

**ASPEK ILMU FALAK PADA BANGUNAN CANDI
BOROBUDUR DALAM PENENTUAN AWAL
WAKTU SALAT**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1 (S1)
Dalam Ilmu Syari'ah dan Hukum



Disusun Oleh:

AJI PRASETYO

NIM: 1502046108

**PROGRAM STUDI ILMU FALAK
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) WALISONGO
SEMARANG
2020**



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

Jl. Prof. Dr. Hamka kampus III Ngaliyan (024) 7601291 Fax. 7624691
Semarang 50185

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp. : 4 lembar

Hal : Persetujuan naskah skripsi

Kepada, Yth.
Dekan Fakultas Syariah dan Hukum
UIN Walisongo Semarang,
di Semarang

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Setelah saya meneliti dan mengadakan perbaikan seperlunya bersama ini saya kirim naskah skripsi saudara:

Nama : Aji Prasetyo
NIM : 1502046108
Jurusan : Ilmu Falak
Judul : **"ASPEK ILMU FALAK PADA BANGUNAN CANDI
BOROBUDUR DALAM PENENTUAN AWAL
WAKTU SALAT"**

Dengan ini, kami mohon kiranya naskah skripsi tersebut dapat segera dimunaqosahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 10 Juli 2020

Pembimbing I

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



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM**

Jl. Prof. Dr. Hamka kampus III Ngaliyan (024) 7601291 Fax. 7624691
Semarang 50185

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp. : 4 lembar

Hal : Persetujuan naskah skripsi

Kepada, Yth.
Dekan Fakultas Syariah dan Hukum
UIN Walisongo Semarang,
di Semarang

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Setelah saya meneliti dan mengadakan perbaikan seperlunya bersama ini saya kirim naskah skripsi saudara:

Nama : Aji Prasetyo
NIM : 1502046108
Jurusan : Ilmu Falak
Judul : **"ASPEK ILMU FALAK PADA BANGUNAN CANDI
BOROBUDUR DALAM PENENTUAN AWAL
WAKTU SALAT"**

Dengan ini, kami mohon kiranya naskah skripsi tersebut dapat segera dimunaqosahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 10 Juli 2020

Pembimbing II

A. Svifaul Anam, SHI, MH.
NIP. 19800120 200312 1 003



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

Jalan Prof. Dr. H. Hamka Semarang 50185
Telepon (024)7601291, Faksimili (024)7624691, Website : <http://fsh.walisongo.ac.id/>

**BERITA ACARA
(PENGESAHAN DAN YUDISIUM SKRIPSI)**

Pada Hari ini, **Selasa** tanggal **Empat Belas Juli** tahun **Dua Ribu Dua Puluh** telah melaksanakan sidang munaqasah skripsi mahasiswa :

Nama : **AJI PRASETYO**

NIM : 1502046108

Jurusan : Ilmu Falak (IF)

Judul Skripsi : Aspek Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur Dalam Penentuan Awal Waktu Salat

Dosen Pembimbing 1 : Prof. Dr. H. Muslich, MA.

Dosen Pembimbing 2 : Ahmad Syifaal Anam, SHI.,MH.

Dengan susunan dewan penguji sebagai berikut:

Ketua/Penguji 1 : Dr. H. Ali Imron, S.H., M.Ag.

Sekretaris/Penguji 2 : Ahmad Syifaal Anam, SHI.,MH.

Anggota/Penguji 3 : Dr. Rupi'i, M.Ag.

Anggota/Penguji 4 : Dra. Hj. Noor Rosyidah, MSI

Yang bersangkutan dinyatakan **LULUS** dengan nilai **3.60 (tiga koma enam puluh) / B+**.

Berita acara ini digunakan sebagai pengganti sementara dokumen PENGESAHAN SKRIPSI dan YUDISIUM SKRIPSI dan dapat diterima sebagai kelengkapan persyaratan pendaftaran wisuda.



Wakil Dekan Bidang Akademik
dan Kelembagaan,

ALI IMRON

Ketua Program Studi Ilmu Falak

MOR. KHASAN

MOTTO

تَأْمَوْقُو كِتَبًا الْمُؤْمِنِينَ عَلَى كَانَتْ الصَّلَاةَ إِنَّ

“... *Sungguh, salat itu adalah kewajiban yang ditentukan waktunya atas orang-orang yang beriman*”. (QS. 4 [An-Nisa]: 103)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk ;

Bapak dan Ibu Tercinta

Romadhon & Mulyati

Beliau berdua adalah motivator terbesar penulis dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana di UIN Walisongo Semarang

Kakak dan Adik-adik Tersayang

Atika Budiarti, Ilzam Maulana, Adil Fatahillah, Kirania Dea
Maulidia

Mereka-lah alasan penulis untuk senantiasa berusaha menjadi pribadi dan teladan yang baik

Para Kiyai dan Guru Penulis

Guru-guru mulia yang telah membimbing dan mencurahkan segala ilmunya tanpa pamrih, semoga senantiasa mendapatkan keberkahan dan menjadikan amal jariyah kepada beliau semua

Keluarga Besar Ilmu Falak 2015 (Explode)

Keluarga penulis yang telah menyemangati dan membantu satu sama lain, semoga komunikasi tetap terjaga dan bisa sama-sama meraih kesuksesan di jalan kita masing-masing

Keluarga Besar Racana Walisongo Semarang

Keluarga penulis yang sudah banyak memberikan kesempatan untuk men-dharma bakti-kan diri kepada Bangsa, Negara, dan Agama.

Bujang Damproy

Keluarga penulis yang telah memberikan semangat dan mengajarkan kesabaran dalam menghadapi kenyataan

DEKLARASI

Dengan penuh kejujuran dan tanggung jawab, penulis menyatakan bahwa skripsi ini tidak berisi materi yang pernah ditulis oleh orang lain atau diterbitkan. Demikian juga skripsi ini tidak berisi satupun pikiran-pikiran orang lain, kecuali informasi yang terdapat dalam referensi yang dijadikan bahan rujukan.

Semarang, 10 Juli 2020

METERAI
TEMPEL
39F38AHF511040158
6000
ENAM RIBURUPIAH

ator,

Aji Prasetyo
NIM. 1502046108

PEDOMAN TRANSLITERASI

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

A. Konsonan Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Keterangan
ا	Alif	-	Tidak dilambangkan
ب	Ba	B	Be
ت	Ta	T	Te
ث	Sa	Ṣ	Es (demham titik di atas)
ج	Jim	J	Je
ح	Ha	ḥ	Ha (dengan titik di bawah)
خ	Kha	Kh	Ka dan Ha
د	Dal	D	De
ذ	Zal	Ḍ	Zet (dengan titik di atas)
ر	Ra	R	Er
ز	Zai	Z	Zet
س	Sin	S	Es
ش	Syin	Sy	Es dan Ye
ص	Sad	ṣ	Es (dengan titik di bawah)

ض	Dad	ḍ	De (dengan titik di bawah)
ط	Ta	ṭ	Te (dengan titik di bawah)
ظ	Za	ẓ	Zet (dengan titik di bawah)
ع	‘ain	‘	Koma terbalik (di atas)
غ	Gain	G	Ge
ف	Fa	F	Ef
ق	Qaf	Q	Ki
ك	Kaf	K	Ka
ل	Lam	L	El
م	Mim	M	Em
ن	Nun	N	En
و	Waw	W	We
ه	Ha	H	Ha
ء	Hamzah	´	Apostrof
ي	Ya	Y	Ye

B. Konsonan Rangkap

Konsonan rangkap (tasydid) ditulis rangkap

Contoh: مقَدِّمة ditulis Muqaddimah

C. Vocal

1. Vokal Tunggal

Fathah ditulis “a”. Contoh : قَتَح

Kasrah ditulis “i”. Contoh : عِلْم

Dammah ditulis “u”. Contoh : كتب

2. Vokal Rangkap

Vokal rangkap (fathah dan ya) ditulis “ai”. Contoh : اين
ditulis aina

Vokal rangkap (fathah dan wawu) ditulis “au”. Contoh :
حول ditulis haula

D. Vokal Panjang

Fathah ditulis “a”. Contoh : باع = bâ'a

Kasrah ditulis “I”. Contoh : عليهم = ‘alîmun

Dammah ditulis “u”. Contoh : علوم = ‘ulûmun

E. Hamzah

Huruf hamzah (ء) di awal kata ditulis dengan vokal tanpa
didahului oleh tanda

Apostrof ('). Contoh : ايمان = îmân

F. Lafzul Jalalah

Lafzul – jalalah (kata الله) yang terbentuk frase nomina
ditransliterikan tanpa

Hamzah. Contoh : عبدالله ditulis Abdullah

G. Kata Sandang “al-“

1. Kata sandang “al-“ tetap ditulis “al”, baik pada kata yang
dimulai dengan huruf qamariyah maupun syamsiah.

2. Huruf “a” pada kata sandang “al-“ tetap ditulis dengan huruf kecil.
3. Kata sandang “al-“ di awal kalimat dan pada kata “al-Qur’an” ditulis dengan huruf kapital,

H. Ta marbuṭah (ة)

Bila terletak di akhir kalimat, ditulis h, misalnya : البقرة ditulis *al-baqarah*.

Bila di tengah kalimat ditulis t. contoh : زكاة المال ditulis *zakâh al-mâl* atau *zakâtul mâl*.

ABSTRAK

Ilmu falak atau ilmu hisab adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang peredaran benda-benda langit seperti Matahari, Bulan, dan Planet-planet, yang bertujuan untuk mengetahui posisi dan kedudukan benda-benda langit, serta segala sesuatu yang berhubungan dengan benda-benda langit tersebut.

Pada ilmu falak terbagi menjadi empat pokok bahasan, yaitu awal waktu salat, arah kiblat, awal bulan qomariyah/hijriyah, dan gerhana. Pokok bahasan yang penulis bahas adalah mengenai awal waktu salat. Salah satu metode penentuan awal waktu salat adalah dengan menggunakan metode alamiyah dan ilmiah, yaitu Matahari dan perhitungan matematis. Metode Matahari yang digunakan adalah dengan pemanfaatan bayangan Matahari yang dihasilkan oleh benda tegak lurus, semisal bangunan dan tongkat tegak lurus. Pada bangunan Candi Borobudur, terdapat stupa utama yang berdiri tegak lurus di tengah-tengah bangunan Candi Borobudur. Penelitian sebelumnya menyimpulkan bahwa bangunan Candi Borobudur tepat mengarah keempat arah mata angin (Utara, Timur, Selatan, Barat) berdasarkan pengamatan saat *vernal equinox*. Penemuan lain yang berkaitan dengan bangunan Candi Borobudur adalah fungsi stupa utama sebagai penanda waktu penanggalan Pranatamangsa, namun masih perlu dilakukan penelitian lebih dalam. Oleh karena itu, kemudian muncul dua permasalahan untuk diteliti, yaitu: 1) Aspek ilmu Falak pada bangunan candi Borobudur, dan; 2) Aspek ilmu Falak pada bangunan candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat.

Penelitian ini termasuk dalam penelitian kualitatif dengan fokus kajian lapangan (*field research*), karena dalam penelitian ini mengulas tentang arah mata angin dan stupa utama bangunan Candi Borobudur sebagai objek penelitian yang akan dibahas. Data primer dalam penelitian ini yaitu hasil wawancara dan observasi langsung di bangunan Candi Borobudur, sedangkan data sekunder didapat dari berbagai literasi yang terkait dengan bangunan Candi Borobudur. Data yang diperoleh kemudian dianalisis mengenai pendekatan aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur

dalam penentuan awal waktu salat. Pendekatan aspek ilmu falak dipakai untuk mengetahui dan mengkaji dengan menggunakan metode-metode yang digunakan dalam mengetahui arah mata angin bangunan Candi Borobudur dan fungsi stupa utama Candi Borobudur dalam kaitannya dengan penentuan awal waktu salat.

Hasil temuan dalam penelitian ini yaitu; *pertama*, aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam menentukan arah mata angin pada bangunannya. Metode yang digunakan dalam penentuan tersebut berbeda-beda, yaitu: (1) Pada saat *vernal equinox*, diukur oleh tim arkeoastronomi ITB Bandung tahun 2010, hasilnya yaitu bangunan Candi Borobudur sejajar dengan arah mata angin. (2) Theodolite, diukur oleh pihak Balai Konservasi Borobudur, hasilnya yaitu bangunan Candi Borobudur sejajar dengan arah mata angin. (3) Kompas, diukur oleh penulis pada tahun 2019 (pra-riset), hasilnya bangunan Candi Borobudur tidak sejajar dengan arah mata angin. (4) *Google Earth*, diukur oleh penulis pada tahun 2020, hasilnya yaitu bangunan Candi Borobudur sejajar dengan arah mata angin.

Kedua, aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat. Penentuan awal waktu salat yang diamati yaitu waktu salat Zuhur dan Asar, dikarenakan memanfaatkan bayangan yang dihasilkan stupa utama bangunan Candi Borobudur. Pengamatan yang dilakukan penulis terkendala oleh pandemik *Covid-19*, sehingga penulis menggunakan alternatif lain yaitu dengan tongkat Istiwâ' modifikasi. Pengamatan dilakukan pada tanggal 7 Juli 2020, di Semarang. Pada waktu Zuhur bayangan jatuh di sebelah Selatan pintu utama Candi Borobudur, sedangkan waktu Asar yaitu bayangan stupa utama + waktu Istiwâ', dan bayangan jatuh di sebelah Selatan condong ke Timur.

Kata Kunci : Aspek Ilmu Falak, Bangunan Candi Borobudur, Awal Waktu Salat.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Aspek Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur dalam Penentuan Awal Waktu Salat** dengan baik.

Salawat serta salam senantiasa penulis sanjungkan kepada baginda Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat-sahabat dan para pengikutnya yang telah membawa cahaya Islam dan masih berkembang hingga saat ini.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini bukanlah hasil jerih payah penulis sendiri. Melainkan terdapat usaha dan bantuan baik berupa moral maupun spiritual dari berbagai pihak kepada penulis. Oleh karena itu, penulis hendak sampaikan terimakasih kepada :

1. Moh Khasan, M. Ag., selaku Ketua Jurusan Ilmu Falak, atas bimbingan dan pengarahan yang diberikan dengan sabar dan tulus ikhlas, juga kepada dosen-dosen serta karyawan di lingkungan Jurusan Ilmu Falak Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, atas bantuan dan kerjasamanya.
2. Ahmad Fuad Al-Anshary, S. HI., M.S.I., selaku dosen wali penulis yang memberikan arahan dan motivasi kepada penulis untuk segera menyelesaikan jenjang Pendidikan S1 dengan baik.
3. Prof. Dr. H. Muslich, MA., selaku Pembimbing I, dosen inspiratif penulis yang selalu menjadi motivator untuk segera menyelesaikan skripsi.

4. Ahmad Syifaul Anam, S.HI, M.H., selaku Pembimbing II, yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis dalam penulisan skripsi ini.
5. Irma Indriana Hariawang, I. Sungging, Hari Setyawan, Arfi, Asih, dan pihak-pihak terkait yang bersedia menjadi informan untuk memberikan informasi terkait Candi Borobudur Magelang Jawa Tengah.
6. Keuda orang tua penulis beserta keluarga, atas segala doa, perhatian, dukungan, dan curahan kasih sayang yang tidak dapat penulis ungkapkan dalam kata-kata indah apapun.
7. Almamater penulis yaitu SD Negeri Yamansari 03, SMP Negeri Lebaksiu 01, MAN Babakan Lebaksiu Tegal (MAN 1 Tegal), yang telah mendidik, membina, dan mengajarkan ilmu-ilmu Agama dan ilmu-ilmu Umum serta mendorong penulis untuk melanjutkan Pendidikan di Perguruan Tinggi.
8. Keluarga Ilmu Falak 2015 (Explode), terutama kelas IF-C Solid, atas kebersamaannya selama berjuang di bangku perkuliahan, atas suka-duka, tawa-tangis, dan setiap peluh yang diberikan, sukses terus untuk kalian, Yusuf, Robot, Sueng, Raj, Naufal, Nasrul, Bas, Daroy, Japrax, Ipin, Bagus, Ali, Yakin, Agil, Maimun, Sidqi, Ojan, Okky, Datuk Hapidin, Al, Danil, Patikin, Samsul, Aufa, Laela, April, Intan, Iqoh, Karima, Icha, Maya, Mardiyah, Nila, Makhturoh, Ela, Mus, kalian luar biasa.
9. Keluarga besar Racana Walisongo Semarang sebagai keluarga penulis yang memberikan kesempatan untuk men-*dharma bakti*-kan diri kepada Bangsa, Negara, dan Agama. Terutama untuk dewan racana tahun 2017 dan 2018, terimakasih kalian.

10. Keluarga ngapak IMT (Ikatan Mahasiswa Tegal) dan IKTASABA (Ikatan Alumni Siswa-Siswi Babakan), keluarga penulis yang solid dan laka-laka pokoke.
11. Keluarga besar KKN MIT Mandiri UIN Walisongo Semarang posko 21 kelurahan Pesantren Kecamatan Mijen Kota Semarang yang luar biasa, terimakasih atas segala dinamika yang terjadi selama mengabdikan diri bersama masyarakat.
12. Keluarga Pramuka MAN Babakan Lebaksiu Tegal, terutama keluarga Damproy, keluarga penulis yang mengajarkan arti pentingnya komunikasi walau jarak membatasi, Arif, Amrul, Budi, Habibi, Aghi, Yusuf, dan kawan-kawan, sukses selalu kalian.
13. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu secara langsung maupun tidak langsung yang selalu memberi bantuan, dorongan dan doa kepada penulis selama melaksanakan studi di UIN Walisongo Semarang ini.

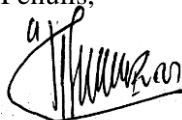
Penulis berdoa semoga semua amal kebaikan dan jasa-jasa dari semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini diterima Allah SWT, serta mendapatkan balasan yang lebih baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan yang disebabkan keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif dari pembaca demi sempurnanya skripsi ini.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca umumnya.

Semarang, 20 Juli 2020

Penulis,

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

Aji Prasetyo
1502046108

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN DEKLARASI	vii
HALAMAN PEDOMAN TRANSLITERASI	viii
HALAMAN ABSTRAK	xii
HALAMAN KATA PENGANTAR	xiv
HALAMAN DAFTAR ISI	xviii
HALAMAN DAFTAR GAMBAR	xxii
HALAMAN DAFTAR TABEL.....	xxiv

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
E. Kajian Pustaka	7
F. Metode Penelitian	10
G. Sistematika Penulisan	16

BAB II ILMU FALAK DAN AWAL WAKTU SALAT

A. Ilmu Falak	
1. Pengertian Ilmu Falak	17
2. Hukum Mempelajari Ilmu Falak	19
B. Fikih Awal Waktu Salat	

1. Pengertian Salat	20
2. Dasar Awal Waktu Salat	20
3. Batasan Waktu Salat	28
C. Metode Penentuan Waktu Salat	
1. Alamiyah	
a. Matahari	33
b. Tongkat <i>Istiwâ'</i>	34
2. Alamiyah Ilmiah	
a. Kompas	35
b. <i>Astrolabe/Rubu' Mujayyab</i>	36
c. <i>Theodolite</i>	38
d. Kamera	40
3. Ilmiah Alamiyah	
a. <i>Vernal Equinox</i>	41
b. <i>Sundial</i>	42

BAB III ASPEK ILMU FALAK PADA BANGUNAN CANDI BOROBUDUR

A. Candi Borobudur Magelang Jawa Tengah	
1. Sejarah Bangunan Candi Borobudur	50
2. Kepengurusan Candi Borobudur	52
3. Lokasi dan Struktur Candi Borobudur	55
4. Stupa Candi Borobudur	57
B. Aspek Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur	
1. Aspek Pembahasan Ilmu Falak	58
2. Gerak Matahari	59
a. Gerak Matahari Hakiki	60

b. Gerak Semu Matahari	60
3. Timur Bangunan Candi Borobudur Diukur Terhadap Posisi Matahari Terbit Selama <i>Vernal Equinox</i>	62
C. Konsep Aplikatif Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur dalam Penentuan Awal Waktu Salat	
1. Sundial	64
2. <i>Istiwâ'aini</i>	65
3. Tongkat <i>Istiwâ'</i> Modifikasi	66

BAB IV ASPEK ILMU FALAK PADA BANGUNAN CANDI BOROBUDUR DALAM PENENTUAN AWAL WAKTU SALAT

A. Aspek Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur Diukur Terhadap Posisi Matahari Terbit Selama <i>Vernal Equinox</i>	
1. <i>Vernal Equinox</i>	71
2. <i>Theodolite</i> dan Kompas	76
3. <i>Google Earth</i>	78
4. <i>Sundial</i> dan Stupa Utama Candi Borobudur	81
B. Aspek Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur dalam Penentuan Awal Waktu Salat	
1. Waktu Zuhur	83
2. Waktu Asar	86

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	91
---------------------	----

B. Saran	93
C. Penutup	94

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Kompas Magnetik	35
Gambar 2.2	: Rubu' Mujayyab	37
Gambar 2.3	: Astrolabe	37
Gambar 2.4	: Theodolite.....	38
Gambar 2.5	: Kamera	40
Gambar 2.6	: Sundial	42
Gambar 3.1	: Bangunan Candi Borobudur	51
Gambar 3.2	: Kantor Balai Konservasi Borobudur	54
Gambar 3.3	: Bagian-bagian Candi Borobudur	57
Gambar 3.4	: Gerak Semu Matahari.....	59
Gambar 3.5	: Pengukuran Arah Matahari Terbit	63
Gambar 3.6	: Istiwâ'aini Karya Slamet Hambali.....	66
Gambar 3.7	: Tongkat Istiwâ'	67
Gambar 3.8	: Bangunan Candi Borobudur dari Atas yang sudah diedit dengan menambahkan garis bantu. Setiap garis bantu bernilai 1°	69
Gambar 3.9	: Tongkat Istiwâ' Modifikasi	69
Gambar 4.1	: Pengukuran Arah Matahari Terbit	72
Gambar 4.2	: Hasil Pengukuran Arah Matahari Terbit	73
Gambar 4.3	: Mengukur Arah Gerbang Utara dengan Menggunakan Kompas Magnetik	77
Gambar 4.4	: Bangunan Candi Borobudur di Lihat dari Citra Satelit.....	79
Gambar 4.5	: Hasil Pengukuran Penulis dengan Menggunakan Google Earth	80
Gambar 4.6	: Tongkat Istiwâ' Modifikasi	83

Gambar 4.7	: Hasil Pengamatan Waktu Zuhur.....	85
Gambar 4.8	: Hasil Pengamatan Waktu Asar	88

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	: Hasil Pengukuran Arah Matahari Terbit saat Vernal Equinox.....	73
Tabel 4.2	: Hasil Pengukuran Arah Mata Angin Candi Borobudur.....	77
Tabel 4.3	: Hasil Pengamatan Waktu Zuhur dan Asar.....	90

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kata “Ilmu Falak” berasal dari dua kata, ilmu dan falak. Kata *ilmu* berarti pengetahuan dan *falak* berarti orbit Bintang. Dengan demikian, ilmu falak dapat didefinisikan sebagai ilmu yang membahas tentang orbit (lintasan atau tempat beredar) Bintang.¹

Peredaran Matahari dan Bulan tersebut memberikan tanda bahwa pada dasarnya persoalan yang langsung berkaitan dengan ibadah-ibadah dalam Islam juga berkaitan langsung terhadap letak dan posisi benda-benda astronomis (khususnya Matahari dan Bulan). Sudah sejak awal peradaban Islam, umat Islam menaruh perhatian yang cukup besar terhadap Ilmu Astronomi (Ilmu Falak).²

Dengan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa ilmu falak adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang orbit atau peredaran benda-benda langit (Matahari, Bulan, dan Planet-planet), dengan tujuan mengetahui posisi dan kedudukan benda-benda langit, serta segala sesuatu yang berhubungan dengan benda-benda langit tersebut.

Ilmu falak atau sering disebut ilmu hisab, garis besarnya terbagi menjadi dua macam, yaitu *‘ilmiy* dan *‘amaliy*.³ Ilmu

¹ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1*, (Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011), 1.

² *Ibid.*, 4.

³ *Ibid.*, 5.

hisab ilmiy adalah ilmu yang mempelajari tentang teori dan konsep benda-benda langit (Bintang, Planet, Matahari, Bumi, Bulan), sedangkan ilmu hisab amaliy adalah ilmu yang berkaitan dengan perhitungan dalam mengetahui posisi dan kedudukan benda-benda langit antara satu dengan lainnya. Sehingga pada dasarnya pokok bahasan ilmu falak atau ilmu hisab meliputi:

1. Hisab Awal Bulan Qomariyah atau Hijriyah
2. Hisab Awal Waktu Salat dan Imsakiyah
3. Hisab Arah Kiblat
4. Hisab Gerhana Matahari dan Bulan

Dari keempat pokok bahasan ilmu falak di atas, penulis memfokuskan pada pembahasan awal waktu salat. Menurut para ulama bahwa salat adalah kewajiban yang harus dilaksanakan pada batas-batas waktu yang sudah ditentukan, sehingga salat merupakan ibadah *muwaqat*, yaitu ibadah yang telah ditentukan waktunya.⁴

Masuknya awal waktu salat selalu terkait dengan posisi atau kedudukan suatu tempat dan perjalanan gerak semu Matahari, yaitu gerak harian Matahari yang disebabkan rotasi Bumi (bumi berputar pada porosnya). Secara normatif berdasarkan dalil-dalil Al-Qur'an dan teks hadits Nabi Muhammad SAW⁵, di dalam fiqih secara detail menjelaskan waktu-waktu salat dijelaskan sebagaimana berikut:

⁴ Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak*, (Jakarta: Pustaka al-Kautsar, 2015), 145.

⁵ *Ibid.*, 147-149.

1. Waktu Zuhur yaitu sejak tergelincirnya Matahari sampai panjang bayang-bayang suatu benda sama dengan panjang bendanya.
2. Waktu Asar dimulai dari berakhirnya waktu Zuhur dan berakhir dengan tenggelamnya seluruh piringan Matahari.
3. Waktu Magrib dimulai saat Matahari telah terbenam penuh hingga hilangnya waktu *syafaq*.⁶
4. Waktu Isya dimulai sejak hilangnya *syafaq* (cahaya merah) pada awan di ufuk barat dan berakhir sampai dengan datangnya waktu *fajar shadiq*.
5. Waktu Subuh dimulai sejak terbitnya *fajar shadiq*⁷ dan berakhir sampai terbitnya Matahari.

Dalam penentuan awal waktu salat, dapat digunakan berbagai metode penentuan, yaitu dengan metode alamiyah⁸ (Matahari) dan ilmiah⁹ (perhitungan). Pada metode alamiyah, dapat ditentukan dengan syarat bayangan Matahari yang dihasilkan dari benda tegak lurus, misalnya bangunan-bangunan yang tegak lurus, tongkat tegak lurus, dan lain sebagainya.

Di Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta adalah kawasan yang penuh dengan benda-benda

⁶ Syafaq ialah sinar Matahari yang masih dapat diterima oleh lapisan atmosfer Bumi. Lihat Watni Marpaung, *Pengantar Ilmu Falak*, (Jakarta: Pranada Media Group, 2015), Cet. 1, 45.

⁷ Fajar shadiq ialah terlihatnya cahaya putih yang melintang mengikuti garis lintang di sebelah ufuk timur akibat pantulan Matahari oleh atmosfer.

⁸ Metode alamiyah yang digunakan adalah bayangan Matahari. Bayangan Matahari dapat digunakan dalam penentuan awal waktu salat Zuhur dan Asar. Syarat bayangan Matahari yang dihasilkan adalah dari benda tegak lurus.

⁹ Metode alamiyah yang digunakan adalah hisab awal waktu salat dengan rumus perhitungan yang telah ada di berbagai buku Ilmu Falak.

kuno tinggalan leluhur kita berupa sisa-sisa bangunan candi, keraton, petirtaan, tempat pemujaan, karya tulis dalam bentuk lontar atau prasasti, perhiasan ataupun peninggalan benda kuno lain. Dari berbagai peninggalan tersebut, ada yang menarik untuk dapat dikaji dan diteliti yang mungkin dapat dikaitkan dengan ilmu falak, yaitu bangunan candi-candi.

Di daerah Jawa Tengah terdapat 51 candi dan Daerah Istimewa Yogyakarta terdapat 25 candi, baik candi peninggalan Hindu maupun Budha.¹⁰ Dari sekian banyak candi, ada satu Candi yang menjadi salah satu warisan Dunia yang telah di akui UNESCO, yaitu Candi Borobudur yang terletak di Magelang, Jawa Tengah.

Candi Borobudur merupakan peninggalan bersejarah nenek moyang kita. Pada bangunan candi terdapat banyak relief yang beberapa menggambarkan tentang kegiatan melaut, alat transportasi yang juga dilukiskan dalam relief Candi Borobudur yang mengisahkan tentang perjalanan Maitrakanyaka, perahu Jawa cerita India, karena sejatinya nenek moyang kita adalah pelaut.¹¹ Seorang pelaut juga paham akan ilmu perbintangan/ilmu astronomi dalam menentukan arah mata angin ketika sedang berlayar.

Dalam penelitian lain juga dibuktikan melalui tanda-tanda alam, yaitu bayangan Matahari yang digunakan sebagai petunjuk arah dan penanda waktu yang digunakan untuk menemukan aspek astronomi yang terdapat pada bangunan

¹⁰ F.X. Sardjono, *Candi di Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta*, (Yogyakarta: YASATRI, 2013), 27.

¹¹ *Ibid.*, 72.

candi Borobudur¹² yang telah dilakukan dan dikerjakan oleh manusia zaman dulu sebagai kebutuhan sehari-hari, seperti kebutuhan ibadah, dan kebutuhan sosial-ekonomi.

Pada bangunan Candi Borobudur terdapat stupa utama yang terletak di puncak bangunan Candi Borobudur, dan stupa-stupa kecil di sekitar stupa utama. Tidak banyak diketahui apa fungsinya, jika dikaitkan dengan ibadah, mungkin itu adalah ibadah untuk para umat Budha. Jika dikaitkan dengan ilmu astronomi terkhusus ilmu astronomi Islam (ilmu falak), itu sangat bisa digunakan untuk mengetahui waktu-waktu yang berkenaan dengan ibadah umat Islam.

Penulis merasa bahwa ini merupakan hal baru yang perlu diteliti guna menambah khazanah keilmuan astronomi Islam (ilmu falak), seperti penentuan awal bulan qomariyah atau hijriyah, waktu salat, arah kiblat, gerhana, ataupun yang lainnya.

Pada aspek ilmu falak yang dibahas pada skripsi ini adalah dalam hal kegiatan ibadah umat Islam, yaitu waktu salat. Penentuan waktu salat yang digunakan nantinya menggunakan beberapa metode ilmiah dan alaminya. Kaitannya dengan bangunan Candi Borobudur, penulis akan mengamati dan mencari literasi mengenai bangunan Candi Borobudur yang terkait dengan aspek ilmu falak.

¹² Hariawang, Irma. I., dkk., *Orientation of Borobudur's East Gate Measured Against The Sunrise Position During The Vernal, Equinox*, Intitut Teknologi Bandung, 2010.

Dari hasil uraian di atas, penulis tertarik untuk mengkaji dan menganalisis, serta mengangkatnya menjadi skripsi yang berjudul “**Aspek Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur dalam Penentuan Awal Waktu Salat**”. Karena tidak banyak orang ketahui bahwa bangunan Candi Borobudur memiliki banyak misteri, dari konstruksi bangunan, sejarah, budaya, dan terkait dengan aspek-aspek astronomi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan pokok-pokok permasalahan dalam penelitian yaitu:

1. Apa sajakah aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur?
2. Bagaimana aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat?

C. Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur.
2. Mengetahui kemungkinan aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu:

1. Sebagai bahan masukan bagi pemerintah dan masyarakat sekitar Candi Borobudur Magelang Jawa Tengah terkait Candi Borobudur sebagai objek penentu awal waktu salat melalui konstruksi bangunannya yang memiliki aspek astronomi.
2. Menambah khazanah keilmuan di bidang astronomi dan astronomi Islam (Ilmu Falak) terkait Candi Borobudur yang bukan hanya bernilai sejarah, budaya, dan sosial saja.
3. Sebagai bahan informasi dan rujukan untuk penelitian selanjutnya.

E. Kajian Pustaka

Sejauh pengamatan dan penelusuran penulis, belum diketahui tulisan maupun penelitian yang secara mendetail membahas tentang “aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat”. Namun demikian, ada beberapa tulisan dan penelitian yang penulis jadikan sebagai kajian pustaka, guna membantu dalam menambah sumber-sumber dan wawasan tentang penulisan tersebut.

Pada penelitian “Peran Ilmu Falak (Astronomi) sebagai Pintu Gerbang Khazanah Intelektual Islam”¹³, menerangkan bahwa manusia terlahir sebagai *khalifah*, sebagai *khalifah* di muka Bumi ini, maka dibutuhkan wawasan keilmuan dan

¹³ Dartim, *Peran Ilmu Falak (Astronomi) sebagai Pintu Gerbang Khazanah Intelektual Islam*, dalam *Jurnal Suhuf*, Vol. 28, No.2, November 2016.

optimalisasi intelektual dalam diri manusia itu sendiri, agar manusia memperhatikan fenomena alam yang terjadi dan meneliti serta mentelaahnya, yaitu dengan memahami Islam sebagai suatu ilmu yang dapat digunakan untuk memecahkan berbagai masalah di dalam realitas sosial. Maka Islam diharapkan mampu menjadi Islam yang *rrahmatanlil'alam* (rahmat bagi seluruh alam).

Umat Islam perlu melakukan pengkajian dan penelitian dalam berbagai disiplin ilmu. Hal ini dapat diawali melalui pengkajian *ilmu astronomi* dan *ilmu falak*, dengan harapan umat Islam mampu memberikan perhatiannya untuk membuka kembali pintu gerbang budaya intelektual yang telah hilang.

Di dalam *ilmu astronomi* dan *ilmu falak* itu, terintegrasikan antara semangat ilmu-ilmu agama dan ilmu-ilmu alam dan *science* secara menyeluruh dan sempurna yang penggunaannya untuk kemakmuran dan kebaikan umat manusia, sehingga umat Islam mampu menjadi umat yang utama dan sesuai dengan cita-cita Al-Qur'an sebagai *rahmatanlil'alam* (rahmat bagi seluruh alam).

Pada penelitian terkait "Perspektif Syar'i dan Sains Awal Waktu Salat"¹⁴, sebagai kesimpulan dari dua sub permasalahan tulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Menurut syara' waktu salat Zuhur adalah apabila posisi Matahari tergelincir, sedang waktu salat Asar apabila bayang-bayang suatu benda sama panjang dengan

¹⁴ Alimuddin, *Perspektif Syar'i dan Sains Awal Waktu Salat*, dalam *Jurnal al-Daulah*, Vol. 1, No. 1, Desember 2012.

bendanya. Sementara waktu salat Magrib adalah ketika Matahari telah terbenam sampai mega merah belum hilang atau selama mega merah masih ada. Adapaun waktu salat Isya yakni mulai ketika hilang mega merah sampai terbit fajar, pada riwayat lain hingga tengah malam atau seperdua malam, dan untuk waktu salat Subuh adalah terbit fajar sampai terbit Matahari.

2. Selanjutnya, menurut sains (astronomi), penetapan hisab awal waktu salat sangat dipengaruhi oleh beberapa hal penting dalam tata koordinat antaranya adalah deklinasi Matahari dan perata waktu. Awal waktu Zuhur dirumuskan sejak seluruh bundaran Matahari meninggalkan meridian, biasanya diambil sekitar 2 derajat setelah lewat tengah hari. Saat berkulminasi atas pusat bundaran Matahari berada di meridian. Awal waktu salat Asar dalam ilmu falak dinyatakan sebagai keadaan tinggi Matahari sama dengan jarak zenith titik pusat Matahari pada waktu berkulminasi ditambah bilangan satu, sedangkan waktu salat Magrib, berarti saat terbenam Matahari (*ghurub*), yaitu seluruh piringan Matahari tidak kelihatan oleh pengamat. Piringan Matahari berdiameter 32' menit busur, setengahnya berarti 16' menit busur. Awal waktu salat Isya, ditandai dengan memudarnya cahaya merah di bagian langit sebelah barat yakni sebagai tanda masuknya gelap malam, tinggi Matahari pada saat itu adalah 18° di bawah ufuk (horizon), sebelah barat dan jarak zenith Matahari adalah 108° ($90^\circ + 18^\circ$), atau $h = 18^\circ$. Adapun awal waktu

salat Subuh dipahami sejak terbit fajar sampai waktu akan terbit Matahari.

Pada tahun 2010, Tim Arkeoastronomi dari Institut Teknologi Bandung, melakukan penelitian selama 2,5 tahun mengenai “Jejak Astronomi di Candi Borobudur.”¹⁵ Dari penelitian tersebut menyimpulkan sebagaimana berikut:

1. Pada penelitian stupa utama candi Budha terbesar di dunia itu berfungsi sebagai *gnomon* (alat penanda waktu) yang memanfaatkan bayangan sinar Matahari. Stupa utama yang merupakan stupa terbesar terletak di pusat candi di tingkat 10 (tertinggi). Stupa utama dikelilingi 72 stupa terawang yang membentuk lintasan lingkaran di tingkat 7,8, dan 9. Bentuk dasar ketiga tingkat itu plus tingkat 10 adalah lingkaran, bukan persegi empat sama sisi seperti bentuk dasar pada tingkat 1 hingga tingkat 6. Jarak antarstupa tidak sama persis. Pengaturan jumlah dan jarak antarstupa diduga memiliki tujuan atau makna tertentu.
2. Sebelum korelasi antara bayangan stupa utama dan stupa terawang diketahui, tim terlebih dahulu menentukan bayangan lurus stupa utama saat Matahari berada di garis khatulistiwa (garis 0 pada grafik lintasan awal musim). Pada saat itu Matahari terbit tepat di titik timur garis dan terbenam tepat di titik barat garis. Hasil ini menunjukkan posisi Borobudur sesuai arah mata angin. Arah utara-selatan menunjuk posisi kutub utara Bumi dan kutub

¹⁵ Irma. I. Hariawang, dkk., *Orientation of Borobudur's*, 1-5.

selatan Bumi, bukan utara-selatan kutub magnet Bumi. Posisi itu ditentukan tanpa bantuan alat penentu posisi global (GPS).

F. Metode Penelitian

1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian kualitatif,¹⁶ dengan fokus kajian lapangan (*field research*),¹⁷ karena di dalam penelitian ini mengulas tentang aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat. Karena bukan hanya dengan menggunakan metode hisab (menghitung/matematis), melainkan pengamatan langsung pada fenomena alam yang terjadi akibat dari suatu objek, yang di mana objek tersebut adalah bangunan Candi Borobudur.

Pendekatan aspek ilmu falak (astronomi) dipakai untuk mengetahui dan mengkaji akurasi dari metode-metode yang digunakan dalam penentuan awal waktu salat pada suatu objek pengamatan, yaitu bangunan Candi Borobudur dan fenomena alam disekitarnya.

2. Sumber dan Jenis Data

¹⁶ Analisis kualitatif pada dasarnya lebih menekankan pada proses deduktif dan induktif serta pada analisis terhadap dinamika antar fenomena yang diamati dengan menggunakan logika ilmiah. Lihat Saifuddin Azwar, *Metode Penelitian*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2004), Cet. Ke-5, 5.

¹⁷ Peneliti berangkat ke ‘lapangan’ untuk mengadakan pengamatan tentang suatu fenomena dalam suatu keadaan alamiah atau ‘in situ’. Lihat Lexy J. Moleong, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, (Bandung: Remaja Rosdakarya, 2004), Edisi Revisi, 26.

Dalam penelitian yang bersifat *field research*, data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber data yang dikumpulkan secara khusus dan berhubungan langsung dengan permasalahan yang teliti.¹⁸ Data primer dalam penelitian ini yaitu hasil dari wawancara dan observasi langsung di Candi Borobudur Magelang Jawa Tengah. Wawancara dilakukan dengan narasumber yang pernah meneliti aspek astronomi di Candi Borobudur dan pihak Taman Wisata Candi (TWC), sedangkan observasi dilakukan untuk memverifikasi metode yang digunakan dalam mencari aspek ilmu falak pada Candi Borobudur yang kemudian digunakan dalam penentuan awal waktu salat (Subuh, Zuhur, Asar, Magrib, dan Isya) di objek tersebut.

Data sekunder adalah data-data yang mendukung data primer yang tidak didapatkan secara langsung oleh peneliti melainkan diperoleh dari orang atau pihak lain yang berupa dokumen, laporan, buku, jurnal, artikel, dan majalan ilmiah yang relevan dengan penelitian.¹⁹ Data sekunder didapat dari berbagai tulisan dan dokumen yang terkait dengan bangunan Candi Borobudur Magelang Jawa Tengah.

3. Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang diinginkan, peneliti menggunakan beberapa metode, antara lain:

¹⁸ Tim Penyusun Fakultas Syari'ah, *Pedoman Penulisan Skripsi*, (Semarang: UIN Walisongo, 2019), 12.

¹⁹ *Ibid.*

a. Wawancara mendalam (*in dept interview*)

Metode wawancara yang digunakan peneliti adalah wawancara mendalam, yaitu suatu cara untuk mengumpulkan data atau informasi dengan cara langsung bertatap muka dengan informan, dengan maksud mendapatkan gambaran lengkap dan mendalam tentang topik yang diteliti.²⁰ Wawancara langsung dilakukan kepada dua informan, yaitu dari pihak pengelola Candi Borobudur dan Tim Arkeoastronomi ITB.

Wawancara pada pihak pengelola Candi Borobudur, nantinya akan menanyakan sejarah Candi Borobudur hingga sampai menanyakan terkait adanya aspek ilmu falak (astronomi) yang terdapat pada bangunan Candi Borobudur. Selain itu, wawancara juga dilakukan kepada pihak yang lain, yaitu ketua tim arkeoastronomi/anggota tim yang lain terkait hasil dari penelitiannya pada tahun 2010 tentang jejak astronomi Candi Borobudur.

b. Observasi

Teknik pengumpulan data observasi adalah pengamatan langsung terhadap objek untuk mengetahui keberadaan objek, situasi, konteks, dan maknanya dalam upaya mengumpulkan data penelitian.²¹ Data observasi ini penulis gunakan

²⁰ Burhan Bungin, *Metode Penelitian Kualitatif*, (Jakarta: Raja Grafindo Persada, 2001), 157-158.

²¹ Djam'an Satori dan Aan Komariah, *Metode Penelitian Kualitatif*, (Bandung: Alfabeta, 2009), 105.

sebagai data penguat sekaligus pendukung dari data hasil wawancara yang mendalam. Data observasi ini dilakukan secara langsung dan tidak langsung.²²

Selain itu peneliti juga mengamati dan mencatat secara sistematis terhadap fenomena yang terjadi akibat dari objek tersebut dalam penentuan awal waktu salat. Penulis akan menggunakan metode perhitungan matematis dalam penentuan awal waktu salat, serta observasi secara langsung menggunakan alat optik (teleskop/theodolit) dan kamera sebagai alat pendukung dari hasil perhitungan.

c. Dokumentasi

Metode dokumentasi merupakan pelengkap dari penggunaan metode observasi dan wawancara. Metode dokumentasi yaitu mengumpulkan dokumen dan data-data yang diperlukan dalam permasalahan penelitian lalu ditelaah secara intens sehingga dapat mendukung dan menambah kepercayaan dan pembuktian suatu kejadian.²³

Pada teknik ini, penulis akan mencari literasi berupa data-data terkait aspek ilmu falak dan terutama tentang bangunan Candi Borobudur. Materi ilmu falak dan awal waktu salat, penulis menggunakan data-data pustaka, sedangkan tentang bangunan Candi Borobudur penulis menggunakan data-data

²² Secara langsung adalah terjun ke lapangan terlibat seluruh panca indera. Secara tidak langsung adalah pengamatan yang dibantu melalui media visual/audiovisual, misalnya teleskop, handycam, dan lain-lain. Lihat *Ibid.*, 105.

²³ Djam'an Satori dan Aan Komariah, *Metode Penelitian*, 149.

pustaka yang terdapat pada pengelola Taman Wisata Candi (TWC) di Balai Konservasi Borobudur, serta data-data hasil penelitian di lapangan.

4. Teknis Analisi Data

Setelah data terkumpul maka terlebih dahulu dilakukan uji keabsahan atau validitas data, kemudian baru dilakukan analisis data.²⁴ Analisis data adalah proses mengorganisasikan dan mengurutkan data ke dalam pola, kategori, dan satuan uraian dasar sehingga dapat ditemukan tema dan dapat dirumuskan hipotesa kerja seperti yang disarankan oleh data.²⁵ Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif maka analisis data juga menggunakan analisis data kualitatif.²⁶ Adapun teknis analisis data yang penulis gunakan setelah data-data terkumpul yaitu dengan menggunakan metode deskriptif analiti dan verifikatif.²⁷

Penulis berupaya mendeskripsikan dan menganalisis aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat, kemudian melakukan verifikasi terhadap hasil pengamatan dan perhitungan

²⁴ Lexy J. Moleong, *Metodologi*, 330.

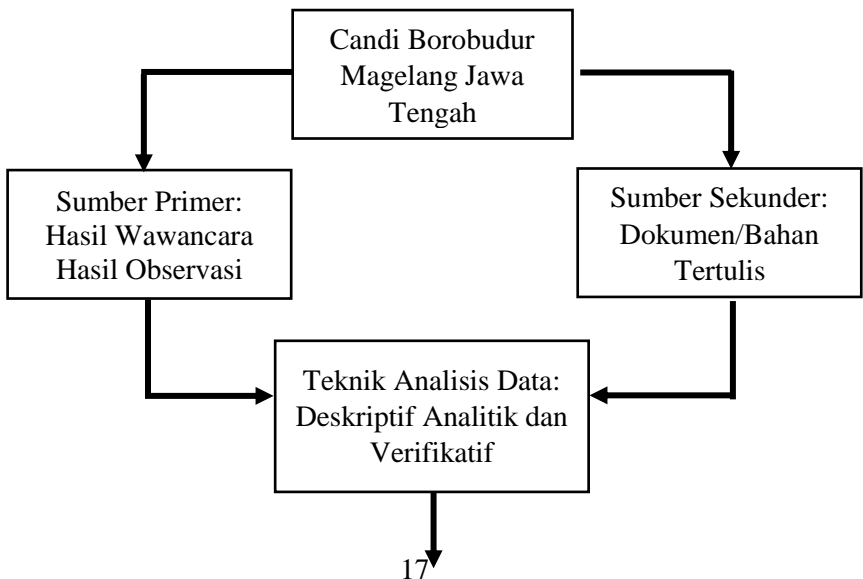
²⁵ *Ibid.*, 280.

²⁶ Analisis data Kualitatif yaitu upaya yang dilakukan dengan jalan bekerja dengan data, mengorganisasikan data, memilah-milihnya menjadi satuan yang dapat dikelola, mensistesisikannya, mencari dan menemukan pola, menemukan apa yang penting dan apa yang dipelajari, dan memutuskan apa yang daoat diceritakan kepada orang lain. *Ibid.*

²⁷ Metode penelitian yang melakukan penuturan, analisis, dan mengklarifikasikan data dan informasi yang diperoleh dengan berbagai teknik seperti survey, wawancara, observasi, angket, kuesioner, studi kasus, dan lain-lain. Lihat Winarno Surakhmad, *Dasar dan Teknik Research (Pengantar Metodologi Ilmiah)*, (Bandung: Tarsito, 1972), 96.

ulang yang dilakukan untuk menentukan awal waktu salat di objek tersebut, dan akhirnya ditarik kesimpulan.

Analisis aspek ilmu falak digunakan untuk mengetahui dan mengkaji akurasi dari metode-metode yang digunakan dalam penentuan awal waktu salat, sedangkan analisis awal waktu salat digunakan untuk menentukan letak aspek ilmu falak dan kebermanfaatannya Candi Borobudur untuk digunakan sebagai objek penelitian astronomi Islam dalam hal kegiatan-kegiatan ibadah umat Islam.



Hasil Penelitian:
Menemukan Aspek Ilmu Falak pada Bangunan Candi
Borobudur dalam Penentuan Awal Waktu Salat.

G. Sistematika Penulisan

Dalam sistematika pembahasan skripsi ini meliputi lima bab, antara lain secara globalnya sebagai berikut:

Bab pertama adalah pendahuluan. Bab ini berisi gambaran umum tentang penelitian yang meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kajian pustaka, metodologi penelitian, dan sistematika penelitian.

Bab kedua adalah gambaran umum tentang pengertian, dasar hukum, teori, dan metode penentuan. Bab ini merupakan landasan teori yang akan digunakan untuk membahas bab-bab selanjutnya. Bab ini terdiri dari dua sub. Pertama membahas tentang ilmu falak dan awal waktu salat. Kedua membahas tentang batasan waktu salat, dan metode penentuan waktu salat.

Bab ketiga adalah gambaran umum tentang bangunan Candi Borobudur. Bab ini membahas tentang aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur, yang meliputi sejarah bangunan Candi Borobudur Magelang Jawa Tengah, kepengurusan Candi Borobudur, lokasi dan struktur bangunan Candi Borobudur, aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur, dan konsep aplikatif ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat.

Bab keempat adalah analisis dan data hasil penelitian tentang aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat, yang meliputi pengukuran arah mata angin bangunan Candi Borobudur dengan menggunakan *vernal equinox*, *google earth*, kompas magnetik, serta pengukuran awal waktu salat dengan menggunakan tongkat Istiwâ' alternatif.

Bab kelima adalah penutup. Bab ini berisi kesimpulan yang merupakan hasil pemahaman, penelitian, dan pengkajian terhadap pokok masalah, saran-saran, dan penutup.

BAB II

ILMU FALAK DAN AWAL WAKTU SALAT

A. Ilmu Falak

1. Pengertian Ilmu Falak

Menurut bahasa, “falak” berasal dari bahasa Arab yang mempunyai arti orbit atau lintasan benda-benda langit (*madar al-nujum*).²⁸ Menurut istilah ilmu falak yaitu ilmu yang membahas mengenai garis edar benda-benda langit (Bumi, Bulan, dan Matahari) yang masing-masing berjalan sesuai orbitnya. Dengan orbit tersebut dapat digunakan untuk mengetahui posisi maupun kedudukan benda-benda langit antara satu dengan yang lain.²⁹

Menurut Howard R. Turner yang dikutip oleh Ahmad Izzuddin, oleh kaum Muslim abad pertengahan ilmu falak disebut juga ilmu *miiqaat*/sains penentu waktu, yaitu sains mengenai waktu-waktu tertentu yang diterapkan melalui pengamatan langsung dan menggunakan alat serta melalui perhitungan matematis dalam rangka menentukan salat lima waktu, matahari tenggelam, malam, fajar, lewat tengah malam, dan sore.³⁰

Muhammad Wardan mendefinisikan ilmu falak sebagai pengetahuan yang mempelajari tentang benda-benda langit seperti Matahari, Bulan, Bintang-bintang, dan

²⁸ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 1.

²⁹ *Ibid.*

³⁰ *Ibid.*

Bumi, baik mengenai letak, bentuk, ukuran, lingkaran, dan sebagainya.³¹

Ilmu Falak dalam pandangan Ibn Khaldun yang dikutip oleh Slamet Hambali yaitu ilmu yang mempelajari tentang pergerakan bintang-bintang dan planet-planet, dan juga tentang bagaimana pergerakan dan kedudukannya. Untuk mengetahui prediksi yang terjadi, bisa menggunakan teori teori perhitungan *geometri*.³²

Bagi umat Islam, benda langit yang diperlukan untuk praktek ibadah adalah Matahari, Bulan, dan Bumi dalam tinjauan posisi-posisinya sebagai akibat dari gerakannya (*astromekanika*). Hal ini karena perintah ibadah yang berkaitan dengan waktu dan cara pelaksanaannya melibatkan posisi dan kedudukan benda-benda langit tersebut.³³ Sebagaimana ibadah yang sering kita lakukan setiap hari yaitu tentang awal dan akhir waktu salat.

Dengan bahasa lain, bahwa ilmu falak yaitu ilmu yang mempelajari tentang lintasan benda-benda langit, khususnya Bumi, Bulan, dan Matahari dalam garis edarnya masing-masing, untuk diperoleh fenomenanya dalam rangka kepentingan manusia, khususnya umat Islam dalam hal menentukan waktu-waktu yang berkaitan dengan ibadah (*ibadah mahdhah*)³⁴

³¹ Muhammad Wardan, *Kitab Ilmu Falak dan Hisab*, (Yogyakarta, tp 1957), 5.

³² Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1*, (Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011), 2.

³³ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, 2.

³⁴ Watni Marpaung, *Pengantar Ilmu Falak*, (Jakarta: Pranada Media Group, 2015), Cet. 1, 2.

Dari beberapa definisi yang telah diuraikan di atas, bahwa kajian dan pembahasan ilmu falak tidak terlepas dari benda-benda langit (Matahari, Bulan, dan Planet-planet) baik gerak dan kedudukannya maupun hubungan keteraturan antar satu benda langit dengan benda langit lainnya.

2. Hukum Mempelajari Ilmu Falak

Mengingat betapa besar faedah ilmu falak dalam kehidupan kita, terutama jika dikaitkan dengan pelaksanaan ibadah. Dalam hal ini para Ulama berbeda dalam menetapkan hukumnya, di antaranya adalah apa yang dikemukakan oleh Ibnu Hajar al-Haitamiy dalam kitabnya *al-Fatawa al-Hadisiyah* menjelaskan:

العلوم المتعلقة بالنجوم منها ما هو واجب كالا استدلال
 عل القبلة والقبلة الاوقات واختلاف المطالع واتحاده
 ونحو ذلك , ومنها ما هو جائز كالا استدلال على منازل
 القمر وعروض البلاد ونحوها ومنها ما هو حرام كالا
 استدلال وقوع الاشياء المغييلة.³⁵

“Ilmu yang berkaitan dengan bintang di antaranya wajib dipelajari, seperti ilmu yang dapat menunjukkan arah kiblat, waktu-waktu salat, bersatu dan mathla’ dan lain-lainnya. Adapula yang mubah mempelajarinya, seperti ilmu yang dapat menunjukkan manzil bulan, lintang geografis dan lain-lainnya. Dan

³⁵ Ibnu Hajar al-Haitamiy, *al-Fatawa al-Haditsiyah*, (Mesir : Musthafa alBabiy al-Halabiy, 1356 H), 40.

adapula yang haram mempelajarinya, seperti ilmu yang dapat menunjukkan kejadian yang gaib-gaib”.

Para ulama, misalnya Ibn Hajar dan Ar-Ramli yang dikutip oleh Slamet Hambali berkata bahwa mempelajari ilmu hisab bagi orang yang hidup dalam kesendirian hukumnya menjadi fardhu ‘ain, sedangkan bagi masyarakat banyak hukumnya fardhu kifayah.³⁶

B. Fiqh Awal Waktu Salat

1. Pengertian Salat

Salat menurut bahasa (*lughat*) berasal dari kata *صلى* صلاة – *يُصلي* – yang mempunyai arti doa³⁷, sebagaimana dalam surat at-Taubat [9] ayat 103. Salat juga mempunyai arti rahmat, dan juga mempunyai arti memohon ampunan seperti terdapat dalam surat al-Ahzab [33] ayat 56.

Menurut istilah salat yaitu suatu ibadah yang mengandung ucapan dan perbuatan yang dimulai dengan takbiratul ihram dan diakhiri dengan salam, dengan syarat-syarat tertentu.³⁸

2. Dasar Awal Waktu Salat

Secara syariat, salat yang diwajibkan (*salat maktubah*) mempunyai waktu-waktu yang telah ditentukan

³⁶ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1*, 7.

³⁷ Ahmad Warson Munawwir, *Al-Munawwir : Kamus Arab-Indonesia*, (Surabaya : Pustaka Progressif, 1997), 792.

³⁸ Imam Taqiyuddin Abi Bakar Bin Muhammad al-Husaini, *Kifayatul Akhyar fi Halli Gayatul Ikhtisar, Juz I*, (Surabaya: Dar al-Kitab al-Islam, tt), hlm. 82. Lihat juga Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, 77.

sehingga terdefinisi sebagai *ibadah muwaqqat*).³⁹ Adapun dasar waktu salat antara lain:

a. Surat an Nisa [4] ayat 103

إِنَّ الصَّلَاةَ كَانَتْ عَلَى الْمُؤْمِنِينَ كِتَابًا مَّوْقُوتًا^{١٠٣}

“*Sesungguhnya salat itu adalah yang ditentukan waktunya atas orang-orang yang beriman*” (QS. 4 [An Nisa’]: 103)⁴⁰

Dalam Tafsir al-Misbah, kata (كتباً موقوتاً) kitabān mauqūtan dalam ayat tersebut dimaknai sebagai salat merupakan kewajiban yang konstan atau tidak berubah, harus selalu dikerjakan, dan tidak pernah gugur oleh sebab apapun.⁴¹

Pendapat lain juga di jelaskan dalam Tafsir Ibnu Katsir, bahwa firman Allah Ta’ala “*Sesungguhnya salat itu merupakan kewajiban yang ditentukan waktunya bagi kaum mukmin*”, yakni difardukan dan ditentukan waktunya seperti ibadah haji. Maksudnya itu, jika waktu salat pertama habis maka salat yang kedua tidak bisa lagi sebagai waktu salat sebelumnya, namun ia milik waktu salat selanjutnya. Pendapat lain mengatakan “*silih berganti jika yang satu tenggelam,*

³⁹ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, 78.

⁴⁰ Departemen Agama RI, *Al-Quran dan Terjemahannya*, 95.

⁴¹ M.Quraisy Syihab, *Tafsir al-Misbah*, (Vol. 2, Jakarta : Lentera Hati, 2005), 570.

maka yang lain muncul”, artinya jika suatu waktu berlalu, maka muncul waktu yang lain.⁴²

Dari beberapa tafsiran di atas dapat disimpulkan bahwa waktu salat sudah ditentukan waktunya. Waktu antar salat yang satu dengan berikutnya saling bergantian. Tidak sembarang waktu untuk dikerjakan, sudah jelas diterangkan di dalam dalil-dalil Al-Qur’an.

b. Surat Thaha [20] ayat 130

فَأَصْبِرْ عَلَىٰ مَا يَقُولُونَ وَسَبِّحْ بِحَمْدِ رَبِّكَ قَبْلَ طُلُوعِ
الشَّمْسِ وَقَبْلَ غُرُوبِهَا وَمِنْ آنَاءِ اللَّيْلِ فَسَبِّحْ
وَأَطْرَافَ النَّهَارِ لَعَلَّكَ تَرْضَىٰ ۝١٣٠

*“Dan bertasbilah dengan memuji tuhanmu, sebelum terbit Matahari dan sebelum terbenamnya dan bertasbih pulalah pada waktu-waktu di malam hari dan pada waktu-waktu di siang hari, supaya kamu merasa senang” (QS. 40 [Thaha]: 130)*⁴³

Dalam Tafsir al-Qur’anul Majid an-Nur dijelaskan bahwa surat Thaha ayat 130 tersebut memerintahkan supaya orang Muslim selalu menyucikan Allah Swt dengan melakukan salat, sebelum Matahari terbit (waktu Subuh), sebelum terbenamnya Matahari (waktu Asar), pada beberapa waktu di malam hari (waktu Magrib dan Isya) serta beberapa waktu di siang hari

⁴² Maduddin Abul Fida Ismail bin Umar bin Katsir, *Tafsir Ibnu Katsir. Jilid 3*, (Jakarta: Gema Insani), 292.

⁴³ Departemen Agama RI, *Al-Quran dan Terjemahannya*, 320.

(waktu Zuhur). Orang-orang Muslim akan memperoleh keridaan hati dan ketenangan karena menjalankan salat pada waktu-waktu yang telah ditentukan.⁴⁴

c. Surat al Isra [17] ayat 78

أَقِمِ الصَّلَاةَ لِذُلُوكِ الشَّمْسِ إِلَى غَسَقِ اللَّيْلِ وَقُرْءَانَ
الْفَجْرِ إِنَّ قُرْءَانَ الْفَجْرِ كَانَ مَشْهُودًا ۝۷۸

“Dirikanlah salat dari sesudah Matahari tergelincir sampai gelap malam dan (dirikanlah pula salat) subuh. Sesungguhnya salat subuh itu disaksikan (oleh malaikat)” (QS. Al Isra [17]: 78)⁴⁵

Dalam Tafsir al-Ahkam dijelaskan bahwa semua mufasir telah sepakat, bahwa ayat ini menerangkan salat yang lima. Dalam menafsirkan (لدلوك الشمس) terdapat dua perkataan. Pertama, tergelincir atau condongnya Matahari dari tengah langit. Demikian diterangkan Umar bin Khattab dan putranya, Abu Hurairah, Ibnu Abbas, Hasan, Sya’bi, Atha’, Mujahid, Qatadah, Dhahhaq, Abu Ja’far, dan ini pula yang dipilih Ibnu Jarir. Kedua, terbenam Matahari. Demikian diterangkan Ali, Ibnu Mas’ud, Ubai bin Ka’ab, Abu Ubaid dan yang telah diriwayatkan dari Ibnu Abbas.⁴⁶

d. Surat Hud [11] ayat 114

⁴⁴Teungku Muhammad Hasbi ash-Shiddieqy, *Tafsir Al-Qur’anul Majid an-Nur*, (Jilid III, Semarang :Pustaka Rizki Putra, 2000), Cet. II, 258.

⁴⁵Departemen Agama RI, *Al-Quran dan Terjemahannya*, 290.

⁴⁶Abdul Halim Hasan, *Tafsir al-Ahkam*, (Jakarta: Kencana, 2006), 521.

وَأَقِمِ الصَّلَاةَ طَرَفِي النَّهَارِ وَزُلْفَا مِّنَ اللَّيْلِ إِنَّ الْحَسَنَاتِ
يُذْهِبْنَ السَّيِّئَاتِ ذَلِكَ ذِكْرٌ لِلذَّكِرِينَ ۝٤٧

“Dan dirikanlah sembahyang itu pada kedua tepi siang (pagi dan petang) dan pada bagian permulaan daripada malam” (QS. Hud [11]: 114)⁴⁷

Kata زلفا bentuk jamak dari kata زلفة yaitu waktu-waktu yang saling berdekatan bagian dari malam (dalam arti awal waktu setelah terbenamnya Matahari).⁴⁸ Ayat tersebut mengandung perintah untuk melaksanakan salat dengan teratur dan benar sesuai dengan ketentuan rukun, syarat dan sunah. Adapun yang dimaksud dengan ”pada kedua tepi siang” yakni pagi dan petang, Subuh, Zuhur, dan Asar. Sedangkan yang dimaksud dengan ”pada bagian permulaan dari malam” yaitu Magrib dan Isya.⁴⁹

d. Hadis riwayat Jabir bin Abdullah r.a.

عن جابر عبد الله رضى الله عنه قال ان النبي صلى الله عليه وسلم جاءه جبريل عليه السلام فقال له قم فصله فصلى الظهر حتى زالت الشمس ثم جاءه العصر فقال قم فصله فصلى العصر حين صار ظل كل شئ مثله ثم جاءه المغرب فقال قم فصله فصلى المغرب حين وجبت

⁴⁷ Departemen Agama RI, *Al-Quran dan Terjemahannya*, 234.

⁴⁸ Achmad Warson Munawwir, *Al-Munawwir*, 579-580.

⁴⁹ Imam Abi al-Qasim Jarullah Muhammad bin Umar bin Muhammad al-Zamakhsyary, *al-Kasyaf 'an Haqaiq Giwamid al-Tanzil wa Uyun al-Aqawil fi Wajwi al-Ta'wil, Jilid II*, (Beirut - Libanon : Dar alKutub al-Alamiah, tt.), 418.

الشمس ثم جاءه العشاء فقال قم فصله فصلى العشاء حين غاب الشفق ثم جاءه الفجر فقال قم فصله فصلى الفجر حين برق الفجر وقال سطع البحر ثم جاءه بعد الغد الظهر فقال قم فصله فصلى الظهر حين صار ظل كل شئ مثله ثم جاءه العصر فقال قم فصله فصلى العصر حين صار ظل كل شئ مثله ثم جاءه المغرب وقات واحدالم يزل عنه ثم جاءه العشاء حين ذهب نصف الليل او قال ثلث الليل فصلى العشاء حين جاءه للفجر حين اسفر جدا فقال قم فصله فصلى الفجر ثم قال ما بين هذين الوقتين وقت (رواه احمد والنسائى والترمذى ينحوه)⁵⁰

Dari Jabir bin Abdullah r.a. berkata telah datang kepada Nabi SAW, Jibril a.s. lalu berkata kepadanya; bangunlah! Lalu salatlah, kemudian Nabi SAW salat Zuhur di kala Matahari tergelincir. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu Asar lalu berkata: bangunlah lalu salatlah! Kemudian Nabi SAW salat Asar di kala baying-bayang sesuatu sama dengannya. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu Magrib lalu berkata: bangunlah lalu salatlah! Kemudian Nabi SAW salat Magrib di kala Matahari terbenam. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu Isya lalu berkata: bangunlah dan salatlah! Kemudian Nabi SAW salat Isya di kala Matahari telah terbenam. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu fajar lalu berkata: bangunlah dan salatlah! Kemudian Nabi SAW salat fajar di kala fajar menyingsing. Ia berkata: di waktu fajar bersinar. Kemudian ia datang pula esok harinya pada waktu Zuhur, kemudian Nabi SAW salat Zuhur di kala baying-bayang sesuatu sama dengannya. Kemudian datang lagi kepadanya di

⁵⁰ Al-Hafiz Jalal al-Din al-Suyuthi, *Sunan al-Nisa'i*, (Beirut-Lebanon: Dâr al-Kutub al-Alamiyah, t.th.), 263.

waktu Asar dan ia berkata: bangunlah dan salatlah! Kemudian Nabi SAW salat Asar di kala bayang-bayang Matahari dua kali sesuatu itu. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu Magrib dalam waktu yang sama, tidak bergeser dari waktu yang sudah. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu Isya di kala telah lalu separuh malam, atau ia berkata: telah hilang sepertiga malam, kemudian Nabi SAW salat Isya. Kemudian ia datang lagi kepadanya di kala telah bercahaya benar dan ia berkata: bangunlah lalu salatlah! Kemudian Nabi salat fajar. Kemudian Jibril berkata: saat dua waktu itu adalah waktu salat. (HR. Imam Ahmad, Nasà'i dan Thirmidzi)

Hadis tersebut menunjukkan bahwa sesungguhnya salat itu mempunyai dua waktu, kecuali waktu Magrib. Salat tersebut mempunyai waktu-waktu tertentu. Adapun permulaan waktu salat Zuhur adalah tergelincirnya Matahari, dan tidak ada perbedaan pendapat dalam hal ini. Sedang akhir waktu salat Zuhur adalah ketika bayang tiap-tiap benda sama dengan panjang benda tersebut.⁵¹

f. Hadis riwayat Abdullah bin Amr r.a.

وَعَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عَمْرٍو رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا، أَنَّ النَّبِيَّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: وَقْتُ الظُّهْرِ: إِذَا زَالَتْ الشَّمْسُ، وَكَانَ ظِلُّ الرَّجُلِ كَطَوْلِهِ، مَا لَمْ تَحْضُرِ الْعَصْرُ، وَوَقْتُ الْعَصْرِ: مَا لَمْ تَصْفَرَ الشَّمْسُ، وَوَقْتُ صَلَاةِ الْمَغْرِبِ: مَا لَمْ يَغِبِ الشَّفَقُ، وَوَقْتُ صَلَاةِ

⁵¹ Muhammad bin Ali bin Muhammad al-Syaukany, *Nail al-Autar min Asrar Muntanaq al- Akhbar, Jilid I*, (Beirut-Libanon : Dar al-Kutub al-Araby, tt), 438.

الْعِشَاءِ: إِلَى نِصْفِ اللَّيْلِ الْاَوْسَطِ, وَوَقْتُ صَلَاةِ
الصُّبْحِ: مِنْ طُلُوعِ الْفَجْرِ مَا لَمْ تَطْلُعِ الشَّمْسُ⁵²

“Dari Abdulah bin Amar r.a. berkata: Sabda Rasulullah SAW; waktu Zuhur apabila tergelincir Matahari, sampai bayang-bayang seseorang sama dengan tingginya, yaitu selama belum datang waktu Asar. Dan waktu Asar selama Matahari belum menguning. Dan waktu Magrib selama Syafaq belum terbenam (mega merah). Dan sampai tengah malam yang pertengahan. Dan waktu Subuh mulai fajar menyingsing sampai selama Matahari belum terbit.”

Berdasarkan hadis di atas maka sudah menjadi ijma dikalangan para fuqaha bahwa “masuknya waktu” merupakan salah satu syarat sahnya salat. Berdasarkan bunyi teks hadis di atas dapat diketahui bahwa salat yang diwajibkan ada lima waktu, yaitu Zuhur, Asar, Magrib, Isya dan Subuh dengan batasan waktu yang didasarkan pada gerak semu Matahari sehari semalam.⁵³

3. Batasan Waktu Salat

Dari uraian dasar tersebut dapat diperinci ketentuan-ketentuan awal waktu salat sebagai berikut:

a. Waktu Salat Fajar (Subuh)

⁵² Imam Abi al-Husain Muslim bin al-Hallaj al-Quraissy, *Shahih Muslim*, (Beirut-Libanon: Dar al-Kutub al-Alamiyah, tt), 427.

⁵³ Maskufa, *Ilmu Falak*, (Jakarta: GP Press, 2009), 95.

Waktu Subuh adalah sejak terbit *Fajar Shidiq*⁵⁴ sampai pada terbit Matahari.

Fajar dalam istilah bahasa Arab bukanlah Matahari, melainkan cahaya putih sedikit terang yang menyebar di ufuk Timur sesaat sebelum Matahari terbit. Fajar terbagi menjadi dua macam, yaitu fajar kazib dan fajar shadiq. Fajar kazib berarti fajar ‘bohong’, yaitu fajar yang muncul sebelum fajar shadiq, sedangkan fajar shadiq yaitu fajar yang benar yaitu cahaya putih agak terang yang menyebar di ufuk timur sebelum Matahari terbit. Fajar ini memberikan tanda masuknya waktu Subuh.⁵⁵

Berdasarkan hadis dari Ibnu Abbas yang diriwayatkan oleh Ibnu Khuzaimah dan Al-Hakim :

الفجر فجران فجر يحرم الطعام و تحل فيه الصلاة
 , وفجر تحرم فيه الصلاة أي صلاة الصبح ويحل فيه
 الطعام⁵⁶

“Fajar itu ada dua macam. Pertama, fajar yang mengharamkan makan dan menghalalkan salat. Kedua, fajar yang mengharamkan salat dan menghalalkan makan..” (HR. Ibnu Khuzaemah dan Al Hakim)

⁵⁴ *Fajar Shidiq* dalam ilmu falak dipahami sebagai awal *Astronomical Twilight* (Fajar Astronomi), cahaya ini mulai muncul di ufuk timur menjelang terbit Matahari pada saat Matahari berada sekitar 18 derajat di bawah ufuk (atau jarak Zenith Matahari=108 derajat). Pendapat lain menyatakan bahwa terbitnya *Fajar Shidiq* dimulai pada saat posisi Matahari 20 derajat di bawah ufuk atau jarak Zenith Matahari=110 derajat.

⁵⁵ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1*, 124.

⁵⁶ Al-Hafizh Ibn Hajar Al-Asqalani, *Bulughul Maram*, (Semarang: Pustaka ‘Alawiyah, t.t), 45.

Waktu berakhirnya salat subuh yaitu waktu terbit Matahari, yang ditandai dengan posisi Matahari berada pada ketinggian Matahari -1 derajat di sebelah Timur.⁵⁷

b. Waktu Salat Zuhur

Waktu salat Zuhur dimulai sejak Matahari tepat berada di atas kepala namun sudah mulai agak condong ke barat. Istilah yang sering digunakan dalam terjemahan bahasa Indonesia adalah tergelincirnya Matahari. Sebagai terjemahan bebas dari kata *zawalus syamsi*.⁵⁸ Pendapat lain juga menjelaskan bahwa Yang dimaksud *Zawal al-Syamsi* (tergelincirnya Matahari) ialah apa yang tampak oleh kita, dan bukan yang berlaku dalam kenyataan.⁵⁹

Biasanya posisi ini diambil sekitar menit setelah lewat tengah hari. Saat berkulminasi atas pusat bundaran Matahari berada di Meridian. Dalam kenyataannya, untuk memudahkan, waktu tengah cukup diambil waktu tengah antara Matahari terbit dan terbenam.⁶⁰

c. Waktu Salat Asar

⁵⁷ Murtadho, *Ilmu Falak Praktis*, (Malang: UIN Press, 2008), 187.

⁵⁸ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1*, 125-126.

⁵⁹ Imam Taqiyuddin Abi Bakar Bin Muhammad al-Husaini, *Kifayatul Akhyar fi*, 182.

⁶⁰ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1*, 127.

Waktu salat Asar dimulai sejak bayangan suatu benda lebih panjang dari benda itu tanpa memperhitungkan bayangan yang tampak ketika Matahari tergelincir. Waktu ini berakhir hingga Matahari terbenam. Menurut Al-Husaini memberikan batasan waktu salat Asar sebagai berikut :

والعصر واول وقتها زيادة على ظل المثل و اخره فى
الإختيار الى ظلا لمتلين , وفى الجواز الى غروب
الشمس⁶¹

“Awal waktu Asar adalah bertambahnya bayang-bayang suatu benda sama dengan panjang benda tersebut. Dan akhir waktu Asar dalam waktu ikhtiar adalah hingga bayang-bayang benda dua kali lipat dari panjang benda tersebut dan dalam waktu jawaz adalah hingga tenggelamnya Matahari”.

Jika bayang-bayang suatu benda telah sepadan dengan panjang benda itu, maka itu yang dikatakan akhir waktu Zuhur dan permulaan waktu Asar (menurut hadis Nabi). Akhir waktu Asar dalam waktu ikhtiar (pilihan), yaitu hingga bayang-bayang benda itu dua kali lipat dan akhir waktunya di dalam waktu jawaz (boleh) ialah hingga terbenamnya Matahari.⁶²

⁶¹ Imam Taqiyuddin Abi Bakar Bin Muhammad al-Husaini, *Kifayatul Akhyar fi*, 82.

⁶² *Ibid.*, 182- 183.

d. Waktu Salat Magrib

Waktu Maghrib dimulai sejak tenggelamnya seluruh bundaran Matahari dan berakhir dengan hilangnya mega merah. Berdasarkan hadis dari Salamah r.a:

كنا نصلّى مع النبي المغرب اذا توارات بالحجاب
(رواه : بخارى ومسلم)⁶³

“Kami biasa salat Magrib bersama Nabi Saw jika telah terbenam Matahari”

Ulama mazhab Malikiyah sepakat bahwa waktu Magrib dimulai sejak terbenamnya Matahari (ghurub). Terbenam (ghurub) didefinisikan ketika seluruh piringan Matahari telah terbenam dan tidak terlihat lagi, baik dari dataran rendah maupun pegunungan. Akhir waktu Magrib menurut mazhab Malikiyah terdapat beberapa pendapat di antaranya yaitu pertama, berdasarkan salah satu qaul Imam Malik ibn Anas yaitu bahwa lama waktu Magrib akan berakhir sekiranya cukup untuk bersuci, berpakaian, azan, iqamat, dan melaksanakan salat sebanyak 3 rakaat. Kedua, pendapat Imam Malik dalam kitab al-Muwatta’ yang menyatakan bahwa

⁶³ Imam Abi al-Husain Muslim bin al-Hajjaj al-Qusyairy, Shahih, 199.

waktu Magrib berakhir saat hilangnya syafaq (awan) merah.⁶⁴

e. Waktu Salat Isya

Menurut beberapa hadis, masuknya waktu Isya bersama dengan hilangnya mega merah. Ibnu Rif'ah mengatakan, ketentuan tersebut berdasarkan ijmak ulama. Di dalam satu qaul dikatakan bahwa waktu ikhtiar untuk salat Isya itu hingga lewat separuh malam. Berdasarkan sabda Nabi Muhammad Saw:

عن عبدالله بن عمر رضي الله عنه ان النبي صلى الله عليه وسلم قال : ووقت صلاة العشاء الى نصف الليل الأوسط (رواه : مسلم)⁶⁵

“Dari Abdullah bin Umar ra. Nabi Muhammad Saw bersabda: Waktu salat Isya itu hingga separuh malam”.

Imam Syafi'i mengatakan bahwa al-syafaq adalah warna merah di langit. Kemudian terbenamnya warna merah itu jelas di kebanyakan tempat. Sedangkan orang-orang yang bertempat tinggal di suatu tempat yang malamnya pendek dan tidak melihat terbenamnya warna merah, maka hendaknya melaksanakan salat Isya apabila

⁶⁴ Syekh Abdurrahman Al-Jaziri, *Kitab Salat Fikih Empat Mazhab (Syafi'iyah, Hanafiah, Malikiyah, dan Hambaliah)*, (Jakarta: Hikmah (PT Mizan Publika), 2011), 20.

⁶⁵ Al-Hafidh bin Hajar al-'Asqalaniy, *Bulugul*, 42.

diperkirakan telah berlalu waktu hilangnya warna merah di langit di negeri terdekat.⁶⁶

4. Metode Penentuan Waktu Salat

Menurut Ahmad Izzuddin, metode penetapan arah kiblat dikelompokkan berdasarkan tipologi dibagi menjadi tiga metode, yaitu metode alamiyah, alamiyah ilmiah, dan ilmiah alamiyah.⁶⁷ Menurut penulis, ketiga metode tersebut juga dapat digunakan dalam kajian penentuan aspek ilmu falak yang lain, seperti penentuan awal bulan qomariyah dan syamsiyah, waktu salat, dan gerhana Matahari dan Bulan. Adapun aplikasi dari metode tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Alamiyah (natural)

Disebut alamiyah karena murni penentuan awal waktu salat menggunakan metode pengamatan secara langsung melihat benda langit sebagai pedoman.

1) Matahari

Matahari adalah salah satu benda langit yang paling utama digunakan dalam penentuan waktu salat secara alamiyah.

Salat adalah ibadah yang tidak bisa ditinggalkan, karena merupakan kewajiban bagi seluruh umat muslim dan merupakan perintah langsung dari Allah Swt. yang diberikan kepada

⁶⁶ al -Zamakhsyary, *al-Kasyaf 'an Haqaiq*, 418.

⁶⁷ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Kementerian Agama RI, Direktorat Jenderal Pendidikan Islam, Direktorat Pendidikan Tinggi Islam, 2012), Cet. 1, 146-147.

Nabi Muhammad SAW., ketika melaksanakan *Isra' Mi'raj* yang terjadi pada 27 Rajab tahun 12 sesudah kenabian.⁶⁸

2) Tongkat Istiwâ'

Tongkat Istiwâ' adalah sebuah alat bantu yang bisa terbuat dari besi, kayu atau benda lain yang ditancapkan di tengah-tengah lingkaran dalam posisi tegak lurus sebagai titik pusatnya.⁶⁹ Dalam penentuan waktu salat (Zuhur dan Asar), tongkat Istiwâ' bisa juga ditancapkan/diletakkan di tempat manapun dengan posisi tongkat tegak lurus dengan benda tersebut memiliki permukaan yang rata (untuk mengecek rata tidaknya bisa menggunakan *waterpass*).

b. Alamiyah Ilmiah

Metode alamiyah ilmiah didasarkan pada kejadian atau fenomena alam yang kemudian dimanfaatkan untuk menentukan waktu salat dengan perhitungan. Sisi ilmiah yang dimanfaatkan oleh sisi alamiyah yaitu dengan menggunakan bantuan alat. Metode-metode tersebut diantaranya yaitu:

1) Kompas

Kompas merupakan alat navigasi berupa panah penunjuk magnetik yang menyesuaikan dengan magnet bumi untuk menunjukkan arah mata angin. Pada prinsipnya, kompas bekerja

⁶⁸ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1*, 103.

⁶⁹ Slamet Hambali, *Ilmu Falak Arah Kiblat Setiap Saat*, 9.

berdasarkan medan magnet. Kompas dapat menunjukkan kedudukan kutub-kutub Bumi, karena sifat magnetnya, maka jarumnya akan selalu menunjukkan arah utara-selatan.⁷⁰ Metode tersebut akan digunakan dalam penentuan arah mata angin pada keempat pintu utama bangunan candi borobudur.



Gambar 2.1: *Kompas Magnetik* (Sumber: www.darilaut.id)

Kutub utara magnet Bumi berada disekitar 1400 mil atau sekitar 2250 km sebelah selatan dari kutub utara sebenarnya. Tepatnya di pulau Bathurst di utara Kanada. Kutub utara kedudukannya tidak berada pada satu titik dengan kutub Bumi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa utara magnet dengan utara sebenarnya tidaklah berhimpit, maka perlu adanya koreksi dalam penggunaan kompas ini.⁷¹

⁷⁰ Ahmad Izzuddin, *Kajian terhadap metode-metode*, 67.

⁷¹ Boona, dkk, *THAB (Teknik Hidup di Alam Terbuka)*, Bandung: True North, 2011, 3.

2) *Astrolabe/ Rubu' Mujayyab*

Menurut Howard R. Turner, sebelum ada Rubuk Mujayyab atau biasa disebut kuadran, sudah muncul dan berkembang yaitu Astrolabes. Alat ini merupakan gambaran dari model matematis langit yang dapat diatur sedemikian rupa untuk memberikan data angkasa dan penunjuk waktu sepanjang tahun, pengukuran terestial dan informasi astrologi yang dapat memecahkan beragam masalah Astronomi dan penanggalan, termasuk penentuan waktu salat dan penetapan arah kiblat.⁷²



Gambar 2.2: *Rubuk Mujayyab* (Sumber: www.mmcjogja.com)

⁷² Howard R. Turner, *Science in Medieval Islam An Illustrated Introduction*, diterjemahkan oleh Anggota IKAPI, *Sains Islam yang Mengagumkan (Sebuah catatan terhadap abad pertengahan)*, (Bandung: Nuansa, Cet. 1, 2004), 101.



Gambar 2.3: Astrolabe (Sumber: www.metmuseum.org)

Sementara itu, Rubuk Mujayyab yaitu alat hitung yang digunakan untuk mencari data-data dalam penyelesaian awal waktu salat dan arah kiblat yang digunakan pada abad pertengahan. Alat ini berguna untuk memecahkan masalah dalam bidang *Spherical Astronomy*.⁷³ Alat ini juga dibuat sebagai alat pengamatan karena bisa menyelesaikan masalah dalam pengamatan benda langit dengan lintang yang berbeda.⁷⁴

3) Theodolit

⁷³ *Spherical Astronomy* yaitu ilmu yang sangat berkaitan dengan arah dimana bintang-bintang itu berada dan untuk menggambarkan arah dalam kaitannya dengan posisi pada permukaan suatu lapisan garis lurus, yang terhubung antara pengamat dengan bintang-bintang dan saling berkaitan di permukaan ini. Lihat W. M. Smart, *Textbook on Spherical Astronomy*, (London: Cambridge University Press, 1981), 1.

⁷⁴ David A. King, *Islamic Mathematical Astronomy*, (London: Variorum Reprints, 1986), Part. 3, 533.



Gambar 2.3: *Theodolit* (Sumber: www.monotaro.id)

Theodolit merupakan alat untuk mengukur tinggi dan azimuth bintang (Matahari), sering pula digunakan dalam menentukan peta mata angin.⁷⁵

Penggunaan theodolit dalam penentuan awal waktu salat ini bisa digunakan untuk membidik Matahari ketika terbit dan terbenam. Bisa juga untuk mengamati fenomena fajar sidiq sebagai awal waktu salat Subuh dan terbit Matahari sebagai akhir salat Subuh, sedangkan ketika Matahari terbenam sebagai penanda akhir salat Asar dan awal salat Maghrib.

Pada pengamatan Matahari terbit, pengamatan dilakukan pada pintu bangunan candi Borobudur sebelah timur, sedangkan

⁷⁵ A. Kadir, *Fiqh Arah Qiblat (Cara Sederhana Menentukan Arah Salat agar sesuai Syari'at)*, (Yogyakarta: Pustaka Pesantren, Cet. 1, 2012), 43.

pengamatan Matahari terbenam dilakukan pada pintu sebelah barat.

Berdasarkan tingkat ketelitiannya, theodolite diklasifikasikan menjadi dua tipe yaitu analog dan digital. Tipe analog terdiri dari Tipe TO (tidak teliti/ ketelitian rendah, yaitu 20"), Tipe T1 (agak teliti, yaitu 20" – 5"), Tipe T2 (teliti, yaitu 5" – 1"), Tipe T3 (teliti sekali, yaitu 1" – 0,1"), dan Tipe T4 (sangat teliti, yaitu 0,1" – 0,01"), sedangkan theodolite digital lebih mudah mengoperasikannya, yaitu seperti Nikon, Topcon, Leica, Sokkia, dan lain-lainnya.⁷⁶

Sampai sejauh ini theodolite dianggap sebagai alat yang paling akurat diantara metode-metode yang sudah ada. Dengan berpedoman pada posisi dan pergerakan benda-benda langit serta bantuan satelit-satelit GPS, theodolite juga dapat menunjukkan suatu posisi hingga satuan detik busur (1/3600). Alat ini juga dilengkapi dengan pembesaran lensa yang bervariasi.⁷⁷

4) Kamera

⁷⁶ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, 54-55.

⁷⁷ Ahmad Izzuddin, *Menentukan Arah Kiblat Praktis*, (Yogyakarta: Logung, 2010), 59-60.



Gambar 2.4: Kamera (Sumber: www.tekno.kompas.com)

Kamera adalah seperangkat perlengkapan yang memiliki fungsi untuk mengabadikan suatu objek menjadi sebuah gambar yang merupakan hasil proyeksi pada sistem lensa. Untuk yang pertama kalinya kamera disebut juga dengan kamera obscura. Kata ini berasal dari bahasa latin yang memiliki arti “ruang gelap”. Kamera obscura adalah sebuah alat yang bisa memantulkan cahaya dengan menggunakan dua buah lensa konveks, setelah itu menempatkan gambar objek eksternal itu pada sebuah kertas/film. Penempatan film tersebut ada pada pusat fokus dari lensa.

Fungsi kamera sendiri dalam hal astronomis, adalah membantu merekam hasil pengamatan suatu fenomena alam, misalnya merekam fenomena vernal equinox, panjang bayangan terpendek ketika zawal, fajar kadzib,

fajar sidiq, Matahari terbit, Matahari terbenam, dan lain-lain.

c. Ilmiah Alamiyah

Ilmiah alamiyah merupakan satu klasifikasi metode yang dimulai dengan perhitungan ilmiah kemudian dibuktikan secara alamiyah di lapangan. Metode-metode tersebut di antaranya sebagai berikut:

1) *Vernal Equinox*

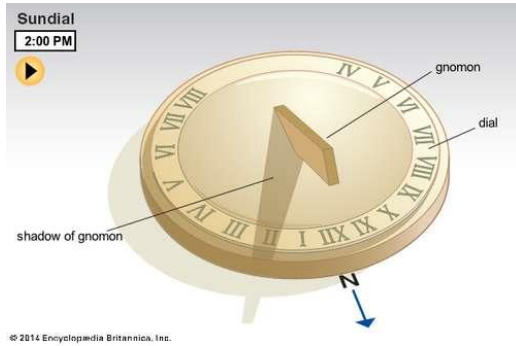
Vernal equinox merupakan peristiwa saat Matahari berada tepat di garis ekuator bumi. Peristiwa ini terjadi dua kali dalam setahun, yaitu pada bulan Maret dan September pada tanggal 21 Maret dan 22 September.

Dalam pengamatan menentukan arah mata angin candi Borobudur akan sangat mudah jika menggunakan fenomena *vernal equinox*, kita hanya mengamati Matahari ketika terbit dan terbenam dengan data waktu jam terbit dan terbenam berlangsung.

2) Sundial

Sundial atau biasa dikenal dengan jam Matahari merupakan seperangkat alat yang digunakan sebagai petunjuk waktu semu lokal (*local apparent time*) dengan menggunakan Matahari yang menghasilkan bayang-bayang dari gnomon (batang atau tongkat yang bayang-

bayangnya digunakan sebagai petunjuk waktu).⁷⁸



Gambar 2.5: Sundial (www.britannica.com)

Di Indonesia sundial lebih dikenal dengan sebutan *bencet* yaitu alat sederhana yang terbuat dari semen atau semacamnya yang diletakkan di tempat terbuka agar mendapat sinar Matahari. Bencet yang ada di Indonesia difungsikan untuk mengetahui waktu salat, waktu Matahari hakiki, tanggal syamsiah dan pranotomongso, sehingga pada bidang dialnya terdapat sudut Matahari, garis utara-selatan, tanda posisi Matahari (musim), *analemma* dan garis waktu asar.⁷⁹

Prinsip kerja sundial mengikuti jalur perjalanan Matahari harian dalam satu tahun yang dapat dilacak dengan bantuan gnomon.

⁷⁸ Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak (Dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi)*, (Depok: PT Rajagrafindo Persada, 2017), 129.

⁷⁹ *Ibid.*, 131.

Hasil dari bayangan gnomon pada bidang dial dalam setahun dihubungkan akan menghasilkan ilustrasi grafis Matahari yang dapat menunjukkan pergantian musim. Penentuan waktu pada sundial ditandai berdasarkan panjang bayangan gnomon yang akan tampak sangat pendek ketika waktu *zawal* (kulminasi atas), dan bertambah panjang bayangan pada sebelum dan setelah *zawal*.⁸⁰

Sundial pada masa Islam digunakan untuk menunjukkan waktu salat Zuhur dan Asar. Waktu salat Zuhur dimulai tepat setelah tengah hari bayangan melintasi meridian, atau ketika bayangan telah diamati bertambah sekitar $\frac{1}{4}$ (seperempat) panjang gnomon (di Andalusia dan Afrika Utara abad pertengahan), sedangkan waktu salat Asar dimulai ketika bayangan gnomon vertikal melebihi panjang gnomon sesungguhnya, dan berakhir saat Matahari terbenam atau ketika kelebihan bayangan sama dengan dua kali panjang gnomon. Pada saat itu, sundial merupakan alat yang paling akurat untuk mengetahui waktu dua salat tersebut.⁸¹

a) Komponen Sundial

⁸⁰ *Ibid.*, 132.

⁸¹ J. L. Berggren, *Sundials in Medieval Islamic and Civilization*, dalam *The Compendium*, Vol. 8 No. 2, Edisi Juni 2001, hlm. 8.

Sundial terdiri dari tiga komponen, yaitu gnomon, bidang dial, dan garis jam.

Pertama, Gnomon merupakan alat yang berfungsi sebagai penunjuk jam pada bidang dial yang dihasilkan oleh bayangan Matahari.⁸² Gnomon berperan sebagai penghasil bayangan yang mengindikasikan waktu. Gnomon dapat diatur berdasarkan permukaan dial, sejajar dengan permukaan dial, tegak lurus dengan permukaan dial atau mengarah ke titik di kutub langit tergantung pada jenis sundial.⁸³

Kedua, Bidang dial merupakan bidang tempat jatuhnya bayangan Matahari. Permukaan dial bisa berbentuk horizontal, vertical atau miring dengan sudut tertentu.⁸⁴

Ketiga, Garis jam atau *hour line* merupakan garis-garis yang menunjukkan angka-angka jam yang nantinya ditunjuk oleh bayangan gnomon.⁸⁵

b) Macam-macam Sundial

Ada tiga macam jenis sundial yang mana masing-masing mempunyai tipe dan karakter yang berbeda-beda, yaitu sundial

⁸² Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 105.

⁸³ Denis Savoie, *Sundials Design Construction and Use*, 37.

⁸⁴ Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak*, 138.

⁸⁵ *Ibid.*, 138.

ekuatorial, sundial vertikal, dan sundial horizontal.

1) Sundial Ekuatorial

Sundial ekuatorial mempunyai garis jam (*hour lines*) yang berjarak 15° antara satu dengan yang lainnya berputar mengelilingi gnomon.⁸⁶ Hal ini karena gerak semu harian Matahari kecepataannya 15° per jam sepanjang ekuator. Sundial ekuatorial dapat digunakan pada lintang tempat manapun dengan memastikan gnomon mengarah ke kutub bumi, yaitu dengan memposisikan bidang dial membentuk sudut ($90^\circ -$ lintang tempat) dari horizon.⁸⁷

Garis jam pada bidang dial tergambar pada kedua permukaan bidang dial yaitu bagian Utara dan Selatan. Bayangan gnomon pada kedua permukaan bidang dial yaitu permukaan yang menghadap ke Utara dan menghadap Selatan bergerak berlawanan. Pada permukaan bidang dial yang menghadap ke Utara,

⁸⁶ Rene R.J. Rohr, *Sundials : History, Theory and Practice*, (New York : Dover Publications, 1996), 46.

⁸⁷ Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak*, 139.

bayangan gnomon bergerak searah jarum jam, sedangkan permukaan bidang dial yang menghadap ke Selatan, bayangan gnomon bergerak berlawanan dengan arah jarum jam.⁸⁸ Hal ini disebabkan karena pergerakan bayangan gnomon berlawanan dengan pergerakan Matahari yaitu dari Barat ke Timur.

2) Sundial Vertikal

Ada dua macam sundial vertikal, yaitu *direct vertical dial* dan *declining vertical dial*. *Direct vertical dial* merupakan dial vertikal yang menghadap langsung dan tepat ke arah 4 mata angin (Utara, Timur, Selatan, Barat). Dari keempat arah mata angina yang paling sering ditemui adalah sundial vertikal yang menghadap ke Utara dan Selatan. Hal ini dikarenakan sundial vertikal dengan dial Utara dan Selatan dapat digunakan sepanjang hari, sedangkan untuk dial Timur dan Barat hanya dapat digunakan setengah hari saja. Dial Timur hanya dapat digunakan sebelum zawal, begitu juga dengan dial

⁸⁸ Denis Savoie, *Sundials Design Contructions and Use*, 59.

Barat yang hanya dapat digunakan pada sore hari saja.⁸⁹

Declining vertical dial merupakan kebalikan dari sundial sebelumnya, pada sundial vertikal jenis ini tidak menghadap menuju 4 arah mata angin tepat. Jenis dial ini adalah dial Timur Laut, dial Barat Laut, dial Tenggara, dan dial Barat Daya. Untuk menjadi sejajar dengan sumbu Bumi, gnomon pada dial ini harus diatur pada sudut yang lebih rendah daripada *complement latitude* (90° - lintang tempat).⁹⁰

3) Sundial Horizontal

Sundial Horizontal adalah salah satu jam Matahari yang paling umum digunakan. Ia dapat memberitahu waktu setiap kali Matahari bersinar karena bidang dialnya ditempatkan secara horizontal di tanah. Sundial ini menerima bayangan sejajar dengan horizon dan tidak tegak lurus dengan khatulistiwa.⁹¹

Sundial horizontal terbagi menjadi dua bagian, yaitu berupa permukaan

⁸⁹ Chai Qian Hao, et. al., "*Methods Of Telling Time*", 27.

⁹⁰ Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak* 142.

⁹¹ *Ibid.*, 142.

datar dengan tanda gari yang menunjukkan jam, dan gnomon yang berupa sgitiga menjulang di atas permukaan dial dengan sudut miring sebesar derajat lintang. Gnomon dibuat mengarah ke kutub langit Utara agar dapat membentuk bayangan yang jatuh di atas bidang dial. Ketika Matahari bersinar, bayangan gnomon akan jatuh di atas bidang dial, sehingga dapat menunjukkan jam dari skala garis jam yang ditunjukkan oleh bayangan gnomon.⁹² Jam yang ditunjukkan oleh bayangan gnomon adalah jam dalam waktu Matahari atau biasa disebut dengan waktu hakiki (waktu Istiwâ').⁹³

Sundial sebagai alat penunjuk waktu, tidak hanya berfungsi untuk mengetahui waktu saja, namun ada beberapa fungsi lain beserta kegunaan-kegunaan yang berkaitan dengan ibadah umat Islam, yaitu Sebagai alat penunjuk waktu, penunjuk waktu salat, penunjuk arah kiblat, dan penunjuk musim.⁹⁴

⁹² Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry*, 11.

⁹³ Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak*, 143.

⁹⁴ *Ibid.*, 156-157.

BAB III

ASPEK ILMU FALAK PADA BANGUNAN CANDI BOROBUDUR

A. Candi Borobudur Magelang Jawa Tengah

1. Sejarah Bangunan Candi Borobudur Magelang Jawa Tengah

Pada tahun 800-an Candi Borobudur didirikan oleh Raja Samaratungga.⁹⁵ Adapun tahap pembangunannya diperkirakan antara tahun 750 hingga 850 M. Menurut pendapat Durmacay Candi Borobudur didirikan dalam 5 tahap pembangunan, yaitu:

Tahap *pertama*, dibangun sekitar tahun 780 M. Pada awalnya dibangun tata susun bertingkat. Tahap *kedua*, sekitar tahun 792 M, fondasi Borobudur diperlebar, ditambah dengan dua undak persegi dan satu undak lingkaran yang langsung diberikan stupa induk besar. Tahap *ketiga*, sekitar tahun 824 M, undak atas lingkaran dengan stupa induk besar dibongkar dan dihilangkan dan diganti tiga undak lingkaran. Stupa-stupa dibangun pada undak-undak ini dan dibuat satu stupa besar di tengahnya. Tahap *keempat* dan *kelima*, sekitar tahun 833 M, hanya ada sedikit perubahan seperti pembuatan relief, perubahan tangga dan lengkung atas pintu gapura. Meskipun

⁹⁵ F.X. Sardjono, *Candi di Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta*, (Yogyakarta: YASATRI, 2013), 35.

demikian, lambang pada candi tetap sama dan perubahan pada candi lebih bersifat hiasan.⁹⁶



Gambar 3.1: *Bangunan Candi Borobudur*
(www.kebudayaan.kemdikbud.go.id)

Menurut bukti-bukti sejarah, bangunan Candi Borobudur sudah mulai ditinggalkan pada abad ke-14 seiring dengan melemahnya pengaruh kerajaan Hindu dan Buddha di Jawa serta mulai masuknya pengaruh Islam.⁹⁷ Dunia mulai menyadari keberadaan bangunan ini sejak ditemukan 1814 oleh Sir Thomas Stamford Raffles, yang saat itu menjabat sebagai Gubernur Jenderal Inggris atas Jawa. Sejak saat itu Borobudur telah mengalami serangkaian upaya penyelamatan dan pemugaran (perbaikan kembali). Proyek pemugaran terbesar digelar pada kurun waktu 1975 hingga 1982 atas upaya Pemerintah Republik Indonesia dan UNESCO,

⁹⁶ F.X. Sardjono, *Candi di Jawa Tengah*, 33.

⁹⁷ Soekmono, *Chandi Borobudhur*, (Paris: The UNESCO Press, 1976),

kemudian situs bersejarah ini masuk dalam daftar Situs Warisan Dunia.

2. Kepengurusan Candi Borobudur Magelang Jawa Tengah
 - a. Perusahaan Perseroan⁹⁸

Perusahaan Perseroan (Persero) PT Taman Wisata Candi Borobudur, Prambanan dan Ratu Boko didirikan pada mulanya dengan nama PT Taman Wisata Candi Borobudur & Prambanan, berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 7 Tahun 1980 tentang Penyertaan Modal Negara RI untuk Pendirian Perusahaan Perseroan (Persero) Taman Wisata Candi Borobudur dan Prambanan, yang ditindak lanjuti dengan akte Notaris Soeleman Ardjasasmitha, S.H. Nomor: 19 tanggal 15 Juli 1980.

Dalam perkembangannya, dengan masuknya kawasan Ratu Boko menjadi bagian dari “Taman Wisata”, maka nama Perusahaan berubah menjadi PT Taman Wisata Candi Borobudur, Prambanan dan Ratu Boko (Persero) sesuai akte Notaris Soekemi, S.H. Nomor: 25 Tanggal 3 Agustus 1994.

Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor: 1 Tahun 1992 tentang Pengelolaan Taman Wisata Candi Borobudur dan Prambanan serta Pengendalian Lingkungannya, kepada PT Taman Wisata Candi Borobudur, Prambanan dan Ratu Boko (Persero) diberi

⁹⁸ <https://borobudurpark.com>, diakses pada 3 Juni 2020.

kewenangan penuh untuk mengelola Taman Wisata di area sekitar Candi Borobudur, Prambanan dan Ratu Boko.

b. Susunan Dewan Komisaris dan Direksi⁹⁹

Berdasarkan Keputusan Menteri BUMN selaku RUPS Nomor: SK-213/ MBU/ 11/ 2015 dan 13/ MBU/ 1/2017 susunan keanggotaan Dewan Komisaris PT Taman Wisata Candi Borobudur, Prambanan dan Ratu Boko (Persero) adalah sebagai berikut:

Komisaris Utama : Rimawan Pradiptyo
 Komisaris : Kacung Marijan
 Komisaris : Dadan Wildan
 Komisaris : Rini Widyantini

Berdasarkan SK 237/MBU/11/2015 tanggal 24 Nopember 2015 tentang Pengangkatan Direktur Utama Perusahaan (Persero) PT Taman Wisata Candi Borobudur, Prambanan dan Ratu Boko (Persero), SK.12/DIREKSI/2016 tanggal 29 Juli 2016 tentang Pembagian Tugas dan Wewenang Anggota-Anggota Direksi PT Taman Wisata Candi Borobudur, Prambanan dan Ratu Boko (Persero) maka susunan keanggotaan Direksi PT Taman Wisata Candi Borobudur, Prambanan dan Ratu Boko (Persero) dan SK-102/ MBU/ 05/ 2017 tentang Pemberhentian, Perubahan nomenklatur, Pengalihan Tugas, dan Pengangkatan Anggota Anggota Direksi Perusahaan

⁹⁹ <https://borobudurpark.com>, diakses pada 3 Juni 2020.

Perseroan (Persero) PT Taman Wisata Candi Borobudur, Prambanan dan Ratu Boko adalah sebagai berikut:

Direktur Utama : Edy Setijono

Direktur Pemasaran

& Pelayanan : Sahala Parlindungan S.

Direktur Teknik

& Infrastruktur : Retno Hardiasiwi W.

Direktur Keuangan,

SDM & Investasi : Palwoto

c. Balai Konservasi Borobudur¹⁰⁰



Gambar 3.2: Kantor Balai Konservasi Borobudur
(Sumber: Penulis)

Balai Konservasi Borobudur adalah unit pelaksana teknis Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan di bidang konservasi dan pelestarian Candi Borobudur yang berada dibawah dan tanggung jawab kepada Direktur Jenderal Kebudayaan yang di pimpin oleh Kepala.

¹⁰⁰ <https://kebudayaan.kemdikbud.go.id/bkborobudur/tentang/kami/>, diakses pada 8 Juli 2020.

Untuk menangani terkait perawatan, pengamatan, dan penelitian, maka berdirilaj Balai Studi dan Konservasi Borobudur pada tahun 1991. Pada tahun 2006 berubah nama menjadi Balai Konservasi Peninggalan Borobudur. Pada tahun 2011 Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan bergabung dengan Balai Konservasi Peninggalan Borobudur. Kemudian pada tahun 2012 kembali berubah nama menjadi Balai Konservasi Borobudur.

Balai Konservasi Borobudur memiliki fungsi sebagai pusat pendidikan dan pelatihan tenaga teknis dalam bidang konservasi dan pemugaran. Di samping itu Balai Konservasi Borobudur juga membantu konservasi peninggalan sejarah dan purbakala di seluruh Indonesia, bahkan di negara Asia Tenggara.

3. Lokasi dan Struktur Bangunan Candi Borobudur

Candi Borobudur terletak di Desa Borobudur, Kecamatan Borobudur, Kabupaten Magelang, Indonesia. Candi ini terletak kurang lebih 100 km di sebelah barat daya Semarang, 86 km di sebelah barat Surakarta, dan 40 km di sebelah barat laut Yogyakarta¹⁰¹, dan juga berada di titik koordinat 7°36'28" LS – 110°12'13" BT¹⁰². Nama Borobudur dimungkinkan sekali berasal dari kata

¹⁰¹ <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Borobudur>, diakses pada 3 Juni 2020.

¹⁰² *Google Earth*, di akses pada 3 Juni 2020.

Bhumisambhara (budhara), namun hingga kini belum ditemukan secara pasti asal usul nama Borobudur.¹⁰³

Monumen ini terdiri atas enam teras berbentuk bujur sangkar yang di atasnya terdapat tiga pelataran melingkar, pada dindingnya dihiasi dengan 2.672 panel relief dan aslinya terdapat 504 arca Buddha.¹⁰⁴ Borobudur memiliki koleksi relief Buddha terlengkap dan terbanyak di dunia. Stupa utama terbesar terletak di tengah sekaligus memahkotai bangunan ini, dikelilingi oleh tiga barisan melingkar 72 stupa berlubang yang di dalamnya terdapat arca Buddha tengah duduk bersila dalam posisi teratai sempurna dengan *mudra* (sikap tangan) *Dharmachakra mudra* (memutar roda dharma).

Monumen ini merupakan model alam semesta dan dibangun sebagai tempat suci untuk memuliakan Buddha sekaligus berfungsi sebagai tempat ziarah untuk menuntun umat manusia beralih dari alam nafsu duniawi menuju pencerahan dan kebijaksanaan sesuai ajaran Buddha.¹⁰⁵ Para peziarah masuk melalui sisi timur dan memulai ritual di dasar candi dengan berjalan melingkari bangunan suci ini searah jarum jam, sambil terus naik ke undakan berikutnya melalui tiga tingkatan ranah dalam kosmologi Buddha.¹⁰⁶ Ketiga tingkatan itu

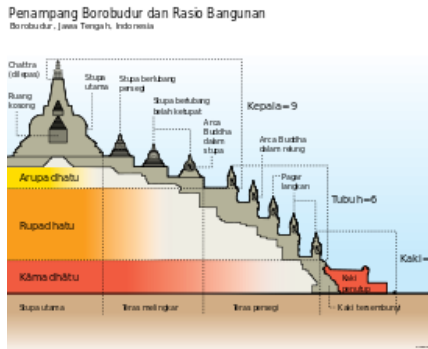
¹⁰³ F.X. Sardjono, *Candi di Jawa Tengah*, 27.

¹⁰⁴ Soekmono, *Chandi Borobudhur*, 35-36.

¹⁰⁵ Kartapranata, Gunawan, "Upacara Waisak di Borobudur (Infografik)", *Harian Kompas*, (01-06-2007).

¹⁰⁶ Wawancara dengan Hari Setyawan (Staff Arkeolog Balai Konservasi Candi Borobudur, Magelang), pada 6 Juli 2020.

adalah *Kamadhatu* (ranah hawa nafsu), *Rupadhatu* (ranah berwujud), dan *Arupadhatu* (ranah tak berwujud). Dalam perjalanannya para peziarah berjalan melalui serangkaian lorong dan tangga dengan menyaksikan tak kurang dari 1.460 panel relief indah yang terukir pada dinding dan pagar langkan.



Gambar 3.3: *Bagian-bagian Candi Borobudur*
(Sumber: onewebid.blogspot.com)

4. Stupa Candi Borobudur

a. Stupa Induk

Stupa induk atau stupa utama berukuran paling besar dari stupa-stupa lain yang ada pada bangunan Candi Borobudur dengan ukuran garis tengah 9,90 meter dan tingginya 7 meter yang diukur dari bagian bawah pinekalnya.¹⁰⁷

b. Stupa Berlubang

Stupa berlubang atau terterawang adalah stupa yang terdapat pada teras bundar I, II, dan III. Stupa

¹⁰⁷ F.X. Sardjono, *Candi di Jawa Tengah*, 44.

tersebut berongga dan dindingnya berlubang-lubang sehingga berbentuk semacam kurungan, tersusun berderet melingkar konsentris mengelilingi stupa induk. Jumlah stupa ini ada 72 buah yang terdiri dari 32 stupa berlubang di teras bundar pertama (paling bawah), 24 stupa berlubang di teras bundar kedua, dan 16 stupa berlubang di teras ketiga (paling atas).¹⁰⁸

c. Stupa Hias

Di seluruh Candi Borobudur terdapat 1472 buah stupa-stupa kecil yang menjadi hiasan pada dinding dan pagar relung langkan tingkat II sampai tingkat IV, dan terdapat 32 buah arca singa sebagai penjaga pintu gerbang candi.¹⁰⁹

B. Aspek Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur

1. Aspek Pembahasan Ilmu Falak

Ilmu falak atau sering disebut ilmu hisab, pada garis besarnya dibagi menjadi dua macam, yaitu *'ilmiy* dan *'amaliy*. Ilmu hisab *'ilmiy* yaitu ilmu yang membahas teori dan konsep benda-benda langit, atau biasa disebut juga dengan *Theoretical Astronomy*. Ilmu hisab *'amaliy* yaitu ilmu yang mengarah pada perhitungan untuk mengetahui posisi dan kedudukan benda-benda langit antara satu dengan lainnya, atau bisa disebut juga dengan *Practical Astronomy*.¹¹⁰

¹⁰⁸ F.X. Sardjono, *Candi di Jawa Tengah*, 44.

¹⁰⁹ *Ibid.*, 44-45.

¹¹⁰ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1*, (Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011), 5.

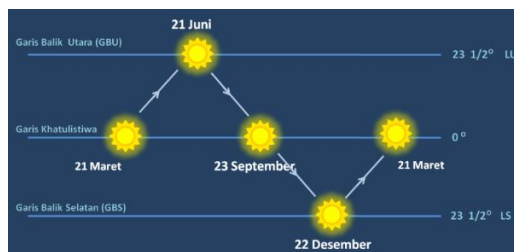
Pembahasan ilmu falak (ilmu hisab) yang dipelajari dalam Islam adalah yang kaitannya dengan pelaksanaan ibadah, sehingga pada dasarnya aspek-aspek pokok pembahasan ilmu falak meliputi:

- 1) Awal Bulan Qamariyah atau Hijriyah
- 2) Waktu Salat dan Imsakiyah
- 3) Arah Kiblat
- 4) Gerhana Matahari dan Bulan

Dari pokok pembahasan di atas, tidak lepas dari perhitungan benda-benda langit, di antaranya adalah Matahari. Matahari sangat berperan penting dalam proses pengamatan langsung (alamiyah) maupun membantu dalam perhitungan matematis (ilmiyah).

2. Gerak Matahari

Matahari merupakan pusat tata surya kita. Bumi, planet-planet, dan benda langit yang berada di jangkauan gravitasi Matahari bergerak bersamaan mengitari Matahari. Bersamaan dengan itu Matahari bergerak di alam semesta bersamaan bintang-bintang lainnya. Ilmu Astronomi membagi gerak Matahari menjadi dua macam, yaitu gerak hakiki dan gerak semu.



Gambar 3.4: *Gerak Semu Matahari* (Sumber: www.gurugeografi.id)

a. Gerak Matahari Hakiki

Gerak Matahari Hakiki adalah gerak sebenarnya yang dilakukan Matahari. Gerak Matahari Hakiki dibagi menjadi dua, yaitu:

1) Rotasi Matahari

Matahari berputar pada porosnya dengan waktu rotasi yang berbeda-beda pada tiap bagiannya, yaitu sekitar 25,5 hari pada bidang ekuator 27 hari pada daerah kutubnya. Perbedaan tersebut disebabkan Matahari sebenarnya merupakan bola gas pijar raksasa yang berada di luar angkasa yang terus bergerak.¹¹¹

2) Gerak Matahari di antara gugusan bintang

Matahari bersamaan dengan sistem tata surya nya bergerak di alam semesta ini dari suatu tempat menuju tempat yang lainnya mengitari pusat galaksi Bimasakti dengan kecepatan sekitar 20 km/detik atau 72.000 km/jam atau 600 juta km/tahun. Daerah yang dituju oleh Matahari disebut dengan *apeks* dan daerah yang ditinggalkan oleh Matahari disebut *anti-aspeks*.¹¹²

b. Gerak Semu Matahari

Jika di amati dari permukaan Bumi, Matahari terlihat seolah-olah bergerak dari timur ke barat mengitari Bumi. Posisi terbit dan terbenam Matahari

¹¹¹ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012), 212-213.

¹¹² Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak*, 212-213.

tidak selalu tetap, melainkan berubah secara gradual dari satu titik ke titik yang lain hingga akhirnya kembali ke titik awal lagi. Lintasan Matahari tersebut kemudian membentuk lingkaran besar yang disebut lingkaran ekliptika. Lingkaran ekliptika tidak berimpit dengan ekuator, namun membentuk sudut sekitar $23^{\circ}27'$.¹¹³ Secara umum gerak semu Matahari dapat dibagi menjadi dua, yakni gerak semu harian dan gerak semu tahunan.

1) Gerak Semu Harian (Gerak Diurnal)

Gerak ini terjadi akibat rotasi Bumi. Periode menengahnya yakni 24 jam. Arah pergerakannya adalah dari timur ke barat. Kemiringan lintasan gerak harian Matahari tergantung letak geografis pengamat. Lintasan pada bagian ekuator Bumi adalah berupa lingkaran tegak, di bagian kutub mendatar, di belahan Bumi selatan terlihat miring ke arah utara dan sebaliknya di belahan Bumi utara terlihat miring ke selatan. Besar kemiringan tersebut berbanding lurus dengan besar lintangnya.¹¹⁴

2) Gerak Semu Tahunan (Gerak Annual)

Arah gerak semu tahunan Matahari yakni ke arah timur sekitar $0^{\circ}59'$ /hari. Periode gerak semu

¹¹³ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2011), Cet. IV, 126.

¹¹⁴ Abdur Rachim, *Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Penerbit Liberty, 1983), 1.

tahunan Matahari adalah sekitar 365,25 hari, akibatnya arah terbit dan tenggelam Matahari selalu berubah letaknya sepanjang tahun.¹¹⁵

Pada tanggal 21 Maret dan 23 September Matahari terbit tepat di titik timur dan tenggelam tepat di titik barat, pada tanggal 22 Juni Matahari terbit dan tenggelam sejauh $23,5^\circ$ ke arah utara dari titik timur dan barat, sebaliknya pada tanggal 22 Desember Matahari berada $23,5^\circ$ ke arah selatan dari titik timur dan barat. Posisi Matahari ketika berada di dua titik terakhir disebut dengan soltitium, yang artinya pemberhentian Matahari. Hal tersebut karena pada saat itu perubahan deklinasi Matahari sangat lambat seolah-olah berhenti. Sebaliknya pada titik ekuinox, yakni ketika lintasan Matahari berada tepat pada titik timur dan barat, perubahan deklinasi berlangsung cepat.¹¹⁶

3. Timur Bangunan Candi Boroudur Diukur Terhadap Posisi Matahari Terbit Selama *Vernal Equinox*

Dalam pengukuran ini, Tim Arkeoastronomi yang diketuai oleh Irma Hariawang melakukan pengamatan pada saat peristiwa *vernal equinox* 20-21 Maret 2010.

¹¹⁵ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak*, 126.

¹¹⁶ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak*, 214.



Gambar 3.5: Pengukuran Arah Matahari Terbit (Sumber: Tim Arkeoastronomi ITB Bandung 2010)

Pada pengamatannya, menggunakan theodolite sebagai alat pengukuran, dan hasil pengamatan sebagaimana berikut¹¹⁷:

- a. Sudut antara utara magnetik dan gerbang timur adalah $87^{\circ}34.5'$
- b. Sudut antara utara magnetik dan Matahari terbit ditunjukkan pada tabel
- c. Waktu vernal equinox (titik balik musim semi) 2010 adalah pada 20 Maret pukul 17:32 UT, atau 00:32 WIB waktu setempat, perbedaan 5j 21m dari saat pengukuran data di sana, diasumsikan bahwa Matahari bergerak 1° ekliptika dalam sehari, maka Matahari akan bergerak $13'45''$ menjauh dari posisi posisi vernal equinox di waktu pengamatan di lakukan. Nilai ini masih kecil, jadi untuk keperluan penelitian masih

¹¹⁷ Irma I. Hariawang, dkk., *Orientation Of Borobudur's East Gate Measured Against Sunrise Position During The Vernal Equinox*, (Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2010), hlm. 4.

dipertimbangkan kembali bahwa pengamatan yang sebenarnya dilakukan pada saat vernal equinox.

C. Konsep Aplikatif Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur dalam Penentuan Awal Waktu Salat

Pada penelitian di atas, dalam penelitiannya tentang aspek astronomi pada Borobudur hanya mencari sebatas lingkup astronomi secara umum, belum ada secara terperinci penggunaan astronomi untuk kehidupan sehari-hari.

Stupa utama yang digunakan sebagai penanda waktu dapat digunakan untuk mengetahui dan menghitung waktu salat terkhusus untuk waktu salat Zuhur dan Asar, karena pada waktu-waktu tersebut juga berkaitan dengan bayangan benda yang dihasilkan Matahari.

Konsep aplikatif ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat dapat dilihat dari tiga konsep alat yang berkembang pada disiplin ilmu falak/astronomi, yaitu *sundial*, *Istiwâ'aini*, dan tongkat *Istiwâ'*. Adapun penjelasannya sebagaimana berikut:

1. *Sundial*

Konsep dari instrumen *sundial* adalah memproyeksikan meridian ke permukaan bidang miring, horizontal, atau vertikal. Pergerakan semu Matahari setiap harinya dalam satu tahun dilihat dari suatu tempat di permukaan Bumi digambarkan dengan garis-garis yang ada pada permukaan bidang dial.¹¹⁸ Sebagaimana konsep

¹¹⁸ Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak (Dari Sejarah Ke Teori dan Aplikasi)*, (Depok: PT RajaGrafindo Persada, 2017), 150.

bangunan Candi Borobudur yang jika dilihat tampak atas seperti jam Matahari raksasa, yang juga bisa digunakan sebagai penanda waktu.¹¹⁹

Bumi jika diibaratkan sebagai *sundial* raksasa dengan sumbu miring pada sudut $23,5^\circ$ terhadap bidang orbitnya di sekitar Matahari. Seperti Bumi yang berputar pada porosnya, bayangan yang dihasilkan dari tongkat vertikal pada kutub akan membentuk lingkaran di permukaan Bumi sejajar terhadap ekuator. Jika lingkaran tersebut dibagi menjadi 24 tanda jam yang sama, posisi bayangan di sekitar lingkaran akan menunjukkan waktu. *Sundial* yang berdasarkan pada prinsip ini adalah *sundial* ekuatorial.¹²⁰

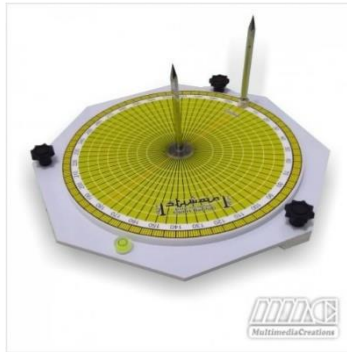
2. *Istiwa'aini*

Kata “*istiwaaini*” merupakan *tasniyah* dari kata *Istiwa'* yang memiliki arti keadaan lurus, maksudnya adalah sebuah tongkat yang berdiri tegak lurus, sedangkan yang dimaksud *Istiwa'aini* adalah sebuah alat sederhana yang terdiri dari dua tongkat *Istiwa'*, di mana satu tongkat berada di titik pusat lingkaran dan satunya lagi berada di titik 0° lingkaran.¹²¹

¹¹⁹ Wawancara dengan Hari Setyawan (Staff Arkeolog Balai Konservasi Borobudur, Magelang), pada 6 Juli 2020.

¹²⁰ Jill Vincent, *The Mathematics of Sundials*, Australian Senior Mathematics Journal 22 (1), University of Melbourne, 13-14.

¹²¹ Slamet Hambali, *Menguji Keakuratan Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwaaini Karya Slamet Hambali*, (Laporan Hasil Penelitian Individual, IAIN Walisongo Semarang, 2014), 58.



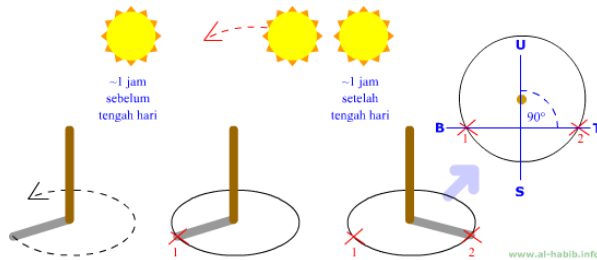
Gambar 3.6 : *Istiwâ'aini Karya Slamet Hambali (Sumber: www.mmcjogja.com)*

Istiwâ'aini dapat digunakan untuk menentukan arah kiblat dan mencari *true north* (arah utara sejati). Alat ini juga dimungkinkan bisa digunakan untuk mengetahui dan mengamati arah mata angin pada bangunan Candi Borobudur, karena fungsi *gnomon* pada *Istiwâ'aini* juga sama digunakan pada stupa utama bangunan Candi Borobudur, yaitu sebagai penanda waktu.

Penggunaan *Istiwâ'aini* dalam penentuan awal waktu salat dan kaitannya dengan penentuan awal waktu salat pada bangunan Candi Borobudur belum ada pengamatan yang dilakukan. Namun karena fungsi *gnomon* sangat berkaitan dengan Matahari, bisa diamati awal waktu salat pada bangunan Candi Borobudur dengan memperhatikan dan mengamati bayangan yang dihasilkan dari stupa utama Candi Borobudur Magelang. Awal waktu salat yang dapat diamati yang berkaitan dengan Matahari dan stupa utama Candi Borobudur adalah waktu salat Zuhur dan Asar.

3. Tongkat Istiwâ'

Tongkat *Istiwâ'* terdiri dari dua kata, yaitu tongkat dan *Istiwâ'*. Tongkat yaitu sepotong bambu (rotan, kayu, dan sebagainya) yang agak panjang (untuk menopang atau pegangan ketika berjalan, menyokong, dan sebagainya).¹²² *Istiwâ'* dalam kamus al-Bisri memiliki arti keadaan lurus.¹²³ Jadi tongkat *Istiwâ'* yaitu keadaan tongkat dengan posisi berdiri tegak lurus (90°) dalam keadaan lurus. Para ahli falak memperkuat adanya istilah *Istiwâ'* sebagai tongkat yang dipakai dalam mengukur dan mengetahui ketinggian Matahari, yaitu pada saat penentuan waktu Zuhur yang memanfaatkan bayangan yang dihasilkan tongkat ketika kulminasi.



Gambar 3.7 : Tongkat *Istiwâ'* (Sumber: www.al-habib.info)

Di dunia astronomi, tongkat *Istiwâ'* lebih dikenal dengan *sundial*, atau orang Jawa mengenalnya dengan nama *bencet*.¹²⁴ Alat sederhana yang mungkin dapat semua

¹²² <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/tongkat>, diakses pada 9 Juli 2020.

¹²³ Warson Munawir, *al-Munawir Kamus Arab-Indonesia*, (Surabaya: Pustaka Progressif, 1997), 354.

¹²⁴ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak*, 27.

orang gunakan adalah tongkat Istiwâ'. Penggunaan tongkat Istiwâ' sendiri sering digunakan untuk menentukan arah mata angin, ketinggian Matahari, dan awal waktu salat.

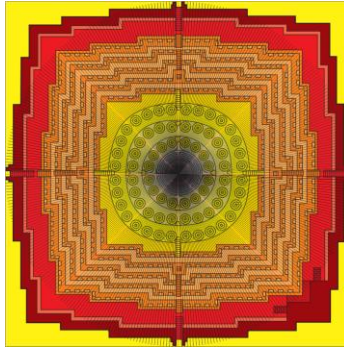
Untuk mengetahui kemungkinan aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat, penulis menggunakan metode tongkat Istiwâ' yang telah dimodifikasi. Metode tersebut digunakan karena kondisi Candi Borobudur yang masih belum dibuka karena covid-19, maka observasi secara langsung di Candi Borobudur belum bisa dilakukan sampai pada batas yang belum ditentukan. Namun untuk zona 2 dibagian Taman Candi Borobudur sudah dibuka.¹²⁵

Dalam penentuan awal waktu salat, pengamat tidak mengamati kelima waktu salat (Subuh, Zuhur, Asar, Magrib, Isya), hanya mengamati awal waktu salat Zuhur dan Asar, karena pengamatan dapat dilakukan secara langsung dengan metode bayangan Matahari.

Untuk mendukung pengamatan tersebut, pengamat menggunakan metode tongkat Istiwâ' modifikasi sendiri. Tongkat Istiwâ' modifikasi terdiri dari;

- 1) Papan datar ukuran 25x25 cm
- 2) Stiker Bangunan Candi Borobudur tampak atas ukuran 20x20 cm
- 3) Batang besi ukuran 7 cm.

¹²⁵ Wawancara dengan Hari Setyawan (Staff bagian Arkeolog di Balai Konservasi Borobudur), pada 6 Juli 2020.



Gambar 3.8 : *Bangunan Candi Borobudur dari Atas yang sudah diedit dengan menambahkan garis bantu. Setiap garis bantu bernilai 1° (Sumber: sutrisnobudiharto.net & diedit Penulis)*



Gambar: 3.9 : *Tongkat Istiwâ' Modifikasi (Sumber: Penulis)*

BAB IV
ASPEK ILMU FALAK PADA BANGUNAN CANDI
BOROBUDUR DALAM PENENTUAN
AWAL WAKTU SALAT

A. Aspek Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur Diukur Terhadap Posisi Matahari Terbit Selama *Vernal Equinox*

Aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dapat diketahui melalui pengamatan langsung menggunakan beberapa metode ilmiah maupun alaminya, di antaranya sebagai berikut:

1. *Vernal Equinox*

Pengukuran dan pengamatan dengan metode *vernal equinox* pernah dilakukan oleh Tim Arkeoastronomi ITB Bandung. Pengamatan tersebut dilakukan sejak tahun 2009-2011, kurun waktu 2,5 tahun.¹²⁶

Dalam pengukuran ini, Tim Arkeoastronomi yang diketuai oleh Irma Hariawang melakukan pengamatan pada saat peristiwa *vernal equinox* 20-21 Maret 2010.

¹²⁶ Wawancara dengan Imanuel Sungging (Tim Arkeoastronomi ITB Bandung), pada 29 Februari 2020.



Gambar 4.1 : *Pengukuran Arah Matahari Terbit*
(Sumber: Tim Arkeoastronomi ITB Bandung 2010)

Pada pengamatannya, menggunakan theodolite sebagai alat pengukuran, dan hasil pengamatan sebagaimana berikut¹²⁷:

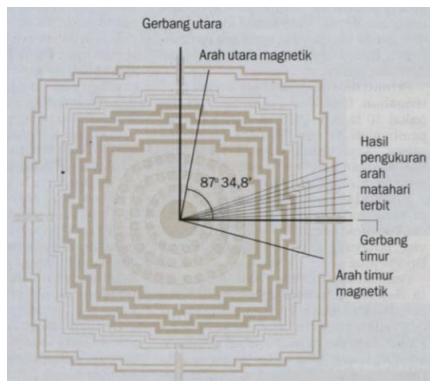
- a. Sudut antara utara magnetik dan gerbang timur adalah $87^{\circ}34.5'$
- b. Sudut antara utara magnetik dan Matahari terbit ditunjukkan pada tabel
- c. Waktu vernal equinox (titik balik musim semi) 2010 adalah pada 20 Maret pukul 17:32 UT, atau 00:32 WIB waktu setempat, perbedaan 5j 21m dari saat pengukuran data di sana, diasumsikan bahwa Matahari bergerak 1° ekliptika dalam sehari, maka Matahari akan bergerak $13'45''$ menjauh dari posisi posisi vernal equinox di waktu pengamatan di lakukan. Nilai ini masih kecil, jadi untuk keperluan penelitian masih

¹²⁷ Irma I. Hariawang, dkk., *Orientation Of Borobudur's East Gate Measured Against Sunrise Position During The Vernal Equinox*, (Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2010), hlm. 4.

dipertimbangkan kembali bahwa pengamatan yang sebenarnya dilakukan pada saat vernal equinox.

Tabel 4.1 : Hasil Pengukuran Arah Matahari Terbit saat Vernal Equinox

NO	WAKTU	SUDUT
1	05.53	87° 31'
2	06.07	86° 45,5'
3	06.22	86° 11'
4	06.38	85° 40'
5	06.52	85° 24'
6	07.05	85° 37'
7	07.22	85° 1'



Gambar 4.2: Hasil Pengukuran Arah Matahari Terbit (Sumber: Tim Arkeoastronomi ITB Bandung 2010)

Menghitung presisi vernal equinox dari tahun 2010 hingga tahun 800 yang lalu ketika Borobudur

dibangun¹²⁸. Perhitungan ini menggunakan metode Meeus (1991).

Keterangan:

JD = Julian Day Awal

JD1 = Julian Day Akhir

T = Waktu Zaman Awal

t = Waktu Zaman Akhir

Jika;

$$T = [(JD) - 2451545.0]/36525 \quad (1)$$

$$t = [(JD)1 - (JD)]/36525 \quad (2)$$

Kemudian hasil dari angka berikut untuk jumlah ζ , z , dan pengurangan posisi yang akurat dari titik balik ke titik lain

$$\zeta = (2306.2181'' + 1.39656''T - 0.000139''T^2)t + (0.30188'' - 0.000344''T)t^2 + 0.017998''t^3 \quad (3)$$

$$z = (2306.2181'' + 1.39656''T - 0.000139''T^2)t + (1.09468'' + 0.0006''t^2 + 0.018203''t^3) \quad (4)$$

$$\theta = (2004.3109'' - 0.85330''T - 0.000217''T^2)t + (0.42665'' + 0.000217''t^2 - 0.041833''t^3) \quad (5)$$

Ketiga variabel di atas akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya untuk mendapatkan nilai α dan δ 1:

$$A = \cos\delta\sin(\alpha + \zeta) \quad (6)$$

$$B = \cos\theta \cos\delta \cos(\alpha + \zeta) - \sin\theta \sin\delta \quad (7)$$

$$C = \sin\theta \cos\delta \cos(\alpha + \zeta) + \cos\theta \sin\delta \quad (8)$$

$$\tan(\alpha + z) = A/B \quad (9)$$

$$\sin\delta 1 = C \quad (10)$$

¹²⁸ Irma I. Hariawang, dkk., *Orientation Of Borobudur's*, 5.

Dengan demikian kita memiliki nilai α_1 dan δ_1 setelah presisi. Jika (JD) digunakan untuk 20 Maret 2010 (equinox 2010 di UT) dan (JD)₁ adalah 16 Maret 800 (equinox 800 menggunakan Sky Map Pro) kemudian persamaan (1) dan (2) menjadi:

$$T = [(2455275.5) - (2451545.0)]/36525 = 0.102135524$$

$$t = [(2013332.5) - (2455275.5)]/36525 = -12.0997399$$

Oleh karena itu, ketiga variabel, c, z, dan x adalah:

$$\zeta = (2306.2181'' + 1.39656'' \times 0.102135524 - 0.000139'' \times 0.1021355242) (-12.0997399) + (0.30188'' - 0.000344'' \times 0.102135524) (-12.0997399)^2 + 0.017998'' (-12.0997399)^3$$

$$z = (2306.2181'' + 1.39656'' \times 0.102135524 - 0.000139'' \times 0.1021355242)(-12.0997399) + (1.09468'' + 0.0006'') (-12.0997399)^2 + 0.018203'' (-12.0997399)^3$$

$$\theta = (2004.3109'' - 0.85330'' \times 0.102135524 - 0.000217'' \times 0.1021355242)(-12.0997399) - (0.42665'' + 0.000217'')(-12.0997399)^2 - 0.041833''(-12.0997399)^3$$

kemudian dihasilkan:

$$\zeta = -7.748348$$

$$z = -7.7162068$$

$$\theta = -6.733040$$

Dengan memasukkan nilai-nilai di atas nomor 6-10 dan dengan $(\alpha, \delta) = (0, 0)$, maka mendapatkan:

$$A = \cos(0)\sin(0 + (-7.748348)) = -0.13$$

$$B = \cos(-6.733040)\cos(0) \cos(0 + (-7.748348)) - \sin(-6.733040) \sin(0)$$

$$= 0.984$$

$$C = \sin(-6.733040)\cos(0) \cos(0 + (-7.748348)) + \cos(-6.733040)\sin(0)$$

$$= -0.11617$$

Sebab,

$$\tan(\alpha_1 + (-7.7162068)) = -0.13/0.984$$

$$\alpha_1 = -15.241$$

dan sebab,

$$\sin\delta_1 = -0.11617$$

$$\delta_1 = -6.6705$$

Jadi didapatkan masing-masing α_1 dan δ_1 sebagai -15.241 dan -6.6705 untuk tahun 800, relatif terhadap tahun 2010 (yang dipilih sebagai $(\alpha, \delta) = (0, 0)$)

2. Theodolite dan Kompas

Theodolite merupakan alat untuk mengukur tinggi dan azimuth bintang (Matahari), sering pula digunakan dalam menentukan peta mata angin, sebagaimana penggunaan kompas.¹²⁹

Bangunan Candi Borobudur yang keempat pintu Candi menghadap ke arah mata angin telah diukur oleh pengelola Candi Borobudur dengan

¹²⁹ A. Kadir, *Fiqh Arah Qiblat (Cara Sederhana Menentukan Arah Salat agar sesuai Syari'at)*, (Yogyakarta: Pustaka Pesantren, Cet. 1, 2012), 43.

menggunakan Theodolit, yaitu dengan hasil pengukuran arah gerbang utara bernilai 0° .¹³⁰

Penggunaan theodolit dan kompas dilakukan untuk mengetahui arah mata angin pada bangunan Candi Borobudur. Pengukuran dilakukan di salah satu pintu utama candi, yaitu pintu sebelah utara.



Gambar 4.3: Mengukur Arah Gerbang Utara dengan Menggunakan Kompas Magnetik (Sumber: Penulis)¹³¹

Adapun hasil pengukuran sebagaimana berikut:

Tabel 4.2 : Hasil Pengukuran Arah Mata Angin Candi Borobudur

No	Keterangan	Sudut	
		Theodolite ¹³²	Kompas ¹³³
1	Pintu Utara	0°	$353,5^\circ$

¹³⁰ Wawancara dengan Hari Setyawan (Staff Arkeolog Balai Konservasi Borobudur), pada 6 Juli 2020.

¹³¹ Data diambil oleh penulis di Candi Borobudur sebelum Pandemi Covid 19, pada 19 Juli 2019.

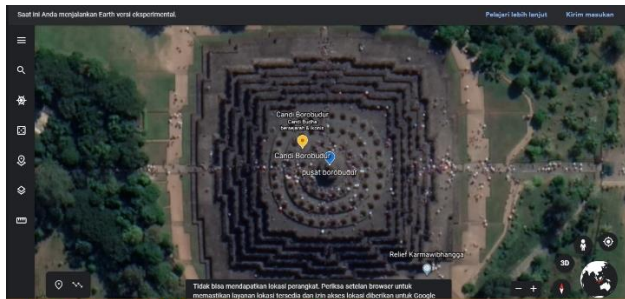
¹³² Wawancara dengan Hari Setyawan (Staff bagian Arkeolog di Balai Konservasi Borobudur), pada 6 Juli 2020. Data observasi data dengan menggunakan theodolite tidak dilakukan karena di zona 1 (Candi Borobudur) masih belum dibuka karena Covid-19. Yang baru dibuka hanya zona 2 (Taman dan sekitarnya).

¹³³ Pengukuran dilakukan pada tanggal 19 Juli 2019 di bangunan Candi Borobudur.

Hasil pengamatan didapatkan beberapa koreksi antara theodolit dan kompas. Masing-masing memiliki selisih, karena secara teori juga dikatakan bahwa theodolit memiliki akurasi yang baik sedangkan kompas memiliki koreksi yang cukup banyak. Dari hasil pengamatan tersebut juga yang mengarah ke arah Utara dan memiliki nilai akurasi yang tinggi dengan bangunan candi Borobudur adalah dengan menggunakan theodolit.

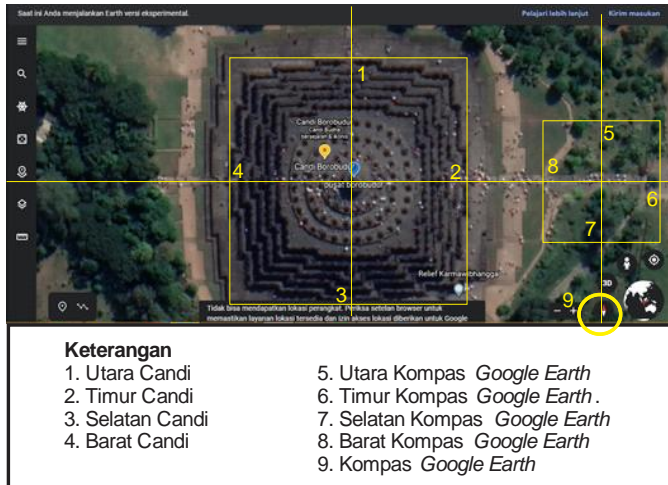
3. *Google Earth*

Selain menggunakan alat theodolite dan kompas untuk mengecek dan mengetahui arah mata angin pada bangunan Candi Borobudur, penulis juga menggunakan *aplikasi google earth*. Penggunaan *google earth* sendiri sering sekali digunakan dalam pengukuran letak suatu tempat. Penulis menambahkan metode ini dengan tujuan untuk melihat langsung bangunan Candi Borobudur yang dihasilkan dari citra satelit dari atas dengan gambar yang jelas lebih jelas. Untuk mengetahui arah mata angin pada bangunan candi Borobudur, langkah-langkah yang penulis lakukan sebagai berikut:



Gambar 4.4 : *Bangunan Candi Borobudur di Lihat dari Citra Satelit (Sumber: Google Earth)*

- a. Membuka aplikasi *google earth* di Google.
- b. Buka aplikasi *google earth*. Pada menu pencarian, tulis alamat yang dicari (Candi Borobudur Magelang Jawa Tengah) atau masukkan koordinat tempat.
- c. Pilih menu alat, untuk membuat garis Timur-Barat (dari kanan kekiri) atau Utara-Selatan (dari atas kebawah).
- d. Pada langkah ini penulis menggunakan garis bantu yang nilai akurasi tinggi dengan menggunakan aplikasi *corel draw*, karena antara kompas pada *google earth* dengan bangunan candi Borobudur terletak cukup jauh (lihat gambar 4.4).



Gambar 4.5 : Hasil Pengukuran Penulis dengan Menggunakan Google Earth (Sumber: Penulis)

Pada gambar tersebut (gambar 4.5) penulis membuat dua garis bantu berbentuk persegi yang bertujuan untuk membandingkan arah mata angin yang dibuat oleh kompas *google earth* dan bangunan Candi Borobudur yang memiliki aspek ilmu falak/astronomi yaitu keempat pintu utama bangunan candi mengarah keempat arah mata angin (Utara, Timur, Selatan, Barat). Metode di atas juga diakui oleh Imanuel Sungging untuk dapat dijadikan pembandingan dari metode-metode lain.¹³⁴ Metode tersebut memanfaatkan teknologi

¹³⁴ Wawancara dengan Imanuel Sungging (Tim Arkeoastronomi ITB), pada 29 Februari 2020.

ilmiah, sedangkan metode lain bisa menggunakan metode alamiyah (bayang Matahari).

4. Sundial dan Stupa Utama Candi Borobudur

Sundial atau jam Matahari adalah sebuah alat yang digunakan untuk penanda waktu. Adapun bangunan Candi Borobudur yang dapat digunakan sebagai penanda waktu bisa diamati melalui syarat-syarat pembuatan sundial, yaitu memiliki komponen berupa gnomon, bidang dial, dan dial.¹³⁵

Contoh sundial yang digunakan adalah jenis sundial horizontal, karena dimungkinkan bentuk bangunan Candi Borobudur menyerupai jenis sundial horizontal. Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai bangunan Candi Borobudur dengan sundial horizontal, penulis menganalisa sebagaimana berikut:

- a. Pada sundial horizontal, terdapat penanda waktu atau gnomon yang bentuknya tidak tegak lurus, sedangkan di bangunan Candi Borobudur memiliki stupa utama dengan ketinggian 7 meter dengan posisi tegak lurus.
- b. Sundial horizontal memiliki bidang dial yang datar, sedangkan pada bangunan Candi Borobudur permukaan bangunan tidak datar, melainkan bertingkat.

¹³⁵ Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak (Dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi)*, (Depok: PT Rajagrafindo Persada, 2017), 138.

- c. Sundial horizontal memiliki dial, sedangkan bangunan Candi Borobudur hanya memiliki stupa-stupa berlubang di sekitar stupa utama.

Dengan demikian, jika kita lihat perbandingan tersebut, maka bangunan Candi Borobudur tidak memiliki syarat penggunaan jam Matahari sebagaimana syarat dan komponen sundial horizontal. Namun penggunaan stupa utama bias juga dibandingkan dengan penanda waktu atau gnomon yang terdapat pada *Mizwala* atau *Istiwâ'aini*, yaitu gnomonnya dipasang tegak lurus.

B. Aspek Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur Dalam Penentuan Awal Waktu Salat

Pada penelitian berikutnya untuk mengetahui kemungkinan aspek ilmu falak pada bangunan candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat, penulis menggunakan metode tongkat *Istiwâ'* yang telah dimodifikasi. Dikarenakan kondisi Candi Borobudur yang masih belum dibuka karena covid-19, maka observasi secara langsung di Candi Borobudur belum bisa dilakukan sampai pada batas yang belum ditentukan. Namun untuk zona 2 dibagian Taman Candi Borobudur sudah dibuka.¹³⁶

Dalam penentuan awal waktu salat, pengamat tidak mengamati kelima waktu salat (Subuh, Zuhur, Asar, Magrib, Isya), hanya mengamati awal waktu salat Zuhur dan Asar,

¹³⁶ Wawancara dengan Hari Setyawan (Staff bagian Arkeolog di Balai Konservasi Borobudur), pada 6 Juli 2020.

karena pada waktu salat tersebut dapat dilakukan pengamatan secara langsung dengan metode bayangan Matahari.



Gambar 4.6: *Tongkat Istiwâ' Modifikasi*
(Sumber: Penulis)

Pengamatan akan dilakukan pada hari selasa tanggal 7 Juli 2020. Berikut langkah-langkah yang pengamat lakukan berdasarkan masing-masing waktu salat.

1. Zuhur

Waktu salat Zuhur dimulai ketika Matahari berada tepat di atas kepala namun agak condong ke barat, atau dalam istilah yaitu Matahari tergelincir (*Zawalus syamsi*)¹³⁷. Pada pengamatan ini, pengamat menggunakan tongkat Istiwâ' yang ditancapkan pada gambar dan tepat di stupa utama gambar, yang berfungsi sebagai alat penanda waktu (*gnomon*) untuk melihat pergerakan bayangan Matahari.

¹³⁷ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1*, (Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011), 125-126.

Pertama, tongkat Istiwâ' modifikasi diletakkan di tempat yang terkena sinar Matahari dan datar. Kemudian papan Istiwâ' modifikasi diposisikan sesuai dengan arah mata angin (UTSB) dengan menggunakan kompas.

Kedua, penulis melakukan perhitungan untuk mencari data-data yang diperlukan dalam menentukan awal waktu salat Zuhur.¹³⁸ Berikut adalah algoritma perhitungannya:

1) Awal Waktu Zuhur

[Rumus]

$$\text{WIB} = \text{WH} - e + (\lambda^d - \lambda^x) : 15$$

2) [Data]

$$\phi^x \text{ (Lintang tempat)} = -6^\circ 59' 50.06''$$

$$\lambda^x \text{ (Bujur tempat)} = 110^\circ 20' 41.09''$$

$$\lambda^d \text{ (Bujur daerah)} = 105^\circ$$

$$d \text{ (Deklinasi Matahari)} = 22^\circ 29' 55''$$

$$e \text{ (equation of time)} = -0^\circ 05' 01''$$

3) [Hitung]

$$\text{Zuhur} = \text{pk. 12 Waktu Hakiki (WH)}$$

$$\text{WIB} = \text{pk. 12} - (-0^j 05^m 01^d) + (105^\circ - 110^\circ 20' 41.09'') : 15$$

$$= \text{pk. 12} + 0^j 05^m 01^d + (-5^\circ 20' 41.09'') : 15$$

$$= \text{pk. 12} + 0^j 05^m 01^d + (-0^\circ 21' 22.74'')$$

$$= \text{pk. 12} - 0^j 16^m 21.74^d$$

$$= \text{pk. 11.43.38,26 WIB (Waktu Istiwâ')}$$

$$= \text{pk. 11.46.00 WIB (Ditambah waktu ikhtiyat)}$$

¹³⁸ Pengamatan di lakukan di Semarang, dengan data-data yang diperlukan sebagai berikut: 1) Lintang tempat, 2) Bujur tempat, 3) Deklinasi Matahari, 4) *equation of time*, 5) Bujur daerah.

Ketiga, setelah mendapatkan waktu Zuhur, maka kita perhatikan bayangan tongkat Istiwâ' modifikasi.



Gambar 4.7 : Hasil Pengamatan Waktu Zuhur
(Sumber:Penulis)

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengamatan waktu Zuhur tersebut, diketahui bahwa posisi bayangan ketika waktu Istiwâ' berada di sebelah Selatan dengan panjang bayangan 3,9 cm. Mengapa ini bisa terjadi? Karena posisi Matahari pada bulan Juli berada di sebelah Utara garis ekuator, sehingga bayangan yang dihasilkan dari benda apapun ketika waktu Istiwâ' akan berada diposisi Selatan dari benda itu sendiri.

Jadi, jika pngamatan dalam penentuan awal waktu Zuhur dilakukan di bangunan Candi Borobudur, bayangan stupa utama yang dihasilkan pada saat Istiwâ' jatuh pada pintu gerbang Selatan, karena posisi Matahari berada di

sebelah Utara ekuator. Sebaliknya, jika bayangan stupa utama yang dihasilkan pada saat Istiwâ' jatuh pada pintu gerbang Utara, karena posisi Matahari berada di sebelah Selatan ekuator. Namun berbeda jika pengamatan tersebut dilakukan pada saat *vernal equinox* (21 Maret-23 September), maka ketika waktu Istiwâ' tidak ada bayangan yang dihasilkan stupa utama, karena Matahari tepat berada digaris ekuator.

2. Asar

Pengamatan awal waktu Asar menggunakan metode yang sama dengan metode sebelumnya, yaitu pengamatan bayangan Matahari dari tongkat Istiwâ' modifikasi. Berikut langkah-langkah yang digunakan dalam penentuan awal waktu Asar.

Pertama, tongkat Istiwâ' modifikasi diletakkan di tempat yang terkena sinar Matahari dan tempat datar, kemudian papan Istiwâ' modifikasi diposisikan sesuai dengan arah mata angin (UTSB) dengan menggunakan kompas.

Kedua, penulis melakukan perhitungan untuk mencari data-data yang diperlukan dalam menentukan awal waktu salat Asar.¹³⁹ Berikut adalah algoritma perhitungannya:

1) Awal Waktu Asar

[Rumus]

$$\text{a) } za \text{ (jarak zenith)} = \delta^m - \phi^x$$

¹³⁹ Penelitian di lakukan di Semarang, dengan data-data yang diperlukan sebagai berikut: 1) Lintang tempat, 2) Bujur tempat, 3) Deklinasi Matahari, 4) *equation of time*, 5) Bujur daerah.

b) ha (tinggi Matahari pada awal Asar)

$$\cotan ha = \tan zm + 1$$

c) t_0 (sudut waktu Matahari awal Asar)

$$\cos t_0 = \sin ha : \cos \phi^x : \cos \delta^m - \tan \phi^x \cdot \tan \delta^m$$

d) Awal waktu Asar = pk. 12 + t_0

2) [Data]

$$\phi^x \text{ (Lintang tempat)} = -6^\circ 59' 50.06''$$

$$\lambda^x \text{ (Bujur tempat)} = 110^\circ 20' 41.09''$$

$$d \text{ (Deklinasi Matahari)} = 22^\circ 29' 55''$$

$$e \text{ (equation of time)} = -0^\circ 05' 01''$$

$$\text{waktu Istiwâ'} = +0^\circ 16' 21.74''$$

3) [Hitung]

a) za (jarak zenith)

$$= \delta^m - \phi^x$$

$$= 22^\circ 29' 55'' - (-6^\circ 59' 50.06'')$$

$$= 22^\circ 29' 55'' + 6^\circ 59' 50.06''$$

$$= +29^\circ 29' 45.06''$$

b) ha (tinggi Matahari pada awal Asar)

$$\cotan ha = \tan zm + 1$$

$$= \tan 29^\circ 29' 45.06'' + 1$$

$$ha = 32^\circ 33' 59.12''$$

c) t_0 (sudut waktu Matahari awal Asar)

$$\cos t_0 = \sin ha : \cos \phi^x : \cos \delta^m - \tan \phi^x \cdot \tan \delta^m$$

$$= \sin 32^\circ 33' 59.12'' : \cos -6^\circ 59'$$

$$50.06'' : \cos 22^\circ 29' 55'' - \tan -6^\circ 59'$$

$$50.06'' \cdot \tan 22^\circ 29' 55''$$

$$t_0 = +50^\circ 22' 11.78''$$

$$= +3^j 21^m 28.79^d$$

d) Awal waktu Asar

$$= \text{pk. 12} + t_0$$

$$= \text{pk. 12} + (+3^j 21^m 28.79^d)$$

$$= \text{pk. 15.21.28,79 WH} - \text{waktu Istiwâ'} (0^\circ 16' 21.74'')$$

= pk. 15^j 05^m 7,05^d WIB

Ketiga, setelah mendapatkan awal waktu Asar, maka kita perhatikan bayangan tongkat Istiwâ' modifikasi tersebut.



Gambar 4.8 : Hasil Pengamatan Waktu Asar
(Sumber: Penulis)

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengamatan waktu Asar tersebut, diketahui bahwa panjang bayangan waktu Asar pada tanggal 7 Juli 2020 adalah 10,9 cm dan bayangan berada di sebelah Selatan ekuator. Nilai panjang bayangan benda sebesar 10,9 ketika Asar dihasilkan juga dari penjumlahan panjang benda + panjang bayangan benda waktu Istiwâ' = waktu Asar. Pendapat ulama yang mengatakan bahwa awal waktu Asar ketika panjang bayangan benda sama dengan panjang bayangan bendanya adalah ketika Matahari tepat berada di garis Meridian langit, yang kita kenal sebagai fenomena *vernal equinox* (21 Maret dan 23 September).

Jadi, jika pengamatan dalam penentuan awal waktu Asar dilakukan di bangunan Candi Borobudur, bayangan stupa utama yang dihasilkan pada saat Istiwâ' jatuh pada pintu gerbang Selatan agak condong ke Timur, karena posisi Matahari berada di sebelah Utara ekuator dan posisi Matahari menuju terbenam (gambar 4.6). Sebaliknya, jika bayangan stupa utama yang dihasilkan pada saat Istiwâ' jatuh pada pintu gerbang Utara agak condong ke Timur, maka posisi Matahari berada di sebelah Selatan ekuator. Namun berbeda jika pengamatan tersebut dilakukan pada saat *vernal equinox* (21 Maret-23 September), maka bayangan yang dihasilkan dari stupa utama bangunan Candi Borobudur memiliki panjang bayangan yang sama dengan panjang atau tinggi stupa utama, karena Matahari tepat berada digaris ekuator.

Adapun jika dibuatkan tabel mengenai awal waktu Asar berdasarkan gerak Matahari, baik gerak semu harian Matahari maupun gerak tahunannya sebagai berikut:

Tabel 4.3 : *Hasil Pengamatan Waktu Zuhur dan Asar*

No	Tanggal/Bulan	Posisi Matahari	Panjang Bayangan Benda waktu Asar
1	21 Maret	Ekuator	Panjang bayangan sama

2	23 September	Ekuator	Panjang bayangan sama
3	22 Maret – 22 September	Sebelah Utara Ekuator	Panjang bayangan benda+panjang bayangan Istiwâ'
4	24 September – 20 Maret	Sebelah Selatan Ekuator	Panjang bayangan benda+panjang bayangan Istiwâ'

Aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat dapat diamati melalui stupa utama pada bangunan Candi Borobudur. Stupa utama tersebut juga memiliki fungsi yang sama terhadap alat-alat ilmu falak/astronomi, seperti *sundial*, *Istiwâ'aini*, dan tongkat Istiwâ'. Semuanya sama-sama menggunakan konsep gerak semu Matahari setiap hari dan dari bayangan yang dihasilkan dari tongkat, batang besi, atau benda yang memiliki posisi tegak lurus (90°). Tujuan dan fungsinya yaitu dalam menentukan arah mata angin, mencari Utara sejati (*true north*), awal waktu salat, dan lain sebagainya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Aspek Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur Magelang Jawa Tengah

a. Arah Mata Angin Bangunan Candi Borobudur

No	Metode Pengukuran	Pengukur	Tahun	Keterangan
1	<i>Vernal Equinox</i> dan turunan Matematika	Tim Arkeoastronomi ITB Bandung	2010	Sejajar dengan bangunan Borobudur
3	Theodolit	Penulis	2018	Sejajar dengan bangunan Borobudur
4	Kompas	Penulis	2019	Selisih dari bangunan Borobudur
5	<i>Google Earth</i>	Penulis	2020	Sejajar dengan bangunan Borobudur sejajar

- b. Bangunan Candi Borobudur tidak termasuk pada jenis alat sundial, karena bidang dialnya yang tidak datar (bertingkat).

- c. Stupa utama pada bangunan Candi Borobudur dapat digunakan sebagai alat penanda waktu (*Gnomon*) dan juga bisa digunakan dalam penetapan awal waktu salat. Karena berdasarkan pendapat para ulama mengenai awal waktu salat (Zuhur dan Asar) penentuannya bisa diamati secara langsung dengan memanfaatkan bayangan suatu benda yang dihasilkan dari sinar Matahari.

2. Aspek Ilmu Falak Pada Bangunan Candi Borobudur dalam Penentuan Awal Waktu Salat

Pada pengamatan secara alamiah yang dilakukan pada tanggal 7 juli 2020, aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur yang diganti dengan tongkat Istiwâ' modifikasi dalam penentuan awal waktu salat menghasilkan beberapa analisis sebagai berikut:

a. Waktu Zuhur

Waktu Zuhur dimulai sejak tergelincirnya Matahari. Fenomena ini penulis amati dengan memperhatikan bayangan Matahari ketika waktu Istiwâ'. Dengan data yang telah disiapkan yaitu pukul 11.43.38,26 WIB (waktu Istiwâ'), bayangan Matahari terpendek dari stupa utama itu dapat diamati, yaitu panjang bayangan sebesar 3,9 cm dari panjang benda 7 cm, serta letak bayangan mengarah ke arah Selatan.

Bayangan mengarah ke arah Selatan disebabkan posisi Matahari bulan Juli sedang berada di sebelah

utara garis equator. Hal ini juga mengacu pada gerak semu Matahari harian maupun tahunan.

b. Waktu Asar

Waktu Asar pada tanggal 7 Juli 2020 yaitu pukul 15.05.7,05 WIB (belum ditambah waktu ikhtiyat), panjang bayangan yang dihasilkan tongkat Istiwâ' modifikasi lebih panjang tongkatnya, yaitu 10,9 cm dari panjang tongkat Istiwâ' modifikasi 7 cm.

Dari kedua pengamatan awal waktu salat Zuhur dan Asar dengan mengamati dan memperhatikan dapat disimpulkan bahwa:

No	Tanggal/ Bulan	Posisi Matahari	Panjang Bayangan Benda waktu Asar
1	21 Maret	Ekuator	Panjang bayangan sama
2	23 September	Ekuator	Panjang bayangan sama
3	22 Maret – 22 September	Sebelah Utara Ekuator	Panjang bayangan benda+panjang bayangan Istiwâ'
4	24 September – 20 Maret	Sebelah Selatan Ekuator	Panjang bayangan benda+panjang bayangan Istiwâ'

B. Saran

1. Penelitian mengenai aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur merupakan penelitian baru didisiplin lingkungan Ilmu Falak. Data dan sumber

rujukan juga masih terbatas. Diakui juga oleh para tim Arkeoastronomi ITB Bandung bahwa disiplin keilmuan mengkaitkan ilmu arkeolog dengan ilmu astronomi masih belum banyak diketahui.

2. Dalam mencari aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur tidak begitu berbeda dengan metode yang digunakan dalam aspek astronomi pada umumnya. Hanya saja penulis menambahkan beberapa metode dan menganalisisnya dengan keterbatasan sumber. Jadi tidak ada paksaan terhadap pengamatan mencari aspek ilmu falak yang ada pada bangunan Candi Borobudur.
3. Pada saat penetapan awal waktu salat, penulis tidak bisa melakukan pengamatan di bangunan Candi Borobudur, dikarenakan keadaan pandemik *Covid-19*. Namun penulis mencoba untuk mencari alternatif lain yaitu dengan membuat papan Istiwâ' modifikasi dengan ditambahkan stiker yang diberikan garis bernilai 1° . Penulis lakukan karena bangunan Candi Borobudur yang simetris, kemudian mencoba untuk menjadikan ke skala yang lebih kecil dan bersifat rata, dengan tambahan batang besi berujung runcing.

C. Penutup

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir skripsi ini. *Salawah* serta salam selalu tercurahkan kepada

junjungan kita Nabi Agung Nabi Muhammad SAW sebagai Nabi akhir zaman sekaligus inspirator dalam menulis skripsi ini. Meskipun skripsi ini dibuat dengan segala peluh dan perjuangan seoptimal mungkin, namun penulis yakin masih banyak kekurangan dan kelemahan sehingga perlu adanya saran dan kritik bersifat konstruktif demi kebaikan dan kesempurnaan tulisan ini. Sekalipun begitu, berharap dan berdoa semoga skripsi ini bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan bagi para pembaca pada umumnya dan semoga kelak tulisan ini dapat menjadi bukti *amal jariyah* penulis dalam menyebarkan kebaikan dan kebajikan. Âmîn

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- A. Jamil, *Ilmu Falak (Teori dan Aplikasi)*, Jakarta: Amzah, 2009
- A. Kadir, *Fiqh Arah Qiblat (Cara Sederhana Menentukan Arah Salat agar sesuai Syari'at)*, Yogyakarta: Pustaka Pesantren, Cet. 1, 2012.
- _____, *Formula Baru Ilmu Falak (Panduan Lengkap & Praktis)*, Jakarta: Amzah, 2012.
- Aan Komariah dan Djaman Satori, *Metode Penelitian Kualitatif*, Bandung: Alfabeta, 2009.
- Abimanyu, Soedjipto, *Babad Tanah Jawi*, Yogyakarta: Laksana, 2017.
- Abi Bakar Bin Muhammad al-Husaini, Imam Taqiyuddin, *Kifayatul Akhyar fi Halli Gayatul Ikhtisar, Juz I*, Surabaya: Dar al-Kitab al-Islam, t.t.
- Al-Jaziri, Syaikh Abdurrahman, *Kitab Salat Fikih Empat Mazhab (Syafi'iyah, Hanafiah, Malikiah, dan Hambaliah)*, Jakarta: Hikmah (PT Mizan Publika), 2011.
- Azwar, Saifuddin, *Metode Penelitian*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2004, Cetakan ke-5.
- Boona, dkk, *THAB (Teknik Hidup di Alam Terbuka)*, Bandung: True North, 2011.

- Departemen Agama RI, *Al-Quran dan Terjemahannya*, Jakarta: Darus Sunnah, 2007.
- Hadi Bashori, Muhammad, *Pengantar Ilmu Falak*, Jakarta: Pustaka al-Kautsar, 2015.
- _____, *Kepunyaan Allah Timur dan Barat*, Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 2014.
- Hambali, Slamet, *Ilmu Falak I*, Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011.
- _____, *Ilmu Falak (Arah Kiblat Setiap Saat)*, Yogyakarta: Pustaka Ilmu Yogyakarta, 2013.
- _____, *Pengantar Ilmu Falak*, Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012.
- Hasan, Abdul Halim, *Tafsir al-Ahkam*, Jakarta: Kencana, 2006.
- Hasbi ash-Shiddieqy, Teungku Muhammad, *Tafsir Al-Qur'anul Majid an-Nur*, Jilid III, Semarang :Pustaka Rizki Putra, 2000, Cet. II.
- Ibn Hajar Al-Asqalani, Al-Hafizh, *Bulughul Maram*, Semarang: Pustaka 'Alawiyah, t.t.
- Ismail bin Umar bin Katsir, Maduddin Abul Fida, *Tafsir Ibnu Katsir. Jilid 3*, Jakarta: Gema Insani, t.t.
- Izzuddin, Ahmad, *Ilmu Falak Praktis*, Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, 2012.
- _____, *Kajian Terhadap Metode-metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, Jakarta: Kementerian Agama

- RI, Direktorat Jenderal Pendidikan Islam, Direktorat Tinggi Islam, Cet. 1, 2012.
- _____, *Menentukan Arah Kiblat Praktis*, Yogyakarta: Logung, 2010.
- J. Moelong, Lexy, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, Bandung: Remaja Rosdakarya, 2004, Edisi Revisi.
- Jarullah Muhammad bin Umar bin Muhammad al-Zamakhsyary, Imam Abi al-Qasim, *al-Kasyaf 'an Haqaiq Giwamid al-Tanzil wa Uyun al-Aqawil fi Wajwi al-Ta'wil, Jilid II*, Beirut - Libanon : Dar alKutub al-Alamiah, tt.
- Khazin, Muhyiddin, *Ilmu Falak (Dalam Teori dan Praktik)*, Cet. 1, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.
- _____, *Ilmu Falak (Dalam Teori dan Praktik)*, Cet. IV, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2011.
- Marpaung, Watni, *Pengantar Ilmu Falak*, Jakarta: Prenadamedia Group, 2015.
- Maskufa, *Ilmu Falak*, Jakarta: GP Press, 2009.
- Munawwir, Achmad Warson, *Al-Munawwir: Kamus Arab-Indonesia*, Surabaya: Pustaka Progressif, 1997.
- Musonif, Ahmad, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Teras, 2011.
- Tatmainul Qulub, Siti, *Ilmu Falak (Dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi)*, Depok: PT Rajagrafindo Persada, 2017.
- Rachim, Abdur, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Penerbit Liberty, 1983.

- Rahardjo, Supratikno, *Peradaban Jawa Dari Mataram Kuno sampai Majapahit Akhir*, Jakarta: Komunitas Bambu, 2011.
- Sakirman, *Ilmu Falak (Spektrum Pemikiran Mohammad Ilyas)*, Yogyakarta: Idea Press Yogyakarta, 2015.
- Sardjono, F.X., *Candi di Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta*, Yogyakarta: YASATRI, 2013.
- Sugiyono, *Metode Penelitian (Kualitatif, Kuantitatif, dan R & D)*, Bandung: Alfabeta, 2016.
- Muhammad bin Ali bin Muhammad al-Syaukany, *Nail al-Autar min Asrar Muntaha al- Akhbar, Jilid I*, Beirut-Libanon : Dar al-Kutub al-Araby, tt
- Syihab, M.Quraisy, *Tafsir al-Misbah*, Vol. 2, Jakarta : Lentera Hati, 2005.
- Tim Penyusun Fakultas Syari'ah, *Pedoman Penulisan Skripsi*, Semarang: IAIN Walisongo, 2010.
- _____, *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Fakultas Syari'ah dan Hukum*, Semarang: UIN Walisongo, 2019.
- Tim Penyusun Revisi, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama RI, 2010.
- Wardan, Muhammad, *Kitab Ilmu Falak dan Hisab*, Yogyakarta: tp, 1957.

Jurnal

Alimuddin, “Perspektif Syar’i dan Sains Awal Waktu Salat”, dalam *Jurnal Al-Daulah*, Vol. 1, No. 1, Desember 2012.

Arwin Juli Rakhmadi Butar Butar, “Histroriografi Ilmu Falak di Nusantara: Sejarah, Motivasi dan Tokoh Awal”, dalam *Jurnal of Contemporary Islam*, Vol. 2, No. 2, Juli-Desember 2018.

Dartim, “Peran Ilmu Falak (Astronomi) sebagai Pintu Gerbang Khazanah Intelektual Islam”, dalam *Jurnal Suhuf*, Vol. 28, No. 2, November 2016.

Hariawang, I.I., “Archaeoastronomical Aspects of Borobudur, Final Project Report”, *Astronomy Departement, Bandung Institute of Technology*, 2010.

Hariawang, Irma. I., dkk., “Orientation of Borobudur’s East Gate Measured Against The Sunrise Position During The Vernal Equinox”, *Intitut Teknologi Bandung*, 2010.

Ismail, “Metode Penentuan Awal Waktu Salat Dalam Perspektif Ilmu Falak”, dalam *Jurnal Ilmiah Islam Futura*, Vol. 14, No. 2, Februari 2015.

Slamet Hambali, “Menguji Keakuratan Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwaa ini Karya Slamet Hambali”, *Laporan Hasil Penelitian Individual*, IAIN Walisongo Semarang, 2014.

Yusuf Baihaqi, “Antara Kisah Al Qur’an dan Sains (Studi Kritis Terhadap Buku “Borobudur & Peninggalan Nabi Sulaiamn” Karya Fahni Basya)”, dalam *Jurnal At-Dzkira*, Vol. X, No. 1, Januari-Juni, 2016.

Wawancara

Wawancara dengan Imanuel Sungging (Tim Arkeoastronomi ITB Bandung 2010), pada 29 Februari 2020.

Wawancara dengan Hari Setyawan (Staff bagian Arkeolog Balai Konservasi Borobudur), pada 6 Juli 2020.

Diskusi Online dengan Ferry M. Simatumpang dan Widya Sawitar, (Bincang Santai Astronomi #1-Episode 3 “Khazanah Astronomi di Bumi Nusantara Arkeoastronomi), pada 27 Juni 2020.

Internet

<https://borobudurpark.com>

<https://id.m.wikipedia.org/wiki/Borobudur/>, di akses pada 3 Juni 2020.

<https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/tongkat>, diakses pada 9 Juli 2020.

<https://kebudayaan.kemdikbud.go.id/bkborobudur/>, di akses pada 8 Juli 2020.

<https://nasional.kompas.com/read/2011/05/19/03121712/Jejak-Astronomis-di-borobudur>, di akses pada 4 Juli 2020.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

**TRANSKIP WAWANCARA DENGAN I. SUNGGING
(TIM ARKEOASTRONOMI ITB BANDUNG)**

Wawancara dilakukan pada tanggal 29 Februari 2020 di Rumah
Saudara dari I. Sungging di Semarang

Peneliti : Selamat malam Pak Sungging.

I. Sungging : Selamat malam mas Aji.

Peneliti : Mohon maaf pak mengganggu waktunya, perkenalkan saya Aji Prasetyo mahasiswa UIN Walisongo Semarang. Saya sedang mengerjakan skripsi dengan penelitian tentang aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur Magelang dalam penentuan awal waktu salat. Ada beberapa hal yang ingin saya tanyakan kepada Bapak.

I. Sungging : Ya mas, silahkan. Saya coba memberi informasi tentang itu semampu saya.

Peneliti : Bagaimana sejarah Candi Borobudur?

I. Sungging : Candi Borobudur diperkirakan dibangun sejak 800 tahun yang lalu. Ada hipotesa yang mengatakan bahwa Candi Borobudur itu berada di tengah danau seperti teratai.

Peneliti : Bagaimana metode penelitian Bapak lakukan bersama Tim Arkeoastronomi ITB Bandung 2010?

I. Sungging : Metode yang kami lakukan sederhana, yaitu dengan memfoto gerbang Timur ketika Matahari terbit saat fenomena *vernal equinox*, kemudian dihitung. Data perhitungan yang dihasilkan

sebagaimana laporan hasil penelitian, yaitu $87^{\circ}34.5'$. Penelitian tersebut kemudian dipresentasikan dan dibawa ke Konferensi Astronomi di Tokyo Jepang pada tahun 2010.

Peneliti : Apa saja alat yang dibutuhkan dalam pengamatan tersebut?

I. Sungging : Pada saat penelitian kami itu hanya menggunakan kamera, terus difoto dan dihitung. Bisa juga menggunakan theodolit, karena nilai akurasi yang cukup baik dan tinggi.

Peneliti : Aspek astronomi apa saja yang didapat dari penelitian di Candi Borobudur?

I. Sungging : Aspek astronomi yang kami temukan yaitu bentuk bangunan Candi Borobudur yang sesuai dengan arah mata angin. Kemudian kami temukan lagi hasil pengamatan bayangan yang dihasilkan dari stupa. Itu masih sangat dasar dan belum kami gali lagi. Namun kami beranggapan bahwa stupa-stupa tersebut kemungkinan juga digunakan sebagai penanda waktu dan musim, seperti Pranatamangsa.

Peneliti : Apakah ada aspek-aspek ilmu falak (astronomi Islam) pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat?

I. Sungging : Untuk aspek ilmu falak/astronominya kemungkinan sama dengan hasil penelitian kami, yaitu terkait arah mata angin dan penggunaan stupa utama atau stupa-stupa kecil sebagai

penanda waktu. Namun untuk keterkaitan antara bangunan Candi Borobudur dengan ilmu falak dan penetapan waktu salat saya masih belum begitu paham, karena Candi Borobudur sendiri adalah Candi Budha. Tapi tidak menutup kemungkinan aspek ilmu falak dan penetapan awal waktu salat atau aspek-aspek ilmu falak yang lain bisa diambil dari bangunan Candi Borobudur.

Peneliti : Bagaimana fungsi stupa utama sebagai penanda waktu (*gnomon*)?

I. Sungging : Fungsi stupa utama sebagai penanda waktu (*gnomon*) juga bisa dimungkinkan untuk mengetahui penetapan awal waktu salat. Seperti ketika waktu Zuhur dan waktu Asar yang menggunakan panjang bayangan.

Peneliti : Bagaimana teori yang digunakan dalam penelitian tersebut?

I. Sungging : Kami menggunakan materi dan teori terkait pergerakan Matahari. Gerak semu Matahari harian dan tahunan, gerak nutasi, gerak presisi. Maka dari itu, penelitian yang kami lakukan yaitu ketika *vernal equinox* bulan Maret 2010.

Peneliti : Mungkin itu dulu Pak yang saya tanyakan, terimakasih atas informasinya.

I. Sungging : Ya mas sama-sama, semoga penelitiannya berjalan dengan lancar.

**TRANSKIP WAWANCARA DENGAN HARI SETYAWAN
(STAFF BAGIAN ARKEOLOG BALAI KONSERVASI
CANDI BOROBUDUR MAGELANG JAWA TENGAH)**

Wawancara dilakukan pada tanggal 06 Juli 2020 di Balai
Konservasi Borobudur Magelang Jawa Tengah

Peneliti : *Assalamu'alaikum* Pak.....

Hari : *Walaikumussalam, monggo* Mas. Bagaimana?

Peneliti : Mohon maaf pak mengganggu waktunya, perkenalkan saya Aji Prasetyo mahasiswa UIN Walisongo Semarang. Saya sedang mengerjakan skripsi dengan penelitian tentang aspek ilmu falak pada bangunan Candi Borobudur Magelang dalam penentuan awal waktu salat. Ada beberapa hal yang ingin saya tanyakan kepada Bapak.

Hari : Ya mas, silahkan. Saya coba memberi informasi tentang itu semampu saya.

Peneliti : Bagaimana sejarah awal Candi Borobudur?

Hari : Borobudur dibangun sekitar tahun 780 Masehi. Dibangun dalam 5 tahap pembangunan dan berdiri sekitar tahun 833 Masehi. Didirikan oleh Raja Samaratungga. Pembangunan *tahap pertama*,dibangun tata susun bertingkat, seperti dirancang sebagai piramida berundak. *Tahap kedua*, fondasi Borobudur diperlebar, ditambah dengan dua undak persegi dan satu undak lingkaran yang langsung diberikan stupa induk

besar. *Tahap ketiga*, undak atas lingkaran dengan stupa induk besar dibongkar dan dihilangkan dan diganti tiga undak lingkaran. Stupa-stupa dibangun pada undak-undak ini dan dibuat satu stupa besar di tengahnya. *Tahap keempat dan kelima*, hanya perubahan kecil seperti relief, perubahan tangga dan lengkung atas pintu gapura.

Peneliti : Bagaimana sejarah Candi Borobudur pada saat masuknya Walisongo sampai masa penjajahan Belanda?

Hari : Pada saat masuknya Walisongo dalam penyebaran ajaran Islam, adat istiadat Hindu-Budha tidak serta merta ditinggalkan. Sebagaimana peninggalan Hindu Menara Kudus dan Masjid Kudus yang dimasuki Islam dan dijadikan kegiatan peribadatan, yang pada akhirnya Sunan Kudus secara perlahan mampu mengajak orang-orang masuk Islam. Namun berbeda dengan Candi Borobudur yang tidak ada sejarah dimasuki oleh ajaran Islam. Pada saat kerajaan Hindu dan Budha mengalami kemunduran, Candi Borobudur dibiarkan tidak terpakai. Bahkan masyarakat pada saat itu mengambil batu-batu yang terdapat dibangun Candi untuk dijadikan pondasi rumah-rumah mereka. Sehingga sekitar tahun 1800 Masehi bangunan Candi Borobudur ditemukan oleh Sir Thomas Stamford Raffles Pemerintah Hindia-

Belanda, maka Candi Borobudur kembali ditata dan dilakukan pemugaran. Kondisi Candi Borobudur saat ini adalah sudah dilakukan dua kali pemugaran. Kami memprediksi bahwa stupa utama Borobudur yang sekarang, masih terlalu pendek dari tinggi stupa utama yang asli. Karena pada saat Candi Borobudur ditemukan oleh Pemerintah Hindia-Belanda, kondisi stupa utama hancur, tidak seperti sekarang ini.

Peneliti : Bagaimana kepengurusan dan pengelolaan Candi Borobudur?

Hari : Kepengurusan dan pengelolaan yang sekarang ini, tidak lepas dari jasa dan peninggalan sistem yang dibuat oleh Pemerintah Hindia-Belanda.

Peneliti : Siapakah yang bertanggungjawab dalam pengelolaan Candi Borobudur?

Hari : Kalau di Balai Konservasinya tersendiri itu dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

Peneliti : Apakah sebelumnya sudah ada penelitian terkait astronomi di bangunan Candi Borobudur?

Hari : Sudah ada, yaitu penelitian dari Bu Irma I. Hariawang bersama tim pada tahun 2010. Beliau melakukan penelitian pada saat *vernal equinox* 21 Maret 2010.

Peneliti : Bagaimana hasil penelitian dari Tim Arkeoastronomi ITB tahun 2010?

- Hari : Pada saat itu mereka menggunakan fenomena alam, yaitu *vernal equinox* 21 Maret 2010. Sesuai dengan hasil pengamatan kemudian dibuatkan perhitungan, maka ketika Matahari terbit, Matahari muncul tepat di gerbang timur bangunan Candi Borobudur. Bukan hanya itu, mereka juga melakukan hipotesa bahwa stupa-stupa yang ada disekitar stupa utama, bisa digunakan dalam perhitungan kalender Pranatamangsa. Temuan lain juga didapati, terkait rasi bintang pleiades. Memberikan kesimpulan bahwa nenek moyang kita dahulu ketika pembangunan Candi Borobudur sudah mengetahui arah mata angin dengan mengamati fenomena-fenomena alam.
- Peneliti : Bagaimana pihak pengelola mengetahui arah mata angin dari bentuk bangunan Candi Borobudur?
- Hari : Kami memiliki tim bagian pemeliharaan Candi Borobudur. Pada saat itu pengukuran yang kami lakukan dengan menggunakan Theodolite. Dan hasilnya tepat, bahwa keempat pintu utama pada bangunan Candi Borobudur mengarah kearah mata angin yang kita ketahui.
- Peneliti : Apakah pihak pengelola Candi Borobudur mengetahui terkait aspek astronomi yang terdapat pada bangunan Candi Borobudur?
- Hari : Kami mengetahui aspek astronomi pada bangunan Candi Borobudur karena penelitian

yang dilakukan tim Arkeoastronomi dari ITB pada tahun 2010.

Peneliti : Bagaimana respon bapak terkait penelitian aspek ilmu falak/astronomi Islam pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat?

Hari : Menurut saya cukup baik, namun kami masih bingung terkait penentuan awal waktu salat, karena Borobudur adalah candi Budha. Namun jika hanya mencari pembuktian dari sisi lain penggunaan aspek astronomi pada bangunan Candi Borobudur dalam penentuan awal waktu salat, itu bisa kami terima. Saran kami jika ranahnya adalah terkait sosial-budaya, mungkin perlu adanya penelitian lebih lanjut bagian sosial-budaya.

Peneliti : Apakah ada aspek-aspek astronomi lain yang terdapat pada bangunan Candi Borobudur?

Hari : Selain bangunannya yang mengarah kearah mata angin, mungkin fungsi lain stupa utama sebagai penanda waktu (*gnomon*) atau bisa dikatakan jam Matahari Raksasa, dan mengacu pada hipotesa Bu Irma Hariawang yaitu terkait Kalender Pranatamangsa. Mungkin itu.

Peneliti : Mungkin itu dulu Pak yang saya tanyakan, terimakasih atas informasinya.

Hari : Ya sama-sama Mas, semoga bermanfaat dan sukses selalu.

SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : HARI SETYAWAN
Jabatan : STAF
HP/Email : sivanata-raja@yahoo.com
Alamat : Perum BPH, Culon, Seban, Magelang

Dengan ini menyatakan bahwa saudara;

Nama : Aji Prasetyo
NIM : 1502046108
Fakultas : Syari'ah dan Hukum
Alamat : Dk. Tegalkubur RT. 02/RW.08 Desa Yamansari Kec. Lebaksiu
Kab. Tegal

Benar-benar telah melakukan *interview* (wawancara) guna melengkapi data yang diperlukan untuk menyusun skripsi mahasiswa yang berjudul "ASPEK ILMU FAJAK PADA BANGUNAN CANDI BOROBUDUR DALAM PENENTUAN AWAL WAKTU SALAT"

Demikian surat keterangan ini dibuat, mohon digunakan sebaik-baiknya dan harap maklum.

Senin, 6/7/2020

Hormat kami,


HARI SETYAWAN

ORIENTATION OF BOROBUDUR'S EAST GATE MEASURED AGAINST THE SUNRISE POSITION DURING THE VERNAL EQUINOX

Irma I. HARIAWANG,^{1,3} Ferry M. SIMATUPANG,^{1,3} Iratius RADIMAN,¹
and Emanuel S. MUMPUNI^{1,2}

¹Astronomy Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Bandung Institute of Technology, Bandung, Indonesia.

²Indonesia Institute of Aeronautics and Space

³Langitselatan community <http://langitselatan.com>

E-mail: irma.hariawang@gmail.com

Abstract: Borobudur is a Buddhist temple in Indonesia which was built around the year 800 CE (Soekmono, 1976). Sunrise observations conducted at the temple on 19 or 20 March in the years 2009 and 2010, during the vernal equinox revealed that the Sun rose 3.5' to the north of the east gate. With this result, and allowing for precession we calculated that the vernal equinox sunrise position at the time when the temple was constructed differs from the current position by -6.6705° . When this value was added to the recent measurements the result was a shift of -6.61° , which differs just 1° from Borobudur's latitude.

1 BOROBUDUR

This well-known Buddhist stone temple is located near Magelang, an Central Java (Indonesia) at $7^\circ 36' 30.49''$ S latitude, $110^\circ 12' 10.34''$ E longitude and at an elevation of 265 metre above sea level (see Figure 1). It covers an area of 15,000 square meters, rises through 10 levels of temple-construction to a height 42 meters and contains 55,000 cubic meters of stone (Figure 2). There are 1300 relief carvings, which relate stories about Buddha and Mahabarata (Figure 3); if these carvings were placed in a straight line they would extend for 2.5 kilometres.



Figure 1: Map of Indonesia. Borobudur is indicated by the white square on the island of Java, near the city of Jogjakarta (after Marzuki and Heraty, 1991).

2 HISTORY

Tantra Buddha is the religion relating to Borobudur. The word 'Borobudur' comes from 'Boro' and 'Budur'. De Casparis (1950) tried tracing both of these words back to their probable origin and found that the name *Bhumisambharabhudhara*, denoting a sanctuary for ancestor worship, was found on two stone inscriptions dating from 842 CE. After a thorough analysis of the religious aspects and a detailed reconstruction of the geography of the area in which the associated historical events took place, he concluded that the sanctuary of *Bhumisambharabhudhara* had to refer to Borobudur, and that the change to the present-day name occurred through the normal process of simplification that takes place with a spoken language.

Soekmono (1976) gives detail account on the lost, the rediscovery, and the rescue of Borobudur. There is no definite time nor reason about when the Borobudur ceased to function as a monument along the course of history of the Javanese.

In Soekmono's accounts (Ibid. p5.), It was not until 1814 that Candi Borobudur emerged, actually and figuratively, from its dark past. Between 1811 and 1816 Java was under British rule, and the representative of the British Government was Lieutenant Governor-General Sir Thomas Stamford Raffles

who was extremely interested in Java's past (e.g. see Raffles, 1830). Sir Stamford sent H.C Cornelius—a Dutch engineering officer with a lot of experience exploring Javanese ancient sites—to investigate. After two months he had completed his work on the 'rediscovery' of Borobudur, although many parts of the galleries could not be unearthed at that time because of the danger of collapse. Cornelius (1811 - 1816) supplemented his report with various drawings (Soekmono, loc. cit.).



Figure 2: Aerial view of Borobudur (source: tourism-zones.com).



Figure 3: A close up of Borobudur relief carving that show crescent moon - 7 circles - sun.

The first restoration of Borobudur began in 1900 under the direction of Th Van Erp, when Java was under Holland rule (Ibid, p.6). The second—and more ambitious—phase of the restoration was begun in

1973 by the Indonesia Government, with advice from UNESCO and International cooperation (Soekmono, 1976).

3 PHYSICAL ASPECTS OF BOROBUDUR

According to legend, in the remote past the island of Java was floating in the ocean, and had to be nailed to the centre of the Earth before it could be inhabited. The huge nail became a small hill, called Tidar, on the southern outskirts of the present city of Magelang (Soekmono, 1976, p.1). And just fifteen kilometres south of Tidar hill is Borobudur. The region around the 'Nail of Java', better known as the 'Kedu Plain', forms the geographical centre of the island of Java, and its extreme fertility and very industrious population explain why it is often referred to 'the Garden of Java'. The undulating plain is bordered on practically all sides by rugged mountain ranges. And as if to beautify the landscape, two sets of twin volcanoes soar into the sky: Merapi, which often explodes (2911 m) and the Merbabu (3142 m) to the north-east, and Sumbing (3371 m) and Sindoro (3135 m) at the north-west. The western and southern sides of the plain are closed by a long chain of hills, that form a rugged skyline of towering masses of indefinite shape, hence the name 'Menoreh Range' (where 'Menoreh' stands for 'menara', which means 'the tower').

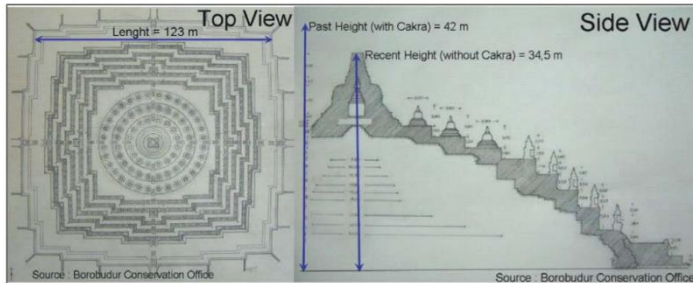


Figure 4: Plan view (left) and side elevation (right) of Borobudur (courtesy: Borobudur Conservation Office).

In basic geometry the Borobudur temple is a square, with the four sides aligned with the four cardinal points. In elevation, the temple has ten stepped levels, the first seven in the shape of a square, while the last three have a circular shape (see Figure 4). Some of the parameters of this unique monument are listed in Table 1, below.

Table 1: Parameters of Borobudur (after Marzuki, and Heraty, 1991: p.18).

Feature	Dimensions/Number	Comments
Length	123 meters	
Height	42 meters (originally)	From the bottom to the top, with its central chakra removed (for conservation reasons) the current height is 34.5 meters.
Relief carvings	1460	Along the hallways (2 nd to 6 th levels)
Buddha statues in open niches	432	Along the hallways (2 nd to 6 th levels)
Buddhas in trellised stupas	72	32 stupas in the outer circle (8 th level) 24 stupas in the middle circle (9 th level) 16 stupas in the inner circle (10 th level)
Main Stupa	1	The highest level stupa (10 th level)
Total stone used in the construction	55,000 cubic meters	River stone

4 THE RESEARCH OBJECTIVE AND METHODOLOGY

Our objective in this research was to find the orientation of Borobudur's east gate relative to the sunrise position when it was constructed. In order to pursue this, we are using two methods:

1. On-site observation and measurement of the sunrise position during the vernal equinox; and
2. Calculation of the solar in order to verify the observational data.

Sunrise, sunset and night-time observations were planned for the 2009 and 2010 vernal equinoxes, but due to weather conditions only the sunrise measurements were possible. Our observations were made from the location marked with an 'X' in Figure 5. The precise position of this observing-site had been selected by the Borobudur Conservation Office prior to our observation, and we use this point as an east-west reference for our alignment measurement. According to the Office, the location selected is aligned due east when looking from the main stupa towards the east gate meanwhile; we used sunrise and

sunset positions as close as possible to the vernal equinox to find true east and west. In order to obtain a final result, we made two assumptions:

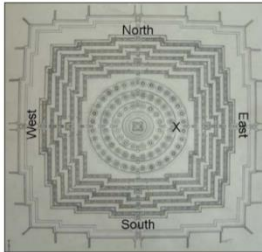


Figure 5. Our observation location at the Borobudur site (courtesy: Borobudur Conservation Office)

1. Most Buddhist temples in Indonesia were constructed with the entrance gate facing east (see Soekmono, 1976); and
2. The east gate is still in the same position now as when Borobudur was constructed, and any modifications that may have occurred were minimal and can be ignored (see Borobudur Conservation Office, 2009).

5 RESULTS

5.1 The Observations

We use a theodolite with a solar filter over the eye-piece as our primary measurement tool, and the results are shown below and in Figure 6:

1. The angle between magnetic north and the east gate is $87^{\circ}34.5'$.
2. The angle between magnetic north and the sunrise is shown in Table 2.
3. The time of the vernal equinox of 2010 was on 20 March at 17:32 UT, or 00:32 WIB in local time, a difference of 5h 21m from when our data were measured there. If we assume that the Sun moves 1° on the ecliptic in one day, then the Sun will have moved $13'45''$ away from the vernal equinox position at the time we made our observations. This value is small, so for the purposes of our research we considered that our observations were actually made at the time of the vernal equinox.

Table 2: Observed sunrise data.

#	Time UT+7	Measured (Angle)			Time Reference
		Deg	Min	Value	
1	5:53	87	31	87.5167	21 March 2010 (vernal equinox)
2	6:07	86	45.5	86.7583	
3	6:22	86	11	86.1833	
4	6:38	85	40	85.6667	
5	6:52	85	24	85.4000	
6	7:05	84	37	84.6167	
7	7:22	84	01	84.0167	

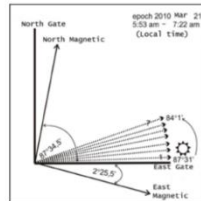


Figure 6 (right): This diagram illustrates the measurement situation at the time of observation.

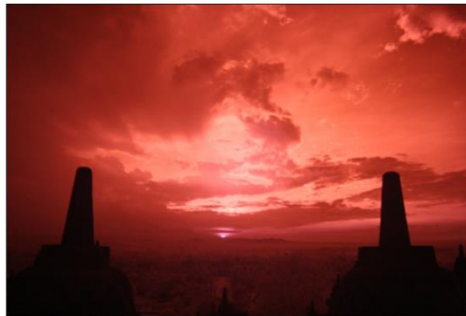


Figure 7: The moment of sunrise near the vernal equinox on 21 March 2010.

Figure 7 illustrates the situation when the Sun appeared above the horizon 3.5° to the north of the east gate. Using this result, we assumed that during 2010 vernal equinox the sunrise would have been aligned with the east gate.

5.2 The Calculations

Using the rigorous method outlined by Meeus (1991), we calculate the precession of the vernal equinox from 2010.0 to 800.0 CE, the time when Borobudur was constructed. The algorithm is described here. Let T be the time interval, in Julian centuries, between J2000.0 and the starting epoch, and t be the interval, in the same unit, between the starting epoch and the final epoch. In other words, if (JD) and (JD)₁ are the Julian Days corresponding to the initial and the final epoch, respectively, we have:

$$T = [(JD) - 2451545.0]/36525 \quad (1)$$

$$t = [(JD)_1 - (JD)]/36525 \quad (2)$$

Then we have the following numerical expressions for the quantities ζ , z and θ which are needed for the accurate reduction of position from one equinox to another:

$$\zeta_s = (2306.2181'' + 1.39656''T - 0.000139''T^2)t + (0.30188'' - 0.000344''T)t^2 + 0.017998''t^3 \quad (3)$$

$$z = (2306.2181'' + 1.39656''T - 0.000139''T^2)t + (1.09468'' + 0.0006''t)^2 + 0.018203''t^3 \quad (4)$$

$$\theta = (2004.3109'' - 0.85330''T - 0.000217''T^2)t + (0.42665'' + 0.000217''t)t^2 - 0.041833''t^3 \quad (5)$$

All three variables will be used in the subsequent formulations to obtain the values of α_1 and δ_1 :

$$A = \cos\delta \sin(\alpha + \zeta) \quad (6)$$

$$B = \cos\theta \cos\delta \cos(\alpha + \zeta) - \sin\theta \sin\delta \quad (7)$$

$$C = \sin\theta \cos\delta \cos(\alpha + \zeta) + \cos\theta \sin\delta \quad (8)$$

$$\tan(\alpha_1 + z) = A/B \quad (9)$$

$$\sin\delta_1 = C \quad (10)$$

Thus, we have the values of α_1 and δ_1 after precession. If we know (JD) is for 20 March 2010 (equinox 2010 in UT) and (JD)₁ is 16 March 800 (equinox 800, using Sky Map pro 9) then Equations (1) and (2) become:

$$T = [(2455275.5) - (2451545.0)]/36525 = 0.102135524$$

$$t = [(2013332.5) - (2455275.5)]/36525 = -12.0997399$$

The three variables, ζ , z and θ , therefore are:

$$\zeta_s = (2306.2181'' + 1.39656'' \times 0.102135524 - 0.000139'' \times 0.102135524^2)(-12.0997399) + (0.30188'' - 0.000344'' \times 0.102135524)(-12.0997399)^2 + 0.017998''(-12.0997399)^3$$

$$z = (2306.2181'' + 1.39656'' \times 0.102135524 - 0.000139'' \times 0.102135524^2)(-12.0997399) + (1.09468'' + 0.0006''(-12.0997399))^2 + 0.018203''(-12.0997399)^3$$

$$\theta = (2004.3109'' - 0.85330'' \times 0.102135524 - 0.000217'' \times 0.102135524^2)(-12.0997399) - (0.42665'' + 0.000217''(-12.0997399))^2 - 0.041833''(-12.0997399)^3$$

Then we have

$$\zeta = -7.748348$$

$$z = -7.7162068$$

$$\theta = -6.733040$$

Upon inserting the above values in Equations 6-10, and with $(\alpha, \delta) = (0, 0)$, we get:

$$A = \cos(0)\sin(0 + (-7.748348)) = -0.13$$

$$B = \cos(-6.733040)\cos(0) \cos(0 + (-7.748348)) - \sin(-6.733040)\sin(0) = 0.984$$

$$C = \sin(-6.733040)\cos(0) \cos(0 + (-7.748348)) + \cos(-6.733040)\sin(0) = -0.11617$$

Since

$$\tan(\alpha_1 + (-7.7162068)) = -0.13/0.984$$

$$\alpha_1 = -15.241$$

and since

$$\sin\delta_1 = -0.11617$$

$$\delta_1 = -6.6705$$

So we have α_1 and δ_1 as -15.241 and -6.6705 respectively for the year 800, relative to 2010 (which we choose as $(\alpha, \delta) = (0, 0)$). The negative sign shows that α_1 and δ_1 are moving in the opposite direction to the (α, δ) direction.

6 CONCLUSION

Measured against the direction of the Borobudur east gate, the change in declination of the vernal equinox circa 800 CE was -6.6705° . This result is then summed with the value of $3.5'$ obtained from observations, giving a result of a -6.61° shift to the south. Given that the longitude of Borobudur is -7.5 , the difference is only -1° . This discrepancy may be explained by the selection of 800 CE as the assumed date when Borobudur was built. Mathematically, we may want to adjust this value as precisely as possible, but our work emphasizes the fact that during the period when Borobudur was built all four sides were aligned with the four cardinal points with high accuracy, even though modern observational tools were not available.

6.1 Further Work

Based on this work, we hypothesize that Borobudur's main stupa is a gnomon and during the construction it was used as a direction pointer so that the temple could be aligned to the cardinal points, with the accuracy that we have measured. But more information is required, for instance about the calendar system of the Javanese ('Pranotomongso'), where gnomon was used as a measurement tool. If our hypothesis is correct that the Main Stupa was a gnomon, then every shadow that fell in any direction on the smaller stupas nearby, might have been used to monitoring changing time.

Not only the physical shape of Borobudur, but several of the relief carvings on the walls depict celestial bodies, such as the Sun and the Moon. There are also carvings with seven circles. Do these relate Pleiades, which have an important place in Javanese astronomy (e.g. see Daldjoeni and Hidayat, 1988) or perhaps to the seven main stars in Ursa Major, which are part of Buddhism tradition (see Long, 2010). These questions need further study, especially from ethnoastronomers.

7 ACKNOWLEDGEMENT

We wish to thank the many people who helped with this research. The first author of this paper (I.H.) also would like the SOC and LOC of ICOA-7, for the opportunity to attend this conference and for funding assistance. We also thank the Dr. Karel van der Hucht, Leids Kerkhoven Bosscha Fund (LKBF) for awarding I.H. a travel grant, Dr Hakim L. Malasan, Director of Bosscha Observatory (Lembang) for his assistance and encouragement and the Faculty of Mathematics and Natural Sciences at the Bandung Institute of Technology for funding this research. Finally, we are grateful to our Borobudur research team, M. Rudi Hariyanto, Erni R. Sihotang, Fathonah D. Rahayu and Hanief Trihanntoro, and the langitselatan community (Endang Soegiartini, Avivah Yamani and Hanindy Kuncarayakti) for their support and help prior to and during the travel in Japan.

8 REFERENCES

- Barlow, C.W.C., and Bryan, G.H. 1961. *Elementary Mathematical Astronomy*. London, University Tutorial Press.
- Casparis, J.G. de, 1950. *Inscripties uit de Calendra-tijd* (Inscriptions from the Calendra-period). Jakarta, Series 'Prasasti Indonesia', Volume I. Cited by Soekmono (1976).
- Daldjoeni, and Hidayat, B., 1989. Contributions from the Bosscha Observatory: Astronomical Aspects of "Pranotomongso" of the 19th Century Central Java. Editors, G. Swarup, A.K. Bag, K.S. Shukla. *History of Oriental Astronomy*. (Proceedings of an IAU Colloquium No.91). Cambridge, Cambridge University Press. P.249.
- Evans, James. 1998. *The History and Practice of Ancient Astronomy*. New York, Oxford University Press.
- Hariawang, I.I., 2010. *Archaeoastronomical Aspects of Borobudur*. Final project report, Astronomy Department, Bandung Institute of Technology.
- Long, Mark. 2002-2010. http://www.borobudur.tv/survey_3.htm
- Marzuki, Yasir, and Heraty, Toeti. 1991. *Borobudur*. publisher: Djambatan, Jakarta.
- Meeus, Jean, 1991. *Astronomical Algorithms*. Richmond, Willmann-Bell.
- Raffles, Sir Thomas Stamford, 1830. *The History of Java*. Two volumes. London, Murray.
- Roy, A.E. and Clarke, D. 1978. *Astronomy: Principles and Practice*. Bristol, Adam Hilger.
- Smart, W.M., 1956. *Text-Book on Spherical Astronomy*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Soekmono, 1976. *Chandi Borobudur*. Paris, The UNESCO Press.
- <http://www.usno.navy.mil/USNO/astronomical-applications>
- SkyMap Pro 9 Demo Version. Chris A. Marriot 1992-2002. <http://www.skymap.com>

7 Juli 2020

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude *)	Ecliptic Latitude *)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	105° 21' 25"	-0.34"	106° 39' 11"	22° 33' 13"	1.0166845	15' 43.88"	23° 26' 12"	-4 m 57 s
1	105° 23' 48"	-0.34"	106° 41' 45"	22° 32' 57"	1.0166841	15' 43.88"	23° 26' 12"	-4 m 57 s
2	105° 26' 11"	-0.35"	106° 44' 18"	22° 32' 41"	1.0166838	15' 43.88"	23° 26' 12"	-4 m 57 s
3	105° 28' 33"	-0.35"	106° 46' 52"	22° 32' 24"	1.0166834	15' 43.88"	23° 26' 12"	-4 m 58 s
4	105° 30' 56"	-0.35"	106° 49' 26"	22° 32' 08"	1.0166830	15' 43.88"	23° 26' 12"	-4 m 58 s
5	105° 33' 19"	-0.36"	106° 51' 60"	22° 31' 51"	1.0166826	15' 43.88"	23° 26' 12"	-4 m 59 s
6	105° 35' 42"	-0.36"	106° 54' 33"	22° 31' 35"	1.0166823	15' 43.88"	23° 26' 12"	-4 m 59 s
7	105° 38' 05"	-0.37"	106° 57' 07"	22° 31' 18"	1.0166819	15' 43.88"	23° 26' 12"	-4 m 59 s
8	105° 40' 28"	-0.37"	106° 59' 41"	22° 31' 02"	1.0166815	15' 43.88"	23° 26' 12"	-4 m 60 s
9	105° 42' 51"	-0.38"	107° 02' 15"	22° 30' 45"	1.0166811	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 00 s
10	105° 45' 14"	-0.38"	107° 04' 48"	22° 30' 28"	1.0166806	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 01 s
11	105° 47' 37"	-0.39"	107° 07' 22"	22° 30' 12"	1.0166802	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 01 s
12	105° 50' 00"	-0.39"	107° 09' 56"	22° 29' 55"	1.0166798	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 01 s
13	105° 52' 23"	-0.40"	107° 12' 29"	22° 29' 38"	1.0166794	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 02 s
14	105° 54' 46"	-0.40"	107° 15' 03"	22° 29' 21"	1.0166789	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 02 s
15	105° 57' 09"	-0.40"	107° 17' 37"	22° 29' 04"	1.0166785	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 03 s
16	105° 59' 32"	-0.41"	107° 20' 10"	22° 28' 48"	1.0166780	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 03 s
17	106° 01' 55"	-0.41"	107° 22' 44"	22° 28' 31"	1.0166776	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 03 s
18	106° 04' 18"	-0.42"	107° 25' 18"	22° 28' 14"	1.0166771	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 04 s
19	106° 06' 41"	-0.42"	107° 27' 51"	22° 27' 57"	1.0166767	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 04 s
20	106° 09' 04"	-0.42"	107° 30' 25"	22° 27' 39"	1.0166762	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 05 s
21	106° 11' 27"	-0.43"	107° 32' 58"	22° 27' 22"	1.0166757	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 05 s
22	106° 13' 50"	-0.43"	107° 35' 32"	22° 27' 05"	1.0166752	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 05 s
23	106° 16' 13"	-0.44"	107° 38' 05"	22° 26' 48"	1.0166747	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 06 s
24	106° 18' 36"	-0.44"	107° 40' 39"	22° 26' 31"	1.0166742	15' 43.89"	23° 26' 12"	-5 m 06 s

*) for mean equinox of date



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

Jalan Prof. Dr. H. Hamka Semarang 50185
Telepon (024)7601291, Faksimili (024)7624691, Website : <http://fsh.walisongo.ac.id/>

Nomor : B-2070/Un.10.1/J6/PP.00.9/06/2020 29 Juni 2020
Lamp. : -
Hal : Pengantar Penelitian

Kepada Yth.
Kepala Balai Konservasi Candi Borobudur
Di Magelang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Yang bertanda tangan di bawah ini :

N a m a : Moh. Khasan, M. Ag.
NIP : 19741212 200312 1 004
Jabatan : Ketua Jurusan Ilmu Falak
Menerangkan bahwa mahasiswa:
N a m a : Aji Prasetyo
NIM : 1502046108
Jurusan : Ilmu Falak

Sedang melakukan penelitian dalam rangka penyusunan skripsi dengan judul "Aspek Ilmu Falak Pada Candi Borobudur Dalam Menentukan Awal Waktu Shalat". Oleh karena itu bersama surat ini kami mohon bapak/ibu berkenan memberikan ijin kepada mahasiswa tersebut untuk mendapatkan data-data penelitian yang diperlukan. Mahasiswa yang bersangkutan akan berkunjung ke Candi Borobudur pada Sabtu, 4 Juli 2020.

Demikian surat pengantar ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

An. Dekan
Ketua Program Studi Ilmu Falak

MOH. KHASAN

Tembusan kepada Yth.:

1. Dekan Fakultas Syariah dan Hukum (sebagai laporan)
2. Arsip.



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

Jalan Prof. Dr. H. Hamka Semarang 50185
Telepon (024)7601291, Faksimili (024)7624691, Website : <http://fsh.walisongo.ac.id/>

Nomor : B-2070/Un.10.1/J6/PP.00.9/06/2020
Lamp. : -
Hal : Pengantar Penelitian

29 Juni 2020

Kepada Yth.

Sekretaris Perusahaan Taman Wisata Candi (TWC)

Di Sleman

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

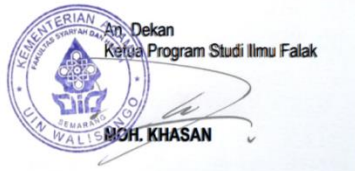
Yang bertanda tangan di bawah ini :

N a m a : Moh. Khasan, M. Ag.
NIP : 19741212 200312 1 004
Jabatan : Ketua Jurusan Ilmu Falak
Menerangkan bahwa mahasiswa:
N a m a : Aji Prasetyo
NIM : 1502046108
Jurusan : Ilmu Falak

Sedang melakukan penelitian dalam rangka penyusunan skripsi dengan judul "Aspek Ilmu Falak Pada Candi Borobudur Dalam Menentukan Awal Waktu Shalat". Oleh karena itu bersama surat ini kami mohon bapak/ibu berkenan memberikan ijin kepada mahasiswa tersebut untuk mendapatkan data-data penelitian yang diperlukan. Mahasiswa yang bersangkutan akan berkunjung ke Candi Borobudur pada Sabtu, 4 Juli 2020.

Demikian surat pengantar ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Tembusan kepada Yth.:

1. Dekan Fakultas Syariah dan Hukum (sebagai laporan)
2. Arsip.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

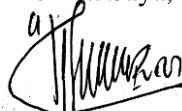
- Nama Lengkap : Aji Prasetyo
Tempat, Tgl Lahir : Tegal, 15 April 1997
- Alamat Asal : Dk. Tegalkubur Rt. 02/Rw. 08 Desa Yamansari Kec. Lebaksiu Kab. Tegal
- Alamat Sekarang : Nusa Indah 5 Rt. 05/Rw. 05 Kelurahan Tambak Aji Kec. Ngaliyan Kota Semarang
- Email : ajipras68@gmail.com
Akun Media Sosial : 1. FB @Aji Prasetyo
2. Youtube @Aji Prasetyo
3. IG @ajiprasetyo.id @rotibakar.favorite
- Riwayat Pendidikan
2003-2009 : SD Negeri Yamansari 03
2009-2012 : SMP Negeri 01 Lebaksiu
2012-2015 : MAN Babakan Lebaksiu Tegal (MAN 1 Tegal)
- Pengalaman Organisasi
2010-2011 : Ketua Pramuka SMP Negeri 01 Lebaksiu
2013-2014 : Ketua Pramuka Ambalan Sunan Kalijaga – Siti Fatimah MAN Babakan Lebaksiu Tegal
2015-2016 : Ketua Dewan Kerja Ranting Lebaksiu
2015-2016 : Koordinator Angkatan “Pasa Adhirajasa” Pecinta Alam (Mawapala) UIN Walisongo Semarang



- 2017 : Dewan Bidang Teknik Kepramukaan
Racana Walisongo UIN Walisongo
Semarang
- 2018 : Ketua Dewan Racana Walisongo UIN
Walisongo Semarang
- 2019 : Dewan Kehormatan Racana Walisongo
UIN Walisongo Semarang
- 2015 : Karyawan Martabak Mahkota Bekasi
Jawa Barat
- 2016 : Karyawan Martabak Bintang Rasa
Slawi Kab. Tegal
- 2016-2018 : Karyawan Martabak Bulan-Bulan
Ngaliyan Semarang
- 2018-sekarang : CEO Usaha Martabak dan Roti Bakar
Favorite Semarang
- 2020 : Anggota MRUF ENVOY Coaching
Wilayah Jawa Tengah

Semarang, 10 Juli 2020

Hormat Saya,



Aji Prasetyo

NIM. 1502046108