis horizon (kehadiran ufuk), yaitu garis perpotongan antara cakrawala (kaki Langit) dan Bumi yang sudah membentang dari Barat ke Timur akibat fajar. Jika sahabat Rasul mencoba meletakkan ufuk di bawah bantalnya, tentu bantal tersebut harus selengkap Timur dan Barat. Itulah yang dimaksud dengan fajar sebenarnya.”²⁵

Ringkasnya, Fajar Sadiq dalam konsep Tono Saksono adalah cahaya putih yang menghampar luas di ufuk Timur sehingga orang awam bisa membedakan *background* (langit) dan *foreground* (benda-benda di latar depannya seperti tumbuhan, gunung, gedung, dan lain-lain).²⁶ Jadi “tidak harus ada benang atau yang berbentuk garis. Hadis-hadis juga menjelaskan itu pertemuan/perpindahan siang dan malam.”²⁷

²⁴Dikutip dari Al-Bukhari, *Shahih al-Bukhari*, edited by Mustafa al-sayyid Muhammad etal, Vol. 15, (Cairo: Maktabah Qurtubah dan Maktabat Awlad al-Shaykh li al-Turath, 1421/2000).

²⁵ Tono Saksono dan Syamsul Anwar, *Premature Dawn The Global Twilight Pattern*, (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2021), hlm. 43.

²⁶Wawancara dengan Tono Saksono melalui komunikasi telepon pada Jumat, 28 Januari 2022, pukul 13:18 WIB

²⁷Wawancara dengan Tono Saksono melalui pesan WhatsApp pada Sabtu, 5 Februari 2022, pukul 17:51 WIB

B. Sudut Depresi Matahari Awal Waktu Subuh Dalam Tesis Nihayatur Rohmah

1. Biografi Nihayatur Rohmah

Nihayatur Rohmah (Niha), lahir di Madiun pada tanggal 21 September 1984, adalah lulusan program master Konsentrasi Ilmu Falak (2011) dan program doktor *Islamic Studies* (2015) pada IAIN Wali Songo Semarang. Mulai tahun 2009 Niha menjadi Dosen Luar Biasa pada STAIN (Sekolah Tinggi Agama Islam Negeri) Ponorogo. Kemudian pada tahun 2010 Niha menjadi Dosen Tetap pada STAI (Sekolah Tinggi Agama Islam) Ngawi, hingga pada tahun 2013 diangkat menjadi Dosen Luar Biasa pada STAINU (Sekolah Tinggi Agama Islam Nahdlatul Ulama) Madiun.

Niha memiliki sejumlah karya tulis yang dimuat dalam jurnal ilmiah terkait keahliannya di bidang ilmu falak, di antaranya “Unifikasi Kalender Hijriah: Upaya Membangun Peradaban” dalam Jurnal Studi Islam dan Sosial al-Mabsut vol. II tahun 2012; “Hukum Sumpah Bagi Orang yang Melihat Hilal Kurang Dari Dua Derajat” dalam Jurnal Studi Agama El-Wasathiya vol. I No. 1 tahun 2013; dan “Penyatuan Kriteria Fiqih dan Astronomis Waktu Fajar (Upaya Menyatukan Persepsi di tengah Perbedaan)” dalam Jurnal Studi Islam dan Sosial al-Mabsut vol. VIII tahun 2014. Karya tulis Niha lainnya adalah tesis dengan judul “Penentuan Waktu Salat Isya dan Subuh dengan Aplikasi Fotometri”, dan disertasi dengan judul “Kajian Ketampakan Fajar dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi pada tahun 2014.” Tesis Niha diterbitkan oleh Pascasarjana IAIN Walisongo dan berubah menjadi buku dengan redaksi

Syafak & Fajar Verifikasi Dengan Aplikasi Fotometri: Tinjauan Syar'i dan Astronomis pada tahun 2012. Karya tersebut juga terpilih sebagai tesis terbaik versi FORDIPAS 2012 (Forum Direktur pasca seluruh Indonesia) dan terpilih sebagai paper non presentasi dalam forum ACIS XI (*Annual Conference of Islamic Studies*) di Bangka Belitung.²⁸

2. Waktu dan Tempat Pengambilan Data Kemunculan Fajar *Sadiq*

Untuk menyusun tesanya tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh, Nihayatur Rohmah melakukan pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq* sebanyak 29 kali mulai tahun 2010 sampai dengan tahun 2013 di 6 (enam) tempat di Indonesia dengan rincian sebagai berikut..

Pada tahun 2010, pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq* dilakukan sebanyak 10 (sepuluh) kali, yakni:

- a. 3 kali di Bendo, Ketitang, Juwiring, Klaten, provinsi Jawa Tengah pada bulan Juli (tanggal 21 dan 23) dan pada bulan Oktober (tanggal 11).
- b. 4 kali di Dukuh Sedoru Desa Kaibon Kecamatan Geger Kabupaten Madiun, provinsi Jawa Timur pada bulan Oktober (tanggal 11, 12, dan 15).
- c. 3 kali di Lumajang, Kecamatan Panaglangan, Kabupaten Bandung, provinsi Jawa Barat pada bulan

²⁸Nihayatur Rohmah, "Pengaruh Atmosfer Terhadap Ketampakan Fajar Shadiq: (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)", (Disertasi—t.tp., t.p., t.t).

Pada tahun 2011, pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq* dilakukan sebanyak 7 (tujuh) kali, yakni:

- a. 6 kali di Dukuh Sedoro Desa Kaibon Kecamatan Geger Kabupaten Madiun, provinsi Jawa Timur pada bulan Januari (tanggal 20, 22, dan 23) dan bulan Pebruari (tanggal 7, 9, dan 11).
- b. 1 kali di Lereng Gunung Merbabu Kabupaten Magelang, provinsi Jawa Tengah pada bulan Juli (tanggal 6)

Pada tahun 2012, pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq* dilakukan sebanyak 7 (tujuh) kali, yakni:

- a. 1 kali di Bendo, Ketitang, Juwiring, Klaten, provinsi Jawa Tengah pada bulan Mei (tanggal 23).
- b. 4 kali di Desa Tayu dan Desa Margomulyo, Kecamatan Tayu Kabupaten Pati, provinsi Jawa Tengah (Pantai Mina dan Kepoh) pada bulan Juli (tanggal 22 dan 23) dan bulan September (tanggal 22 dan 23).
- c. 2 kali di Landasan Aeroplane pantai Parangkusumo Bantul, Yogyakarta pada pada bulan September (tanggal 17 dan 18)

Pada tahun 2013, pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq* dilakukan sebanyak 5 (lima) kali, yakni 5 kali di Bendo, Ketitang, Juwiring, Klaten, provinsi Jawa Tengah pada bulan Juli (tanggal 27 dan 29) dan Agustus (tanggal 1, 19, dan 20).²⁹

²⁹ Ibid, hlm. 26-27.

3. Cara Pengambilan Data

Niha melakukan pengambilan data fajar *Sadiq* dengan cara memotret ufuk timur. Pemotretan dilakukan dengan mempertimbangkan waktu dan tempat untuk meminimalisasi adanya cahaya yang akan mempengaruhi hasil pemotretan. Cahaya yang dimaksud bisa berasal dari Bulan maupun sumber cahaya lainnya. Untuk menghindari cahaya Bulan pemotretan dilakukan pada tanggal-tanggal muda hijriah karena Bulan terbenam sebelum memasuki akhir malam. Dengan begitu nilai magnitudonya jadi besar yang dapat diartikan lebih redup atau lebih gelap. Pada saat seperti itulah pengamatan atau pemotretan cahaya Fajar di ufuk Timur bagus dilakukan. Sedangkan demi menghindari cahaya yang berasal dari sumber lain pemotretan dilakukan di lokasi-lokasi yang gelap dalam arti bebas dari sumber cahaya.³⁰

4. Alat yang digunakan untuk Pengambilan Data dan Cara Kerjanya

Untuk mengambil data Fajar *Sadiq* dengan pemotretan. Niha menggunakan instrumen berupa kamerayang berfungsi memotret fenomena kemunculan fajar *Sadiq* dalam bentuk cahaya tampak (visual), Niha menggunakan instrumen kamera jenis DSLR. Dengan instrumen tersebut, fenomena kemunculan fajar *Sadiq* bisa terekam dengan baik sehingga analisis yang bersifat kuantitatif dapat dilakukan dan segala inter pretasi bisa dimunculkan.³¹

³¹Nihayatur Rohmah, “Pengaruh Atmosfer Dalam Ketampakan Fajar Shadiq: Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari”,(Disertasi—t.tp., t.p., t.t.)hlm. tt

Kamera DSLR merupakan kamera digital yang menggunakan sistem cermin mekanik dan *pentaprism* cahaya langsung dari lensa ke optik jendela bidik bagian belakang kamera. Operasi dasar kamera DSLR untuk melihat tujuan, cermin memantulkan cahaya yang datang melalui lensa ke atas melekat pada sudut 90°. Kamera ini dibangun seperti film SLR dan mempunyai kemampuan yang sama untuk pertukaran lensa. Di sisi lain, DSLR biasanya tidak menunjukkan preview gambar elektronik secara kontinyu dengan alasan sensor yang jauh lebih besar daripada kamera digital kompak. Dengan sensor yang lebih besar kamera ini akan menghasilkan *noise* lebih sedikit, terutama dalam jangka exposure.³²

Kamera jenis DSLR yang digunakan Niha adalah Camera Canon EOS 400D seperti dalam gambar di bawah ini.



Sumber: Google

Spesifikasi

Resolusi Maksimum

ISO

Jenis Sensor

Processor

Media Compact

Shutter Speed

Keterangan

3888 x 2592

Auto (100-400), 100-1600

CMOS (22.2 x 14.8 mm)

Digic II

: Flash Type I or II (Microdrive supported)

: 1/4000 detik sampai 30 detik,

³²Nihayatur Rohmah, "Pengaruh Atmosfer Dalam Ketampakan Fajar Shadiq: Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari";(Disertasi—t.tp., t.p., t.t), hlm. tt. Dikutip dari Nihayatur Rohmah, *Syafaq dan Fajar Verifikasi Dengan Aplikasi Fotometri Tinjauan Syar'i dan Astronomi*, (Yogyakarta dan Semarang: Lintang Rasi Aksara Book, 2012), hlm. 88.

	blub
Ukuran	5.0 x 3.7 x 2.5 in
Berat	514g tanpa battery & memory
Auto Focus dan Manual Focus	
LCS 2.5" (230,000 Pixels TFT)	
Hotshoes	
Built in Flash (Pop-up)	
Plug-and-play USB Interface	
Video Out	
Battery Lithium-Ion NB-2LH	
E3 type wired remote control	
Supports Exif 2.2	

Kamera Canon EOS 400D ini dikemas dengan berbagai fitur bersertifikat sebesar 10.5 *megapixel*. Kamera ini memiliki kompatibel sensor besar dan lensa EF-S, sehingga membuat foto lebih fleksibel dan lebih panjang. Selain itu, dengan sistem otomatis 9 titik memungkinkan pengguna dengan cepat fokus pada objek. Jika ditinjau dari segi ISO, kamera ini memiliki fungsi yang sangat baik yaitu 100 hingga 1600 yang menjadikan bisa memotret pada tempat gelap sekalipun.

5. Metode Analisis Data yang Digunakan

Niha melakukan pengolahan data secara visual dan Grafik Numerik dengan perangkat lunak Er Mapper 7.1, yakni perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data citra satelit, dan dapat dijalankan pada *workstation* dengan sistem operasi UNIX dan komputer PCs (*personal computer*) dengan sistem operasi Windows 95 ke atas dan Windows NT. *Software* Er Mapper hanya mengenal beberapa format type file. Karena itu agar terbaca oleh *Er Mapper* data citra disimpan

dahulu dalam format *algorithms file* (alg) dan format *raster data set* dan *header file* (ers). Semua file citra/foto fajar di *rename* dan diurutkan berdasarkan waktu pengambilan atau perekamannya. Langkah yang dilakukan Niha dalam melakukan pengolahan data citra digital dengan perangkat lunak Er Mapper 7.1 sebagai berikut.³³

Pertama, menganalisis citra fajar berdasarkan hasil perekaman yang ditampilkan secara berurutan dalam rentang waktu prediksi pra munculnya fajar *Sadiq* dan sampai waktu prediksi pasca munculnya fajar *Sadiq*. Tampilan citra disajikan dalam bentuk asli dan dalam bentuk *pseudocolor* (semu).



Gambar 3.10: Tampilan Citra Asli

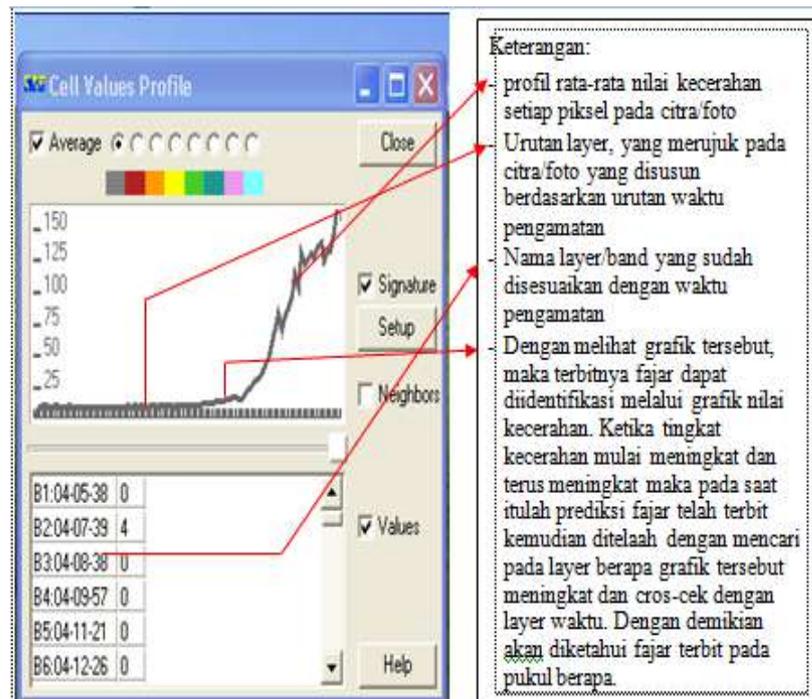
³³Nihayatur Rohmah, *Pengaruh Atmosfer Terhadap Ketampakan Fajar Shadiq: (Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)*, Disertasi, ttt.



Gambar 3.11: Tampilan Citra *Pseudocolour*

Kedua, mengolah data citra atau foto secara Grafik-Numerik dengan membandingkan nilai kecerahan citra atau foto *multitemperal* untuk setiap posisi pixel di sekitar horizon. Metode ini dilakukan dengan prinsip bahwa perubahan kecerahan langit pada saat fajar sebagaimana terekam pada citra / foto *multitemporal* akan tercermin pada perubahan nilai pixel untuk posisi baris-kolom pixel yang sama. Pengamatan perubahan nilai kecerahan ini dilakukan dengan terlebih dahulu menyusun citra/foto --yang sudah diberi nama sesuai dengan waktu perekaman-- dalam layer-layer berdasarkan urutan waktu perekamannya.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 3.12: Tampilan Digital Number

Selanjutnya analisis dilakukan dengan memperhatikan perubahan intensitas cahaya secara global dari data citra fajar yang ditampilkan secara berurutan berdasarkan waktu munculnya fajar.



Gambar 3.13: Observasi Fajar di Juwiring Jawa Tengah pada 27 Juli

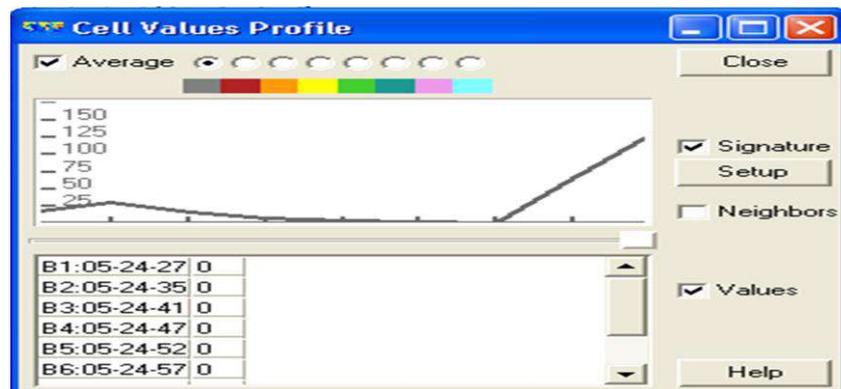
2013

Gambar di atas adalah salah satu hasil observasi yang dilakukan di daerah Juwiring Benda Jawa Tengah pada 27 Juli 2013. Lokasi tersebut merupakan area persawahan yang minim polusi cahaya dan area lepas pandang untuk melihat ufuk Timur yang tidak terhalang oleh bangunan atau pegunungan.

Secara visual keseluruhan citra hasil pengamatan pada tanggal 27 Juli 2013 mengindikasikan terjadinya perubahan cahaya secara gradual. Pada pukul 04:25:36 WIB terdapat cahaya terang diufuk Timur. Pada menit berikutnya cahaya semakin meningkat dan kondisi semakin terang. Cahaya ini diduga sebagai fajar *Sadiq*. Untuk memastikannya Niha melakukan analisis data secara grafik-numerik yang dihasilkan dari gambar berikut:

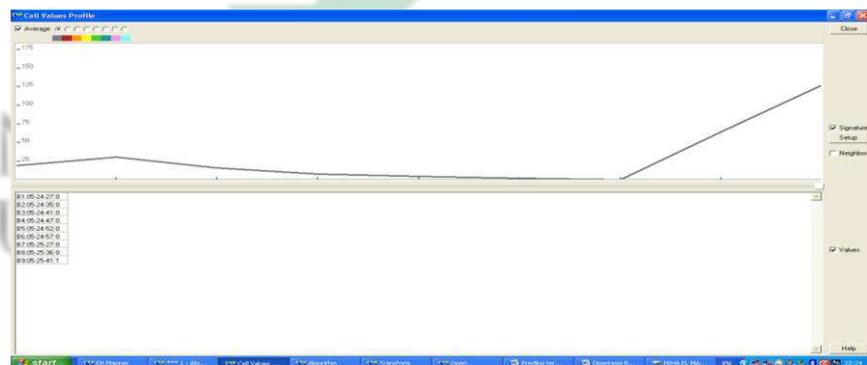


Tampilan citra pada program Er-Mapper dengan setting RGB
(Red Green Blue)



Tampilan Grafik Intensitas Fajar 27 Juli 2013

Gambar di atas menunjukkan intensitas fajar dalam tampilan *Cell Values Profile* untuk mendapatkan DN (*digital number*) nilai tiap pixel sehingga muncul dalam bentuk grafik. Grafik tersebut menunjukkan adanya perubahan cahaya meningkat dari gelap ke terang, lalu menurun, dan kemudian meningkat lagi secara terus-menerus hingga cahaya terang. Peningkatan cahaya yang terus-menerus inilah yang diindikasikan sebagai fajar *Sadiq*.



Gambar Bentang Grafik Cahaya Fajar 27 Juli 2013 ditampilkan pada *cell value profile* dalam nilai per pixel dengan *digital number*.

Berdasarkan nilai per pixel dengan *digital number* pada *cell value profil* tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa cahaya fajar

Sadiq muncul seiring dengan meningkatnya cahaya yang ditunjukkan oleh kenaikan grafik pada band ke 8 tepat pada pukul 04:25:36 WIB.

Setelah semua posisi Matahari diketahui dari data diskrit (acak) yang sudah selesai diolah, maka langkah selanjutnya adalah mencari median atau nilai rata-ratanya. Nilai rata-rata ini dicari untuk mendapatkan nilai *altitude* (sudut ketinggian) Matahari yang tunggal pada saat terbitnya fajar *Sadiq*. Jika tidak ada nilai yang tunggal, maka pembuatan jadwal salat, khususnya salat Subuh, akan jadi sulit.

Median atau nilai tengah dicari dari sebuah seri yang sudah diatur menurut ranking mulai dari yang terkecil hingga yang terbesar dengan mengabaikan data yang kurang baik (karena berawan). Dengan median, maka nilai tunggal yang diperoleh tidak lagi terpengaruh oleh data yang ekstrim, yakni data yang terlalu rendah atau data yang terlalu tinggi. Setelah dilakukan perhitungan, yakni membagi jumlah seluruh data dengan banyaknya data, diperoleh median atau nilai rata-rata sudut ketinggian Matahari sebesar $18^{\circ}39'29.4''$ dengan standar deviasi sebesar $2^{\circ}17'2.4''$.

6. Konsep Fajar *Sadiq* yang dijadikan Acuan Analisis

Konsep Niha tentang fajar *Sadiq* mengacu pada firman Allah dalam surat Albaqarah ayat 187.

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

”Dan makan minumlah hingga terang bagimu benang putih dari benang hitam yaitu (fajar).”

Dalam ayat di atas fajar *Sadiq* diungkapkan dengan kalimat “terang bagimu benang putih dari benang hitam” yang melukiskan tentang fenomena peralihan dari gelap malam (hitam) menuju siang, ditandai dengan munculnya cahaya (putih). Penggunaan diksi *al-khat al-abyad* (benang putih) dalam ayat tersebut merupakan representasi dari kondisi alam di mana ayat tersebut diturunkan, yakni Madinah. Secara geografis Madinah adalah kota yang datar, khususnya yang ke arah timur, dan beriklim gurun kering. Faktor itulah yang memungkinkan cahaya fajar *Sadiq* yang muncul di sepanjang horizon dominan dalam warna putih disebabkan oleh rendahnya tingkat kelembapan.³⁴ Jelasnya, warna putih itu sejatinya hanya menunjukkan adanya indikasi cahaya. Sedangkan yang senyatanya terlihat boleh jadi cahaya fajar itu berwarna putih, atau merah, atau orange. Variasi warna tersebut terjadi akibat adanya pengaruh suhu dan kelembapan.³⁵

Dalam bahasa fisika, hitam bermakna tidak ada cahaya yang dipancarkan, dan putih bermakna ada cahaya yang dipancarkan. Karena sumber cahayanya Matahari dan penghamburnya udara, maka cahaya fajar melintang di sepanjang ufuk (horizon, kaki langit). Kemunculan cahaya tersebut merupakan pertanda akhir malam menjelang Matahari terbit. Semakin Matahari naik mendekati ke ufuk, cahaya fajar *Sadiq* semakin terang.³⁶

³⁴Nihayatur Rohmah, *Pengaruh Atmosfer terhadap Ketampakan Fajar Shadiq Diskursus atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari*, (Semarang: tt), hlm. Ttt.

³⁵Wawancara dengan Nihayatur Rohmah, Selasa 8 Pebruari 2022, pukul 12.59

³⁶Nihayatur Rohmah, *Syafaq dan Fajar Verifikasi dengan Aplikasi Fotometri Tinjauan Syari dan Astronomi*, (Yogyakarta: Lintang Rasi Aksara Book, 2012), hlm. 163.

Jadi, di awal kemunculannya, cahaya fajar *Sadiq* itu nampak memanjang horizontal di bibir ufuk (kaki langit) timur. Lalu, seiring dengan posisi Matahari yang kian naik mendekati ke ufuk, cahaya fajar *Sadiq* itu secara perlahan makin naik dan meluas di langit. Dengan begitu pada awal kemunculannya di ufuk timur, cahaya fajar *Sadiq* tidak serta-merta membuat keadaan di Bumi jadi terang. Keadaan masih gelap di awal Subuh itu dikenal dengan sebutan *ghalas*.³⁷

Bahkan Aisyah menggambarkan, selepas salat jamaah Subuh bersama Nabi Saw. kondisi *ghalas* itu belum sirna Gambaran Aisyah ini termuat dalam hadis riwayat al-Bukhari (nomor 578) di bawah ini.

كُنَّ نِسَاءُ الْمُؤْمِنَاتِ يَشْهَدْنَ مَعَ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ صَلَاةَ الْفَجْرِ
مُتَلَفِعَاتٍ بِمِرْوَاهِنَ ثُمَّ يَنْقَلِبْنَ إِلَى بُيُوتِهِنَّ حِينَ يَقْضِينَ الصَّلَاةَ لَا يَعْرِفُهُنَّ أَحَدٌ مِنَ
الْغَلَسِ / البخاري ٥٧٨

“Kami, wanita-wanita mukminat mengikuti salat fajar bersama Rasulullah SAW dengan menutup wajahnya dengan kerudung, kemudian kembali ke rumah mereka masing-masing setelah selesai shalat tanpa diketahui oleh seorangpun karena hari masih gelap.”

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

³⁷Wawancara dengan Nihayaturohmah, Selasa 8 Pebruari 2022, pukul 12.59

BAB IV

KAJIAN KOMPARASI

TESIS TONO SAKSONO DAN NIHAYATUR ROHMAH

TENTANG SUDUT DEPRESI MATAHARI AWAL WAKTU SUBUH

Kajian komparasi antara tesis Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh ini diarahkan pada 5 (lima) aspek yang sudah dideskripsikan pada bab yang lalu, yakni aspek waktu dan tempat pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq*; aspek cara pengambilan data fajar *Sadiq*; aspek alat yang digunakan dalam pengambilan data dan cara kerjanya; aspek metode analisis data yang digunakan; dan aspek konsep fajar *Sadiq* yang dijadikan acuan analisis.

A. Waktu dan Tempat Pengambilan Data Kemunculan Fajar *Sadiq*

Untuk memudahkan analisis komparasi antara Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah mengenai pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq* yang mereka lakukan dari aspek waktu dan tempatnya, maka data mengenai hal tersebut yang sudah disajikan pada bab yang lalu akan disandingkan dalam tabel berikut ini.

TONO SAKSONO			NIHAYATUR ROHMAH			
	Waktu		Tempat	Waktu		Tempat
1.	07/06/2015	29/08/1436	Depok	21/07/2010	08/08/1431	Ketitang, Juwiring, Klaten
2.	10/06/2015	02/09/1436	Depok	23/07/2010	10/08/1431	Ketitang, Juwiring, Klaten
3.	12/06/2015	04/09/1436	Depok	18/08/2010	08/09/1431	Kaibon, Geger Madiun
4.	13/06/2015	05/09/1436	Depok	19/08/2010	09/09/1431	Kaibon, Geger Madiun
5.	07/07/2015	29/09/1436	Depok	20/08/2010	10/09/1431	Kaibon, Geger Madiun
6.	15/03/2017	16/06/1438	Depok	23/08/2010	13/09/1431	Kaibon, Geger Madiun

7.	17/03/2017	18/06/1438	Depok	11/10/2010	03/11/1431	Ketitang, Juwiring, Klaten
8.	18/03/2017	16/06/1438	Depok	11/10/2010	03/11/1431	Lumajang, Bandung
9.	19/03/2017	17/06/1438	Depok	12/10/2010	04/11/1431	Lumajang, Bandung
10.	16/04/2017	15/07/1438	Depok	15/10/2010	07/11/1431	Lumajang, Bandung
11.	17/04/2017	16/07/1438	Depok	20/01/2011	14/02/1432	Kaibon, Geger Madiun
12.	21/04/2017	20/07/1438	Depok	22/01/2011	16/02/1432	Kaibon, Geger Madiun
13.	25/04/2017	24/07/1438	Depok	23/01/2011	17/02/1432	Kaibon, Geger Madiun
14.	14/05/2017	17/08/1438	Depok	07/02/2011	04/03/1432	Kaibon, Geger Madiun
15.	15/05/2017	18/08/1438	Depok	09/02/2011	06/03/1432	Kaibon, Geger Madiun
16.	16/05/2017	19/08/1438	Depok	11/02/2011	08/03/1432	Kaibon, Geger Madiun
17.	17/05/2017	20/08/1438	Depok	06/07/2011	04/07/1432	Lereng Merbabu, Magelang
18.	18/05/2017	21/08/1438	Depok	22/07/2012	02/09/1433	Margomulyo, Tayu, Pati
19.	19/05/2017	22/08/1438	Depok	23/07/2012	03/09/1433	Margomulyo, Tayu, Pati
20.	20/05/2017	23/08/1438	Depok	23/05/2012	02/07/1433	Ketitang, Juwiring, Klaten
21.	21/05/2017	24/08/1438	Depok	17/09/2012	01/11/1433	Parangkusumo Bantul
22.	22/05/2017	25/08/1438	Depok	18/09/2012	02/11/1433	Margomulyo, Tayu, Pati
23.	23/05/2017	26/08/1438	Depok	22/09/2012	06/11/1433	Margomulyo, Tayu, Pati
24.	24/05/2017	27/08/1438	Depok	23/09/2012	07/11/1433	Margomulyo, Tayu, Pati
25.	25/05/2017	28/08/1438	Depok	27/07/2013	08/09/1434	Ketitang, Juwiring, Klaten
26.	13/06/2017	18/09/1438	Depok	29/07/2013	10/09/1434	Ketitang, Juwiring, Klaten
27.	14/06/2017	19/09/1438	Depok	01/08/2013	13/09/1434	Ketitang, Juwiring, Klaten
28.	22/06/2017	27/09/1438	Depok	19/08/2013	12/08/1434	Ketitang, Juwiring, Klaten
29.	23/06/2017	28/09/1438	Depok	20/08/2013	13/08/1434	Ketitang, Juwiring, Klaten
30.	09/07/2017	15/10/1438	Depok	-	-	-
31.	18/07/2017	24/10/1438	Depok	-	-	-
32.	19/07/2017	25/10/1438	Depok	-	-	-
33.	08/08/2017	15/11/1438	Depok	-	-	-
34.	15/08/2017	22/11/1438	Depok	-	-	-
35.	16/08/2017	23/11/1438	Depok	-	-	-
36.	17/08/2017	24/11/1438	Depok	-	-	-
37.	18/08/2017	25/11/1438	Depok	-	-	-
38.	19/08/2017	26/11/1438	Depok	-	-	-
39.	20/08/2017	27/11/1438	Depok	-	-	-
40.	07/09/2017	16/11/1438	Depok	-	-	-

41.	10/09/2017	19/11/1438	Depok	-	-	-
42.	11/09/2017	20/11/1438	Depok	-	-	-
43.	12/09/2017	21/11/1438	Depok	-	-	-
44.	13/09/2017	22/11/1438	Depok	-	-	-
45.	14/09/2017	23/11/1438	Depok	-	-	-
46.	15/09/2017	24/11/1438	Depok	-	-	-
47.	16/09/2017	25/11/1438	Depok	-	-	-
48.	03/12/2017	14/03/1439	Depok	-	-	-
49.	04/12/2017	15/03/1439	Depok	-	-	-
50.	05/12/2017	16/03/1439	Depok	-	-	-
51.	06/12/2017	17/03/1439	Depok	-	-	-
52.	07/12/2017	18/03/1439	Depok	-	-	-
53.	08/12/2017	19/03/1439	Depok	-	-	-
54.	02/01/2018	14/04/1439	Depok	-	-	-
55.	03/01/2018	15/04/1439	Depok	-	-	-
56.	04/01/2018	16/04/1439	Depok	-	-	-
57.	05/01/2018	17/04/1439	Depok	-	-	-
58.	06/01/2018	18/04/1439	Depok	-	-	-
59.	07/01/2018	19/04/1439	Depok	-	-	-
60.	08/01/2018	20/04/1439	Depok	-	-	-
61.	10/01/2018	22/04/1439	Depok	-	-	-
62.	12/01/2018	24/04/1439	Depok	-	-	-
63.	15/01/2018	27/04/1439	Depok	-	-	-
64.	16/01/2018	28/04/1439	Depok	-	-	-
65.	01/02/2018	14/05/1439	Depok	-	-	-
66.	05/02/2018	19/05/1439	Depok	-	-	-
67.	11/02/2018	20/05/1439	Depok	-	-	-
68.	05/03/2018	17/06/1439	Cirebon	-	-	-
69.	06/03/2018	18/06/1439	Cirebon	-	-	-
70.	04/05/2018	16/08/1439	Yogyakarta	-	-	-
71.	05/05/2018	17/08/1439	Yogyakarta	-	-	-
72.	12/05/2018	24/08/1439	Labuanbajo	-	-	-
73.	13/05/2018	25/08/1439	Labuanbajo	-	-	-

Dengan pembacaan komparatif, data dalam tabel di atas menunjukkan hal-hal sebagai berikut:

Pertama, pada aspek waktu, Tono dan Niha pada dasarnya memiliki kesamaan, yakni dalam hal pengambilan data kemuculan fajar *Sadiq* pada tanggal-tanggal yang tersebar. Hanya saja Tono melakukan pengambilan data kemuculan fajar *Sadiq* sebanyak 73 kali, sedangkan Niha hanya 29 kali. Sisi ini membuat data yang diperoleh Tono tentu lebih kaya --dari sisi variasi waktu-- daripada data yang diperoleh Niha. Di samping itu, data yang diperoleh Tono relatif lebih baru karena diambil pada tahun 2015, 2017, dan 2018 daripada data Niha yang diambil pada 2010, 2011, dan 2013.

Kedua, dari segi sebaran bulannya dalam kalender maschi (syamsiyah), data Tono berasal dari 10 (sepuluh) bulan di antara 12 (dua belas) bulan masehi, yakni bulan-bulan Januari, Pebruari, Maret, April, Mei, Juni, Juli, Agustus, September, dan Desember. Sedangkan data Niha hanya berasal dari 5 (bulan) saja, yakni bulan-bulan Pebruari, Maret, Juli, Agustus, September, Nopember. Jika sebaran ini dikaitkan dengan variasi posisi atau jarak sudut Matahari terhadap ekuator (deklinasi), maka data Tono lebih tinggi variasi dibanding data Niha. Sebaran data dalam kalender masehi ini mencerminkan mana data terbit fajar *Sadiq* ketika Matahari berada di Utara ekuator (periode 21 Maret – 23 September) dan mana pula data terbit fajar *Sadiq* ketika Matahari berada di Selatan ekuator. Dari perspektif ini, di antara 73 data yang diperoleh Tono, 47 di antara merupakan data terbit fajar *Sadiq* ketika Matahari berada di Utara ekuator, dan 26 data sisanya merupakan data terbit fajar *Sadiq* ketika Matahari berada di Selatan ekuator.

Sedangkan dari 29 data Niha, 18 di antara merupakan data terbit fajar *Sadiq* ketika Matahari berada di Utara Ekuator, dan 11 data sisanya merupakan data terbit fajar *Sadiq* ketika Matahari berada di Selatan Ekuator.

Ketiga, dari segi sebaran tanggalnya pada bulan-bulan hijriah (kamariah) dapat dipilah data mana yang berasal dari malam dengan gangguan cahaya bulan dan data dari malam tanpa gangguan cahaya bulan. Bulan --sebagaimana Matahari dan benda langit lainnya-- terbit di ufuk Timur dan terbenam di ufuk Barat. Namun demikian karena Bulan bergerak ke timur menjauhi Matahari rata-rata 12 derajat per hari, maka setiap hari waktu terbenam Bulan makin menjauh dari waktu terbenam Matahari rata-rata sebesar $(12 \times 4 \text{ menit})$ 48 menit per hari.

Jika dibuat hitungan rata-rata bahwa terbitnya fajar *Sadiq* itu terjadi pada pukul 04 dini hari, yakni 10 jam setelah Matahari terbenam, maka kalau pada tanggal 1 hijriah Bulan waktu terbenam Bulan terlambat 12 menit dari waktu terbenam Matahari, maka 12 hari kemudian (tanggal 13 hijriah), angka keterlambatan waktu terbenam Bulan tersebut akan bertambah menjadi 12 menit + $(48 \text{ menit} \times 12) = 588 \text{ menit}$ atau 9 jam 48 menit. Jika Matahari terbenam pada pukul 18:00, maka Bulan terbenam pada pukul $18:00 + 9:48 = 03:48$ dini hari. Dengan demikian maka rata-rata mulai tanggal 14 hijriah kondisi malam di sekitar awal kemunculan fajar *Sadiq* masih berhiaskan cahaya Bulan. Kondisi tersebut berlangsung sampai 13 hari berikutnya, yakni sampai tanggal 27 hijriah atau 2 hari sebelum hari Bulan berijtimak dengan Matahari.

Jika dipilah berdasarkan dikotomi “malam tanpa gangguan cahaya bulan” (tanggal 1-13, 28, 29 hijriyah) dan “malam dengan gangguan cahaya bulan” (tanggal 14-27 hijriyah), maka dari 73 data Tono hanya terdapat 7 data saja (9,6 %) yang berasal dari “malam tanpa gangguan cahaya bulan”. Sedangkan 66 data sisanya (90,4 %) berasal dari “malam dengan gangguan cahaya bulan” (perhatikan kolom warna kuning pada tabel di atas). Sebaliknya dari 29 data Niha, sebanyak 26 data (89,7%) berasal dari “malam tanpa gangguan cahaya bulan”, dan hanya 3 data saja (10,3%) yang berasal dari “malam dengan gangguan cahaya bulan” (perhatikan kolom warna kuning pada tabel di atas). Gangguan tersebut akan muncul sebagai *noise* yang membuat data tentang kemunculan fajar *Sadiq* yang didapatkan jadi kurang baik atau kurang layak untuk diproses karena dapat mengakibatkan ketidakpastian yang tinggi.

Keempat, pada aspek tempat, Tono dan Niha pada dasarnya sama-sama melakukan pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq* secara *moving*, yakni berpindah-pindah tempat. Bedanya, Tono lebih miskin variasi tempatnya daripada Niha. Dari 73 data kemunculan fajar *Sadiq* yang diperoleh Tono, bagian terbesarnya, yakni sebanyak 67 data, berasal dari Depok. Sementara 6 data lainnya, masing-masing 2, berasal dari Cirebon, Yogyakarta, dan Labuanbajo. Adapun Niha, 29 data kemunculan fajar *Sadiq* yang diperolehnya berasal dari 6 (tempat), 9 data dari Ketitang, Bandung; 10 data dari Kaibon, Geger, Madiun; 3 data dari Lumajang, Bandung; 3 data dari Parangkosumo, Bantul; dan 1 data dari Lereng Merbabu, Magelang.

B. Cara Pengambilan Data Fajar *Sadiq*

Pada aspek cara pengambilan data kemunculan fajar *Sadiq*, Tono dan Niha pada dasarnya melakukannya dengan teknik yang sama, yakni perekaman. Bedanya, pertama, Tono melakukan dua jenis perekaman, yakni non citra (*non imaging*) dan citra (*imaging*), sedangkan Niha hanya melakukan perekaman citra (*imaging*) saja. Kedua, Tono mengarahkan alat perekam ke ufuk timur dan ke Zenith. Sedangkan Niha hanya mengarahkan alat perekamnya ke ufuk Timur.

Kemunculan fajar *Sadiq* sendiri adalah fenomena ufuk Timur, bukan fenomena Zenith. Yang dimaksud ufuk adalah garis horizontal pada bola langit yang menjadi batas (pemisah) antara langit yang tampak dan langit yang tidak tampak. Karena itu ufuk disebut juga dengan kaki langit. Kemunculan fajar *Sadiq* ditandai oleh mulai hadirnya hamburan cahaya Matahari oleh atmosfer Bumi di ufuk Timur sebelum Matahari terbit. Dengan demikian, merekam kemunculan fajar *Sadiq* dengan mengarahkan alat perekam ke ufuk Timur merupakan cara yang proporsional. Cara ini, sebagaimana dikemukakan di atas, dilakukan oleh Tono dan juga oleh Niha.

Sedangkan yang dimaksud dengan Zenith ialah titik pada bola Langit yang berada di atas kepala pengamat. Jadi titik Zenith dan garis ufuk atau kaki langit dipisah oleh jarak sudut sebesar rata-rata 90 derajat. Karena itu apa yang dilakukan Tono, yakni mengarahkan alat perekam ke Zenith, dapat dipahami sebagai bagian dari ikhtiar untuk mendapatkan data pembandingan karena kemunculan fajar *Sadiq* memang tidak terjadi di Zenith.

C. Alat yang Digunakan Dalam Pengambilan Data Dan Cara Kerjanya

Tono, sesuai jenis perekaman yang dilakukannya, menggunakan SQM (*Sky Quality Meter*) dengan tipe SQM LU-DL sebagai alat sensor non citra (*non imaging*) nya. Alat ini memiliki medan pandang atau FOV (*Field of View*) dalam kisaran 20° yang dapat berimplikasi pada pembacaan sinyal yang disebut *acceptance angle*. Sedangkan untuk alat sensor citra (*imaging*) nya, Tono menggunakan ASC (*All Sky Camera*). Dalam menangkap kehadiran cahaya, SQM lebih sensitif daripada ASC. Hanya saja, SQM tidak dapat memverifikasi data yang sudah didapatkan, karena yang tersaji berupa data alfa numerik. Karena datanya bersifat non citra, maka orang kebanyakan sulit memahaminya sebagai bukti dari kemunculan fajar *Sadiq*.

Sedangkan Niha, dalam melakukan perekaman citra kemunculan kemunculan fajar *Sadiq* menggunakan kamera DSLR (*Digital Single Lens Reflex*) merek Canon jenis EOS 400 D. Kamera ini memiliki kompatibel sensor lebih besar dan lensa EF-S yang mampu membuat foto lebih fleksible serta terdapat 9 titik sistem otomatis akan membuat pengguna dengan cepat fokus pada objek.

D. Metode Analisis Data Yang Digunakan

Untuk menganalisis data SQM, Tono Tono menggunakan metode analisis berupa pengembangan algoritma yang memakai matematika buatan Tono sendiri yang terdiri dari Regresi Polynomial Derajat Tiga, Regresi Polynomial Derajat Empat, Regresi Polynomial Derajat Lima, dan *Moving Average* untuk berbagai macam *window*. Sedangkan untuk data sensor *imaging*, Tono menggunakan metode analisis citra histogram melalui

progressive sampling untuk mempermudah analisis segmentasi detil citra sehingga dapat mendeteksi titik-titik dimana terdapat kemiringan (*gradien*) bagian citra yang minimum atau maksimum yang diindikasikan sebagai awal kemunculan fajar *Sadiq*. Dengan metode analisis ini Tono memperoleh hasil – yang kemudian menjadi tesisnya-- bahwa sebanyak 68,27% dari semua data yang diolah menunjukkan sudut depresi Matahari awal kemunculan fajar *Sadiq* berada pada rentang statistik antara $-14,5^{\circ}$ dan $-11,5^{\circ}$ dengan standar deviasi $1,4^{\circ}$.

Sedangkan Niha menggunakan metode analisis data secara visual dan grafik numerik pada perangkat lunak Er Mapper 7.1. Setelah melalui beberapa tahap cahaya fajar *Sadiq* akan terlihat secara jelas dengan indikasi intensitas cahaya yang semakin meningkat dan membentang horizontal di ufuk Timur. Sedangkan adanya pengaruh atmosfer akan ditunjukkan oleh perubahan warna cahaya sehingga dapat diidentifikasi sebagai fajar *Sadiq*. Dengan metoda analisis ini Niha memperoleh hasil –yang kemudian menjadi tesisnya- - bahwa semua data yang diolah menunjukkan sudut depresi Matahari awal kemunculan fajar *Sadiq* berada pada angka $-18,9^{\circ}$ dengan standar deviasi $2^{\circ}17'2,4''$.

E. Konsep Fajar *Sadiq* Yang Dijadikan Acuan Analisis

Dalam membangun konsep tentang Fajar *Sadiq*, Tono dan Niha sejatinya bertolak dari dalil pokok yang sama, yakni firman Allah dalam surah al-Baqarah ayat 187: “... makan dan minumlah hingga jelas bagimu (perbedaan) antara benang putih dan benang hitam, yakni fajar.” Namun

karena perbedaan pemaknaan mereka terhadap kalimat ayat tersebut, maka bangunan konsep mereka tentang fajar *Sadiq* jadi berbeda.

Tono mengelaborasi ungkapan “hingga jelas bagimu”. Kalimat ini menurut Tono meniscayakan bahwa kemunculan fajar *Sadiq* itu merupakan fenomena yang mudah dikenali oleh siapapun, termasuk oleh orang awam. Fenomena tersebut bagi Tono berkenaan dengan dengan langit sebagai *background* (latar belakang) dan benda-benda di Bumi sebagai *foreground* (latar depan). Di malam hari, ketika kondisi langit timur masih gelap, maka benda-benda yang berada di latar depan (*foreground*) –semisal pohon dan gedung-- tidak bisa dibedakan dengan langit yang menjadi latar belakangnya itu. Begitu langit timur mulai terang karena dihiasi hamburan sinar Matahari oleh atmosfer, maka benda-benda yang berada latar depan tapi mulai bisa dibedakan dengan langit yang menjadi latar belakangnya. Pada saat itulah, menurut Tono, fajar *Sadiq* muncul atau terbit.

Berbeda dengan Tono yang hanya mengelaborasi makna dari ungkapan ayat “hingga jelas bagimu”, Niha menajamkannya dengan memberi perhatian juga pada ungkapan “benang putih”. Diksi ini menyebut unsur lain yang penting sebagai bagian dari ciri kualitatif kemunculan fajar di samping unsur “ketampakannya yang jelas”, yakni unsur “bentuknya yang laksana benang”, yakni tipis lagi memanjang (horizontal). Tentu saja, karena kemunculan fajar merupakan natijah dari perubahan perlahan terkait makin mendekatnya Matahari ke garis ufuk Timur, maka ketampakan cahaya fajar pasti bermula dari bibir ufuk Timur dalam bentuk tipis memanjang. Seiring makin dekatnya posisi Matahari ke garis ufuk Timur,

cahaya fajar yang awalnya tipis itu secara perlahan makin meluas dan makin terang. Menurut Niha, pada awal kemunculan fajar yang tipis dan memanjang itu keadaan di sekitar masih gelap (*ghalas*) seperti yang dilukiskan oleh Aisyah. Yang tampak dengan jelas kala itu adalah cahaya fajar tipis dan memanjang itu (benang putih), yang berbatas tegas dengan garis gelap (benang hitam) yang tidak lain adalah bibir permukaan Bumi yang gelap.

Jika dikomparasikan dengan Tono yang menjelaskan konsepnya ilustrasi *background* dan *foreground*, maka *foreground* dalam konsep Niha ini bukanlah pohon, bangunan atau lainnya, melainkan bibir permukaan Bumi yang berbatasan langsung dengan kaki langit. Dengan perbedaan konsep seperti ini dapatlah dipahami jika --dari sudut waktu-- kemunculan fajar *Sadiq* dalam konsep Niha lebih cepat terjadinya daripada dalam konsep Tono. Dengan kata lain, kemunculan fajar *Sadiq* dalam konsep Niha terjadi ketika nilai sudut depresi Mataharinya lebih rendah daripada fajar *Sadiq* dalam konsep Tono.

Dari analisis komparasi atas 5 (lima) aspek di balik tesis Tono dan Niha tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh, yakni rentang -18° sampai -12° menurut Tono, dan $-18,9^{\circ}$ menurut Niha, penulis melihat dua faktor dominan yang mengantar mereka pada perbedaan tesis tersebut. Pertama, faktor perbedaan konsep tentang fajar *Sadiq*. Kedua, faktor perbedaan kualitas data yang mereka analisis. Data rekaman cahaya fajar *Sadiq* yang dianalisis Tono hanya sebesar 9,6 % saja yang berasal dari “malam tanpa gangguan cahaya Bulan”. Sedangkan yang dianalisis Niha data dengan kualifikasi seperti itu mencapai 89,7%. Karena itu wajar jika

penelitian Tono menghasilkan nilai sudut depresi Matahari dengan rentang nilai yang lebar (-18° sampai -12°) karena pada malam yang bergangguan cahaya Bulan alat perekam bisa lebih lambat dalam mendeteksi kehadiran cahaya fajar *Sadiq*.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Sebagai jawaban atas rumusan masalah penelitian ini, di bawah ini disajikan 3 (tiga) kesimpulan sebagai berikut:

1. Sudut depresi Matahari awal waktu Subuh dalam tesis Tono Saksono nilainya berada dalam rentangantara $-14,5^{\circ}$ dan $-11,5^{\circ}$ dengan standar deviasi $1,4^{\circ}$. Tesis ini disusun Tono berdasarkan hasil analisisnya atas 73 data fajar Sadiq yang --68.27% di antaranya-- menunjukkan demikian. Ihwal data fajar *Sadiq* yang digunakan Tono dalam menyusun tesis tersebut sebagai berikut:
 - a. Data diambil dalam rentang waktu 3 tahun (2015, 2017, dan 2018) pada bulan-bulan selain Oktober dan November dengan mempertimbangkan posisi Matahari terhadap ekuator (deklinasi), yaitu ketika Matahari berada disebelah utara pada periode 21 Maret-23 September), dan dengan mempertimbangkan pula fase Bulan, di mana 90,4% data diambil dari malam dengan gangguan cahaya Bulan, dan hanya 9,6% saja yang diambil dari malam tanpa gangguan cahaya Bulan;
 - b. Data diambil dari 4 (empat) tempat di Indonesia, yakni Depok (67 data), Cirebon (2 data), Yogyakarta (2 data), dan Labuanbajo (2 data);

- c. Data diambil dengan perekaman (pemotretan) menggunakan alat sensor non citra (*non imaging*) berupa *Sky Quality Meter* jenis LU-DL dan sensor citra (*imaging*) berupa *All Sky Camera* dengan diarahkan ke ufuk Timur dan ke Zenit;
 - d. Data non citra dari *Sky Quality Meter* (SQM) dianalisis dengan metode analisis pengembangan algoritma. Sedangkan data citra dari *All Sky Camera* (ASC) dianalisis dengan metode *Progressif Sampling*;
 - e. Hasil analisis mencerminkan konsep tentang waktu kemunculan fajar *Sadiq* yang dijadikan acuan, yaitu ketika orang awam sudah dapat membedakan antara *foreground* (latar depan) --seperti gedung dan pepohonan-- dengan langit yang menjadi *background* (latar belakang).
2. Sudut depresi Matahari awal waktu Subuh dalam tesis Niha adalah $-18,9^\circ$ dengan standar deviasi $2^\circ 17' 2,4''$. Tesis ini disusun Niha berdasarkan analisisnya atas 29 data fajar *Sadiq*. Ihwal data tersebut sebagai berikut:
- a. Data diambil dalam rentang waktu 4 tahun (2010, 2011, 2012, dan 2013) dengan mempertimbangkan posisi Matahari terhadap ekuator (deklinasi) dan fase Bulan, di mana 10,3% data diambil dari malam dengan gangguan cahaya Bulan, dan 89,7% data berasal dari malam tanpa gangguan cahaya Bulan;
 - b. Data diambil dari 6 (enam) tempat di Indonesia, yakni Klaten Jawa Tengah (9 data), Madiun Jawa Timur (10 data), Bandung Jawa Barat

- (3 data), Magelang Jawa Tengah (1 data), Pati Jawa Tengah (4 data); Bantul Yogyakarta (2 data);
- c. Data diambil dengan pemotretan menggunakan alat sensor *imaging* berupa DSLR jenis Canon type EOS 400D yang diarahkan ke ufuk Timur.
 - d. Data dianalisis dengan metode Visual dan Grafik Numerik pada perangkat lunak Er Mapper 7.0.
 - e. Hasil analisis mencerminkan konsep kemunculan fajar *Sadiq* yang dijadikan acuan, yakni ketika cahaya fajar sudah mulai muncul seperti benang putih yang tipis dan memanjang sehingga dapat dibedakan dengan bibir permukaan Bumi yang gelap (ufuk Timur).
3. Komparasi antara tesis Tono dan tesis Niha tentang sudut depresi Matahari awal waktu Subuh sebagai berikut.
- a. Nilai sudut depresi Matahari awal waktu Subuh dalam tesis Tono Saksono, yakni antara $-14,5^{\circ}$ dan $-11,5^{\circ}$ dengan standar deviasi $1,4^{\circ}$, lebih tinggi dari nilai sudut depresi Matahari awal waktu Subuh dalam tesis Nihayatur Rohmah, yakni $-18,9^{\circ}$ dengan standar deviasi $2^{\circ}17'2,4''$.
 - b. Tono Saksono dan Nihayatur Rohmah sama-sama menyusun tesis tentang nilai sudut depresi Matahari awal waktu Subuh berdasarkan data fajar *Sadiq* yang secara kuantitatif data Tono Saksono (73) lebih banyak dari data Nihayatur Rohmah (29 data) namun dengan beberapa catatan di bawah ini:

- 1) Data fajar *Sadiq* Tono Saksono yang berasal dari “malam tanpa gangguan cahaya Bulan sebanyak 9,6% dari 73 adalah lebih kecil dari data Nihayatur Rohmah sebanyak 89,7% dari 29. Angka perbandingannya adalah 7:26.
- 2) 73 data Tono Saksono berasal dari 4 tempat dengan nisbah pertempat = 67: 2: 2: 2 lebih rendah sebaran tempatnya dari 29 data Nihayatur Rohmah yang berasal dari 6 tempat dengan nisbah pertempat = 10: 9: 5; 3: 1: 1.
- 3) Alat pengambilan data yang digunakan Tono Saksono, yakni sensor non citra (*non imaging*) dan sensor citra (*imaging*), adalah lebih bervariasi dari Nihayatur Rohmah yang hanya menggunakan sensor citra (*imaging*) saja.
- 4) Metode analisis data Tono Saksono, yakni metode Pengembangan Algoritma untuk data non citra dan metode *Progressif Sampling* untuk data citra, berbeda dengan metode analisis data Nihayatur Rohmah, yakni metode Visual dan Grafik Numerik pada perangkat lunak Er Mapper 7.0 untuk data citra.
- 5) Konsep kemunculan fajar acuan *Sadiq* Tono Saksono berbeda dengan konsep kemunculan fajar *Sadiq* acuan Nihayatur Rohmah. Kriteria “*foreground* telah jelas bedanya dengan *background*” dalam konsep Tono Saksono meniscayakan telah berubahnya benang cahaya putih menjadi hamparan cahaya putih. Tentu momen ini lebih lambat terjadinya dari kriteria “benang cahaya

putih yang melebar horizontal di ufuk” dalam konsep Nihayatur Rohmah.

B. Saran

Menentukan nilai sudut depresi ketinggian Matahari awal kemunculan fajar *Sadiq* perlu kiranya para peneliti pemerhati fajar *Sadiq* baik dari pihak dosen maupun mahasiswa, untuk mengkaji kembali dengan riset-riset terbaru. Dengan memperhatikan ulang data-data yang akan diolah serta mempertimbangkan berbagai faktor pemicu yang telah menjadi standar kesepakatan bersama dalam menentukan nilai sudut depresi ketinggian Matahari awal kemunculan fajar *Sadiq*. Sehingga nilai yang diperoleh dapat dilakukan kajian secara multidisipliner dan komprehensif yang dapat dipadukan antara aspek sains dan fikih.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- ‘Abdullah bin Qudāmah al-Maqdisī, *Al-Kāfī fi al-Fiqh al-Mubajjal Aḥmad ibn Hanbal*, juz 1. t.tp. t.t. Dinukil dari *al-Maktabah al-Syamilah*.
- Ahkam: “Tracing the Concept of Fajr in the Islam Mosaic and Modern Sains”. *Jurnal Ilmu Syariah*. t.tp. t.p. t.t.
- Bukhari (al), Muhammad ibn Isma’il, *al-Jāmi’ al-Ṣaḥīḥ*, (Riyadh, *Dār al-Salām*), cet 1. 1419 H. juz 4. No. 1916.
- Amrullah, Moh. Afif. Penentuan Awal Waktu Salat Subuh Menurut Kementerian Agama dan Aliran Salafi. *jurnal*.
- ‘Asqalani (al), Ibnu Hajar. *Bulūgh al-Marām Min Adillat al-Aḥkām*, (*al-Maktabah al-Syamilah*). juz 1.
- Azhari, Susiknan. Awal Waktu Subuh di Indonesia. Dalam museumastronomi.com. Diakses 10 Mei 2020.
- Bikos, Konstantin dan Aparma Kher. Twilight, Dawn, and Dusk. <https://www.timeanddate.com/astronomy/different-types-twilight.html>. Akses 16 September 2021.
- Butar-Butar, Arwin Juli Rakhmadi. *Fajar dan Syafaq Dalam Kesarjanaan Astronomi Muslim dan Ulama Nusantara*. Yogyakarta: LkiS. 2018.
- Damanhuri, Adi. *Pengamatan dan Penelitian Awal Waktu Subuh: Semua Bisa Melakukannya*. Sidoarjo: Nizamania Learning Centre. 2020.
- Djamaluddin, Thomas. Benarkah Waktu Subuh di Indonesia Terlalu Cepat. <https://tjamaluddin.wordpress.com/2017/09/13/benarkah-waktu-shubuh-di-indonesia-terlalu-cepat/>.
- Husniyah, Zahrotul. “Analisis Pengaruh Perhitungan Solar Dip Tono Saksono terhadap Awal Waktu Salat Isya dan Subuh”. (Skripsi--UIN Sunan Ampel, Surabaya, 2019).
- Istinbath: “Waktu Salat: Pemaknaan Syar’i ke Dalam Kaidah Astronomi”. *Jurnal Hukum Islam*.t.tp. t.t.
- Karimah, Niswatun. “Aplikasi Edge Detection untuk Mengetahui Fajar Sadiq sebagai Penentu Awal Waktu Subuh Menggunakan GUI Matlab”. (Skripsi--UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang. 2019).

Khoirun, Ayuk. “Studi Analisis Awal Waktu Salat Subuh (Kajian atas Relevansi Nilai Ketinggian Matahari terhadap Kemunculan Fajar Sadiq)”. (Skripsi--Semarang, IAIN Walisongo, 2011).

Mughni, Abdul. “Problematika Jadwal Waktu Subuh di Indonesia”. *Asy-Syir’ah Jurnal Ilmu Syariah dan Hukum*. UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta. 2014.

Muhajir. “Awal Waktu Salat Telaah Fikih dan Sains”. *Madinah: Jurnal Studi Islam*. STAI An-Nawawi Purworejo.

Muhammad, Syamsuddin Abu Bakarbin Abi Sahl al-Syarkhasi, *al-Mabsūf*, (Beirut: Dar al-Fikr, cet. 1, 1421 H/2000 M.), juz 1. Dinukil dari *al-Maktabah al-Syamilah*

Syafi’ī (al), Muhammad bin Idris. *al-Umm*, (Beirut: Dār al-Ma’rifah, 1393 H), juz 1. Dinukil dari *al-Maktabah al-Syamilah*.

Muslim, Abu al-Husain bin al-Hallaj al-Naisaburi. t.t. Al Jami’al-Sahih. Beirut: Dar al-jayl+Dar al-Afaq.

Noor, Laksmiyanti Annake Harijadi. “Analisis Perubahan Kecerahan Langit Waktu Fajar dengan Sky Quality Meter”. (Tesis--Institut Teknologi Bandung. Bandung. 2019).

Raco, J.R. *Metode Penelitian Kualitatif: Jenis, Karakteristik, dan Keunggulannya*. Jakarta: PT Grasindo. 2010.

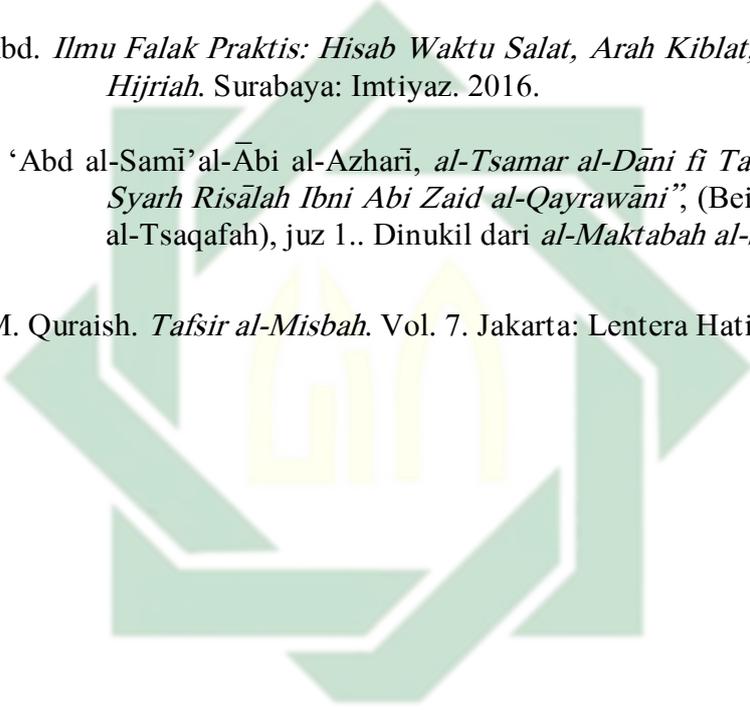
Ramadhani, Rida. “Perspektif Tokoh-Tokoh Falak Tentang Syafaq dan Implikasinya terhadap Penentuan Awal Waktu Salat Isya”. Skripsi--UIN Walisongo. Semarang. 2019).

Rohmah, Nihayatur. “Pengaruh Atmosfer Terhadap Ketampakan Fajar Sadiq (Diskursus Atas Visualisasi Warna dan Posisi Astronomis Matahari)”. (Disertasi--IAIN Walisongo. Semarang. 2014).

_____. “The Effect of Atmospheric Humadity Level to the Determination of Islamic Fajr/Morning Prayer Time and Twillight Appearance” dalam *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 771. Internasional Symposium on Sun, Earth, and Life (ISSEL). 3-4 June. Bandung.

_____. Pengaruh Suhu dan Kelembapan Atmosfer Terhadap Ketampakan Fajar Shadiq. Ngawi: Sekolah Tinggi Agama Islam (STAI). 22

- _____. Syafaq dan Fajar: Verifikasi dengan Aplikasi Fotometri: Tinjauan Syar'i dan Astronomi. Yogyakarta: Lintang Rasi Aksara Books. 2012.
- Saksono, Tono. *Evaluasi Awal Waktu Subuh dan Isya: Perspektif Sains, Teknologi, dan Syariah*. Jakarta: UHAMKA Press dan LPP AIKA UHAMKA. 2017.
- Saksono, Tono. Syamsul Anwar. *Premature Dawn The Global Twilight Pattern*. Yogyakarta: Suara Muhammadiyah. 2021.
- Salam, Abd. *Ilmu Falak Praktis: Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah*. Surabaya: Imtiyaz. 2016.
- Ṣālih bin 'Abd al-Samī' al-Ābi al-Azharī, *al-Tsamar al-Dāni fi Taqrīb al-Ma'āni Syarh Risālah Ibnī Abī Zaid al-Qayrawāni*, (Beirut: Maktabah al-Tsaqafah), juz 1.. Dinukil dari *al-Maktabah al-Syamilah*.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir al-Misbah*. Vol. 7. Jakarta: Lentera Hati. 2004.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A