

**EKSISTENSI PENGGUNAAN JAM BENCET DI PONDOK
PESANTREN DAN MASJID DI JAWA**

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat guna Memperoleh
Gelar Magister dalam Ilmu Syariah dan Hukum



Oleh:

LUTFI NUR FADHILAH

NIM: 1802048003

**PROGRAM STUDI S2 ILMU FALAK
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2020**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama lengkap : **Lutfi Nur Fadhilah**

NIM : 1802048003

Judul Penelitian: **Eksistensi Penggunaan Jam Bencet di Pondok
Pesantren dan Masjid di Jawa**

Program Studi : S2 Ilmu Falak

menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

EKSISTENSI PENGGUNAAN JAM BENCET DI PONDOK PESANTREN DAN MASJID DI JAWA

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

Semarang, 07 Juli 2020



Pembuat Pernyataan,

Lutfi Nur Fadhilah
NIM: 1802048003

PENGESAHAN TESIS

Tesis yang ditulis oleh:

Nama lengkap : **Lutfi Nur Fadhilah**

NIM : 1802048003

Judul Penelitian : **Eksistensi Penggunaan Jam Bencet di Pondok Pesantren dan Masjid di Jawa**

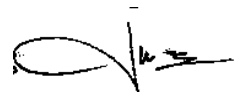
telah dilakukan revisi sesuai saran dalam Sidang Ujian Tesis pada tanggal 15 Juli 2020 dan layak dijadikan syarat memperoleh Gelar Magister dalam bidang Ilmu Falak.

Disahkan oleh:

Nama lengkap & Jabatan

Prof. Dr. H. Abdul Fatah Idris, M.Ag.

Tanda tangan



Ketua Sidang/Penguji

Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.



Sekretaris Sidang/Penguji

Dr. H. Mahsun, M.Ag.

Penguji 1



Dr. Rupi'i Amri, M.Ag.

Penguji 2



Prof. Dr. H. Muslich Shabir, MA
Jl. Wahyu Asri Dalam I/AA-44
SEMARANG 50185

=====
NOTA DINAS

Kepada
Yth. Dekan Fak. Syari'ah dan Hukum
UIN Walisongo
Di Semarang

Assalamu 'alaikum wr. wb.

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

Nama : **Lutfi Nur Fadhilah**
NIM : 1802048003
Program Studi : S2 Ilmu Falak
Judul : **Eksistensi Penggunaan Jam Bencet di Pondok Pesantren dan Masjid di Jawa**

Saya memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Ujian Tesis.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Semarang, 10 Juli 2020

Pembimbing I,



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

NOTA DINAS

Semarang, 07 Juli 2020

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum
UIN Walisongo
di Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

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

Nama : **Lutfi Nur Fadhilah**
NIM : 1802048003
Program Studi : S2 Ilmu Falak
Judul : **Eksistensi Penggunaan Jam Bencet di Pondok
Pesantren dan Masjid di Jawa**

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing,



Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.
NIP: 19720512 199903 1003

PERSEMBAHAN

Tesis yang sederhana ini penulis persembahkan dengan penuh ketakdiman kepada:

Ibuk Siti Khotimah dan Bapak Nur Hadi

Rapalan do'a mereka lah sehingga Allah berikan kemampuan pada tangan mungil ini untuk merampungkan tugas yang besar.

Adekku Isna Nur Afifah

Tingkah dan keisengannya saat penulis menyelesaikan tesis ini membuat penulis semakin bersemangat segera menyudahi keisengannya.

Para Guru Besar Penulis

Segala ilmu yang telah beliau-beliau curahkan tanpa pamrih, semoga beliau senantiasa diberikan keberkahan.

ABSTRAK

Judul : **Eksistensi Penggunaan Jam Bencet di Pondok Pesantren dan Masjid di Jawa**

Penulis : Lutfi Nur Fadhilah

NIM : 1802048003

Jam bencet biasa digunakan sebagai acuan dalam penentuan waktu terutama waktu kulminasi Matahari dan kaitannya dengan waktu salat Zuhur. Penggunaan jam bencet masih menimbulkan permasalahan terkait penentuan waktu kalibrasinya. Jam bencet tidak dapat digunakan saat cuaca mendung, namun belum ada yang mengkaji tentang alternatif kalibrasi jam bencet sebagai antisipasi saat cuaca mendung agar tetap menghasilkan waktu yang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan: 1. Bagaimana cara kalibrasi jam bencet pondok pesantren dan masjid di Jawa Timur untuk menghasilkan waktu yang akurat? 2. Bagaimana cara membuat program untuk kalibrasi jam bencet pondok pesantren dan masjid di Jawa Timur? Penelitian ini termasuk penelitian lapangan dengan data kualitatif. Pengumpulan datanya melalui dokumentasi dan wawancara. Semua data dianalisis secara deskriptif komparatif melalui pendekatan aritmetik dan astrometrik.

Hasil penelitian menunjukkan: 1. Pelaksanaan kalibrasi jam bencet harus memperhatikan koordinat lokasi observasi, jenis bencet, dan data validasi yang meliputi penentuan arah geografis, koreksi waktu daerah, dan akurasi jam. 2. Algoritma pemrograman excel untuk menghasilkan alternatif kalibrasi jam bencet dilakukan dengan menentukan koordinat tempat dan *time zone*, bulan dan tahun yang dikehendaki, waktu istiwa yang akan digunakan untuk melakukan kalibrasi, memasukkan rumus menghitung data Matahari, rumus konversi waktu, dan mencari selisih waktu hakiki dan waktu daerah. Algoritma itu menghasilkan tabel yang dapat digunakan sebagai alternatif kalibrasi jam bencet pada saat langit gelap dan dapat digunakan sepanjang masa karena data *equation of time* yang berganti secara teratur dan hanya menghasilkan perbedaan 0,06 detik setiap tahun.

Kata Kunci: *Bencet, Kalibrasi, Program*

ABSTRACT

Title : **The Existence of Sundial Using at Islamic Boarding Schools and Mosques in Java**

Author : Lutfi Nur Fadhillah

NIM : 1802048003

Sundial is used as a reference in determining the time, especially the culmination of the Sun and the time of noon prayer. The sundial using as a timepiece still raises problems related to the calibration time. Sundial cannot be used during cloudy weather, but no one has reviewed the calibration alternatives in anticipation of cloudy weather so that it still indicates an accurate time. This research is intended to answer the questions: 1. How does the sundial using at islamic boarding school and mosque in East Java to indicate an accurate time? 2. How does to make a program for calibration sundial at islamic boarding school and mosque in East Java? This research is included in field research with qualitative data. The data collections through documentation and interviews. All data were analyzed by comparative descriptive analysis through arithmetic and astrometric approaches.

The results of this study indicate that: 1. Calibration of the sundial to get accurate time results, in its use must be attention to things including the coordinates of the observation location, the type of sundial used, and validation data which includes determining the geographical direction, correcting the time of the area, and accuracy of the clock. 2. Excel programming algorithm using the time conversion formula to produce an alternative clock calibration, calibration done by the steps of determining the coordinates of the place and time zone, month and year, the specific time to be used to perform calibrate, enter the formula to calculate the Sun's data, the formula for converting time, and find the difference between real time and regional time. Through this algorithm will produce a table that can be used as an alternative to calibration of the sundial when the sky in dark and can be used for all the time because the equation of time data changes regularly and only indicates a difference of 0.06 second each year.

Keywords: *Sundial, Calibration, Program*

الملخص

الموضوع : استخدام المزولة (بنشيت) في المعاهد والمساجد بجاوي
الباحثة : لطفي نور فضيلة
NIM : ١٨٠٢٠٤٨٠٠٣

تستخدم المزولة (بنشيت) لتحديد الوقت، وخاصة بوقت صلاة الظهر. استخدام المزولة (بنشيت) يشتمل مشاكل متنوعة. لا يمكن استخدام المزولة (بنشيت) حين غيمت السماء، ولكن لم يتم احد مراجعة معايرة الساعة تحسبا للطقس الغائم بحيث لا يزال ان تنتج وقتا دقيقا. تهدف هذا البحث الى الاجابة على الاسئلة: 1. كيف تستخدم المزولة (بنشيت) في المعاهد والمساجد بجاوي الشرقية لانتاج وقت دقيق؟ 2. كيف تصنع برنامج معايرة المزولة (بنشيت) في المعاهد والمساجد بجاوي الشرقية؟ وللإجابة على تلك المسألة الأساسية سلكت الباحثة بحثا ميدانيا مع البيانات النوعية ثم تحليل جميع البيانات عن طريقة التحليل الوصفي المقارن من خلال اساليب الحسابية والفلكية. تشير نتائج هذا البحث الى ما يلي: 1. ان استخدام المزولة (بنشيت) يجب الاهتمام بموقع المراقبة، ونوع المزولة (بنشيت) المستخدمة، وبيانات التحقق التي تتضمن تحديد الاتجاه الجغرافي، وتصحيح وقت المنطقة، ودقة الساعة. 2. خوارزمية برجة لمعايرة المزولة (بنشيت) تتم من خلال خطوات تحديد المكان والمنطقة الزمنية، وتحديد الوقت (الشهر والسنة المطلوبين)، وتحديد الوقت الحقيقي، وادخل الصيغة لحساب بيانات الشمس، واكتشف الفرق بين الوقت الحقيقي والوقت الاقليمي. من خلال هذه الخوارزمية، سينتج نمط سنوي في الفرق بين الوقت الاقليمي مع الوقت الحقيقي المطلوب. استخدام الجدول كبديل لمعايرة المزولة (بنشيت) عندما تكون السماء مظلمة ويمكن استخدامه طول الوقت لان دقائق تعديل الايام تتغير بشكل منتظم وتنتج اختلافا قدره ٠,٠٦ ثانية كل عام.

الكلمات الرئيسية: المزولة (بنشيت)، المعايرة، البرنامج

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN¹

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

1. Konsonan

No	Arab	Latin
1	ا	Tidak dilambangkan
2	ب	B
3	ت	T
4	ث	ṡ
5	ج	J
6	ح	ḥ
7	خ	Kh
8	د	D
9	ذ	Ẓ
10	ر	R
11	ز	Z
12	س	S
13	ش	Sy
14	ص	ṣ
15	ض	ḍ

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

2. Vokal Pendek

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

3. Vokal Panjang

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

4. Diftong

أَي = ai	كَيْفَ	Kaifa
----------	--------	-------

Catatan:

Kata sandang [al-] pada bacaan syamsiyyah atau qamariyyah ditulis [al-]

¹ Tim Penyusun, *Panduan Penulisan Karya Tulis Ilmiah*, (Semarang: Pascasarjana UIN Walisongo, 2018), 130.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT. Segala limpahan rahmat, hidayah dan inayah-Nya lah yang menjadi sebab penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul: **Eksistensi Penggunaan Jam Bencet di Pondok Pesantren dan Masjid di Jawa**, tanpa banyak kendala.

Shalawat dan salam penulis haturkan kepada makhluk pilihan, yang mulia baginda Rasulullah Saw. Peran beliau lah sehingga umat manusia di Bumi ini mampu mengecap ilmu pengetahuan dan keluar dari kejahiliah.

Pada akhirnya, sudah sepatutnya penulis menyampaikan permintaan maaf dan terima kasih kepada semua yang telah membantu penulis selama ini, khususnya kepada:

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta, Nur Hadi dan Siti Khotimah, yang senantiasa memanjatkan do'a dalam mengiringi setiap langkah demi tercapainya cita-cita penulis.
2. Rektor UIN Walisongo Semarang, Prof. Dr. H. Imam Taufiq, M.Ag. yang telah memberikan kesempatan penulis untuk belajar di Pascasarjana UIN Walisongo Semarang.
3. Direktur Pascasarjana UIN Walisongo, Prof. Dr. H. Abdul Ghofur, M.Ag. yang telah memberikan semangat pembelajaran Ilmu Falak di kampus.
4. Dr. H. Mohamad Arja Imroni, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang beserta para Wakil Dekan, yang telah memberikan izin kepada penulis untuk

menulis tesis ini dan memberikan beasiswa untuk belajar dari awal semester hingga akhir.

5. Dr. H. Mahsun, M.Ag., selaku Ketua Jurusan S2 Ilmu Falak, atas arahan dan motivasi yang diberikan dengan sabar dan tulus kepada penulis untuk segera menyelesaikan jenjang pendidikan S2 dengan baik. Dosen-dosen serta karyawan di lingkungan Pascasarjana dan jurusan Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, atas semua bantuan dan kerjasamanya.
6. Prof. Dr. H. Muslich Shabir, M.A. selaku pembimbing I, atas bimbingan dan pengarahan yang diberikan dengan sabar dan ikhlas setulus hati.
7. Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag. selaku pembimbing II, yang di sela-sela kesibukannya senantiasa mengarahkan dan membimbing penulis dengan penuh semangat.
8. Keluarga besar Pondok Pesantren Attanwir, khususnya kepada para masyayikh, KH. M. Sholeh (alm), KH. Sahal Sholeh (alm), KH. Hamam Munaji (alm), KH. Ali Chumaidi (alm), KH. Ahmad Fuad Sahal selaku pengasuh, dan segenap ustaz yang dengan sabar membimbing penulis agar menjadi pribadi yang tegar dan berakhlak karimah.
9. Keluarga besar Pondok Pesantren YPMI Al-Firdaus Semarang, khususnya Drs. KH. Ali Munir, M.S.I. selaku pengasuh dan Ibuk Siti Luthfiyyah, AH., S.Sos.I. atas ilmu, bimbingan, kasih sayang dan arahannya.
10. Narasumber-narasumber penelitian ini, atas bimbingan dan ilmu yang sudah diberikan.

11. Mbak Lina Mazidah, Mas Masykur Rozi, dan Mas Dian Fahrur Rozi yang mengikhhlaskan waktunya dan menyediakan tempat persinggahan selama penulis melakukan penelitian.
12. M. Akmal Habib dan Ayu Azizah yang dengan besar hati membantu menyediakan data untuk penelitian penulis.
13. Siti Anisah, Ihda Faizatur Rohmah, dan Muna Rizqiah Azkiya' yang sudah meluangkan waktunya untuk bersedia menerima hari-hari selama penulis melakukan penelitian. Berbagi canda, tawa, panasnya jalanan, guyuran hujan, dan siap menyediakan kameranya untuk keperluan dokumentasi penulis.
14. Mbak Fitriyani sebagai teman berbagi cerita sedih tidak hanya sepekan sekali, menyusuri jalanan Semarang punya cerita tersendiri.
15. Saudara-saudaraku di angkatan 2018. Mbak Akatina, Mbak Novi, dan Mas Fikri, juga Mas Adi yang kita pernah satu semester duduk di kelas sebelum akhirnya dia pindah karena mendapat tugas. Terima kasih atas kebersamaannya.
16. Seluruh pihak yang membantu dalam penulisan tesis ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

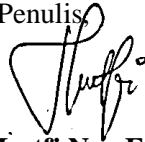
Akhir kata, tak ada ucapan yang bisa membalas jasa-jasa semua pihak. Hanya doa yang bisa penulis berikan *Jazākumullahu ahsan al-jazā*. Semoga tesis ini dapat bermanfaat khususnya bagi diri pribadi penulis dan umumnya bagi kita semua. *Amīn, Yā Rabb al-‘Ālamīn*.

Wallāhu al-Muwāfiq ilā Aqwām al-Ṭarīq

Wasalamu’alaikum Wr. Wb.

Semarang, 14 Juni 2020

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Lutfi' with a stylized flourish at the end.

Lutfi Nur Fadhilah

NIM: 1802048003

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PENGESAHAN	v
NOTA PEMBIMBING	vii
PERSEMBAHAN.....	xi
ABSTRAK	xiii
TRANSLITERASI	xvii
KATA PENGANTAR.....	xix
DAFTAR ISI.....	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxv
DAFTAR GAMBAR	xxvii
DAFTAR SINGKATAN	xxix
BAB I: PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	9
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	10
D. Kajian Pustaka	10
E. Metode Penelitian	14
F. Sistematika Penulisan	21
BAB II: TEORI PENGUKURAN WAKTU DAN PEMROGRAMAN	
A. Waktu dalam Al-Quran.....	23
B. Waktu dalam Perspektif Astronomi.....	26
C. Macam-Macam Waktu	31
D. Jam Bencet dan Metode Penggunaannya.....	39

E. Pemrograman Microsoft Excel	43
BAB III: PENGGUNAAN JAM BENCET DI PONDOK PESANTREN DAN MASJID DI JAWA TIMUR	
A. Cara Penggunaan Jam Bencet di Pondok Pesantren Lirboyo Kediri	49
B. Cara Penggunaan Jam Bencet di Pondok Mahir Arriyadl Ringin Agung	56
C. Cara Penggunaan Jam Bencet di Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas	61
D. Cara Penggunaan Jam Bencet di Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan	67
E. Cara Penggunaan Jam Bencet di Masjid Sabilal Jannah Sukaoneng Bawean	72
BAB IV: PEMROGRAMAN KALIBRASI JAM BENCET	
A. Bangun Program Algorithma Data Matahari	79
B. Analisis Cara Penggunaan Jam Bencet untuk Waktu yang Akurat	96
C. Analisis Algoritma Pembuatan Program Kalibrasi Jam Bencet.....	112
BAB V: PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	131
B. Saran-saran	131
C. Penutup.....	132
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Lambang Operasi Hitung Pada Microsoft Excel, 41.
Tabel 2.2	Lambang Fungsi IF Pada Microsoft Excel, 42.
Tabel 4.1	Data-Data Hisab Waktu Hakiki, 78.
Tabel 4.2	Cara Menghitung Azimuth Matahari, 105.
Tabel 4.3	Cara Menghitung Azimuth Mizwah, 105.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Sudut Waktu dalam Lingkaran Bola Langit, 32.
- Gambar 3.1 Bencet di Pondok Pesantren Lirboyo, 50.
- Gambar 3.2 Jam Istiwa di Masjid Pondok Pesantren Lirboyo, 51.
- Gambar 3.3 Bencet di Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung, Kediri, 56.
- Gambar 3.4 Jam Istiwa Masjid Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan, 61.
- Gambar 3.5 Bencet di Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan, 63.
- Gambar 3.6 Bencet di Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan, 68.
- Gambar 3.7 Bencet di Masjid Sabibal Jannah Sukaoneng Bawean, 74.
- Gambar 4.1 Grafik *Equation of time* Tahun 2020, 95.
- Gambar 4.2 *Equation of time* dalam Satu Tahun Sebelum 2020 (Tahun 2019), 126.
- Gambar 4.3 *Equation of time* dalam Selisih 25 Tahun (Tahun 1995), 126.
- Gambar 4.4 *Equation of time* dalam Selisih 100 Tahun (Tahun 1920), 127.
- Gambar 4.5 *Equation of time* dalam Selisih 100 Tahun Ke Depan (Tahun 2120), 127.
- Gambar 4.6 *Equation of time* dalam Selisih 400 Tahun (Tahun 1620), 128.
- Gambar 4.7 *Equation of time* dalam Selisih 400 Tahun ke Depan (Tahun 2420), 128.

DAFTAR SINGKATAN

AST	: <i>Apparent Solar Time</i>
AU	: <i>Astronomical Unit</i>
BB	: Bujur Barat
BD	: Bujur Daerah
BT	: Bujur Timur
BMKG	: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
EoT	: <i>Equation of time</i>
GMT	: <i>Greenwich Mean Time</i>
GPS	: <i>Global Positioning System</i>
JD	: <i>Julian Day</i>
JDE	: <i>Julian Ephemeris Day</i>
LMT	: <i>Local Mean Time</i>
LU	: Lintang Utara
LS	: Lintang Selatan
PCNU	: Pimpinan Cabang Nahdlatul Ulama
TD	: <i>Dynamical Time</i>
UT	: <i>Universal Time</i>
WH	: Waktu Hakiki
WIS	: Waktu Istiwa Setempat
WIB	: Waktu Indonesia Barat
WITA	: Waktu Indonesia Tengah
WIT	: Waktu Indonesia Timur
WP	: Waktu Pertengahan

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jam bencet dalam sejarahnya merupakan alat yang digunakan untuk menentukan waktu. Jam bencet masih digunakan untuk mencocokkan waktu hakiki dan menentukan waktu-waktu salat di Indonesia¹, walaupun penggunaannya merupakan suatu hal yang dianggap klasik. Jam bencet dalam penyebutannya bermacam-macam, ada yang menyebutnya sundial, jam Matahari, dan jam istiwa. Semuanya sama-sama sebagai penunjuk waktu hakiki.

Sejak masa pemerintahan Soekarno, telah diterbitkan Keputusan Presiden yang mengatur tentang pemberlakuan waktu di Indonesia. Wilayah Republik Indonesia menjadi 3 wilayah waktu dengan 3 Waktu Tolok² kemudian dihapuskan oleh peraturan tentang standar waktu wilayah Indonesia dengan mengikuti waktu GMT (Greenwich Mean Time) yaitu dengan penambahan jam di tiap-tiap ketentuan pembagian garis bujur. Keppres standar waktu mengikuti GMT ini terbit pada masa Soeharto³, namun tidak dapat dipungkiri hingga sekarang masih ada yang tidak menggunakan standar waktu tersebut dan masih menggunakan jam bencet sebagai penunjuk waktu. Adapun waktu yang dihasilkan melalui

¹ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), 66.

² Keputusan Presiden Nomor 243 Tahun 1963, *Pembagian Wilayah Waktu*, Pasal 2.

³ Keputusan Presiden Nomor 41 Tahun 1987, *Pembagian Wilayah Republik Indonesia Menjadi 3 (Tiga) Wilayah Waktu*, Pasal 1, Ayat (3).

pengamatan bayangan pada jam bencet adalah waktu hakiki, bukan waktu daerah sebagaimana yang tercantum dalam Keppres.

Seiring kemajuan teknologi, manusia dimudahkan baik dalam persoalan muamalah maupun ibadah.⁴ Keberadaan jam bencet hampir jarang ditemui kecuali di tempat-tempat yang dianggap bersejarah saja. Konsistensi penggunaannya juga hampir jarang ditemui walaupun jam bencet pada tempat tersebut terpasang dengan kokoh dan rapi. Pondok Pesantren Tremas Pacitan, Pondok Pesantren Lirboyo Kediri, Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung Kediri, Masjid Sabilal Jannah Sukaoneng Bawean, dan Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan adalah sampel tempat yang masih menggunakan jam bencet sebagai penunjuk waktu.

Pondok-pondok dan masjid-masjid di atas menggunakan waktu yang dihasilkan dari pengamatan bencet (waktu istiwa) sebagai acuan kegiatan dan untuk penanda awal waktu salat. Masing-masing pondok dan masjid memiliki metode penggunaan jam bencet yang berbeda-beda. Penggunaan jam bencet pada setiap masjid dan pondok juga variatif, ada yang bidang dialnya berupa bidang horizontal dan ada pula yang berupa lengkungan. Begitu pula dengan waktu yang digunakan untuk mengamati jam bencet, ada yang setiap hari seperti di Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung Kediri. Ada yang setiap tiga hari sekali seperti di Pondok Pesantren Lirboyo Kediri. Ada pula yang setiap lima sampai

⁴ Alimuddin, "Perspektif Syar'i dan Sains Awal Waktu Shalat", *Al-Daulah*, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Alauddin Makassar, volume 1 (2012), 121.

enam hari sekali seperti di Masjid Sabilal Jannah Bawean. Ada juga yang mengecek jam bencet setiap seminggu sekali seperti di Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan dan di Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan. Prinsip dasar penggunaan jam bencet sebetulnya sama, yaitu menentukan waktu istiwa yang didapatkan dari pergerakan Matahari melalui pengamatan menggunakan jam bencet yang berpusat di lokasi pondok dan masjid.

Jam bencet harus dicek ulang atau dikalibrasi dengan memperhatikan nilai *equation of time* agar menghasilkan waktu yang akurat. Prakteknya, waktu yang digunakan untuk kalibrasi di pondok-pondok dan masjid-masjid tersebut bervariasi. Kalibrasi jam bencet di Pondok Pesantren Tremas Pacitan biasanya dilakukan setiap seminggu sekali oleh Gus Amjad, salah satu pengasuh dan pengajar di Pondok Pesantren Tremas Pacitan.⁵ Pengecekan dilakukan setiap hari Jum'at, sebelum atau sesudah salat Jum'at dilaksanakan. Hasil dari pengamatan kemudian dipasang di jam dinding yang ada di masjid pondok. Pengurus pondok akan mencocokkan semua jam yang ada di lingkungan pondok agar mengikuti jam masjid. Adapun jika pada hari Jum'at langit mendung, maka kalibrasi dilakukan pada hari selanjutnya yaitu hari Sabtu.

⁵ Wawancara dengan Masykur Rozi, Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan, tanggal 21 Desember 2019.

Pengecekan jam bencet di Pondok Pesantren Lirboyo dilakukan paling cepat tiga hari sekali⁶. Pengecekan dilakukan setiap jam 12 istiwā. Azan Zuhur dikumandangkan satu menit setelah bayangan tepat di garis lurus utara selatan. Apabila pada hari itu langit mendung, maka jam 12 istiwā pada hari itu mengikuti jam 12 istiwā pada hari pengecekan sebelumnya yang telah diatur di jam dinding masjid. Adapun yang bertugas mengecek bencet adalah ustad Reza Zakaria, salah satu pengajar di Pondok Pesantren Lirboyo Kediri.

Lain halnya dengan di Pondok Pesantren Ringin Agung. Pengecekan jam bencet dilakukan paling cepat sehari sekali.⁷ Pengecekan dilakukan langsung oleh KH. Romli Khozin, salah satu pengurus di Pondok Pesantren Ringin Agung. Ia akan memberi aba-aba kepada santri agar mengumandangkan azan saat bayangan jam bencet menunjukkan masuknya waktu Zuhur. Jam bencet yang ada di pondok Ringin Agung ini bisa digunakan untuk melihat waktu jam berapapun selama ada bayangan Matahari.

Kalibrasi jam bencet di Masjid Gambir Kuning Pasuruan dilakukan seminggu sekali, yaitu pada hari Jum'at sebelum melaksanakan salat Jum'at. Hasil pengecekan jam bencet di Masjid ini selanjutnya akan digunakan sebagai penanda masuknya waktu salat Jum'at. Pengecekan hanya dilakukan oleh orang-orang tertentu saja. Ada satu atau dua orang yang khusus melakukan kalibrasi jam

⁶ Wawancara dengan Reza Zakaria, Pondok Pesantren Lirboyo Kediri, tanggal 5 Januari 2020.

⁷ Wawancara dengan Romli Khozin, Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung Kediri, tanggal 13 Maret 2020.

bencet. Bayangan jam bencet dijadikan sebagai awal menabuh bedug di Masjid Gambir Kuning Pasuruan. Bedug salat Jum'at ditabuh hingga empat menit⁸, sebagaimana almanak Menara Kudus selalu menetapkan waktu Zuhur adalah jam 12.04 yaitu dengan mengasumsikan kulminasi Matahari pukul 12.00. Nilai ihtiyath yang digunakan adalah 4 menit.⁹ Nilai ihtiyath 1–2 menit dianggap cukup sebagai kehati-hatian terhadap pembulatan-pembulatan dan data rata-rata, nilai itu menjangkau 27,5 sampai 55 km ke arah barat atau timur.¹⁰

Kalibrasi jam bencet sangat diperlukan karena sepanjang tahun atau selama perjalanan Bumi dalam berevolusi mengelilingi Matahari selama 365 hari 5 jam 48 menit dan 2,8 detik¹¹, Matahari memiliki posisi yang berbeda-beda. Perbedaan posisi Matahari menyebabkan waktu pada saat ini belum tentu sama dengan waktu saat yang akan datang atau yang sudah terlampau, dan waktu di suatu tempat belum tentu sama dengan tempat yang lain padahal dengan waktu dunia yang sama. Adapun dengan menggunakan jam bencet kita bisa mengetahui perbedaan itu dan membandingkannya dengan waktu dunia.¹²

⁸ Wawancara dengan M. Kholil, Gambir Kuning Pasuruan, tanggal 02 Mei 2020.

⁹ Mustamar Iqbal Siregar, "Reevaluasi Kriteria Perhitungan Awal Waktu Salat di Indonesia", *At-Tafkir*, IAIN Langsa Aceh, volume 1 (2017), 52.

¹⁰ Departemen Agama Republik Indonesia, *Pedoman Penentuan Awal Waktu Salat Sepanjang Masa*, (Jakarta: Direktorat Bimbingan Masyarakat Islam, 1986), 37-39.

¹¹ Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa*, (Semarang: Program PascaSarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011), 27.

¹² M. Maftuh, "Jam Bencet Alat Peraga IPA untuk Memahami Keterkaitan Rotasi Bumi dengan Jam Istiwa", *Unnes Science Education*

Kalibrasi jam bencet di Masjid Sabilal Jannah Sukaoneng Bawean dilakukan lima hari sekali. Kalibrasi dilakukan pada saat jam 12.00 waktu istiwa. Adanya bayangan jam bencet yang condong ke timur dijadikan sebagai penanda permulaan waktu Zuhur. Waktu salat Zuhur dimulai sejak seluruh bulatan Matahari yang tepat berada di atas meridian langit sudah mulai agak condong ke arah barat atau menuju arah terbenamnya.¹³ Mayoritas penduduk di Bawean Gresik menggunakan waktu istiwa sebagai acuan kegiatan. Waktu istiwa itu didapatkan dari pengecekan jam bencet di masjid-masjid kampung, salah satunya di Masjid Sabilal Jannah Sukaoneng. Hasil dari pengecekan itu kemudian diaplikasikan ke jam dinding yang ada di rumah-rumah penduduk sekitar, sekolah, maupun pondok pesantren sekitar masjid.

Pengkalibrasian jam bencet perlu dilakukan karena waktu hakiki selalu berubah. Adanya perbedaan waktu pengkalibrasian jam bencet juga berpengaruh pada perbedaan waktu yang ditunjukkan. Selisih waktu tiap hari bisa mencapai satu menit ketika bulan-bulan tertentu, yaitu terutama ketika nilai *equation of time*¹⁴ di bawah 14 menit.¹⁵ Adanya ihtiyah adalah sebagai suatu langkah pengaman dengan menambah atau mengurangi waktu agar

Journal, Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang, volume 1 (2012), 35.

¹³ Hadi Bashori, *Penanggalan Islam (Peradaban Tanpa Penanggalan Inikah Pilihan Kita?)*, (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2013), 49.

¹⁴ Selisih waktu antara waktu Matahari hakiki dengan waktu Matahari rata-rata (pertengahan). Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), 79.

¹⁵ Wawancara dengan Slamet Hambali, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, tanggal 10 November 2019.

jadwal salat tidak mendahului atau melampaui akhir waktu.¹⁶ Kalibrasi jam bencet yang dilakukan seminggu sekali sebagaimana yang penulis sebutkan di atas, dan ihtiyath hanya dua menit, tidak menutup kemungkinan akan menyebabkan tidak akuratnya waktu yang digunakan. Perbedaan itu akan menjadi riskan terlebih jika digunakan sebagai acuan waktu salat, maka tidak menutup kemungkinan akan menghasilkan jadwal salat yang mendahului waktu (belum masuk waktu).

Di era modern yang serba praktis ini, jam bencet hampir jarang kita temui keberadaannya karena sudah tergantikan oleh jam analog maupun jam digital. Jam bencet biasanya digunakan untuk menentukan waktu Zuhur. Adapun waktu Asar, Maghrib, Isya, dan Subuh tidak ditentukan dengan menggunakan jam bencet, tetapi menggunakan jadwal waktu salat sepanjang masa atau jadwal waktu salat yang diterbitkan oleh Kementerian Agama Republik Indonesia.

Jam bencet bekerja dengan menggunakan Matahari sebagai titik acuannya. Cara kerja jam bencet sangat sederhana. Jam bencet berbentuk cekungan setengah lingkaran dilapisi lempengan kuningan. Paku sepanjang ± 4 cm dipasang tepat di tengah-tengah bidang yang menghubungkan kedua sisi permukaan kuningan untuk menciptakan bayangan jatuh di permukaannya.¹⁷

¹⁶ Encup Supriatna, *Hisab Rukyat dan Aplikasinya*, (Bandung: Refika Aditama, 2007), vix.

¹⁷ Ahmad Syifaul Anam, *Perangkat Rukyat Non Optik*, (Semarang: CV. Karya Abadi Jaya, 2015), 192-193.

Jam bencet adalah alat penunjuk waktu dengan menggunakan bayangan gnomon yang jatuh pada garis jam di bidang dial sebagai penunjuk suatu waktu¹⁸ sehingga kalibrasi jam bencet sangat tergantung pada kondisi langit. Kalibrasi dapat dilakukan dengan mudah pada saat langit cerah, namun ketika langit sering kali gelap atau ketika musim penghujan, tentu akan menyulitkan pengkalibrasian karena sulitnya mengamati bayangan.

Fungsi utama dari jam bencet dapat terpenuhi jika penggunaannya disesuaikan dengan pengaturan bidang dial, gnomon, dan posisinya terhadap sumbu Bumi yaitu dengan memperhitungkan nilai lintang tempat. Lintang adalah garis vertikal yang mengukur sudut antara suatu titik dengan garis khatulistiwa. Daerah yang terletak di sebelah utara garis khatulistiwa memiliki lintang bernilai positif, dan daerah yang terletak di sebelah selatan garis khatulistiwa memiliki lintang bernilai negatif.¹⁹

Trigonometri dibutuhkan untuk menghitung posisi garis jam pada jam bencet.²⁰ Pedoman kalibrasi juga diperlukan agar kalibrasi jam bencet bisa dilakukan secara tepat oleh siapa saja dan menghasilkan waktu yang akurat. Alternatif berupa program yang bisa digunakan untuk kalibrasi jam bencet pada saat langit mendung

¹⁸ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik (Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan, dan Gerhana)*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), 12.

¹⁹ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak (Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta)*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012), 298.

²⁰ Jill Vincent, "The Mathematics of Sundials", *Australian Senior Mathematics Journal*, Australian Association of Mathematics Teachers, volume 22 (2008), 13.

juga diperlukan supaya hasil pengamatan waktu menggunakan jam bencet dapat disesuaikan dalam interval beberapa hari yang bisa dikover melalui pengamatan di hari tertentu.

Perihal kalibrasi jam bencet menjadi penting, karena selama ini pengguna jam bencet pada umumnya melakukan kalibrasi lima hari atau seminggu sekali. Adanya kalibrasi seminggu sekali akan berpengaruh pada lebih cepatnya waktu, dan jika dikaitkan dengan waktu ibadah, maka tidak menutup kemungkinan akan mendahului waktu (belum masuk waktu). Perlu dibuat pedoman kalibrasi atau alternatif berupa program kalibrasi untuk mengantisipasi saat jam bencet tidak dapat digunakan, terutama saat kondisi gelap. Program kalibrasi jam bencet dapat digunakan untuk mengawal kapan kalibrasi bisa dilakukan dan menghasilkan waktu yang akurat.

Penulis menganalisis adanya cara penggunaan jam bencet yang berbeda-beda, kemudian melakukan verifikasi hisab waktu istiswa untuk menentukan cara kalibrasi jam bencet yang paling tepat. Penulis membuat sebuah program melalui software Microsoft excel untuk kalibrasi jam bencet yang bisa diterapkan pada saat langit mendung dengan memperhitungkan nilai *equation of time*. Program itu dimaksudkan agar menjadi alternatif untuk melakukan kalibrasi jam bencet yaitu alternatif interval waktu yang bisa digunakan untuk pedoman kalibrasi yang dapat digunakan oleh para pengguna jam bencet pada umumnya.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara kalibrasi jam bencet Masjid dan Pondok Pesantren di Jawa Timur untuk menghasilkan waktu yang akurat?
2. Bagaimana membuat program untuk melakukan kalibrasi jam bencet Masjid dan Pondok Pesantren di Jawa Timur?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Setiap penelitian selalu bertujuan untuk memecahkan suatu hal, begitu juga dalam penelitian ini. Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan usulan pedoman kalibrasi jam bencet untuk menghasilkan waktu yang akurat.
2. Menciptakan program sebagai alternatif untuk melakukan kalibrasi jam bencet saat cuaca mendung.

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini adalah:

1. Menambah khazanah ilmu falak terutama dalam kaitannya dengan jam bencet dan waktu istiwa.
2. Memberikan output berupa program excel dan pedoman cara kalibrasi jam bencet yang tepat dengan mempertimbangkan titik kritis dan kemungkinan adanya eror dalam penggunaan jam bencet.

D. Kajian Pustaka

Penulis memperoleh banyak informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya terkait penelitian tentang jam bencet dan waktu istiwa. Adapun penelitian-penelitian yang penulis maksud tersebut adalah:

Pertama, artikel yang ditulis oleh Joachim Heierli dengan judul *A Sundial with Hour Lines Portraying the Earth* (American

Journal of Physics Vol. 87 No. 12 tahun 2019). Artikel itu memaparkan konsep geometris proyeksi gnomon, bahwa proyeksi gnomon dapat digunakan untuk membangun jam Matahari yang garis waktunya menggambarkan Bumi dan garis meridiannya. Garis jam ellips akan menggambarkan Bumi beserta dengan garis bujurnya. Tampilan garis-garis jam tergantung pada indeks bias n dari pelat bidang yang menunjukkan bayangan di permukaan dial jam Matahari.²¹

Kedua, artikel yang ditulis oleh Muhammad Himmatur Riza dengan judul *Sundial Horizontal dalam Penentuan Penanggalan Jawa Pranata Mangsa* (jurnal Ulul Albab: Jurnal Studi dan Penelitian Hukum Islam Vol. 2 No. 1 tahun 2018). Artikel ini membahas fungsi sundial horizontal untuk masalah-masalah dasar astronomi termasuk penentuan penanggalan Jawa Pranata Mangsa. Sundial horizontal dengan memperhitungkan posisi Matahari dan formula matematisnya, dapat dijadikan sebagai salah satu metode penentuan awal mangsa yang lebih akurat dibandingkan dengan metode yang selama ini biasa digunakan oleh para petani, yaitu metode menggunakan pecak kaki untuk mengetahui kapan awal mangsa dalam penanggalan Jawa Pranata Mangsa.²²

Cara penggunaan sundial horizontal dalam penentuan penanggalan Jawa Pranata Mangsa adalah dengan meletakkannya di

²¹ Joachim Heierli, “A Sundial With Hour Lines Portraying The Earth”, *American Journal of Physics*, volume 87 (2019): 958, diakses 9 April 2020, doi: 10.1119/10.0000033.

²² Muhammad Himmatur Riza, “Sundial Horizontal dalam Penentuan Penanggalan Jawa Pranata Mangsa”, *Ulul Albab: Jurnal Studi dan Penelitian Hukum Islam*, Fakultas Agama Islam Universitas Islam Sultan Agung Semarang, volume 2 (2018): 120.

tempat yang rata dengan posisi sundial menghadap ke arah Utara / Selatan. Amati bayangan gnomon pada saat Matahari kulminasi pada saat tanggal-tanggal tertentu, maka bayangan gnomon yang dibentuk oleh sundial tersebut akan menyentuh garis tanggal yang terdapat pada bidang dial. Garis itulah yang menunjukkan awal pranata mangsa.²³

Ketiga, artikel yang ditulis oleh Elly Uzlifatul Jannah dan Elva Imeldatur Rohmah dengan judul *Sundial Sejarah dan Konsep Aplikasinya* (jurnal Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan Vol. 5 No. 2 tahun 2019). Artikel ini membahas tentang sejarah sundial, bahwa sundial adalah jam yang pertama kali digunakan kurang lebih sejak 3500 tahun sebelum masehi. Sundial juga dapat berfungsi untuk menentukan musim dan arah kiblat, selain fungsinya sebagai penentu waktu. Secara teori dan aplikasinya, sundial memiliki kelebihan dibandingkan jam matematika karena rutinitas ibadah dan sosial manusia mutlak ditentukan oleh waktu standar Matahari, bukan oleh jam. Sedangkan waktu standar Matahari itu dapat diperoleh melalui pengamatan sundial atau jam bencet.²⁴

Keempat, skripsi Alfiatur Rifqiyah (skripsi di program studi Akhwal al-Syakhsiyah Institut Agama Islam Negeri Ponorogo tahun 2017). Hasil penelitian itu menunjukkan bahwa metode penentuan awal waktu salat yang digunakan di Dukuh Tamansari, Desa

²³ Riza, "Sundial Horizontal", 140.

²⁴ Elly Uzlifatul Jannah, dan Elva Imeldatur Rohmah, "Sundial Sejarah dan Konsep Aplikasinya", *Jurnal Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, volume 5 (2019): 127-128.

Carangrejo, Kecamatan Sampung, Kabupaten Ponorogo adalah dengan cara memperhatikan bayangan Matahari melalui bayangan gnomon yang jatuh pada bidang dial saat Matahari kulminasi. Pengamatan bayangan gnomon ini digunakan untuk menentukan awal waktu Zuhur.²⁵ Tingkat akurasi penentuan awal waktu Zuhur dengan bencet adalah cukup akurat karena hanya terpaut 1-2 menit dibandingkan dengan perhitungan kontemporer. Waktu Zuhur diberi ihtiyath 4 menit, sehingga pemberian ihtiyath 4 menit ini bisa menutup keterpautan itu. Penggunaan jam bencet sebagai penentu waktu Zuhur itu memiliki kelemahan, yaitu jam bencet tidak bisa dijadikan sebagai pedoman untuk menentkan awal waktu salat saat keadaan langit gelap.

Kelima, artikel oleh R Goyder, *The Sundial Problem from a New Angle* (European Journal of Physics, Vol 27 No. 2 tahun 2006) bahwa R Goyder menyajikan matematika kuno sundial dari perspektif baru. R Goyder menggunakan pendekatan yang lebih bersifat fisik dengan mempertimbangkan masalah model Bumi dan fokus pada geometri bola. Ia menganalisis melalui aljabar geometris, bahwa untuk persoalan sundial umum adalah menghitung posisi ujung bayangan gnomon pada permukaan dial datar. Perbedaan nilai *equation of time* dan bayangan gnomon menjadi rumus serta kunci bagi jenis dial pada umumnya.²⁶

²⁵ Alfiatur Rifqiyah, “Studi Analisis Penentuan Awal Waktu Salat di Dukuh Tamansari, Desa Carangrejo, Kecamatan Sampung, Kabupaten Ponorogo”, (Skripsi, Institut Agama Islam Negeri Ponorogo, 2017), 2.

²⁶ R Goyder, “The Sundial Problem from a New Angle”, *European Journal of Physics*, volume 27 (2006), 413, diakses 9 April 2020, doi: 10.1088/0143-0807/27/2/023.

Keenam, artikel yang ditulis oleh Judy L. Klein dan Adrian Riskin dengan judul *Learning by The Sun: Observing Seasonal Declination with a Vertical Sundial* (Journal of Science Education and Technology tahun 2003). Artikel ini membahas tentang jam Matahari yang dapat digunakan untuk mengamati deklinasi Matahari dan menandai variasi musiman Matahari. Desain dial pada jam Matahari itu ditekankan untuk pengamatan deklinasi dan menentukan posisi titik bayangan Matahari sehingga menjadikan garis-garis deklinasi dapat diamati setiap hari sepanjang tahun.²⁷

Penelitian-penelitian di atas belum ada yang membahas secara spesifik tentang suatu pedoman atau program yang bisa digunakan untukantisipasi kalibrasi jam bencet ketika keadaan mendung atau ketika nilai *equation of time* positif 14 menit hingga negatif menit. Ada kajian tentang penentuan waktu dengan menggunakan jam bencet, namun kajian-kajian tersebut berbeda lokus dengan penelitian ini serta hanya terfokus pada masalah metode penggunaan dan deskripsi keakuratannya, tanpa menyertakan pedoman cara kalibrasi yang tepat dan bagaimana membuat program excel sebagai alternatif kalibrasi jam bencet.

E. Metode Penelitian

Upaya pengumpulan data dan analisis terhadap data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini didukung oleh metode

²⁷ Judy L. Klein, and Adrian Riskin “Learning by The Sun: Observing Seasonal Declination with a Vertical Sundial”, *Journal of Science Education and Technology* (2003): 81, diakses 9 April 2020, doi: 10.1023/A:1022115829592.

penelitian yang penulis gunakan. Adapun metode penelitian yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian lapangan (*field research*). Adapun datanya adalah data kualitatif.²⁸ Alasan penggunaan jenis penelitian ini berkaitan dengan tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang penggunaan jam bencet sebagai penunjuk waktu sehingga bisa merumuskan pedoman kalibrasi jam bencet untuk menghasilkan waktu yang akurat dan juga output berupa program excel untuk kalibrasi jam bencet saat langit gelap atau cuaca mendung. Penelitian ini termasuk penelitian lapangan karena bahan-bahan yang dikaji berupa hasil wawancara dan hasil observasi dengan menggunakan jam bencet di Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan, Pondok Pesantren Lirboyo Kediri, Pondok Pesantren Mahir Arriyadh Ringin Agung Kediri, Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan, dan Masjid Jami' Sabilah Jannah Sukaoneng Bawean.

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan astrometrik, yaitu meneliti astrometika atau berkaitan dengan pengukuran benda langit (Matahari), terutama

²⁸ Penelitian kualitatif adalah metodologi yang menyediakan alat-alat dalam memahami arti secara mendalam yang berkaitan dengan fenomena yang kompleks dan prosesnya dalam praktik kehidupan sosial. Brady R. Shane, "Utilizing and Adapting the Delphi Method for Use in Qualitative Research", *International Journal of Qualitative Methods*, International Institute for Qualitative Methodology at the University of Alberta (2015), 1, diakses 10 April 2020, doi: 10.1177/1609406915621381.

untuk menentukan ukuran, posisi, dan geraknya yang bisa mempengaruhi dan menghasilkan data berupa waktu istiwa melalui pengamatan jam bencet. Penulis juga menggunakan pendekatan aritmetik untuk mengkaji nilai operasi-operasi hitung yang digunakan dalam perhitungan waktu istiwa sehingga bisa membuat program excel dan pedoman kalibrasi jam bencet.

2. Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini ada dua. Sumber data tersebut berupa sumber data primer dan sumber data sekunder.

a. Data Primer

Data primer atau data yang memberikan informasi utama dalam penelitian ini diperoleh langsung dari hasil wawancara dan observasi menggunakan jam bencet di Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan, Pondok Pesantren Lirboyo Kediri, Pondok Pesantren Mahir Arriyadh Ringin Agung, Masjid Jami' Sabilal Jannah Sukaoneng Bawean, dan Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan. Penelitian ini dibatasi dengan lokasi di Pondok Pesantren Tremas, Pondok Pesantren Lirboyo, Pondok Pesantren Ringin Agung, Masjid Sabilal Jannah Sukaoneng Bawean, dan Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan.

Penulis membatasi penelitian ini dengan obyek pondok pesantren dan masjid di Jawa dengan sampel yang berlokasi di Jawa Timur, karena pengguna jam bencet mayoritas adalah di Jawa Timur. Adapun seperti halnya

penggunaan jam bencet di Jawa Tengah seperti Surakarta, tepatnya di Masjid Surakarta, mereka yang menyetel jam bencet adalah murid dari gurunya yang berasal dari Jawa Timur, yaitu Bawean.²⁹ Cara pengoperasiannya pun sama, karena berasal dari sumber guru yang sama. Pengambilan sampling ini dirasa cukup mewakili bagi penggunaan jam bencet di tempat-tempat lain karena sumber dari ilmu tentang bencet ada pada kiai Jawa Timur, seperti Lirboyo dan juga Bawean.

Algoritma perhitungan berupa data-data astronomis untuk hisab waktu istiwa diperoleh dari buku Ilmu Falak Praktik yang diterbitkan oleh Kementerian Agama RI, buku Mekanika Benda Langit Rinto Anugraha dan buku Ilmu Falak 1 Penentuan Awal Waktu Salat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia yang ditulis oleh Slamet Hambali. Ketiga buku ini memuat perhitungan awal salat dan juga konversi waktu dari waktu istiwa menjadi waktu daerah maupun sebaliknya.

Penulis menggunakan hasil hisab waktu istiwa yang kemudian diverifikasi dengan melakukan observasi perjalanan semu harian Matahari untuk menghasilkan pedoman kalibrasi jam bencet. Program kalibrasi jam bencet itu penulis susun melalui Software Microsoft Excel (program pengolah data) dengan memasukkan data-data Matahari dan

²⁹ Izza Nur Fitrotun Nisa', "Penggunaan, Perhitungan dan Akurasi Jam Bencet Masjid Tegalsari Kelurahan Jajar Kecamatan Laweyan Kota Surakarta", (Skripsi, Institut Agama Islam Negeri Surakarta, 2020), 71.

rumus waktu istiwa ke dalam bahasa dan formula pemrograman dalam Microsoft excel.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung dari data primer. Data sekunder ini diperoleh dari buku-buku yang memuat konsep-konsep perhitungan waktu istiwa, baik dari kitab-kitab klasik, buku-buku astronomi modern maupun jurnal-jurnal yang berhubungan dengan pembahasan jam bencet. Data sekunder itu di antaranya adalah buku Ilmu Falak Praktis Ahmad Izzuddin, buku Pengantar Ilmu Falak Proses Pembentukan Alam Semesta Slamet Hambali, program Digital Falak karya Thalhah, dan lain sebagainya.

3. Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian ini adalah data kualitatif yang dapat diperoleh dengan menggunakan teknik interaktif dan teknik noninteraktif. Teknik interaktif berupa wawancara dan pengamatan, sedangkan teknik noninteraktif berupa studi dokumen dan buku-buku.³⁰ Metode pengumpulan data dalam penelitian ini sebagai berikut:

a. Wawancara

Wawancara ini bertujuan untuk memperoleh data-data terkait penggunaan jam bencet di Pondok-Pondok Pesantren dan Masjid-Masjid di Jawa. Model wawancara yang penulis gunakan adalah wawancara terstruktur dan

³⁰ Imam Gunawan, *Metode Penelitian Kualitatif Teori dan Praktek*, (Jakarta: Bumi Aksara, 2013), 142.

wawancara tidak terstruktur.³¹ Penulis melakukan wawancara kepada kiai dan tokoh-tokoh lain di Pondok Pesantren, yaitu Masykur Rozi selaku ustad dan ketua lajnah falakiyah Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan, ustad Reza Zakaria selaku pengajar dan orang yang mengkalibrasi bencet di Pondok Pesantren Lirboyo, serta kiai Romli Khozin selaku salah satu pengasuh Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung. Adapun data terkait bencet di masjid, penulis melakukan wawancara kepada takmir atau tokoh yang mengetahui seluk beluk jam bencet. Wawancara itu meliputi wawancara kepada M. Kholil, ketua takmir Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan. Selain itu penulis juga melakukan wawancara kepada ahli-ahli ilmu falak seperti KH. Slamet Hambali dan juga kepada KH. Romli yang merupakan tokoh pembuat jam bencet di Kediri.

b. Observasi

Akurasi berarti kecermatan, ketelitian, atau ketepatan.³² Simpulan terkait akurasi penggunaan jam bencet di Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan, Lirboyo, dan Ringin Agung, serta jam bencet di

³¹ Wawancara terstruktur merupakan proses wawancara yang dilakukan dengan menggunakan instrumen pedoman wawancara tertulis yang berisi pertanyaan, sedangkan wawancara tidak terstruktur adalah wawancara yang bersifat fleksibel namun tidak menyimpang dari tujuan wawancara yang telah ditetapkan. Gunawan, *Metode Penelitian...*, 162-163.

³² H. E. Rais, *Kamus Ilmiah Populer: Memuat Berbagai Kata dan Istilah dalam Bidang Politik, Sosial, Budaya, Sains dan Teknologi, Psikologi, Kedokteran, Pendidikan*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012).

Masjid Jami' Sabilal Jannah Sukaoneng Bawean, dan Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan, penulis kaji melalui observasi. Penulis juga melakukan observasi untuk mendapatkan data pergerakan semu harian Matahari (deklinasi)³³ karena kalibrasi jam bencet tergantung pada posisi dan bayangan Matahari.

4. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data kualitatif yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif komparatif. Analisis deskriptif berarti menguraikan suatu pokok masalah dengan menggambarkan apa adanya.³⁴ Penulis menggunakan analisis deskriptif untuk menjabarkan cara penggunaan jam bencet di Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan, Pondok Pesantren Lirboyo Kediri, Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung, Masjid Jami' Sabilal Jannah Sukaoneng Bawean, dan Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan sehingga mendapatkan simpulan cara penggunaan jam bencet yang tepat untuk menghasilkan waktu yang akurat. Komparatif berarti berdasarkan perbandingan.³⁵ Penulis membandingkan cara penggunaan jam bencet di masing-masing pondok dan masjid melalui algoritma data Matahari sehingga

³³ Deklinasi Matahari yang terlihat (jarak Matahari dari equator). Lihat Kementerian Agama RI, *Ephemeris Hisab Rukyat 2020*, (Jakarta: Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam, 2019), 1.

³⁴ Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, "KBBI Daring", diakses 08 Juli 2020, <https://kbbi.kemendikbud.go.id/entri/deskriptif>.

³⁵ Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, "KBBI Daring", diakses 08 Juli 2020, <https://kbbi.kemendikbud.go.id/entri/komparatif>.

mendapatkan simpulan berupa perbandingan data Matahari setiap hari, tahun hingga beberapa tahun yang lalu dan yang akan datang. Simpulan dari hasil perbandingan data Matahari itulah yang selanjutnya penulis gunakan untuk menyusun program kalibrasi jam bencet.

Penulis menganalisis perhitungan dan cara penggunaan jam bencet di masing-masing pondok dan masjid dengan melakukan perhitungan waktu istiwa secara sistematis, yaitu memperhatikan data-data Matahari terutama deklinasi Matahari dan *equation of time*. Gambaran mengenai penggunaan serta pola perhitungannya kemudian penulis gunakan untuk menyusun cara kalibrasi yang tepat serta membuat sebuah program excel sebagai alternatif kalibrasi jam bencet yang dapat digunakan sebagai acuan saat cuaca mendung.

F. Sistematika Pembahasan

Pembahasan dalam penelitian ini terdiri dari 5 bab. Setiap bab terdiri dari beberapa sub pembahasan. Adapun rinciannya adalah sebagai berikut:

BAB I berisi pendahuluan. Pendahuluan ini memaparkan permasalahan yang menjadi latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, kajian pustaka yang berhubungan dengan pembahasan utama, metode penelitian yang digunakan, yang di dalamnya berisi jenis dan pendekatan penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, dan sistematika pembahasan.

BAB II berisi tinjauan umum tentang jam bencet, teori pengukuran waktu dan pemrograman. Penjelasan di bab II meliputi

waktu dalam perspektif al-Qur'an, waktu perspektif astronomi, konsep jam bencet, dan algoritma pemrograman.

BAB III membahas tentang penggunaan jam bencet di Pondok-Pondok Pesantren dan Masjid-Masjid di Jawa. Pembahasan itu terdiri dari penggunaan jam bencet di Pondok Pesantren Lirboyo Kediri, Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung Kediri, Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan, Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan, dan Masjid Jami' Sabilal Jannah Sukaoneng Bawean.

BAB IV membahas algoritma pemrograman excel kalibrasi jam bencet. Pembahasan ini terdiri dari bangun program algorithm data Matahari yang dibutuhkan untuk membuat program kalibrasi jam bencet, analisis cara penggunaan jam bencet sehingga menghasilkan waktu yang akurat, rumus-rumus dan formula excel yang digunakan untuk membuat program, serta sistematika pemrograman excel untuk program kalibrasi jam bencet.

BAB V adalah penutup. Penutup berisi simpulan dan saran-saran untuk mengoreksi dan mengembangkan penelitian ini.

BAB II

TEORI PENGUKURAN WAKTU DAN PEMROGRAMAN

A. Waktu dalam al-Qur'an

Terdapat korelasi antara ayat al-Qur'an dengan fenomena alam terkait tatanan waktu. Al-Qur'an sering menggunakan waktu sebagai *qasam*. Tatanan waktu berhubungan dengan pergerakan Bumi-Matahari, sehingga bentuk Bumi pun menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi. Al-Qur'an menjelaskan bahwa bentuk Bumi adalah bulat (teori Bumi bulat) sebagaimana disebutkan dalam surat al-Rahman ayat 5 bahwa "Matahari dan Bulan beredar menurut perhitungan". Pada surat al-Furqān ayat 45 dan al-Zumar ayat 5 juga dijelaskan tentang Matahari dan Bulan sebagai pedoman penentuan waktu siang dan malam.

حَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ بِالْحَقِّ يُكَوِّرُ اللَّيْلَ عَلَى النَّهَارِ وَيُكَوِّرُ النَّهَارَ عَلَى اللَّيْلِ
وَسَحَّرَ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ كُلٌّ يَجْرِي لِأَجَلٍ مُّسَمًّى ۗ أَلَا هُوَ الْعَزِيزُ الْعَفَّارُ ٥

"Dia menciptakan langit dan bumi dengan (tujuan) yang benar; Dia memasukkan malam atas siang dan memasukkan siang atas malam dan menundukkan Matahari dan Bulan, masing-masing berjalan menurut waktu yang ditentukan. Ingatlah! Dialah Yang Maha Mulia, Maha Pengampun" (Q.S. al-Zumar [39]: 5)¹

Al-Takwīr berasal dari kata *kawwara-yukawwuru-takwīran* yang memiliki makna asal yaitu melilitkan atau melingkarkan di

¹ Kementerian Agama Republik Indonesia, *Muṣḥaf 'Āisyah (Al-Qur'an dan Terjemah untuk Wanita)*, (Bandung: Jabal Roudāh al-Jannah, 2010), 458.

kepala², yakni orang yang melilitkan serban di atas kepalanya dan melingkarkannya. Ayat ini sebagai isyarat bahwa Bumi berbentuk bulat dan perputaran Bumi pada porosnya atau yang kita sebut sebagai rotasi Bumi.³ Bumi dan Bulan berputar pada orbitnya sehingga dari keduanya dapat diketahui waktu di dunia.⁴ Siang dan malam silih berganti dengan teratur. Apabila hilang siang maka malam datang, begitu seterusnya hingga hari kiamat. Bentuk Bumi yang bulat dapat diketahui melalui ayat ini secara lahir, adapun perputaran atau rotasi dan revolusi Bumi dan Bulan dapat diketahui dengan rumus (perhitungan) dan tanda-tanda alam (observasi).

Banyak dijumpai ayat-ayat yang berhubungan dengan fenomena alam. Setiap hari, Matahari terbit di horizon timur, kemudian perlahan mulai meninggi hingga transit saat Zuhur dan akhirnya terbenam di horizon barat. Akibat perubahan ketinggian Matahari, panjang bayangan benda juga berubah-ubah. Fenomena ini diungkap dalam Surat al-Furqān ayat 45.

أَلَمْ تَرَ إِلَىٰ رَبِّكَ كَيْفَ مَدَّ الظِّلَّ وَلَوْ شَاءَ لَجَعَلَهُ ۥ سَاكِنًا ثُمَّ جَعَلْنَا الشَّمْسَ
عَلَيْهِ دَلِيلًا ۝ ٤٥

“Tidakkah engkau memperhatikan (penciptaan) Tuhanmu, bagaimana Dia memanjangkan (dan memendekkan) bayang-bayang, dan sekiranya Dia menghendaki, niscaya Dia jadikannya

² Ahmad Warson Munawwir, *Kamus al-Munawwir Arab Indonesia*, (Surabaya: Pustaka Progressif, 1997), 1238.

³ Abū Ja’far Muhammad bin Jarīr al-Ṭabariy, *Tafsīr al-Ṭabariy Jāmi’ al-Bayān ‘an Ta’wīl al-Qur’an*, (Kairo: Markaz al-Buḥūs wa al-Dirāsāt al-‘Arabiyyah wa al-Islamiyyah, 2001), 465.

⁴ Abū al-Ḥasan ‘Alī bin Aḥmad al-Naisābūriy, *al-Wasīṭ fī Tafsīr al-Qur’an al-Majīd*, (Beirūt: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, 1994), 571.

(bayang-bayang itu) tetap, kemudian Kami jadikan Matahari sebagai petunjuk” (Q.S. al-Furqan [25]: 45)⁵

Maksud lafal “memanjangkan bayangan” adalah apa yang ada di antara terbit fajar hingga terbit Matahari. Allah memanjangkan bayangan sebagai pertanda masuknya pagi.⁶ Matahari zawal (tergelincir) dijadikan sebagai pertanda masuknya waktu salat setelah bayangan terpendeknya (kulminasi). Matahari adalah bagian dari makhluk Allah yang dijadikan pendek dan panjang bayangannya sebagai petunjuk bagi manusia. Hilangnya bayangan yang memanjang juga dijadikan petunjuk sebagai pertanda terbenamnya Matahari.

Lafal “*qabḍan yasīran*” memiliki maksud bahwa sesungguhnya apa yang ada di antara Matahari dan bayangan membentuk sesuatu garis, sebagaimana yang diriwayatkan dari Qasim.⁷ Saddiy berpendapat bahwa bayangan Matahari akan menyusut sedikit demi sedikit artinya menjadi pendek sehingga tidak menyisakan bayangan kecuali di bawah pohon, yaitu ketika Matahari naik dan tepat di atas kita (di zenith).⁸

Ibnu Abbas menuturkan bahwa jika tidak ada Matahari maka tidak ada bayangan, sebagaimana jika tidak ada cahaya, maka tidak ada gelap.⁹ Hilangnya bayangan sebagai pertanda terbenamnya Matahari tidak lantas hilang dengan cepat, melainkan

⁵ Kementerian Agama Republik Indonesia, *Muṣḥaf ‘Āisyah ...*, 364.

⁶ al-Ṭabariy, *Tafsīr al-Ṭabariy...*, 460.

⁷ al-Ṭabariy, *Tafsīr al-Ṭabariy...*, 465.

⁸ Ibnu Kašīr, *Tafsīr al-Qur’an Al-‘Azīm*, (Beirūt: Dār Ibnu al-Jauziy, tt.), 597.

⁹ al-Naisābūriy, *al-Wasīf...*, 342.

hilang perlahan-lahan, sedikit demi sedikit. Bayangan dikaitkan dalam hal penentuan waktu ibadah khususnya waktu salat. Sistem waktu berdasarkan Matahari ini yang digunakan oleh masyarakat Islam dan disebut dengan kalender *solar system* (berdasarkan pergerakan semu Matahari). Sa'adoeddin mencoba untuk menerjemahkan bahasa-bahasa fikih yang berhubungan dengan hisab awal waktu salat ke dalam bahasa astronomi yang terlihat pada rumusan awal waktu salat Zuhur.¹⁰ Bayangan Matahari digunakan untuk mengetahui waktu salat, yaitu waktu Zuhur ketika zawal (ketika bayangan Matahari mengarah menuju arah timur). Hisab awal waktu Zuhur sudah sesuai dengan kaidah bahwa waktu Zuhur dimulai sejak Matahari zawal, ditandai dengan hasil observasi berupa bertambah panjangnya bayangan setelah kulminasi yang dibentuk oleh tongkat istiwaq¹¹, sedangkan waktu Asar ketika bayangan sesuatu sama dengan bendanya atau sama dengan dua kali bendanya.¹²

B. Waktu dalam Perspektif Astronomi

Waktu merupakan sebuah keadaan yang dapat diamati dan diukur dengan menggunakan alat semacam jam mesin, jam listrik ataupun dengan melihat keadaan alam. Konsep penting yang harus

¹⁰ Susiknan Azhari, *Pembaharuan Pemikiran Hisab di Indonesia (Studi Atas Pemikiran Saadoe'ddin Djambek)*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2002), 64.

¹¹ Lutfi Nur Fadhillah, "Akurasi Hisab Waktu Zuhur Perspektif Hisab dan Rukyat", *Jurnal Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, volume 6 (2020), 60.

¹² Ahmad Muṣṭafā al-Marāgī, *Tafsīr al-Marāgī*, (Mesir: Muṣṭafā al-Bābī al-Ḥalabī, 1946), 23.

diketahui dalam penentuan waktu di antaranya adalah pergerakan Matahari dan Bumi. Waktu didasarkan pada perputaran Bumi pada porosnya. Perbedaan yang terjadi diakibatkan perbedaan dari obyek benda langit yang digunakan sebagai dasar perhitungannya.¹³

Matahari merupakan pusat dari tata surya, sebagaimana teori yang dicetuskan oleh seorang ahli astronomi, ekonomi dan matematika yang berkebangsaan Polandia. Teori itu dikenal dengan teori heliosentris. Heliosentris merupakan sebuah teori yang memahami bahwa Matahari adalah suatu bintang sebagai pusat peredaran benda langit dalam tata surya. Paham heliosentris ini adalah paham yang melengserkan paham geosentris (paham bahwa Bumi sebagai pusat tata surya sedangkan Matahari dan benda langit lainnya berputar mengelilingi Bumi). Paham heliosentris ini dipegang kuat oleh para astronom dan masyarakat umum hingga saat ini.¹⁴

Teori heliosentris muncul tepatnya pada abad ke 14 M. Nicolas Copernicus sebagai pencetusnya. Ia memiliki pandangan bahwa Bumi bukanlah pusat, walaupun teori tersebut merupakan pandangan umum yang pernah dilontarkan pada masanya yaitu pada saat masa Claudius Ptolomeus. Nicolas Copernicus menegaskan bahwa Bumi dan planet lainnya mengelilingi Matahari. Ia melakukan percobaan dengan cara menghitung sudut Bulan-Bumi-Matahari untuk mencari perbandingan jarak antara Bumi-Matahari

¹³ Denis Savoie, *Sundials Design, Contruction, and Use*, (Chichester: Praxis Publishing, 2009), 25.

¹⁴ Muh. Hadi Bashori, *Penanggalan Islam (Peradaban Tanpa Penanggalan Inikah Pilihan Kita?)*, (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2013), 39.

dan Bumi-Bulan. Hasil yang diperoleh dari percobaan tersebut menyatakan bahwa Bumi bergerak mengelilingi Matahari dalam lintasan berbentuk lingkaran.¹⁵

Matahari adalah sumber panas dengan temperatur di permukaan Matahari sekitar 6.000 derajat celsius. Matahari termasuk bintang tetap, besarnya 1.378.000 kali besar Bumi. Diameternya sebesar 109,1 kali diameter Bumi, sedangkan jarak antara Bumi sampai Matahari rata-rata 150 juta km (1 AU) dengan jarak terdekat sekitar 147 juta km dan jarak terjauh sekitar 152 juta km. Kecepatan sinar Matahari adalah 300.000 km perdetik, sehingga membutuhkan waktu 8 menit agar sinarnya sampai ke permukaan Bumi.¹⁶

Matahari juga memiliki gerak dan peredaran. Gerak rotasi Matahari yaitu selama 25 seperempat hari. Matahari juga bergerak di antara gugusan-gugusan bintang dengan kecepatan 20 km/detik. Adapun pergerakan Matahari menuju suatu titik yang disebut Apex, yakni sebuah titik dalam bola langit yang terletak pada ascensio rectanya 270° dan deklinasi 30° .¹⁷

Matahari memiliki hubungan erat dengan peredaran di Bumi, utamanya dalam rotasi dan revolusi Bumi terhadap Matahari, di antaranya yaitu gerak yang menggambarkan bahwa Matahari sebagai bintang, sebenarnya ia dalam posisi diam (tidak bergerak).

¹⁵ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak (Menyingkap Proses Pembentukan Alam Semesta)*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012), 184.

¹⁶ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), 125.

¹⁷ Bashori, *Penanggalan Islam...*, 42.

Bumi dan planet-planetlah yang bergerak dengan gerak secara teratur dari barat ke timur. Pada realitanya, ketika dilihat dari Bumi, Matahari seolah bergerak dari timur ke barat pada setiap hari. Gerak ini yang kita kenal sebagai gerak semu harian Matahari.¹⁸

Dasar dari pengukuran waktu adalah rotasi Bumi terhadap sumbunya. Akibat rotasi Bumi, Matahari tampak bergerak terbit dari timur dan tenggelam sebelah barat.¹⁹ Obyek dasar perhitungan waktu Matahari sejati adalah gerak semu Matahari yang tampak oleh peninjau akibat rotasi Bumi yang tidak beraturan.

Setiap hari seolah-olah Matahari beredar menurut arah mulai dari timur ke barat. Matahari telah membentuk lingkaran dengan Bumi sebagai pusat peredarannya. Peristiwa semacam ini seakan membenarkan teori geosentris. Pada pagi hari Matahari terbit di ufuk timur, semakin lama akan semakin tinggi hingga mencapai puncak yang tertinggi, yakni pada saat mencapai garis meridian langit (garis utara-selatan), kemudian akan turun kembali sampai di ufuk barat hingga terbenam dan terbit kembali di ufuk timur pada hari selanjutnya dan begitupun seterusnya peredaran semu harian Matahari.²⁰

Peredaran harian Matahari yang terbit dari timur dan terbenam di barat itu bukanlah gerak Matahari yang sebenarnya, melainkan karena perputaran Bumi pada sumbunya (rotasi) selama

¹⁸ Bashori, *Penanggalan Islam...*, 43.

¹⁹ Rahmatiah, "Urgensi Pengaruh Rotasi dan Revolusi Bumi terhadap Waktu Salat", *El-Falaky: Jurnal Ilmu Falak*, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Alauddin Makassar, volume 1 (2017), 63.

²⁰ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia)*, (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011), 49.

sehari semalam, sehingga perjalanan Matahari tersebut disebut dengan perjalanan semu Matahari. Perjalanan semu Matahari dan benda-benda langit lainnya sejajar dengan ekuator langit.²¹

Matahari juga melakukan perjalanan tahunan, yaitu perjalanan Matahari ke arah timur dalam waktu satu tahun dalam jumlah hari sebanyak 365.2425 hari untuk satu putaran, sehingga menempuh jarak $00^{\circ} 59' 08.33''$ setiap hari. Jalur perjalanan tahunan Matahari tidak berimpit dengan ekuator langit, namun ia membentuk sudut sekitar $23^{\circ} 27'$ dengan ekuator. Sudut inilah yang disebut sebagai deklinasi Matahari. Matahari juga bergerak ke arah utara dan selatan secara periodik setiap tahun.²² Angka-angka yang ditunjukkan oleh gerakan Bumi mengelilingi Matahari ini dapat diprediksi melalui hisab, sedangkan hisab sendiri ada dua macam yaitu hisab urfi dan hisab hakiki.²³

Kemiringan poros Bumi berakibat pada Matahari seakan-akan bergerak ke arah utara dan selatan, yakni mencapai $23,5^{\circ}$ LU dan $23,5^{\circ}$ LS. Tinggi kulminasi Matahari setiap hari berubah karena adanya deklinasi. Besarnya tinggi kulminasi dapat diketahui melalui zm Matahari, yaitu jarak titik pusat Matahari saat kulminasi dari zenith yang dapat diperoleh dengan rumus, $zm = [\delta - \varphi]$ dengan catatan zm harus selalu positif, jika zm negatif maka harus

²¹ Khazin, *Ilmu Falak...*, 125-126.

²² Khazin, *Ilmu Falak...*, 125-126.

²³ Ahmad Izzuddin, *Fiqh Hisab Rukyah di Indonesia (Sebuah Upaya Penyatuan Madzhab Rukyah dengan Madzhab Hisab)*, (Yogyakarta: Logung Pustaka, 2004).

dipositifkan.²⁴ Peristiwa ini secara periodik terjadi dalam satu tahun, yaitu.²⁵

1. Pada tanggal 21 Maret, Matahari berada tepat di garis khatulistiwa.
2. Pada tanggal 21 Juni, Matahari berada di $23,5^\circ$ LU.
3. Pada tanggal 23 September, Matahari berada di garis khatulistiwa.
4. Pada tanggal 22 Desember, Matahari berada di $23,5^\circ$ LS.

Matahari akan menempati posisinya di zenith (kulminasi atas) dan nadir (kulminasi bawah). Rumus yang digunakan saat kulminasi adalah $12 - e$. Angka 12.00 dianggap sama dengan 90° karena Matahari berada pada titik zenith. Rumus ini adalah turunan dari $Z_m = (p-d)$, karena tinggi Matahari 90° , maka $p = d$ juga. Dengan demikian $hm = 90^\circ - (p-d)$, karena Z_m , p , dan d harganya dianggap sama dengan 0.²⁶

C. Macam-Macam Waktu

Waktu adalah saat yang ditentukan berdasarkan posisi Matahari di langit. Waktu dapat juga diartikan sebagai saat yang ditentukan berdasarkan bola dunia. Pembagian waktu dilakukan oleh manusia berdasarkan siklus pergerakan Bumi, Bulan dan Matahari yang berlangsung teratur.²⁷ Perbedaan antara satu tempat

²⁴ Hambali, *Ilmu Falak I...*, 142.

²⁵ Abbas Padil, "Dasar-Dasar Ilmu Falak dan Tataordinat: Bola Langit dan Peredaran Matahari", *Al-Daulah*, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Alauddin Makassar, volume 2 (2013), 195.

²⁶ Ali Parman, *Ilmu Falak*, (Ujung Pandang: Yayasan Al-Ahkam, 2001), 26.

²⁷ Muhammad Ilyas, *A Modern Guide to Astronomical Calculations of Islamic Calendar, Times, & Qibla*, (Kuala Lumpur: Berita Publishing, tt), 56.

dengan tempat yang lain bisa diketahui dengan menggunakan jam Matahari.²⁸ Adapun macam-macam waktu antara lain, yaitu waktu Matahari (*dynamical time* dan *universal time*), waktu pertengahan atau waktu setempat, dan waktu daerah.

1. Waktu Matahari (*Dynamical Time* dan *Universal Time*)

Waktu Matahari (waktu hakiki) merupakan waktu yang didasarkan pada peredaran Matahari hakiki (yang sebenarnya), yakni pada waktu Matahari mencapai titik kulminasi yang ditetapkan pada pukul 12.00 waktu istiwa. Satu tempat dengan tempat yang lainnya menurut arah barat timur memiliki waktu yang berbeda-beda walaupun dalam satu kota, apalagi tempat itu berlainan kota.²⁹

Data saat kulminasi Matahari dapat diperoleh dengan cara mengurangi waktu hakiki (waktu Matahari) dengan perata waktu (*equation of time* yang disimbolkan dengan e). Merpass (*meridian pass*) adalah ketika arah bayangan tepat ke Utara dan Selatan. $Merpass = 12 - e$.³⁰ Pada saat Matahari mencapai titik kulminasi atas (12.00), maka sudut waktu Matahari adalah 0° . Perubahan sudut waktu akan berpengaruh terhadap perubahan waktu hakiki, misalnya sudut waktu sebesar $+30^\circ$ menunjukkan waktu hakiki pukul 14.00 dan sudut waktu sebesar -45° menunjukkan pukul 09.00

²⁸ M. Maftuh, "Jam Bencet Alat Peraga IPA untuk Memahami Keterkaitan Rotasi Bumi dengan Jam Istiwa", *Unnes Science Education Journal*, Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang, volume 1 (2012), 35.

²⁹ Hambali, *Ilmu Falak 1...*, 81.

³⁰ Reza Zakaria, dkk, *Ringkasan Ilmu Hisab*, (Lirboyo: Lajnah Falakiyah Pon-Pes Lirboyo, 2011), 88.

waktu hakiki dan begitupun seterusnya.³¹ Setiap 15 derajat sudut waktu dapat diasumsikan sebagai 1 jam waktu Matahari.

Jam 00.00 waktu Matahari sejati terjadi ketika Matahari berada di kulminasi bawah atau nadir dari pengamatan dan jam 12.00 waktu Matahari sejati jika Matahari berada di kuminasi atas atau titik zenith dari pengamatan. Almanak nautika mengistilahkan Matahari berkulminasi sebagai MerPass dengan satuan jam dan menit. Data *equation of time* untuk jam 00 dan jam 12.00 GMT juga disediakan dalam satuan menit dan detik.³² Waktu hakiki digunakan sebagai penanda waktu salat. Permulaan waktu Zuhur adalah sejak tergelincirnya Matahari, dan akhir waktu Zuhur adalah jika bayang-bayang suatu benda telah sepadan dengan benda itu selain bayang-bayang yang telah ada sejak Matahari tergelincir.³³

Awal waktu Zuhur adalah ketika tergelincirnya Matahari³⁴, yang dimaksud dengan tergelincirnya Matahari adalah apa yang tampak oleh kita, bukan yang secara kenyataan.³⁵ Pengukuran dilakukan atas kedudukan Matahari, maka masing-masing tempat dengan sendirinya mempunyai waktu hakiki menurut letaknya pada

³¹ Hambali, *Ilmu Falak I...*, 81.

³² Susiknan Azhari, *Awal Waktu Shalat Perspektif Syar'i dan Sains*, (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2004), 73.

³³ Abū Bakr bin Muḥammad bin 'Abd al-Mu'min al-Ḥiṣniy al-Syāfi'i, *Kifāyah al-Akhyār fī Ḥalli Gāyah al-Ikhtisār*, (Jeddah: Dār al-Minhāj li al-Naysr wa al-Tauzī', 2016), 150.

³⁴ Syihābuddīn Abī 'Abbās Aḥmad bin Lu'lu' bin 'Abdillah al-Rūmī, *'Umdah al-Sālik wa 'Iddah al-Nāsik*, (Qaṭr: Syu'ūn al-Dīniyyah, 1982), 36.

³⁵ Muḥammad Nawāwī bin 'Umar al-Bantaniy al-Syāfi'iy, *Kāsyifah al-Sajā Syarḥ Safīnah al-Najā*, (Beirut: Dār al-Kutub al-Islāmiyyah, tt.), 62.

meridian masing-masing.³⁶ Adapun dalam penentuan waktu salat, data astronomi terpenting adalah posisi Matahari dalam koordinat horizon, terutama ketinggian atau jarak zenith. Astronomi memiliki peran menafsirkan fenomena yang disebutkan dalam al-Qur'an dan hadis Nabi menjadi posisi Matahari.³⁷ Fenomena alam yang dijadikan sebagai pertanda waktu ibadah ini berkaitan dengan observasi, sehingga walaupun menggunakan hisab, hisab yang digunakan sudah semestinya adalah hisab kontemporer dengan menggunakan data-data yang selalu dinamis. Hisab kontemporer itu berdasarkan pada teori heliosentris (Matahari sebagai pusat tata surya), bukan hisab urfi yang secara syar'i dinyatakan tidak layak digunakan sebagai penentuan waktu yang berkaitan dengan pelaksanaan ibadah.³⁸

Waktu yang biasa digunakan untuk jam digital adalah waktu yang didasarkan pada gerakan Matahari yang diamati di meridian Greenwich. (Bujur 0 derajat) adalah *Universal Time* (UT)

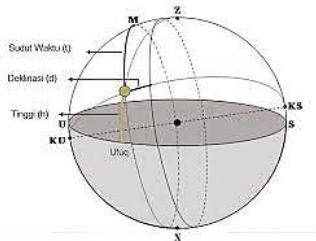
³⁶ Badan Hisab Rukyat Departemen Agama, *Almanak Hisab Rukyat*, (Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam Departemen Agama, 1981), 162.

³⁷ Thomas Djamaluddin, "Matahari dan Penentuan Jadwal Shalat", diakses pada 14 Mei 2020, <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2010/04/19/Matahari-dan-penentuanjadwal-shalat/>.

³⁸ Ahmad Izzuddin, "Hisab Rukyat Islam Kejawan (Studi atas Metode Hisab Rukyat Sistem Aboge)", *Al-Manahij: Jurnal Kajian Hukum Islam*, Fakultas Syariah IAIN Purwokerto, volume 9 (2015), 123.

atau yang biasa disebut dengan *Greenwich Mean Time (GMT)*.³⁹ *Universal Time* dihasilkan dari rotasi Bumi.⁴⁰

Perhitungan *Universal Time* dimulai pada tengah malam dan dihitung mulai dari jam 0 sampai jam 24. Waktu berbagai wilayah di belahan Bumi disetarakan dengan cara dibagi menjadi 24 zona waktu dengan jarak tiap 15° sebesar satu jam dan Greenwich sebagai pusat meridian (garis bujur 0°). Wilayah bujur barat memiliki waktu lebih cepat sampai 12 jam dari Greenwich dan wilayah bujur timur memiliki waktu lebih lambat sampai 12 jam dari Greenwich.⁴¹



Gambar 2.1⁴² Sudut Waktu dalam Lingkaran Bola Langit

Pada saat Matahari berada di posisi M, waktu hakiki menunjukkan pukul 12.00 dengan sudut waktu sebesar 0° .⁴³ Panjang waktu di antara dua kali Matahari hakiki berkulminasi pada dua hari yang berturut-turut dengan ukuran waktu pertengahan, dapat diperoleh 4 tanggal sebagaimana pada tahun 1960 yaitu:

- a. 1 Januari $24^j 00^m 28^d$

³⁹ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, 2012), 20.

⁴⁰ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell, Inc, 1998), 67.

⁴¹ W. M. Smart, *Foundations of Astronomy*, (London: Longmans, 1944), 57.

⁴² Sumber: Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1...*, 82.

⁴³ Hambali, *Ilmu Falak.....*, 82.

- b. 1 April $23^j 59^m 42^d$
- c. 1 Juli $24^j 00^m 11^d$
- d. 1 Oktober $23^j 59^m 41^{d44}$

Hasil di atas menjelaskan bahwa sehari semalam yang paling panjang adalah $24^j 00^m 28^d$ dan yang terpendek $23^j 59^m 41^d$ memiliki selisih hingga lebih dari tiga perempat menit. Penyebab dari perjalanan Matahari tidak rata adalah karena tempuhan Bumi tidak berbentuk lingkaran dan karena poros Bumi tegaknya miring pada bidang tempuhannya.⁴⁵

2. Waktu Pertengahan (WP) atau Waktu Setempat

Waktu setempat adalah waktu pertengahan menurut bujur tempat di suatu tempat. Sebanyak bujur tempat di permukaan Bumi maka sebanyak itu pula waktu pertengahan didapati. Waktu ini juga disebut dengan *Local Mean Time* (LMT).⁴⁶ Adapun waktu yang menggunakan kaidah WIB/WITA/WIT adalah waktu yang berdasarkan pada waktu pertengahan yaitu waktu yang didasarkan kepada peredaran Matahari khayalan yang seakan-akan perjalanannya stabil atau rata tidak pernah terlalu cepat dan tidak terlalu lambat, yakni 24 jam tetap dalam satu hari.⁴⁷

Waktu pertengahan digunakan untuk menjaga stabilnya waktu agar setiap saat tidak harus merubah guna menyesuaikan

⁴⁴ M. Sayuthi Ali, *Ilmu Falak I*, (Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada, 1997), 54.

⁴⁵ Ali, *Ilmu Falak I...*, 54.

⁴⁶ Khazin, *Ilmu Falak ...*, 69.

⁴⁷ Mishbahus Surur & Zaenal Arifin, "Mengenal *Equation of time*, Mean Time, Universal Time/ Greenwich Mean Time dan Local Mean Time untuk Kepentingan Ibadah", *Yudisia: Jurnal Pemikiran Hukum dan Hukum Islam*, Jurusan Syariah STAIN Kudus, volume 5 (2014), 130.

dengan kedudukan Matahari. Waktu pertengahan dengan waktu hakiki bisa bersamaan dan juga bisa tidak bersama, terkadang waktu pertengahan mendahului waktu hakiki dan di waktu yang lain waktu hakiki mendahului waktu pertengahan.⁴⁸

Selisih yang menjadi penentu antara waktu pertengahan dengan waktu hakiki adalah nilai *equation of time* (perata waktu). Perata waktu bernilai positif apabila waktu pertengahan menunjukkan pukul 12.00, sedangkan pada saat itu waktu hakiki menunjukkan pukul 12.11 atau lebih dari jam 12.00. Pada saat jam 12.00 waktu pertengahan sama dengan jam 12.11 waktu hakiki, itu menunjukkan perata waktu = (+) 11 menit. Waktu pertengahan menunjukkan pukul 12.00, sedangkan waktu hakiki menunjukkan pukul 11.47, maka perata waktu bernilai negatif yakni = (-) 13 menit. Waktu pertengahan dapat diperoleh dari waktu hakiki dikurangi perata waktu.⁴⁹ Saat kulminasi Matahari adalah pukul 12.00, maka waktu pertengahannya adalah 12 – *equation of time*.

Pukul 10 waktu pertengahan di Semarang akan berbeda dengan pukul 10 waktu pertengahan di Jakarta, begitupun di Aceh. Apabila terdapat tiga orang yang terdapat di masing-masing tiga daerah tersebut dan hendak bertemu di suatu tempat pada pukul 12.00 waktu pertengahan, maka akan muncul pertanyaan waktu pertengahan menurut daerah mana, karena ketiga daerah tersebut memiliki waktu pertengahan yang berbeda-beda dikarenakan bujur

⁴⁸ Hambali, *Ilmu Falak ...*, 94.

⁴⁹ Hambali, *Ilmu Falak ...*, 94.

tempat yang berbeda. Waktu daerah (*time zone*) dibuat untuk mengatasi hal tersebut.⁵⁰

3. Waktu Daerah (*Time Zone*)

Waktu daerah adalah waktu pertengahan yang didasarkan pada garis bujur tertentu.⁵¹ Orang dalam menentukan waktu berpedoman pada meridian yang melintas kira-kira pada pertengahan daerah tertentu, sehingga daerah dalam satu wilayah disebut daerah kesatuan waktu. Waktu daerah adalah waktu resmi yang digunakan dalam laporan, berita, pengumuman, peraturan lembaga dan badan pemerintahan.⁵² Waktu daerah disesuaikan menurut bujur daerah dengan berpedoman meridian yang melintasi kira-kira pada pertengahan daerah bersangkutan.

Waktu Matahari yang dihasilkan dengan menggunakan data-data GMT harus dilakukan koreksi untuk mengetahui waktu daerah. 15 derajat bujur sama dengan 1 jam, 15 menit bujur sama dengan 1 menit jam, dan 15 detik bujur sama dengan 1 detik jam.⁵³ Rumus koreksi yang digunakan adalah (bujur daerah – bujur tempat)/15. Waktu daerah dapat diketahui dari konversi waktu hakiki yaitu dengan rumus ($WH - \text{equation of time} + (\text{bujur daerah} - \text{bujur tempat}) / 15$).⁵⁴

⁵⁰ Khazin, *Ilmu Falak ...*, 69.

⁵¹ Hambali, *Ilmu Falak ...*, 100.

⁵² Ali, *Ilmu Falak ...*, 71.

⁵³ W. M. Smart, *Textbook on Spherical Astronomy*, (London: Cambridge University Press, tt), 41.

⁵⁴ Kementerian Agama RI, *Ilmu Falak Praktik*, (Jakarta: Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Direktorat Urusan Agama Islam & Pembinaan Syariah Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam, 2013), 87.

Pembagian wilayah daerah kesatuan waktu didasarkan pada kelipatan bujur tempat 15° , artinya ($360^\circ : 24 \text{ jam} \times 1^\circ$) yang dihitung mulai bujur tempat yang melewati kota Greenwich ($\lambda = 0^\circ$).⁵⁵ Indonesia terbagi dalam beberapa meridian, yaitu meridian yang dipedomani dalam tiap-tiap daerah. Indonesia terbagi menjadi 3 zona waktu.⁵⁶ Zona waktu Indonesia meliputi meridian $+105^\circ$, $+120^\circ$ dan $+135^\circ$. Waktu kesatuan dalam masing-masing daerah dinamakan secara berturut-turut yakni Waktu Indonesia Barat (WIB), Waktu Indonesia Tengah (WITA) dan Waktu Indonesia Timur (WIT).⁵⁷

D. Jam Bencet dan Metode Penggunaannya

Bumi berputar mengelilingi Matahari dengan sebuah orbit ekliptika dan bergerak pada porosnya yang berakibat pada gerak semu Matahari yang tidak seragam, sehingga menyebabkan panjang waktu tiap hari berbeda-beda pada tiap musimnya. Jam Matahari merupakan alat yang cocok untuk menunjukkan waktu Matahari sejati.⁵⁸ Jam Matahari biasa disebut dengan jam bencet atau sundial. Waktu yang ditunjukkan melalui alat itu disebut dengan waktu Matahari sejati atau *Dynamic Time / Solar Time*.⁵⁹

Fungsi dari jam Matahari (bencet) yaitu untuk mengetahui arah hakiki, mengetahui lintang tempat (*'ard al-balad*), mengetahui

⁵⁵ Khazin, *Ilmu.....*, 69 – 70.

⁵⁶ Abdur Rachim, *Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Liberty, 1983), 55-57.

⁵⁷ Ali, *Ilmu Falak ...*, 71.

⁵⁸ George L. Hosmer, and James M. Robbins, *Practical Astronomy: A Textbook for Engineering Schools and a Manual of Field Methods*, (New York: John Wiley & Sons, 1963), 59.

⁵⁹ Anugraha, *Mekanika Benda....*, 20.

bujur tempat (*tūl al-balad*), mengetahui deklinasi Matahari, mencocokkan jam istiwa dan mengetahui saat Matahari berkulminasi.⁶⁰ Jam Matahari (bencet) juga digunakan sebagai penunjuk awal waktu Zuhur. Zawal (tergelincirnya Matahari) ditetapkan sebagai awal waktu Zuhur menurut waktu pertengahan sekaligus dijadikan sebagai pangkal hitungan untuk menentukan waktu-waktu salat lainnya.⁶¹ Waktu Zuhur ditentukan berdasarkan zawal di lokasi pengamat, bukan yang sesungguhnya.⁶²

Jam Matahari berasal dari bahasa Inggris yaitu *sundial* yang bermakna alat penunjuk waktu dengan bantuan bayangan Matahari,⁶³ sedangkan dalam bahasa Arab dikenal dengan nama *sā'ah al-syamsiyah* atau *mizwalah*.⁶⁴ *Mizwalah* berarti jam dengan bayangan sinar Matahari.⁶⁵ Jam Matahari ialah suatu alat yang digunakan untuk mengetahui waktu dengan bantuan bayangan Matahari. Jam Matahari biasanya dibuat dari tongkat atau semen serta sejenisnya dan ditempatkan di daerah terbuka agar mudah terkena sinar Matahari karena jam Matahari hanya dapat berfungsi dengan bantuan Matahari sebagai penunjuknya.⁶⁶

⁶⁰ Moh. Uzal Syahrina, *Ilmu Falak Metode As-Syahru*, (Blitar, Gunung Tidar Press, 2018), 72.

⁶¹ Khazin, *Ilmu Falak...*, 88.

⁶² al-Syāfi'i, *Kifāyah al-Akhyār...*, 151.

⁶³ John M Echols dan Hasan Shadily, *Kamus Inggris Indonesia*, (Jakarta: Gramedia, 2003), 568.

⁶⁴ Atabik Ali dan Ahmad Zuhdi Muhdhor, *Kamus Kontemporer Arab Indonesia*, (Yogyakarta: Multi Karya Grafika, 2004), 160.

⁶⁵ Louis Ma'lūf, *Al-Munjid fī al-Lugah wa al-I'lām*, (Beirut: Dār al-Masyriq, 2008), 595.

⁶⁶ Elly Uzlifatul Jannah dan Elva Imeldatur Rohmah, "Sundial Sejarah dan Konsep Aplikasinya", *Jurnal Al-Marshad: Astronomi Islam*

Bayangan Matahari diperoleh dengan meletakkan tongkat istiwa di bidang dial, yaitu sebuah tongkat yang ditancapkan tegak lurus pada bidang datar dan diletakkan pada tempat terbuka sehingga Matahari dapat menyinarinya dengan bebas. Tongkat ini juga disebut dengan gnomon. Masyarakat Mesir menggunakan *obelisk* sebagai pengganti tongkat, namun di Indonesia sampai sekarang masih banyak masyarakat yang menggunakan tongkat istiwa sebagai alat dalam menentukan waktu serta pedoman waktu-waktu salat.⁶⁷

Jam Matahari adalah jam tertua yang pertama kali digunakan sekitar 3500 sebelum Masehi. Prinsip kerja jam ini adalah berdasarkan posisi Matahari dengan cara melihat bayangan Matahari.⁶⁸ Ada yang menyebutkan bahwa *Sundial* ditemukan sekitar permulaan abad ke-20 oleh para arkeolog yang diperkirakan telah dibuat sekitar abad 370 SM. *Sundial* inilah yang pertama ditemukan, namun seiring dengan perkembangannya para arkeolog mulai menemukan *sundial-sundial* lain yang berumur lebih tua dan banyak ditemukan di Mesir. Salah satu *sundial* tertua yang ditemukan di Mesir diperkirakan sudah dibuat sekitar 1500 SM yang digunakan oleh Thutmosis III.⁶⁹

Jam Matahari memiliki bagian-bagian penting yang menyertainya, yaitu gnomon dan bidang dial. Gnomon ialah alat

dan *Ilmu-Ilmu Berkaitan*, Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, volume 5 (2019), 143.

⁶⁷ Ali, *Ilmu Falak ...*, 65.

⁶⁸ Rene R. J. Rohr, *Sundial: History Theory and Practice*, (New York: Dover, 1996), 47.

⁶⁹ Ahmad Syifaul Anam, *Perangkat Rukyah NonOptik*, (Semarang: CV. Karya Abadi Jaya, 2015), 116.

yang berfungsi sebagai penunjuk jam pada bidang dial yang dihasilkan oleh bayangan Matahari⁷⁰ karena prinsip dasar *sundial* terdiri atas dua bagian. Bagian pertama disebut *dial table* atau *dial plate* yaitu sebuah permukaan datar yang tergambar garis-garis yang menunjukkan jam. Bagian kedua adalah *gnomon* yaitu sebuah tongkat kecil yang berfungsi sebagai penghasil bayangan. *Dial table* bisa diletakkan secara horizontal, vertikal maupun diagonal. Gnomon bisa diletakkan secara langsung di atas *dial table* atau diletakkan sejajar. Posisi *gnomon* ada yang menunjuk ke arah kutub utara langit dan juga ada yang tegak lurus terhadap *dial table*.⁷¹

Prinsip kerja *sundial* mengikuti jalur perjalanan Matahari harian satu tahun yang dilacak dengan bantuan gnomon. Hasil dari bayangan gnomon pada bidang dial dalam setahun dihubungkan akan menghasilkan ilustrasi grafis Matahari yang akan menunjukkan pergantian musim.⁷² Penentuan waktu pada *sundial* ditandai berdasarkan panjang bayangan gnomon yang akan tampak sangat pendek ketika waktu kulminasi atas (Matahari tepat di meridian pass) dan bertambah panjang pada sebelum dan setelah kulminasi (zawal). Arah bayangan terutama saat kulminasi akan menentukan waktu, termasuk saat tidak ada bayangan sama sekali yaitu ketika posisi Matahari berada pada sudut 90° diukur dari ufuk.⁷³

⁷⁰ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008), 105.

⁷¹ Anam, *Perangkat Rukyah...*, 123-124.

⁷² Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi*, (Depok: PT RajaGrafindo Persada, 2017), 132.

⁷³ Ahmad Musonnif, *Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Teras, 2011), 62.

E. Pemrograman Microsoft Excel

Microsoft Excel adalah program aplikasi *spreadsheet* (lembar kerja elektronik) yang digunakan untuk membantu dalam hal menghitung, memproyeksikan, menganalisis dan mempresentasikan data dalam bentuk tabel. Microsoft excel sangat berkaitan dengan *cell* dan *range*. *Cell* adalah perpotongan antara kolom dengan baris, sedangkan *range* adalah gabungan dari beberapa *cell*. Data pada excel ada beberapa tipe, di antaranya adalah tipe data alpha numerik/teks, tipe data angka, dan tipe data formula. Tipe data alpha numerik adalah tipe data berupa teks seperti huruf (A-Z), simbol dan angka yang tidak diproses secara matematika. Tipe data angka/numerik adalah data yang terdiri dari angka (0-9), waktu dan tanggal yang bisa diproses secara matematika. Tipe data formula adalah tipe data yang terdiri dari rumus-rumus, seperti perkalian, penjumlahan, pengurangan, pembagian, pemangkatan, serta fungsi matematika yang lainnya. Tipe data inilah yang biasa digunakan sebagai pengolah data.

Penggunaan rumus dalam excel sangatlah penting, karena setiap tabel dan dokumen yang diketik akan selalu berhubungan dengan rumus dan fungsi. Proses perhitungan akan dilakukan sesuai dengan urutan operator perhitungan, yaitu dari pangkat (^), kali (*), atau bagi (/), dan tambah (+) atau kurang (-).

Lambang	Fungsi
+	Penjumlahan
-	Pengurangan
*	Perkalian

/	Pembagian
^	Perpangkatan
%	Prosentase

Tabel 2.1 Lambang Operasi Hitung Pada Microsoft Excel

Penulisan rumus dapat diketikkan secara langsung maupun menggunakan fungsi. Fungsi adalah rumus yang sudah disediakan oleh excel yang akan membantu proses perhitungan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Penulisan fungsi biasanya dilengkapi dengan *argument*, baik itu berupa angka, tabel, rumus, alamat *cell* ataupun *range*. *Argument* itu ditulis dengan diapit tanda kurung ().

Excel menyediakan fasilitas untuk melakukan fungsi-fungsi tertentu. Penulisan fungsi itu disertai dengan *argument* dan dipandu, sehingga akan menghindari kesalahan dalam penulisan fungsi dan *argument*. Fungsi dibagi berdasarkan kelompok. Ada fungsi *financial*, *date & time*, *math & trig*, *statistical*, *database*, dan *most recently use* (fungsi yang sering digunakan).

Penggunaan suatu fungsi berkaitan dengan tanda “=”. Penggunaan tanda sama dengan “=” untuk memulai formula, menspesifikasikan nama fungsi, menutup argumen dalam *parentheses* (tanda kurung), dan menggunakan koma untuk membedakan argumen.⁷⁴ Fungsi-fungsi matematika terdiri dari *reference operators*, fungsi, dan *chart*. *Reference operators* mengacu pada sebuah atau sekumpulan sel. Ada dua tipe *reference operators* yaitu *range* dan *union*. Jenis *reference* juga ada dua, *relative reference* dan *absolute reference*.

⁷⁴ Agung Wardoyo, *Pengenalan Teknologi Informasi*, (Semarang: Udinus, 2010), 44.

Relative reference adalah *default reference* yang digunakan excel, sedangkan *absolute reference* adalah membuat *reference* pada excel bernilai absolut (mutlak). Tanda “\$” adalah untuk menjadikan suatu *reference* menjadi absolut. Misalnya data A2 hendak dijadikan absolut, maka diketik \$A\$2. Adapun fungsi-fungsi yang sering digunakan dalam microsoft excel adalah:

1. Fungsi *average* (untuk mencari nilai rata-rata dari sekumpulan data). Bentuk rumusnya adalah =AVERAGE (...: ...)
2. Fungsi logika (digunakan jika data yang dimasukkan memiliki kondisi tertentu). Ada beberapa lambang untuk fungsi logika. Bentuk rumusnya adalah =IF (logical_test, value_if_true, value_if_false), artinya jika ekspresi logika (logical_test) bernilai benar, maka perintah pada value_if_true akan dilaksanakan, namun jika salah, maka perintah pada value_if_false yang akan dilaksanakan.

Lambang	Fungsi
=	Sama dengan
<	Lebih kecil dari
>	Lebih besar dari
<=	Lebih kecil atau sama dengan
>=	Lebih besar atau sama dengan
<>	Tidak sama dengan

Tabel 2.2 Lambang Fungsi IF Pada Microsoft Excel

3. Fungsi *Max* (untuk mencari nilai tertinggi dari sekumpulan data. Penulisannya adalah =MAX (number1, number2, ...). number 1,2, dan seterusnya adalah *range* data yang akan dicari nilai tertingginya.

4. Fungsi *Min* (untuk mencari nilai terendah dari suatu data). Penulisan rumusnya =MIN (number1, number2, ...dst).
5. Fungsi *Count* (untuk menghitung jumlah data dari suatu range yang kita pilih). Rumusnya adalah =COUNT (...: ...)
6. Fungsi STDEV (untuk menentukan standar deviasi dari suatu data). Penulisan rumusnya adalah =STDEV (number1, number2, ...dst).
7. Fungsi Var (untuk menentukan nilai *variance* dari suatu data). Bentuk umumnya =VAR (number1, number2, ...dst).
8. Fungsi *Left* (untuk mengambil karakter pada bagian sebelah kiri dari suatu teks. Penulisan rumusnya =LEFT (text, num_chars). *Text* adalah data yang akan diambil sebagian karakternya dari sebelah kiri, sedangkan *num_chars* adalah jumlah karakter yang akan diambil.
9. Fungsi MID (untuk mengambil karakter pada bagian tengah dari suatu teks. Penulisan rumusnya =MID (text, start_num, num_chars) artinya mengambil sejumlah karakter mulai dari start_num sebanyak num_chars.
10. Fungsi *RIGHT* (untuk mengambil karakter pada bagian sebelah kanan dari suatu teks. Penulisan rumusnya =RIGHT (text, num_chars).
11. Fungsi HLOOKUP dan VLOOKUP
 Fungsi HLOOKUP digunakan untuk membaca suatu tabel secara horizontal sedangkan secara vertikal menggunakan VLOOKUP. Bentuk penulisan rumusnya =HLOOKUP (Lookup_value, Table_array, Row_index_num, ...) dan =VLOOKUP (Lookup_value, Table_array, Col_index_num, ...). Nomor index adalah angka untuk menyatakan posisi suatu

kolom/baris dalam tabel yang dimulai dengan nomor 1 untuk kolom/baris pertama pada *range* tersebut.⁷⁵

Fungsi matematika selain di atas yang juga disediakan di microsoft excel adalah *chart*. Nilai-nilai suatu data dapat dipresentasikan dalam sebuah *chart* (diagram). *Chart* yang hendak digunakan dapat dipilih sesuai dengan keinginan. Suatu data dapat dilakukan perubahan, maka *chart* juga secara otomatis akan berubah menyesuaikan dengan perubahan data yang baru.

Pembuatan *chart* dapat dilakukan dengan menggunakan *microsoft excel's chart wizard*. Pembuatan *chart* dalam bentuk kolom dapat dimulai dengan membuat *spreadsheet*. Cara untuk membuat *chart* adalah:

1. *Highlight* seluruh sel yang berisi data yang akan ditampilkan pada *chart*.
2. Pilihlah menu *insert chart*
3. Pilih tipe *chart* yang dikehendaki
4. Pilih *select data* pada *chart tools* untuk memasukkan nilai yang dimaksud pada *chart*.

⁷⁵ Direktorat Integritas Data dan Sistem Informasi, *Microsoft Excel 2013*, (Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2017), 11-15.

BAB III

PENGGUNAAN JAM BENCET DI PONDOK PESANTREN DAN MASJID DI JAWA TIMUR

A. Penggunaan Jam Bencet di Pondok Pesantren Lirboyo, Kediri

Pondok Pesantren Lirboyo adalah salah satu pondok dengan sistem jam istiwa dalam hal waktunya. Pondok Pesantren Lirboyo beralamatkan di JL. KH. Abdul Karim Lirboyo, Mojoroto, Kota Kediri. Pondok Pesantren Lirboyo berasal dari sebuah nama salah satu desa yang terletak di Kecamatan Mojoroto, Kota Kediri. Desa itu termasuk desa yang angker sehingga Lirboyo dahulu masih jauh dari kenyamanan bagi para penduduknya. Keangkeran itu membuat Ki Lurah Lirboyo mencari solusi. Ia sowan kepada Kiai Sholeh di Desa Banjarnlati. Ia berharap agar beliau mengutus salah satu muridnya untuk membimbing masyarakat Lirboyo sehingga lebih aman dan tenteram, maka dikirimlah KH. Abdul Karim (kala itu masih bernama Manab) yang merupakan menantu beliau kemudian ditempatkan di desa Lirboyo untuk membimbing masyarakat agar lebih bermoral. KH. Abdul Karim adalah ahli tasawuf dan ahli fikih.

Kiai Sholeh mendapatkan sebidang tanah seluas 1.785 m² dari salah satu penduduk desa yang kemudian tanah itu ia gunakan untuk mempersiapkan asrama sederhana. Ia juga mendirikan surau kecil yang terbuat dari bambu. Surau itulah yang digunakan untuk mengajak penduduk belajar agama.¹ Konon, awalnya tanah yang digunakan untuk membangun asrama itu terlebih dahulu diazani.

¹ Tim Sejarah BKL P3L, *Pesantren Lirboyo Sejarah Peristiwa Fenomena dan Legenda*, (Kediri: Lajnah Ta'lif wa al-Nasyr, 2018), 116.

Malam harinya, penduduk setempat tidak dapat tidur karena mendengar suara makhluk halus yang saling lari tunggang langgang.

Beberapa waktu kemudian, datanglah seorang santri asal Kabupaten Madiun untuk menimba ilmu ke Lirboyo. Santri inilah yang mengawali ribuan santri lainnya yang akan menyusulnya menimba ilmu di Lirboyo di kemudian hari. Santri yang datang semakin bertambah, akhirnya dibangunlah pondokan, yang sekarang disebut sebagai pondok lama.

Kini, pondok lirboyo semakin berkembang. Dulu di pondok lirboyo hanya ada pondok lirboyo saja (pondok induk), sekarang bertambah menjadi pondok-pondok unit hingga 9 pondok. Pondok Hidayatul Mubtadiin sebagai pondok induk, sedangkan pondok-pondok unit yaitu Pondok Pesantren Haji Mahrus (PPHM), Pondok Pesantren Putri HM Qur'aniyah (P3HMQ), Pondok Pesantren Putri Tahfidzil Quran (P3PT), Pondok Pesantren HM Anak Tahap Remaja (PPHM ANTARA), Pondok Pesantren Putri Hidayatul Mubtadi'at (P3HM), Pondok Pesantren Haji Ya'qub (PPHY), Pondok Pesantren HM Al Mahrusiyah Putra, Pondok Pesantren HM Al-Mahrusiyah Putri, Pondok Pesantren Darus Salam (PPDS), Pondok Pesantren Salafy Terpadu Ar-Risalah, Pondok Pesantren Murotil Quran (PPMQ), Pondok Pesantren Al-Baqoroh Putra dan Pondok Pesantren Al-Baqoroh Putri.²

Semua pondok unit di lingkungan Pondok Pesantren Lirboyo menggunakan jam istiwa sebagai patokan waktu dengan

² Tim sejarah BKL P3L, *3 Tokoh Lirboyo (Profil Singkat Pondok Pesantren Lirboyo)*, (Kediri: Lajnah Ta'lif wa al-Nasyr, 2018), 116.

berpatokan pada jam istiwa pondok induk. Pondok induk (Pondok Hidayatul Mubtadiin) memiliki masjid yang di dalamnya terdapat jam bencet. Jam bencet di masjid pondok induk inilah yang digunakan untuk mengatur jam istiwa. Pondok Pesantren Lirboyo menggunakan sistem jam istiwa untuk seluruh kegiatannya, termasuk dalam sistem administrasi pondok juga menggunakan waktu istiwa.

Cara menentukan jam istiwa dengan mengamati bayangan saat kulminasi. Masjid induk yang bertempat di Pondok Pesantren Hidayatul Mubtadiin menjadi patokan penentuan jam istiwa. Ada dua macam bencet di Pondok Pesantren Lirboyo. Satu di antaranya di dalam masjid, dan satu yang lainnya dipasang di pagar masuk Pondok Pesantren Putri Hidayatul Mubtadi'at. Adapun yang difungsikan adalah bencet pada Masjid Pondok Pesantren Hidayatul Mubtadiin (pondok induk).

Cara penggunaan bencet di Pondok Pesantren Lirboyo adalah dengan mengamati bayangan Matahari melalui lubang salah satu genteng masjid.³ Bencetnya bukan berupa bangunan semen dengan gnomon untuk menciptakan bayangan sebagaimana bencet-bencet pada umumnya, akan tetapi bencet ini didesain dengan cara melubangi salah satu genteng agar cahaya Matahari dapat masuk dan mengenai lantai masjid.

Lantai masjid diberi tanda berupa satu garis horizontal utara-selatan. Cahaya Matahari akan masuk lubang genteng dan menyentuh garis tersebut. Waktu saat cahaya Matahari menyentuh

³ Wawancara dengan Reza Zakaria, Pondok Pesantren Lirboyo Kediri, Tanggal 05 Januari 2020.

garis itulah yang menandakan pukul 12.00 waktu istiwa. Pengamatan bayangan dilakukan setiap hari oleh santri yang bertugas mengumandangkan azan Zuhur. Para santri sedikit banyak mengetahui cara penggunaan jam bencet itu. Pemahaman santri terkait ilmu falak juga dapat dipertanggungjawabkan, karena salah satu materi pelajaran di Pondok Pesantren Lirboyo adalah kajian kitab falak. Kitab falak yang digunakan adalah *badīah al-misāl*. Kitab itu hanya diajarkan ketika santri sudah kelas aliyah dan khusus putra. Salah satu pembahasan dalam kitab itu adalah waktu salat, sehingga santri cukup paham terkait cara mengamati bayangan bencet untuk selanjutnya sebagai pertanda masuknya waktu salat Zuhur.

Waktu istiwa biasanya berpatokan pada kulminasi Matahari, atau disetel dengan patokan awal adalah posisi Matahari di meridian pass (jam 12.00 waktu istiwa). Jam 12.00 dapat diketahui dengan mengamati bayangan suatu benda. Pada saat jam 12.00 waktu istiwa, akan ada tiga kemungkinan arah bayangan yang berdiri tegak pada waktu Matahari melewati garis zawal (garis langit yang menghubungkan utara dan selatan). Pertama, arah bayangan berada di sebelah utara benda, terjadi ketika posisi Matahari berada di belahan langit selatan pada saat melintasi zawal dengan azimuth 180 derajat. Kedua, arah bayangan berada di sebelah selatan benda, yaitu posisi Matahari berada di belahan langit utara pada saat melintasi zawal dengan azimuth 0 derajat/360 derajat. Ketiga, tidak ada bayangan sama sekali yaitu posisi Matahari berada tepat di atas

zenith pada saat melintasi zawal, berada pada sudut 90 derajat diukur dari ufuk.⁴

Bencet di Pondok Pesantren Lirboyo berfungsi saat bayangan Matahari tepat menyentuh garis utara-selatan. Santri akan menabuh bedug dan mengumandangkan azan satu menit setelah bayangan menyentuh garis. Hasil pengecekan bencet selanjutnya akan ditrasformasikan ke jam dinding. Pengecekan (kalibrasi) ini dilakukan paling cepat 3 hari sekali. Apabila saat pengecekan itu mendung, maka pengecekan akan dilakukan di hari berikutnya, dan jam 12 pada hari itu mengikuti jam 12 yang sudah disetel di jam dinding masjid 3 hari sebelumnya. Penentuan waktu menabuh bedug adalah satu menit dari jam 12.00 atau jam 12.01 waktu istiwah. Jika pada hari itu cuaca mendung, maka bedug ditabuh satu menit setelah jam 12.00 hasil penyettingan kemarin.⁵

Cara mentransformasikan bencet ke dalam jam dinding istiwah adalah dengan mula-mula menyetting jamnya terlebih dahulu, yaitu dengan menunggu Matahari berada pada titik kulminasi atas / istiwah dan bayang-bayang yang masuk melalui lubang genteng sejajar dengan garis lurus yang tepat mengarah ke Utara / Selatan, pada saat itulah jam dinding diputar jarum jamnya ke arah angka jam 12. Tidak adanya bayangan yang dihasilkan oleh gnomon baik di garis Utara maupun Selatan terjadi saat Matahari berkulminasi tepat berada pada meridian langit, yaitu di tengah langit dengan sudutnya 0°, maka pada saat itu jarum jam diputar ke angka 12. Saat Matahari kulminasi tidak tepat di zenith, bayang-

⁴ Ahmad Musonnif, *Ilmu Falak*, (Semarang: Teras, 2011), 62.

⁵ Wawancara dengan Reza Zakaria.

bayang akan tegak lurus di atas lantai dengan membujur tepat arah utara/selatan, sehingga penyettingan jam dinding ada dua macam. Pertama, ketika bayangan menyentuh garis utara / selatan, dan kedua ketika tidak ada bayangan.

Seluruh kegiatan di Pondok Pesantren Lirboyo, baik pondok induk maupun unit menggunakan patokan jam istiwa. Jam dinding di masjid adalah jam yang pertama kali disetel ulang menyesuaikan dengan bayangan saat kulminasi hari pengecekan jam bencet. Jam yang terdapat di pondok induk dan unit dikalibrasi mengikuti jam di masjid. Pengkalibrasiannya melalui i'lan (pengumuman) di sekretariat pondok induk yang terhubung ke pondok-pondok unit lainnya. Pengurus pondok akan menyetel ulang jam-jam sesuai dengan arahan pada pengumuman tersebut.⁶



Gambar 3.1 Garis Bayangan Bencet Masjid Pondok Pesantren Lirboyo

⁶ Wawancara dengan Reza Zakaria.

Jam di Masjid Pondok Pesantren Lirboyo menggunakan sistem waktu istiwa. Jam tersebut disetting ulang setiap selesai melakukan kalibrasi bencet pada jam 12.00 waktu istiwa, sehingga permulaan jam tersebut adalah jam 12.00 waktu istiwa. Jam itu akan terus berputar mengikuti kaidah 24 jam dalam sehari semalam sebagaimana jam pada umumnya, namun acuan awalnya yang berbeda karena menggunakan sistem jam istiwa. Waktu pada jam itulah yang akan dijadikan sebagai pedoman atau tanda mulai menabuh bedug Zuhur apabila saat tengah hari tidak ada bayangan Matahari.



Gambar 3.2 Jam Istiwa di Masjid Pondok Pesantren Lirboyo Kediri

B. Penggunaan Jam Bencet di Pondok Pesantren Mahir Arriyadl, Ringin Agung, Kediri

Hadratus Syaikh Imam Nawawi mendirikan sebuah pondok pesantren salafiyah berlandaskan ahlussunnah wal jama'ah yang merupakan cikal bakal Pondok Pesantren Mahir Arriyadl pada tahun 1870 M.⁷ Generasi penerus dari keluarga *ndalem* selanjutnya mendirikan Madrasah al-Asna yang berada di bawah naungan Pondok Pesantren Mahir Arriyadl pada tahun 1968 M. Pondok Pesantren Mahir Arriyadl beralamat di Ringin Agung, Keling, Kecamatan Kepung, Kabupaten Kediri, Jawa Timur.

Hadratus Syaikh Imam Nawawi Pendiri Pondok Pesantren Mahir Arriyadl (yang bernama asli Raden Sepukuh) dikenal masyarakat sebagai figur yang alim dan selalu berpegang teguh pada syariat Islam. Kemasyhuran dan keharuman namanya sampai ke daerah Kawedanan Bangil. Wedoni Bangil yang berkuasa saat itu menikahkan putrinya yang bernama Putri Landep dengan Hadratus Syaikh Imam Nawawi. Saat usia pernikahan mereka telah mencapai dua tahun, Hadratus Syaikh Imam Nawawi berkeinginan untuk hidup mandiri dan meminta izin kepada mertuanya untuk meninggalkan *ndalem* Kawedanan. Ia pun hijrah menuju Desa Ringin Agung yang pada saat itu masih berupa hutan belantara yang bernama alas simpenan yang terkenal dengan keangkerannya.⁸

⁷ Wawancara dengan Romli Khozin, Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung Kediri, Tanggal 13 Maret 2020.

⁸ Budi, "Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung Kediri", diakses 18 Juni 2020, <https://www.laduni.id/post/read/36881/pondok-pesantren-mahir-arriyadl-kediri/>.

Sekitar tahun 1870, Hadratus Syaikh Imam Nawawi meminta restu Mbah Wahab sesepuh Desa Ringin Agung untuk mendirikan sebuah pondok pesantren cikal bakal Pondok Pesantren Mahir Arriyadl. Ia meminta izin untuk menebangi pohon di alas simpenan karena keadaan alas simpenan yang dipenuhi dengan pohon-pohon besar mengharuskan Hadratus Syaikh Imam Nawawi untuk melakukan penebangan hutan.⁹

Kegiatan mengaji mulai menjadi rutinitas dan santri pun mulai berdatangan. Pengembangan pondok terus dilakukan sehingga penebangan hutan juga terus dilanjutkan. Hadratus Syaikh Imam Nawawi terus menyiarkan Islam melalui pengajian-pengajiannya. Pengembangan dan penebangan hutan itu banyak mengundang hal-hal yang aneh. Banyak pohon yang telah ditebang dan telah kering namun tidak dapat dibakar. Lebih anehnya lagi, ada sebuah pohon ringin yang besar yang sempat menggegerkan para santri karena pohon itu tidak bisa dirobohkan walaupun batangnya sudah ditebang berulang-ulang dan telah putus namun tidak tumbang juga.¹⁰

Kejadian pohon ringin itu tidak bisa diatasi sendiri oleh para santri, sehingga salah satu santri menuturkan hal tersebut kepada Hadratus Syaikh Imam Nawawi. Hadratus Syaikh Imam Nawawi pun ke lokasi kejadian di mana pohon ringin itu masih tertancap kokoh. Kejadian itu sama sekali tidak menggetarkan atau membuat ragu hati Imam Nawawi dalam menyebarkan syariat Islam. Ia

⁹ Eko Dalono, “Sejarah PP Ringin Agung”, diakses 18 Juni 2020, <https://ekodalono.wordpress.com/2019/02/03/sejarah-pp-ringinagung/>.

¹⁰ Wawancara dengan Romli Khozin.

bermunajat kepada Allah sehingga mendapat ilham untuk mengamalkan salawat “*Allahumma ṣalli ‘alā Muhammad wa sallim*”. Hadratus Syaikh Imam Nawawi mengajak para santri dan masyarakat untuk mengamalkan salawat itu bersama sama. Pohon itu akhirnya dapat tumbang dengan izin Allah. Salawat itu hingga sekarang dikenal dengan salawat Ringin Agung. Adapun dari lokasi pohon itulah dibangun masjid Ringin Agung yang hingga sekarang masih berdiri dengan kokoh.¹¹

Di area Masjid Ringin Agung tepatnya di sebelah selatan masjid terdapat alat penunjuk waktu (jam bencet). Jam bencet itu berupa lengkungan dari kuningan dengan gnomon yang berbentuk horizontal di tengah-tengah bidal dial. Bidang dial itu berisi tulisan angka mulai dari 6 hingga 6, sedangkan di tengah-tengah bidal dial adalah angka 12. Sejak awal, Pondok Pesantren Mahir Arriyal telah menggunakan jam bencet sebagai penunjuk waktu. Jam bencet yang digunakan pada awalnya adalah jam bencet dengan bidal dial horizontal. Jam bencet itu masih disimpan di utara masjid, akan tetapi sekarang jam bencet yang difungsikan adalah jam bencet dengan bidang dial berbentuk lengkungan.

Jam Bencet yang berada di Pondok Pesantren Mahir Arriyadl mempunyai garis-garis yang berfungsi sebagai penunjuk waktu. Garis-garis yang berfungsi sebagai penunjuk waktu pada bidang dial tersebut dimulai dari angka 6 yang menunjukkan pukul 06.00 waktu istiwa, angka 7 menunjukkan pukul 07.00 waktu istiwa, angka 8 menunjukkan pukul 08.00 waktu istiwa, angka 9

¹¹ Wawancara dengan Romli Khozin.

menunjukkan pukul 09.00 waktu istiwa, angka 10 menunjukkan pukul 10.00 waktu istiwa, angka 11 menunjukkan pukul 11.00 waktu istiwa, angka 12 menunjukkan pukul 12.00 waktu istiwa, angka 1 menunjukkan pukul 13.00 waktu istiwa (jam 1 siang), angka 2 menunjukkan pukul 14.00 waktu istiwa (jam 2 siang), angka 3 menunjukkan pukul 15.00 waktu istiwa (jam 3 siang), angka 4 menunjukkan pukul 16.00 waktu istiwa, angka 5 menunjukkan angka 17.00 waktu istiwa, dan angka 6 menunjukkan pukul 18.00 waktu istiwa. Penyantunan angka 6 dan kembali ke 6 lagi ini dengan asumsi Matahari terbit pada pukul 6 waktu istiwa dan terbenam pukul 6 waktu istiwa.

KH. Romli Khozin, salah satu pengurus Pondok Pesantren Mahir Arriyadh Ringin Agung Kediri menjelaskan bahwa jam bencet diamati dengan menyesuaikan *equation of time* sehingga tidak selalu setiap hari diamati atau berapa hari sekali mengamati. Kalibrasi cukup dilakukan tiga hari sekali ketika nilai *equation of time* tidak berubah tiap harinya. Adapun melihat waktu melalui jam bencet ini dapat dilakukan sewaktu-waktu selama terdapat bayangan Matahari.¹²

Pondok Pesantren Mahir Arriyadl tidak hanya mengkaji kitab kuning, namun para santri juga diberi kesempatan untuk menekuni pelajaran terkait dengan peredaran benda benda langit. Para santri yang telah sampai pada kelas dua tsanawiyah diajari menghitung posisi Matahari, Bulan, Bintang, dan benda langit lainnya. Media pembelajarannya adalah *rubu' mujayyab*. KH.

¹² Wawancara dengan Romli Khozin.

Romli Khozin mengatakan bahwa melalui *rubu' mujayyab* yang merupakan gambaran seperempat bola, kita bisa menentukan waktu di belahan dunia manapun dapat dihitung, bahkan ketinggian gunung, bangunan dan kedalaman sumur atau laut juga bisa dideteksi dengan menggunakan *rubu' mujayyab*.

Pengajaran ilmu falak tidak dimulai sejak berdirinya pondok pada tahun 1870 M, akan tetapi ilmu falak itu dikembangkan pertama kali oleh Kiai Maisur Sindi, canggah dari Kiai Imam Nawawi. Pengajaran ilmu falak kini diampu oleh Kiai Romli Khozin, salah satu dzurriyah pondok.¹³ Ia juga yang mengurus pengecekan dan penentuan waktu istiwa melalui pengamatan bencet. Ia yang akan mengomando santri untuk mengumandangkan azan setelah mengamati bayangan bencet.



Gambar 3.3 Bencet di Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung

¹³ Latif Muchamad, “Selayang Pandang Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung Pare Kediri”, diakses 18 Juni 2020, <https://latifmuchamad.wordpress.com/2017/01/07/berlomba-lomba-dalam-kebaikan/>.

C. Penggunaan Jam Bencet di Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas, Pacitan

Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas terletak di Jl. Patrem No. 21 Desa Tremas Kecamatan Arjosari Kabupaten Pacitan Jawa Timur. Pondok Tremas dalam sejarah pendirinya yaitu didirikan oleh KH. Abdul Manan putra dari seorang Demang di daerah Semanten Pinggiran Kota Pacitan. Tremas berasal dari kata “patrem” yang berarti senjata atau keris kecil dan “mas” yang berarti emas, logam mulia yang biasa dipakai untuk perhiasan kaum wanita. Dahulu, sebelum hutan Tremas dibuka oleh Ketok Jenggot, di daerah tersebut sudah ada yang lebih dahulu datang dan bermukim, yaitu Ayah dari KH. Abdul Manan, Raden Ngabehi Honggowijoyo. Ketok Jenggot datang membawa tugas untuk membuka sebagian hutan di daerah tersebut. Ia meminta izin kepada Ayah KH. Abdul Manan. Ia melaksanakan tugas memabat hutan, lalu selesai dari tugasnya, senjata yang digunakan untuk memabat hutan, yaitu berupa senjata patrem emas itu ditanamnya di tempat pertama kali ia membuka hutan. Daerah itu akhirnya dinamai dengan Tremas.¹⁴

Nama Tremas menjadi sebab pondok yang dirintis oleh KH. Abdul Manan dikenal dengan Pondok Tremas. Pondok Pesantren Tremas dirintis pada tahun 1830 M.¹⁵ Pondok Tremas menggunakan acuan waktu berdasarkan patokan posisi Matahari melalui bayangan pada alat yang disebut bencet. Hingga kini, Pondok Tremas masih

¹⁴ Redaksi, “Babat Tremas”, diakses 18 Juni 2020, <https://pondoktremas.com/babat-tremas-2/>.

¹⁵ Redaksi, “Pengasuh Periodisasi Kepemimpinan”, diakses 18 Juni 2020, <https://pondoktremas.com/pengasuh/>.

memakai metode jam bencet sebagai penentuan waktu. Kalibrasi jam bencet yang dilakukan yaitu kalibrasi yang dilakukan dalam jangka waktu seminggu sekali. Sehari dalam waktu 7 hari akan dilakukan pengamatan pada jam bencet dan proses kalibrasi pada jam dinding. Kegiatan ini dilakukan tepatnya pada setiap hari Jum'at saat sebelum atau sesudah salat Jum'at .¹⁶

Penentuan awal waktu salat Masjid Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas dengan menggunakan metode jam istiwa terbilang cukup mudah karena tanpa harus selalu melihat posisi bayangan gnomon yang terjadi pada bencet untuk tiap waktu salatya. Penentuan awal waktu salat tidak murni keseluruhannya menggunakan bayang-bayang yang dihasilkan jam bencet, melainkan penggunaan bencet ini adalah hanya untuk menentukan bayangan saat jam pengamatan. Bayangan tepat di garis angka berapapun saat observasi, kemudian waktu tersebut digunakan sebagai penunjuk jam dinding yang berbasis waktu istiwa. Jam saat observasi itu merupakan permulaan penyetelan waktu hakiki/istiwa. Waktu tersebut dipindahkan ke dalam jam dinding dengan cara memutar jarum jamnya ke angka yang menyamakan jam waktu hakiki/istiwa dengan tujuan agar waktu istiwa ini bisa digunakan selama 24 jam atau dari pagi sampai pagi lagi.

Pengecekan jam bencet tidak melulu dilakukan ketika jam 12 waktu istiwa. Kalibrasi biasanya dilakukan pada jam 9 atau 10 istiwa. Sinar Matahari dapat ditangkap dengan baik oleh jam bencet pada saat jam 9 atau 10 waktu istiwa, karena tidak terhalang oleh

¹⁶ Wawancara dengan Masykur Rozi, Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan, Tanggal 21 Desember 2019.

bangunan maupun pepohonan. Waktu kalibrasi dilakukan pada hari Jum'at, yaitu sebelum salat Jum'at ataupun setelah salat Jum'at. Jika sebelum salat Jum'at langit mendung maka kalibrasi dilakukan ketika selesai salat Jum'at. Itu pun jika memungkinkan melakukan kalibrasi. Jika pada hari Jum'at tidak dilakukan kalibrasi, maka kalibrasi jam bencet dilakukan keesokan harinya, yaitu hari Sabtu. Adapun jam dinding berbasis waktu istiwa tetap berjalan melanjutkan waktu hasil kalibrasi seminggu yang lalu.

Kalibrasi jam bencet dilakukan oleh Gus Amjad dengan dibantu santri yang menjadi marbot masjid pondok. Gus Amjad kemudian menyetel jam masjid yang beracuan WIS atau jam induk ketika bayangan menunjukkan waktu pada jam bencet. Santri marbot selanjutnya menyetel ulang jam-jam lainnya di masjid dan disesuaikan mengikuti jam istiwa yang sudah disetel oleh Gus Amjad.¹⁷ Jam-jam lain di pondok akan dilakukan penyetelan ulang oleh para pengurus pondok. Semua kegiatan di Pondok Tremas mengikuti jam istiwa, termasuk jadwal pelajaran di kelas juga berpedoman pada waktu istiwa.

Metode ini sepintas tidak menyimpan hal keunikan apapun dan sama saja seperti penggunaan jam-jam masjid pada umumnya yang menggunakan kaidah WIB/WIT/WITA, namun jika melihatnya lebih dalam lagi ternyata metode ini sangat berbeda. Perbedaan itu ada pada standar waktu jam dinding yang digunakan Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan adalah dalam bentuk waktu istiwa (WIS/waktu hakiki) dan tentunya

¹⁷ Wawancara dengan Masykur Rozi.

perhitungan yang digunakannya pun berbeda dengan jam pada umumnya. Bentuk pentransformasian jam bencet ke jam dinding ini merupakan bentuk pengalihan dari zaman salaf ke modern, atau dalam artian lain bahwa ada suatu keinginan untuk mempertahankan tradisi penggunaan jam bencet namun karena perubahan zaman ke lebih modern yang apa-apa semua menjadi mudah, maka munculah gagasan untuk menganalogikan pengoprasian jam bencet ke jam dinding yang menurutnya sistem jam bencet hampir sama dengan jam dinding.

Penggunaan metode jam istiwa ini bisa dikatakan sebagai bentuk transformasi jam bencet pada jam dinding, atau dalam artian sistem kerja jam bencet dipindahkan pada jam dinding. Penyetelan ulang jam dinding masjid menjadi dasar patokan untuk jam-jam yang ada di lokasi Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas. Adapun untuk menentukan awal waktu shalatnya baik salat Zuhur, Ashar, Magrib, Isya, dan Subuh tentunya tidak mungkin hanya mengandalkan jam dinding yang berbasis waktu istiwa saja (jam dinding WIS), melainkan membutuhkan jadwal pendukung waktu salat yang menggunakan kaidah waktu istiwa/WIS. Jadwal waktu salat yang digunakan di Pondok Tremas adalah jadwal waktu salat hasil perhitungan Lajnah Falakiyah Pacitan.¹⁸

Musala-musala yang berada di sekitar Pondok Tremas dalam menentukan waktu salat tentunya tidaklah harus selalu pergi ke Masjid hanya untuk melihat jam dinding istiwa, melainkan

¹⁸ Wawancara dengan Masykur Rozi.

mereka akan mengumandangkan azan mengikuti azan di masjid.¹⁹ Azan di masjid pondok sebagai patokan azan-azan musola sekitar. Pencocokan jam tiap-tiap musala dengan jam dinding istiwa yang berada di Masjid pondok dilakukan pada tiap hari Jum'at yaitu pada saat ibadah salat Jum'at, pengurus musala membawa jam tangan dan mencocokkan jamnya dengan jam masjid, kemudian dari hasil pencocokan tersebut dipindahkan pada jam dinding masing-masing lembaga yang di khusususkan untuk penunjuk waktu istiwa.



Gambar 3.4 Jam Istiwak Masjid Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas

¹⁹ Wawancara dengan Muhammad Sholahuddin al-Ayyubi, Via Whats App, Tanggal 10 Desember 2019.

Jam dinding yang digunakan dalam metode ini sama seperti jam dinding pada umumnya, yaitu pengoperasiannya menggunakan tenaga baterai dan komponen di dalamnya berupa jarum detik, jarum menit, dan jarum jam. Syarat jam dinding yang digunakan di sini sesuai standarnya jam dinding biasa yaitu bisa digunakan untuk menentukan waktu, angka jamnya berjumlah 12 dengan format 24 jam dalam satu hari semalam, jamnya dalam kondisi baik atau tidak rusak, dan tentunya jarum jam, menit, dan detiknya bisa dirubah-rubah (karena digunakan untuk kalibrasi). Penggunaan jam dinding Masjid Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas merupakan bentuk transformasi sistem operasi waktu jam bencet kepada jam dinding atau dalam arti lainnya adalah pengalihan fungsi bencet kepada jam dinding, yang biasanya jam bencet hanya bisa digunakan dalam jangka waktu yang sangat pendek yaitu dari pagi sampai sore saja karena penggunaannya menggunakan bayangan sinar Matahari, akan tetapi jam dinding bisa digunakan setiap saat baik pagi sampai sore maupun sampai pagi lagi sesuai kebutuhannya. Pengalihan jam bencet ke dalam jam dinding ini perlu adanya penyettingan terlebih dahulu pada jamnya, agar jam dinding tersebut bisa menunjukkan waktu istiwa/hakiki seperti pada bencet. Waktu Istiwa dalam hal ini adalah waktu yang ditentukan berdasarkan perputaran rotasi Bumi pada porosnya secara hakiki yang dalam perjalanannya tidak benar-benar rata, kadang dalam satu hari bisa lambat lebih dari 24 jam dan juga bisa cepat yaitu kurang dari 24 jam.

Bencet merupakan instrumen utama dalam metode penentuan waktu, karena dalam hal ini digunakan untuk mensetting

jam dinding guna dibuat menjadi jam dinding yang berlandaskan waktu istiwa dan juga sebagai koreksi jika suatu saat terjadi ketidakakuratan pada jam dinding istiwa. Bencet tersebut diletakan di depan halaman masjid dan dibuat dari material granit atau material dari batuan keras dan semen. Bencet tersebut diletakan di atas bidang balok yang dibangun secara permanen menggunakan media pasir, semen, dan batu bata.



Gambar 3.5 Bencet di Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas

D. Penggunaan Jam Bencet di Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Kraton Pasuruan

Waktu istiwa dapat diketahui dengan menggunakan alat yang dinamakan bencet. Suatu alat yang digunakan untuk menentukan waktu Matahari harian. Masjid As-Salafiyah Pasuruan adalah salah satu Masjid yang masih menggunakan bencet sebagai alat penunjuk waktu. Masjid As-Salafiyah berlokasi di RT. 08 RW.

03 Desa Gambir Kecamatan Kraton Kabupaten Pasuruan. Bencet yang ada di Masjid As-Salafiyah adalah model bencet horizontal.²⁰

Bentuk bencet di Masjid As-Salafiyah yaitu berupa lempengan granit dengan berlukiskan ukiran grafik satu lingkaran dan garis-garisnya hampir mirip seperti penggaris busur yang biasa digunakan untuk mengukur besar sudut derajat. Bidang *dial* jam bencet dibagi garis setiap satu garis adalah 15 derajat. Garis lurus pada bencet ini menghadap ke arah Utara dan Selatan. Bencet ini juga dipasang secara horizontal dan diletakan di atas bangunan permanen dalam bentuk balok yang terbuat dari semen dan batu bata.

Bencet di Masjid As-Salafiyah Pasuruan dilengkapi sebuah gnomon (benda tegak lurus ke atas) yang terbuat dari besi. Gnomon ini diletakan pada titik tengah bagian lurus busur atau titik tengah diameter lingkaran pada bencet. Lingkaran area bencet dibagi menjadi 4 garis utama, yaitu arah mata angin (Utara, Timur, Selatan, Barat). Setiap arah satu menuju arah selanjutnya dibagi menjadi 6 garis dengan besar sudut pergarisnya adalah 15 derajat, dan jika dikonversi menjadi satuan jam, berarti setiap satu garis adalah setengah jam (30 menit).

Penggunaan bencet adalah dengan mengamati sebuah benda yang disebut gnomon. Benda ini diletakan pada titik pusat bagian lurus busur atau titik tengah diameter grafik setengah lingkaran pada bencet. Benda tersebut dipasang dengan bertujuan untuk menentukan bayang-bayang yang terjadi pada saat Matahari

²⁰ Wawancara dengan M. Akmal Habib, Via Whats App, Tanggal 16 Juni 2020.

menyinari bencet dan menunjukkan jatuhnya bayangan pada saat waktu yang ditentukan. Bencet Masjid As-Salafiyah tepatnya terletak di bagian halaman samping selatan masjid, dan di sebelah barat bencet ada kamar mandi dan kamar untuk takmir. Pada saat siang hari (tinggi Matahari mendekati zenith), bayangan akan mudah diamati, sedangkan pada saat pagi hari dan sore hari, bayangan sulit untuk diamati. Pada pagi hari, cahaya Matahari yang mengenai bencet terhalang oleh rimbunnya pepohonan. Adapun pada saat sore hari, bayangan cenderung terhalang oleh dinding masjid karena azimuth bayangan Matahari saat sore bernilai sama dengan azimuth dinding masjid. Bencet diletakan di ruang terbuka tanpa adanya sekat-sekat atau penghalang untuk menjaga keberadaan bencet tersebut.

Fungsional Bencet Masjid As-Salafiyah, secara fungsinya bencet Masjid As-Salafiyah digunakan untuk menentukan waktu kulminasi Matahari pada hari Jum'at. Pemanfaatan jam bencet pada Masjid As-Salafiyah Pasuruan lebih dikenal dengan sebutan jam istiwa yaitu dalam artiannya waktu yang dihasilkan bencet pada saat Matahari berada di titik kulminasi atas dan bayangan gnomon mengarah tepat ke arah Utara/Selatan.²¹

Bencet ini hanya digunakan untuk menentukan satu kejadian saja yaitu menentukan saat waktu istiwa atau saat Matahari berada di atas meridian langit, sesuai dengan metodenya yaitu hanya memanfaatkan bencet untuk menentukan waktu istiwa yang kemudian diterapkan dalam setiap penentuan awal waktu salat

²¹ Wawancara dengan M. Kholil, Via Whats App, Tanggal 21 Mei 2020.

Jum'at. Adapun untuk menentukan waktu istiwa tersebut, cara yang digunakan takmir Masjid As-Salafiyah yaitu dengan mengamati bayangan gnomon pada bencet tepat dan masuk ke dalam garis lurus grafik setengah lingkaran, baik bayangan tersebut berada di kiri gnomon ataupun di kanan bayangan (Utara/Selatan). Waktu istiwa didapatkan setelah bayangan sudah masuk pada garis tersebut.

Metode penggunaan bencet di Masjid As-Salafiyah merupakan metode yang dalam pengaplikasiannya tentu membutuhkan alat yang bernama bencet, namun dalam hal ini metode yang digunakan sebenarnya bukan sepenuhnya mengacu pada alat bencet tersebut. Pemanfaatan jam bencet ini hanya sebatas untuk menentukan saat istiwa (kulminasi) saja dan kemudian sistem pengoprasiannya ditransformasikan pada bedug. Bedug akan ditabuh pada saat bayangan bencet tepat di garis utara/selatan. Bedug ditabuh sehingga bayangan yang semula tepat di garis utara/selatan bergeser dari arah utara/selatan menuju arah timur. Azan dikumandangkan ketika bayangan telah melewati garis utara/selatan. Bedug ditabuh dengan irama pelan, kemudian semakin cepat, lalu kembali pelan, selanjutnya semakin cepat. Durasi menabuh bedug sekitar 4 menit sembari menunggu bergesernya bayangan gnomon bencet tersebut.²²

Awal tabuhan bedug itu sekaligus menjadi pertanda waktu makruh salat sunah gairi z̄i sababin. Sebagaimana yang diriwayatkan dari 'Uqbah bin 'Āmir bahwa Rasulullah melarang melaksanakan salat tanpa adanya sebab pada tiga waktu. Tiga waktu

²² Wawancara dengan M. Akmal Habib, Via Whats App, Tanggal 02 Juni 2020.

itu adalah ketika terbit Matahari sehingga meninggi, ketika Matahari tepat di garis lurus (kulminasi) sehingga condong, dan ketika mendekati terbenam Matahari.²³ Waktu tahrim juga termasuk setelah salat Subuh dan setelah salat Asar.²⁴ Imam Syafi'i mengecualikan kemakruhan melaksanakan salat pada saat Matahari tepat di garis istiwa itu pada hari Jum'at, sehingga tidak ada kemakruhan untuk melaksanakan salat di waktu tersebut.²⁵ Bencet ini memang dimanfaatkan pada hari Jum'at saja, sehingga pengecekan bencet dilakukan hari Jum'at dan seketika itu diterapkan pada penabuhan bedug Jum'at. Bencet tidak dapat difungsikan saat langit mendung, maka pada saat mendung takmir akan mengikuti jam digital.

Penggunaan jam bencet pada umumnya dengan mengamati bayangan Matahari sejak terbit hingga terbenam, terutama dalam waktu salat seperti Zuhur dan Asar. Penentuan WIS di Masjid As-Salafiyah Pasuruan hanya cukup mengamati bayangan pada saat kulminasi saja, tanpa harus mengamati bayangan Matahari setiap waktu salat. Bencet di Masjid As Salfiyah selalu diamati pada hari Jum'at sebelum pukul 12.00 waktu istiwa, sehingga kalibrasi bencet dilakukan seminggu sekali yaitu pada hari Jum'at. Kalibrasi

²³ Muḥammad bin Aḥmad bin Muḥammad Ibnu Rusyd, *Bidāyah al-Mujtahid wa Nihāyah al-Muqtaṣid*, Juz 1, (Kairo: Maktabah Ibnu Taimiyyah, tt.), 250.

²⁴ Syihābuddīn Abī 'Abbās Aḥmad bin Lu'lu' bin 'Abdillāh al-Rūmī, *'Umdah al-Sālik wa 'Iddah al-Nāsik*, (Qaṭr: Syu'ūn al-Dīniyyah, 1982), 74.

²⁵ Syaikh Muḥammad Ibnu Qāsim al-Gazziy, *Fath al-Qarīb al-Mujīb*, (Beirūt: Dār Ibnu Hazm, tt.), 91. Lihat Muḥammad Nawāwī bin 'Umar al-Bantaniy al-Syāfi'ī, *Kāsyifah al-Sajā*, (Beirūt: Dār al-Kutub al-Islāmiyyah, tt.), 272.

seminggu sekali ini disebabkan penggunaan bencet yang dikhususkan untuk pelaksanaan salat Jum'at saja. Bayangan Matahari saat sudah masuk sejajar garis utara selatan menunjukkan waktu istiwa pukul 12.00. Adapun yang melakukan pengamatan terhadap bencet adalah takmir masjid bagian penabuh bedug.



Gambar 3.6 Bencet di Masjid As-Salafiyah Gambir Kuning Pasuruan

E. Penggunaan Jam Bencet di Masjid Sabilal Jannah Tambilung Sukaoneng Bawean

Rata-rata masjid yang ada di Pulau Bawean memiliki bencet untuk mengetahui waktu istiwa guna menentukan waktu salat Zuhur yang paling utama, bahkan bisa jadi secara keseluruhan masjid pasti

memiliki bencet. Ada juga beberapa masyarakat yang terlalu fanatik, sehingga musala pun memiliki bencet.²⁶

Bencet yang ada di setiap masjid Pulau Bawean adalah bencet horizontal dengan desain yang sama. Adapun komponen-komponennya yaitu, pertama dinding jam bencet yang berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan gnomon. Kedua, gnomon yaitu tongkat biasa yang ditancapkan tegak lurus pada bidang datar di tempat terbuka agar sinar Matahari tidak terhalang untuk sampai di bidal dial bencet. Fungsi gnomon yaitu untuk menentukan arah secara tepat dengan menghubungkan dua titik (jarak kedua titik ke tongkat harus sama) ujung bayangan tongkat saat Matahari di sebelah timur dengan ujung bayangan setelah Matahari bergeser ke barat, yakni arah tepat untuk titik barat. Fungsi yang lain adalah untuk mengetahui waktu Zuhur secara persis.²⁷

Di Pulau Bawean, bencet selalu diamati sebelum pukul 12.00 waktu istiwa. Beduk akan ditabuh sebagai pertanda bahwa waktu istiwa ketika bayangan sudah masuk sejajar garis utara selatan, maka dengan sendirinya menunjukkan pukul 12.00. Pengamatan terhadap bencet dilakukan oleh takmir masjid bagian marbot (yang mengurus perabot masjid). Marbot juga bertugas untuk mengkalibrasi jam WIS yang ada di masjid.

Adapun jenis jam bencet yang dimiliki oleh masing-masing masjid yaitu jam bencet horizontal dengan bidang dial horizon dan

²⁶ Wawancara dengan Ayu Azizah, Via Whats App, Tanggal 11 Juni 2020.

²⁷ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012), 81.

memiliki gnomon di titik pusat lingkarannya. Perbedaan masing-masing bencet hanyalah pada panjang gnomon dan besar diameternya, sedangkan komponen-komponen yang lainnya memiliki kesamaan sehingga bisa menjadi ciri khas dari jam bencet Pulau Bawean. Salah satu masjid di Bawean dengan metode penentuan waktu menggunakan bencet adalah Masjid Sabilal Jannah Tambilung, Sukaoneng, Bawean.

Masyarakat bisa mengetahui waktu istiwah dengan bunyi beduk yang ditabuh oleh takmir masjid. Jika beduk berbunyi, maka itu menunjukkan pukul 12.00 WIS. Bedug akan ditabuh selama 4 menit, sehingga pukul 12.04 azan berkumandang dan menunjukkan waktu salat Zuhur sudah masuk dengan Matahari tergelincir ke sebelah barat. Bayangan bisa diamati baik berada di utara maupun selatan selagi cahaya Matahari ada, kecuali pada saat Matahari di atas zenith, biasa disebut tombak oleh masyarakat Bawean.²⁸

Metode penggunaan jam istiwah membutuhkan bencet dalam menentukan waktu, namun dalam hal ini bencet tidak digunakan sepenuhnya. Pemanfaatan jam bencet hanya diberlakukan pada Matahari kulminasi untuk menunjukkan waktu istiwah atau pukul 12.00 setempat. Waktu tersebut akan ditransformasi menjadi jam dinding, yaitu jam yang biasa digunakan oleh masyarakat yang menggunakan tenaga baterai untuk menunjukkan waktu secara praktis.

Pukul 12.00 setelah melakukan pengamatan yang menunjukkan waktu kulminasi menjadi awal tanda WIS yang

²⁸ Wawancara dengan Abdullah Faqih, Desa Sawah Mulya Sangkapura, Tanggal 20 Januari 2020.

menunjukkan akan masuknya awal waktu salat Zuhur setelah Matahari tergelincir, kira-kira setelah lebih 4 menit dari waktu istiwa dengan tanda bunyi bedug yang dipukul sebanyak dua kali pukulan. Jam 12 ini akan disetel menjadi jam 12 pada jam dinding WIS dan diberlakukan dalam sehari semalam. Penggunaan jam dinding sama halnya dengan menggunakan jam perata pada umumnya seperti WIB, WIT dan WITA, hanya saja pedoman yang digunakan sesuai adalah WIS.

Penggunaan jam istiwa ini juga bisa disebut sebagai bentuk transformasi pada jam dinding, dengan artian bahwa sistem kerja jam bencet dipindahkan pada jam dinding.²⁹ Jam dinding yang dimiliki setiap masjid disetel dengan jam WIS yang berpedoman pada jam bencet yang ada di masjid. Jam dinding yang ada di rumah masyarakat Bawean, sekolah, pondok pesantren sudah disetel dengan pedoman WIS dengan menyesuaikan pada jam dinding masjid setempat. Penentuan awal waktu salat Zuhur, Asar, Maghrib, Isya dan Subuh di Pulau Bawean bukan hanya mengandalkan jam dinding yang berbasis istiwa, namun didukung dengan adanya jadwal waktu salat sepanjang masa yang sudah disusun oleh KH. Hasan Asy'ari.

Jam dinding bisa disebut sebagai pengalihan fungsi jam bencet dalam skala waktu 24 jam, sehingga tidak harus bersusah payah mengamati bayangan Matahari untuk menentukan waktu salat, terlebih pada saat malam hari, ketika Matahari sudah terbenam

²⁹ Darmawan, "Metode Jam Istiwa untuk Menentukan Awal Waktu Salat (Studi Kasus Masjid Baitun Nur Tedunan Wedung Demak)", *Skripsi*, (Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo, 2018), 58.

jam bencet tidak lagi digunakan sebagai tanda dalam awal waktu shalatnya. Metode ini sangat mudah seperti halnya waktu salat dengan menggunakan kaidah waktu WIB, WITA dan WIT, sedangkan di Pulau Bawean menggunakan kaidah waktu hakiki yaitu WIS.

Kalibrasi bencet di Masjid Sabilal Jannah adalah proses penyesuaian antara pukul 12 yang ditunjukkan jam bencet waktu kulminasi pada jam dinding dengan memutar jarum pendek dan panjang ke angka 12. Proses kalibrasi dilakukan di Masjid Sabilal Jannah setiap lima sampai enam hari sekali. Kalibrasi dengan durasi waktu lima sampai enam hari sekali ini menyesuaikan dengan jadwal waktu salat yang menjadi acuan awal waktu salat di Masjid. Jadwal waktu salat karya KH. Hasan Asy'ari memiliki jangka waktu antara 5 sampai 6 hari. Jadwal tersebut berubah setelah 5 atau 6 hari kedepan. Kalibrasi yang dilakukan 5 sampai 6 hari sekali ini dilakukan menyesuaikan dengan waktu salat yang berubah dalam jangka waktu tersebut. Dikutip dari skripsi Ayu Azizah, Najmun, takmir Masjid tersebut menjelaskan bahwa hal ini dilakukan karena dalam jangka waktu lima sampai enam hari ke depan jadwal waktu salat tetap sama dan tidak berubah sehingga kalibrasi diperlukan pada saat jadwal tersebut berubah dalam jangka waktu tersebut.

Kalibrasi yang dilakukan oleh masyarakat sekitar berpedoman pada suara bedug, di mana bedug Zuhur selalu menandakan pukul 12.00 WIS. Sebagian besar masyarakat menyesuaikan jam dinding rumah dengan kalibrasi masjid terdekat dari rumahnya. Kalibrasi ini kemungkinan besar hanya dilakukan oleh orang-orang yang memiliki pemahaman dan kepentingan lebih

dalam WIS, seperti tokoh masyarakat terlebih para takmir masjid dan jajarannya, pengasuh pondok pesantren yang menerapkan pedoman WIS di pondoknya dan beberapa orang yang menganggap penting akan kalibrasi tersebut.³⁰

Pondok pesantren yang berpedoman pada WIS akan melakukan kalibrasi dengan suara bedug pada setiap hari, sedangkan takmir masjid akan menyesuaikan jam tangan yang digunakan dengan jam WIS yang ada di masjid. Takmir akan menyetel jam dinding rumahnya sesuai dengan jam tangan yang digunakan yang sudah dikalibrasi. Masyarakat yang memahami betul mengenai konsep WIS lah yang menggunakan kalibrasi jam bencet, utamanya yang paham betul dalam hal ibadah menentukan awal waktu salat.

Masyarakat awam dan sebagian besar masyarakat Bawean yang tidak terlalu mementingkan konsep WIS tetap menyetel WIS di jam dinding rumahnya, namun mereka tidak pernah melakukan kalibrasi sama sekali. Mereka hanya memahami saat bunyi bedug menunjukkan pukul 12.00 WIS. Mereka paham, jika jam dinding yang ada di rumahnya menunjukkan pukul 12 kurang atau lebih jam tersebut tidak sesuai dengan pedoman WIS pada hari tersebut, atau bisa dikatakan lebih lambat ataupun lebih cepat dari WIS yang sebenarnya. Suara bedug menjadi alarm bagi siapapun baik pelajar, petani, sebagai waktu istirahat dan waktu untuk melaksanakan salat Zuhur.

³⁰ Wawancara dengan Ayu Azizah, YPMI Al-Firdaus Semarang, 20 Desember 2019.

Jam WIS yang tidak dikalibrasi menunjukkan jam tersebut tidak sesuai dengan jam WIS yang sebenarnya. Masyarakat memahami adanya keterlambatan dan kecepatan, namun mereka kurang memahami perlunya kalibrasi ini diterapkan. Pemindahan fungsi jam bencet pada jam dinding dapat menghasilkan WIS yang akurat dengan didasarkan pergerakan Matahari yang selalu berubah. Pengaplikasian waktu istiwa merupakan kearifan lokal yang digunakan oleh masyarakat Bawean sebagai pedoman waktu dalam kehidupan sehari-hari. Kearifan lokal itu dapat digunakan sesuai dengan aturan yang dirumuskan dalam ilmu astronomi dan ilmu falak pada khususnya.



Gambar 3.7 Bencet di Masjid Sabilal Jannah Bawean

BAB IV

PEMROGRAMAN KALIBRASI JAM BENCET

A. Bangun Program Algorithm Data Matahari

Ilmu hisab merupakan ilmu yang terus berkembang seiring dengan perkembangan zaman. Ilmu ini dipengaruhi oleh makin mutakhirnya peralatan dan teknologi sehingga akan terus mengalami perubahan data karena sifat alam yang dinamis.

Matahari bersinar setiap hari, terbit pagi hari di ufuk timur, mencapai posisi tertinggi di langit pada siang hari dan terbenam sore hari di ufuk barat. Matahari berada di bawah ufuk pada malam hari dan kemudian keesokannya, kembali muncul di ufuk timur. Keteraturan ini terjadi setiap hari dan dapat dipelajari oleh manusia. Penentuan posisi Matahari menjadi penting karena ibadah umat Islam terutama hal salat, menggunakan posisi Matahari sebagai patokannya.¹

Matahari beredar mengelilingi Bumi dalam gerakan lahiriahnya karena beredarnya Bumi mengelilingi Matahari.² Gerakan seperti ini dinamakan gerak semu Matahari. Bumi berputar mengelilingi porosnya (gerak rotasi)³ ditempuh selama 23 jam 56

¹ Ahmad Izzuddin, “Dinamika Hisab Rukyat di Indonesia”, *Istinbath: Jurnal Hukum*, Fakultas Syariah IAIN Metro Lampung, volume 12 (2015), 249.

² Slamet Hambali, “Astronomi Islam dan Teori Heliosentris Nicolas Copernicus”, *al-Ahkam*, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo, 23 (2013), 233.

³ Gerak Bumi yang menyebabkan terjadinya pergantian siang dan malam serta semua benda langit terlihat mengelilingi Bumi dalam waktu 24 jam berapapun jauhnya.

menit 4 detik. Bumi juga mengalami gerak revolusi yang ditempuh selama 365 hari 5 jam 48 menit 45,2 detik.⁴ Teori heliosentris telah meruntuhkan teori geosentris yang menganggap Bumi sebagai pusat tata surya. Hisab yang didasarkan pada teori geosentris pun hanya dikategorikan sebagai hisab hakiki taqribi.⁵ Adapun hisab dengan menggunakan ketentuan Bumi mengelilingi Matahari lah biasa digunakan dalam hisab kontemporer.

Gerakan semu Matahari menjadi salah satu sebab adanya perbedaan waktu setiap harinya. Waktu terbagi menjadi waktu hakiki, waktu pertengahan, dan waktu daerah. Waktu yang dihasilkan melalui pengamatan gerak semu harian Matahari adalah waktu Matahari. Perhitungan mengenai jam (waktu) memang tidak ada dasar hukumnya, akan tetapi jika waktu tersebut berkaitan dengan syarat sahnya ibadah seperti salat, maka hukumnya menjadi wajib. Salah satu syarat sahnya salat adalah mengetahui telah masuk waktu salat. Waktu salat juga ada yang disebut sebagai waktu makruh bahkan tahrim untuk melakukan salat sunah. Waktu-waktu tersebut didasarkan pada fenomena posisi harian Matahari (waktu hakiki).

Penentuan waktu menjadi salah satu objek kajian ilmu falak. Sejak sejak abad ke-28 Sebelum Masehi, ilmu falak telah dikenal untuk menghasilkan hitungan waktu karena keharusan

⁴ Gerak Bumi mengelilingi Matahari yang mempunyai dampak Matahari selalu bergerak ke utara dan ke selatan sejauh 23° 26' 26" dari ekuator langit.

⁵ Ahmad Izzuddin, "Pemikiran Hisab Rukyat Klasik (Studi atas Pemikiran Muhammad Mas Manshur al-Batawi)", *Jurnal Hukum Islam*, Fakultas Syariah dan Ekonomi Islam IAIN Pekalongan, volume 13 (2015), 37.

adanya pembagian waktu.⁶ Pembagian waktu dapat diperoleh melalui hisab maupun rukyat (observasi). Adapun hisab dalam ilmu falak harus dikontrol dengan rukyat.

Metode penentuan waktu dapat dilakukan secara klasik dan juga kontemporer. Metode klasik merupakan metode yang digunakan oleh orang zaman dahulu dengan peralatan cenderung sederhana, baik dalam konsep perhitungan maupun data-data yang digunakan. Hasil yang didapat melalui perhitungan metode klasik tidak berbeda jauh dengan hasil perhitungan metode kontemporer, termasuk penentuan waktu dengan menggunakan jam bencet.

Penentuan waktu Matahari dapat dilakukan dengan menggunakan alat berupa jam bencet yaitu dengan langsung melihat bayangan yang dibentuk pada bidang dial bencet ataupun bisa juga dilakukan kalibrasi dengan menggunakan konversi waktu hakiki dengan waktu daerah. Langkah-langkah penentuan waktu dilakukan dengan menggunakan data yang diambil melalui perhitungan pergerakan semu Matahari dan data tempat (lokasi pengamatan). Adapun penentuan waktu secara kontemporer dapat dilakukan dengan praktis menggunakan jam analog maupun digital.

Kalibrasi dalam KBBI adalah tanda-tanda yang menyatakan pembagian skala.⁷ Data-data yang dibutuhkan dalam pembuatan program kalibrasi jam bencet yaitu lintang tempat, bujur tempat, waktu bidik (waktu hakiki), *julian day*, *equation of time*, dan

⁶ Alimuddin, "Sejarah Perkembangan Ilmu Falak", *Al-Daulah*, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Alauddin Makassar, volume 2 (2013), 182.

⁷ Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, "KBBI Daring", diakses 01 Juli 2020, <https://kbbi.kemendikbud.go.id/entri/Kalibrasi>.

konversi waktu daerah. Data lintang tempat dan bujur tempat diambil dari buku-buku atau GPS sedangkan *equation of time* diperoleh dari perhitungan menggunakan algoritma yang diketahui dari operasi hisab *Julian day* dan *Julian day* yang terkoreksi. Nilai *equation of time* yang diperoleh dari perhitungan itu bersifat hidup, artinya data yang selalu berubah dinamis sesuai dengan waktu yang dikehendaki. Perhitungan data Matahari antara algoritma Jean Meeus dan algoritma ephemeris menghasilkan data yang memiliki selisih perbandingan cukup kecil.⁸ Adapun data mati berarti data yang selalu sama untuk setiap tanggal dan bulan yang sama setiap tahunnya bahkan sepanjang masa.

1. Data yang perlu dipersiapkan
 - a. Koordinat tempat

Koordinat tempat meliputi lintang tempat, bujur tempat, dan *time zone*. Setiap tempat di permukaan bumi dapat ditentukan dengan dua koordinat, yaitu bujur B (*longitude*) dan lintang L (*latitude*). Satuan koordinatnya adalah derajat. Satu derajat = 60 menit busur = 3600 detik busur. Seringkali menit busur dan detik busur cukup disebut menit dan detik saja, namun demikian menit dan detik busur ini harus dibedakan dengan menit dan detik sebagai satuan waktu.

Bujur astronomi suatu tempat adalah horizontal yang mengukur sudut antara suatu titik dengan titik nol di Bumi yaitu

⁸ Reza Akbar, "Perhitungan Data Ephemeris Koordinat Matahari Menggunakan Algoritma Jean Meeus Higher Accuracy dan Keterkaitannya dengan Pengembangan Ilmu Falak", *Jurnal Ilmiah Islam Futura*, Pascasarjana UIN Ar-Raniry Aceh, volume 16 (2017), 186.

Greenwich di London Britania Raya yang merupakan titik bujur 0° atau 360° yang diterima secara internasional. Garis bujur adalah titik 0 melewati kota Greenwich di London, Inggris. Satuannya adalah derajat ($^\circ$). Sebelah timur Greenwich disebut bujur timur dan di sebelah barat Greenwich disebut bujur barat.⁹ Konsensus menyatakan bahwa bujur timur bernilai positif dan bujur barat bernilai negatif. Misalnya 105 BT (Bujur Timur) = 105 E (East) = +105 derajat, sedangkan 135 BB (Bujur Barat) = 135 W (West) = -135 derajat.

Penulisan bujur tempat biasa disingkat menggunakan simbol λ (lambda) disertai dengan huruf x kecil menggantung di bagian kanan atas (λ^x). Penambahan huruf x ini sebagai pembeda antara bujur daerah (bujur untuk pedoman zona waktu) yang menggunakan simbol λ^d dan bujur Matahari (bujur nampak dalam sistem koordinat ekliptika geosentrik) yang menggunakan simbol λ .

Seluruh bujur permukaan bumi dibagi ke dalam 360 derajat, yaitu dari 0 derajat hingga 180 derajat. Perbedaan waktu 1 jam berkonotasi dengan selisih bujur 15 derajat karena satu kali rotasi Bumi sama dengan 24 jam. Garis bujur 180 derajat terletak di Samudra Pasifik yang sekaligus merupakan garis batas tanggal internasional. Jika daerah yang tepat di sebelah kanannya (sebelah timurnya) hari Sabtu siang, maka di sebelah kiri (sebelah barat) garis tersebut sudah hari Ahad siang.

Garis lintang adalah titik 0 sama dengan garis khatulistiwa atau ekuator. Lintang tempat adalah jarak busur antara suatu tempat

⁹ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012), 299.

dengan khatulistiwa sepanjang lingkaran besar vertikal. Satuan lintang tempat adalah derajat ($^{\circ}$). Penulisan lintang tempat biasa menggunakan singkatan berupa ϕ (phi), terkadang juga disertai dengan huruf x kecil yang menggantung di bagian kanan atasnya (ϕ^x).

Garis lintang dibagi menjadi dua bagian yaitu utara dan selatan. Lintang utara berada di belahan Bumi utara (di sebelah utara khatulistiwa) dan bernilai positif, sebaliknya di Bumi selatan (berada di sebelah selatan khatulistiwa) disebut lintang selatan dan bernilai negatif.¹⁰ Misalnya 21 derajat LU (Lintang Utara) = 21 N (North) = 21 derajat, sedangkan 7 derajat LS (Lintang Selatan) = 7 S (South) = -7 derajat. Kutub Utara = 90 N = 90 derajat, sedangkan Kutub Selatan = 90 S = -90 derajat, sehingga seluruh lintang permukaan bumi berada di nilai antara -90 hingga 90 derajat.

Nama lain dari *time zone* adalah zona waktu. Zona waktu adalah selisih antara waktu daerah dari suatu tempat dengan waktu di Greenwich yang merupakan acuan waktu internasional. *Time zone* daerah yang berada di bujur barat bernilai negatif, sedangkan di daerah yang berada di bujur timur bernilai positif. Wilayah barat (bujur barat) harus dikurangi angka tertentu dan bujur timur harus ditambah dengan angka tertentu untuk mendapatkan standar waktu internasional GMT. Perbedaan 1 $^{\circ}$ bujur berarti perbedaan 4 menit waktu.¹¹ Satuannya adalah jam. *Time zone* merupakan konversi dari

¹⁰ Slamet Hambali, *Pengantar...*, 298.

¹¹ Zulfiah, "Konsep Ihtiyath Awal Waktu Salat Perspektif Fiqih dan Astronomi", *Tesis*, (Semarang: Institut Agama Islam Negeri Walisongo, 2012), 138.

bujur yang satuannya derajat menjadi zona waktu dengan satuan jam. *Time zone* bisa bernilai hingga positif atau negatif 12 jam, karena perbedaan antara bujur 0 derajat di Greenwich hingga titik baliknya atau 180 derajat jika dibagi dalam setiap 15 derajatnya adalah 1 jam, maka ada selisih hingga 12 jam untuk daerah yang berada di titik baliknya baik timur maupun barat.

b. Waktu

Waktu merupakan pedoman awal untuk mendapatkan data Matahari guna melakukan kalibrasi jam bencet. Dasar dari pengukuran waktu adalah rotasi Bumi terhadap sumbunya. Satu hari (*day*) sama dengan 24 jam. Akibat rotasi Bumi, Matahari nampak bergerak, terbit di sebelah timur dan terbenam di sebelah barat. Satuan waktu menurut standar internasional adalah detik (*second*). 1 menit (*minute*) = 60 detik. 1 jam (*hour*) = 60 menit.

Jam dalam desimal dapat dinyatakan dalam format jam : menit : detik, misalnya 5.425 jam = 5 jam 25 menit 30 detik. Cara konversi dari jam desimal menjadi jam : menit : detik adalah dengan memanfaatkan rumus INT (lambang untuk integer). Caranya yaitu jam = INT (jam dalam bentuk desimal), lalu sisa jam = jam desimal – jam yang sudah di INT. Menit = INT (60 x Sisa jam), lalu sisa menit = 60 x sisa jam – menit. Detik = 60 x sisa menit.

Jenis waktu yang terkait dengan gerakan Matahari yang diamati di meridian Greenwich (bujur 0 derajat) adalah *Universal Time* (UT) atau *Greenwich Civil Time* atau sering disebut dengan *Greenwich Mean Time* (GMT). Waktu lokal di Semarang (atau Waktu Indonesia bagian Barat, WIB) adalah GMT + 7 jam atau

lebih tepat UT + 7 jam. Contoh: pukul 05:00:00 UT = 12:00:00 WIB.

Data Matahari pasti berubah seiring dengan perubahan waktu. Perubahan data Matahari berpengaruh terhadap hasil kalibrasi jam bencet. Input waktu yang salah juga bisa berakibat terhadap hasil perhitungan yang salah. Waktu di sini adalah waktu Matahari hakiki yang akan dicari selisihnya atau konversinya menjadi waktu daerah yang dikehendaki. Waktu yang harus dimasukkan ke dalam program kalibrasi termasuk bulan dan tahun yang dikehendaki. Data astronomis akan terus berubah seiring bergantinya waktu, walaupun perubahan itu sangat kecil.

c. Julian Day

Satu tahun secara rata-rata didefinisikan sebagai 365,25 hari. Angka 365,25 dapat dinyatakan dalam bentuk $(3 \times 365 + 1 \times 366)/4$ dan disebut sebagai kalender Julian. Kalender Julian memiliki tahun kabisat setiap 4 tahun. Kalender Julian berlaku sampai dengan hari Kamis 4 Oktober 1582 M sebelum Paus Gregorius mengubah kalender Julian dengan menetapkan bahwa tanggal setelah Kamis 4 Oktober 1582 M adalah Jum'at 15 Oktober 1582 M, sehingga tidak ada tanggal 5 sampai dengan 14 Oktober 1582. Sejak 15 Oktober 1582 M itulah berlaku kalender Gregorian sebagaimana yang kita gunakan sampai sekarang.

Terjadinya perubahan kalender Julian menjadi kalender Gregorian disebabkan adanya selisih antara panjang satu tahun dalam kalender Julian dengan panjang rata-rata tahun tropis (*tropical year*). Satu tahun kalender Julian adalah 365,2500 hari, sementara panjang rata-rata tahun tropis adalah 365,2422. Selisih

antara satu tahun kalender Julian dan kalender Gregorian adalah 0,0078 hari atau hanya sekitar 11 menit. Selisih ini akan menjadi satu hari dalam jangka 128 tahun, jadi dalam ratusan atau ribuan tahun, selisih ini menjadi signifikan hingga beberapa hari. Jika dihitung dari tahun 325 M (saat Konsili Nicaea menetapkan musim semi atau vernal ekuinoks jatuh pada 21 Maret) sampai dengan tahun 1582, terdapat selisih sebanyak $(1582 - 325) \times 0,0078$ hari = 9,8 hari atau hampir 10 hari. Selisih itu dibuktikan dengan musim semi pada tahun 1582 M jatuh pada tanggal 11 Maret, bukan sekitar tanggal 21 Maret seperti biasanya. Itulah saat kalender Gregorian ditetapkan, tanggal melompat sebanyak 10 hari. Tanggal setelah 4 Oktober 1582 bukan 5 Oktober tetapi 15 Oktober 1582.¹²

Banyaknya hari dalam tahun kabisat adalah 366 hari, sedangkan dalam tahun biasa adalah 365 hari. Pada kalender Julian, tahun kabisat adalah tahun di mana bulan Februari terdiri dari 29 hari dan dirumuskan sebagai tahun yang habis dibagi 4. Contoh tahun kabisat pada kalender Julian adalah tahun 4, 100, 400, 800, 1200. Tahun kabisat juga terdapat pada tahun negatif. Sejarawan menghitung mundur tahun sebelum tahun 1 adalah tahun 1 SM, 2 SM, 3 SM dan seterusnya, sedangkan astronom menghitung mundur tahun sebelum tahun 1 adalah tahun 0, -1, -2 dan seterusnya. Tahun kabisat yang habis dibagi 4 untuk tahun negatif dirumuskan secara astronomis, adalah tahun 8, 4, 0, -4, -8, -12 dan seterusnya.¹³

¹² Muhammad Wardan, *Hisab 'Urfi dan Hakiki*, (Yogyakarta: Siaran, 1957), 7.

¹³ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, 2012), 7.

Definisi tahun kabisat dalam kalender Gregorian sedikit mengalami perubahan dari definisi tahun kabisat pada kalender Julian. Tahun kabisat memiliki definisi sebagai suatu tahun yang habis dibagi 4 tetapi tidak habis dibagi 100. Adapun suatu tahun yang habis 100 tetapi tidak habis dibagi 400, bukan termasuk tahun kabisat. Jika suatu tahun abad habis dibagi 400, maka termasuk tahun kabisat. Tahun 1700, 1800, 1900 bukan tahun kabisat, sedangkan tahun 1600, 2000, 2400, dan 2800 termasuk tahun kabisat.

Panjang rata-rata satu tahun kalender Gregorian adalah 365,2425 hari, cukup dekat dengan rata-rata tahun tropis sebesar 365,2422 hari. Selisihnya dalam setahun adalah 0,0003 hari, yang berarti akan terjadi perbedaan satu hari setelah sekitar 3300 tahun. Adanya perubahan dari kalender Julian menjadi Gregorian membuat kesulitan tersendiri untuk membandingkan peristiwa astronomis yang terpisah dalam jangka waktu cukup lama. *Julian Day* diperkenalkan untuk mengatasi masalah ini. *Julian Day* (JD) didefinisikan sebagai banyaknya hari yang telah dilalui sejak hari Senin tanggal 1 Januari tahun 4713 SM (Sebelum Masehi) pada pertengahan hari atau pukul 12:00:00 UT (*Universal Time*) atau GMT.¹⁴

Julian Day menjadi syarat untuk menghitung posisi Bulan, Matahari dan planet-planet yang selanjutnya dipakai untuk menentukan bulan baru, waktu salat dan lain-lain. *Julian Day* juga menjadi dasar untuk menentukan fenomena alam seperti

¹⁴ Jean Meeus, *Elements of Solar Eclipses 1951-2200*, (Virginia: Willman-Bell Inc, 1989), 6.

menentukan kemiringan orbit rotasi Bumi, menghitung kapan terjadinya *ekuinoks*, *solstice*, dan sebagainya. *Julian day* dapat diperoleh dengan mencari tahun abad dan juga koreksi anggaran gregorius mulai dari awal diberlakukan sampai dengan tahun yang sedang dicari.

d. Delta T

Rotasi bumi tidak konstan sepanjang waktu, perlahan-lahan melambat dan tidak teratur. *Universal Time* (UT) bukanlah waktu yang seragam. Astronom memerlukan skala waktu yang seragam untuk keperluan perhitungan astronomis, oleh karena itu diperkenalkan sistem waktu yang seragam yaitu *Dynamical Time* (disingkat TD). Selisih antara TD dengan UT adalah Delta_T yang dirumuskan sebagai $\Delta T = TD - UT$.

Nilai Delta_T ini hanya bisa ditentukan lewat observasi. Observasi untuk menentukan Delta_T telah dilakukan orang sejak sekitar tahun 1620 M hingga saat ini. Tahun 1620, Delta_T sekitar 124 detik. Tahun 1800 sekitar 14 detik. Tahun 2000 sekitar 64 detik. Tahun 2009 sekitar 66 detik. Di luar rentang waktu itu, orang hanya bisa membuat perkiraan. Delta T berubah kira-kira hampir satu detik setiap tahunnya.¹⁵

e. Julian Day Terkoreksi

Julian Day (JD) didefinisikan sebagai banyaknya hari yang telah dilalui sejak hari Senin tanggal 1 Januari tahun 4713 SM (sebelum Masehi) pada pertengahan hari atau pukul 12:00:00 UT (*Universal Time*) atau GMT. Tahun 4713 SM tersebut sama dengan

¹⁵ Rinto Anugraha, *Mekanika...*, 9.

tahun -4712 . JD yang berkaitan dengan waktu yang dihitung menurut *Dynamical Time* (TD), biasanya digunakan istilah *Julian Ephemeris Day* (JDE).¹⁶ Metode untuk menghitung *Julian Day* dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

- 1.) Tahun adalah Y (Y dapat pula negatif dan tidak lebih dari -4712).
- 2.) Bulan adalah M , $M = 1$ untuk Januari, $M = 2$ untuk Februari dan seterusnya, hingga $M = 12$ untuk Desember. Jika M lebih dari 2, maka M dan Y tidak berubah. Jika $M = 1$ atau 2, maka M diganti menjadi $M + 12$ dan Y menjadi $Y - 1$. Bulan Januari dan Februari dapat dianggap sebagai bulan ke 13 dan ke 14 dari tahun sebelumnya.
- 3.) Hari/tanggal adalah D . D dapat pula berbentuk pecahan, dengan nilai maksimal D harus menyesuaikan dengan bulan M . Jika $M = 6$ (Juni), maka D tidak lebih dari 30.
- 4.) Cara menghitung A untuk kalender Gregorian, $A = \text{INT}(Y/100)$ dan $B = 2 + \text{INT}(A/4) - A$. Sedangkan untuk kalender Julian, A tidak perlu dihitung dan B sama dengan 0.
- 5.) *Julian Day* dirumuskan sebagai $\text{JD} = 1720994,5 + \text{INT}(365,25*Y) + \text{INT}(30,6001(M + 1)) + B + D$.

Metode menentukan JD sebagaimana di atas dapat digunakan untuk tahun negatif, akan tetapi tidak untuk *Julian Day* negatif, karena itu nilai Y tidak boleh lebih kecil daripada -4712 . Tanggal dan waktu tersebut seperti biasa diubah menjadi *Julian Day* (JD) bersatuan GMT. *Julian Day Ephemeris* (JDE) bersatuan TD

¹⁶ Rinto Anugraha, *Mekanika ...*, 8.

(*Dynamical Time*) diperoleh dengan cara menambahkan JD dengan ΔT , atau $JDE = JD + \Delta T$. Nilai JDE juga bisa diperoleh nilai $T = (JDE - 2451545)/36525$.¹⁷ Di dalam *Dynamical Time*, satu detik diartikan sebagai durasi dari 9192631770 kali radiasi yang sesuai dengan transisi antara dua tingkat *hyperfine* (tingkat energi terendah) dari keadaan dasar atom Cesium-133.¹⁸ Adapun persamaan menghitung JDE adalah $JD \times \Delta T / 86400$.¹⁹

f. *Equation of time*

Matahari nampak bergerak mengitari Bumi setiap hari. Matahari terbit dari ufuk timur, mencapai transit di *altitude* tertinggi, dan terbenam di ufuk barat. Istilah transit menunjuk pada saat Matahari tepat berada di garis meridian (*meridian pass*). Garis meridian adalah garis setengah lingkaran langit yang menghubungkan titik arah utara, zenith dan titik selatan. Pada saat transit, Matahari memiliki sudut waktu sama dengan nol derajat dengan nilai azimuth Matahari pada saat transit menurut suatu tempat pengamatan tertentu bisa bernilai nol derajat atau 180 derajat. Jika pada saat transit Matahari terletak di belahan langit utara, atau tepat di titik pada garis yang menghubungkan titik zenith dengan titik arah utara, nilai azimuth Matahari sama dengan nol. Jika terletak di belahan langit selatan, atau tepat di titik pada garis yang menghubungkan titik zenith dengan titik arah selatan, maka

¹⁷ Jean Meeus, *Astronomical Formulae for Calculator*, (Virginia: Willmann-Bell, Inc, 1988), 24.

¹⁸ Jean Kovalevsky and P. Kenneth Seidelmann, *Fundamentals of Astronomy*, (Cambridge: Cambridge University Press, 2004), 115.

¹⁹ Ibrahim Reda and Afshin Andreas, *Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications*, (Colorado: National Renewable Energy Laboratory, 2008), 10.

nilai azimuth Matahari sama dengan 180 derajat. Hal ini karena azimuth dihitung dari Utara sejati, artinya 0 derajat adalah utara sejati.

Saat Matahari transit itulah saat tepat tengah hari. Jika diperhatikan dengan seksama, ternyata untuk suatu tempat tertentu, waktu terbit, transit dan terbenam Matahari selalu berubah setiap hari. Perbedaan waktu transit Matahari setiap hari itu berhubungan dengan istilah *equation of time* (perata waktu). *Equation of time* secara bahasa berarti persamaan waktu atau perata waktu. Kata “*equation*” sering merujuk pada adanya koreksi atau selisih antara nilai rata-rata dengan nilai sesungguhnya. *Equation of time* berarti adanya selisih antara waktu Matahari rata-rata dengan waktu Matahari sesungguhnya. Waktu Matahari adalah waktu lokal menurut pengamat di suatu tempat ketika Matahari mencapai transit, sehingga waktu Matahari akan berbeda-beda setiap daerah.²⁰

Saat waktu Matahari hakiki (*true noon*) lebih awal dari waktu Matahari rata-rata (*mean noon*), EoT bernilai positif, sebaliknya saat waktu Matahari hakiki terjadi setelah waktu matahari rata-rata, berarti EoT negatif. Greenwich (maupun tempat-tempat lain di seluruh dunia yang memiliki bujur 0 derajat), waktu rata-rata saat Matahari tepat di garis meridian adalah pukul 12:00:00 waktu setempat (yang juga sama dengan GMT). Pada tanggal 22 Juni 2020 di kota Greenwich, Matahari akan tepat berada di garis meridian pada pukul 12:02:35 waktu setempat. Ini adalah waktu *true noon* Matahari atau waktu Matahari yang sesungguhnya saat transit. Ini

²⁰ Rinto Anugraha, *Mekanika...*, 75.

berarti *true noon* Matahari terlambat sebesar 2 menit 35 detik dibandingkan dengan *mean noon* saat Matahari melewati garis meridian. Jadi, pada tanggal 22 Juni 2020, nilai *equation of time* adalah sebesar minus 2 menit 35 detik.

Waktu transit Matahari di Greenwich tentu berbeda dengan waktu transit di Semarang. Transit di Semarang diartikan dengan bujur timur $110:24:00 = 110,4$ derajat dan GMT +7. *Mean noon* dapat dicari dengan rumus (waktu lokal) = pukul 12:00:00 + Zona Waktu – Bujur/15. Semarang dengan bujur 110,4 derajat, memiliki *mean noon* yang terjadi pada pukul $12:00:00 + 7:00:00 - 106,85/15 =$ pukul 11:52:36. Transit terjadi setelah *mean noon*, yaitu pada pukul $11:38:24 + 00:02:35 =$ pukul 11:40:59 WIB.

Sepanjang tahun atau selama perjalanan Bumi dalam berevolusi mengelilingi Matahari selama 365 hari 5 jam 48 menit dan 2,8 detik²¹, Matahari memiliki posisi yang berbeda-beda. *Equation of time* atau perata waktu adalah selisih antara waktu hakiki dengan waktu daerah. *Equation of time* dinyatakan dalam berbentuk sudut atau waktu (satu derajat = empat menit). Satuannya adalah jam tetapi nilainya hanya dalam orde menit. Sepanjang tahun, *equation of time* memiliki nilai maksimumnya sekitar 16 menit (4 derajat) dan minimumnya sekitar minus 14 menit (minus 3,5 derajat).

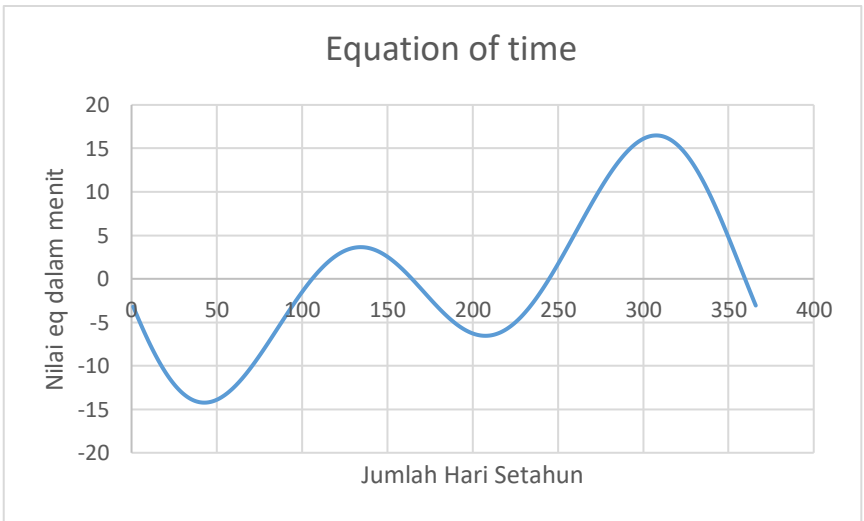
Perata waktu biasa disingkat dengan huruf *e*. *Equation of time* digunakan untuk mengubah saat kulminasi Matahari dari waktu Matahari hakiki ke waktu pertengahan setempat. Penggunaan

²¹ Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa*, (Semarang: Program PascaSarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011), 27.

equation of time ini sangat diperlukan untuk mengubah waktu istiwah menjadi waktu daerah. Adanya perbedaan bujur akan berpengaruh terhadap perbedaan waktu suatu daerah. Konversi waktu hakiki menjadi waktu setempat bisa dilakukan dengan menggunakan rumus $WD = 12 - e + ((BD - BT) / 15)$.²²

Rinto Anugraha dalam bukunya *Mekanika Benda Langit* telah menurunkan rumus EoT yang bergantung pada Julian Day (JD) dan L0.

- $U = (JD - 2451545) / 36525$
- $L0 \text{ (bersatuan derajat)} = 280,46607 + 36000,7698 * U$
- $1000 * EoT = -(1789 + 237 * U) * \sin(L0) - (7146 - 62 * U) * \cos(L0) + (9934 - 14 * U) * \sin(2 * L0) - (29 + 5 * U) * \cos(2 * L0) + (74 + 10 * U) * \sin(3 * L0) + (320 - 4 * U) * \cos(3 * L0) - 212 * \sin(4 * L0)$



Gambar 4.1 Grafik *Equation of time* Tahun 2020

²² Muh. Uzal Syahrana, *Tashīl al-Miṣāl*, (Blitar: t.tp, 2005), 30.

Gambar 4.1 menyajikan kurva EoT selama 1 tahun. Sumbu horizontal menunjukkan nomor hari, dihitung sejak tanggal 1 Januari. Sumbu vertikal menunjukkan nilai EoT dalam satuan menit. Nilai EoT mencapai minimum (sekitar minus 14 menit 17 detik) pada sekitar hari ke 42 atau sekitar tanggal 11 Februari. Nilai EoT kira-kira sama dengan nol pada sekitar tanggal 11 Februari, 13 Mei, 25 Juli, dan 03 November. Nilai EoT mencapai maksimum (sekitar 16 menit 28 detik) sekitar tanggal 15 sampai dengan 27 Desember.

Equation of time minimal terjadi pada sekitar Februari dan Agustus, sedangkan nilai maksimal pada bulan November dan Desember.²³ Bisa dikatakan, untuk tanggal dan bulan yang sama nilai EoT relatif tetap sepanjang tahun. Pergeseran pada tahun berikutnya hanya berkisar satu hingga beberapa detik saja. Tetapnya nilai EoT untuk tanggal yang sama dapat digunakan sebagai parameter untuk menyusun jadwal waktu abadi sepanjang tahun.

g. Waktu daerah

Waktu istiswa yang dihasilkan dari perhitungan awal waktu salat adalah waktu yang menggunakan data-data GMT, maka untuk menjadikannya ke waktu setempat harus dilakukan koreksi. Rumus koreksi waktu daerah : $(\lambda_{dh} - \lambda_{tp})^{24} / 15$.

²³ Mohamoud A. Mohamoud, “Tracing The Shadow: Mathematical Calculation of Prayer Times Using Spherical Trigonometry”, *Middle-East Journal of Scientific Research*, volume 25 (2017): 1655, diakses 20 Juni 2020, doi: 10.5829/idosi.mejsr.2017.1650.1663.

²⁴ λ_{dh} : Bujur Daerah dan λ_{tp} : Bujur Tempat.

Pembentukan waktu daerah yang disesuaikan menurut bujur daerah merupakan upaya dalam mengatasi kesulitan karena adanya perbedaan waktu pada setiap wilayah di dunia. Pembentukan waktu daerah berpedoman dengan meridian yang melintasi kira-kira pada pertengahan daerah bersangkutan. Indonesia terbagi menjadi 3 zona:

- 1.) Waktu Indonesia Barat 105° dengan zona waktu GMT + 7^j
 - 2.) Waktu Indonesia Tengah 120° dengan zona waktu GMT+8^j
 - 3.) Waktu Indonesia Timur 135° dengan zona waktu GMT+9^{j25}
- h. Selisih waktu hakiki dengan waktu daerah

Langkah-langkah perhitungan waktu hakiki dan waktu daerah adalah dengan konversi waktu. Selisih antara waktu hakiki dengan waktu daerah adalah hasil pengurangan antara keduanya. Selisih itu yang bisa dijadikan sebagai acuan pelaksanaan kalibrasi jam bencet.

B. Analisis Cara Penggunaan Jam Bencet untuk Waktu yang Akurat

Jam bencet dapat dibaca dengan melakukan pengecekan terhadap waktu Matahari yang ditunjukkan oleh garis pada bidal dial bencet pada saat melakukan pengamatan pada jam tersebut. Waktu yang ditunjukkan melalui bayangan yang jatuh pada garis dial itu dikoreksi dengan *equation of time* dan koreksi bujur sehingga menghasilkan waktu daerah setempat. Jam bencet akan berfungsi dengan baik jika cara penggunaan maupun kalibrasinya dilakukan secara terarah dan menerapkan ketentuan-ketentuan yang

²⁵ Abdul Rachim, *Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Liberty, 1983), 55-57.

berhubungan dengan akurat tidaknya hasil pengamatan yang dilakukan pada bencet.

1. Menentukan lokasi

Obyek observasi adalah bayangan Matahari terutama pada saat kulminasi. Hal pertama-tama yang bisa dilakukan untuk menghindari penghalang sampainya sinar Matahari kepada benda yang hendak diamati panjang bayangannya adalah mencari tempat observasi (tempat dipasangnya bencet) yang tidak terhalang oleh rerimbunan atau di tempat yang terbuka yang terkena pancaran sinar Matahari langsung. Panjang bayangan yang dibentuk adalah panjang bayangan terpendek tepat di garis utara / selatan, maka ketajaman dari sinar Matahari sangat dibutuhkan agar mendapatkan bayangan yang jelas.

Lokasi yang digunakan untuk observasi harus diketahui nilai lintang dan bujur astronominya. Data koordinat tempat berupa lintang dan bujur tempat dapat diperoleh dengan alat gps (*global positioning system*), *google earth*, atau dengan aplikasi android, bahkan bisa juga dengan menggunakan digital falak yang ada di *smartphone*.

Data koordinat lokasi berupa data lintang dan bujur lokasi observasi. Data lintang dan bujur dapat diperoleh dari beberapa aplikasi di atas. Cara menentukan koordinat tempat menggunakan *google earth* yaitu dengan masuk pada link www.googleearth.com lalu ketik pada kolom *search* nama lokasi yang hendak dijadikan sebagai tempat observasi. Jika ingin mencari koordinat lokasi di mana pengamat berada, maka

klik pada menu bawa ke lokasi anda. Hidupkan akses lokasi, dengan otomatis *google earth* akan menghadirkan data koordinat sesuai dengan lokasi pengamat. Adapun harga lintang tempat dan bujur tempat ada di pojok kiri bawah lengkap dengan ketinggian tempat.

Adapun penentuan koordinat tempat menggunakan digital falak, yaitu dengan cara mengaktifkan aplikasi digital falak. Setelah itu membuka menu data lokasi, lalu *update* via internet, maka data lokasi akan menampilkan koordinat berupa lintang dan bujur sesuai dengan lokasi pengamat melalui GPS (*Global Positioning System*) dan internet.

2. Menentukan jenis bencet yang digunakan

Ada beberapa segi yang melandasi pelaksanaan kalibrasi yang harus dipersiapkan dengan sebaik-baiknya. Observasi Matahari dalam hal ini adalah mengamati bayangan Matahari saat kulminasi. Pelaksanaan observasi akan cukup menyulitkan jika tanpa ketelitian yang mendalam karena bayangan yang dibentuk oleh suatu benda pada saat-saat mendekati atau setelah kulminasi setiap detiknya memiliki perbedaan yang cukup jauh. Adapun kondisi alam yang dipengaruhi oleh cuaca, mendung, dan hal-hal lain yang bisa menutupi Matahari pada saat melakukan observasi adalah sesuatu yang tak bisa dihindari. Prakteknya, observasi yang kita lakukan adalah mengamati panjang bayangan suatu benda tegak yang dengan bayangan tersebut menunjukkan saat Matahari (waktu Matahari).

Usaha untuk memperoleh detail dari objek observasi, yaitu bayangan benda yang menunjukkan waktu ialah dengan menggunakan tongkat istiwaq atau gnomon dari bencet. Saat Matahari sedang berkulminasi dapat diketahui dengan menggunakan bencet yaitu dengan cara mengamati bayang-bayang gnomon pada waktu sekitar Matahari akan kulminasi. Bayang-bayang gnomon yang berimpit dengan garis arah Utara – Selatan yang melalui pangkal tongkat menunjukkan saat Matahari kulminasi. Pengamatan dapat juga dilakukan dengan gnomon yang dipasang secara horizontal. Ketika bayangan jatuh tepat di bawah gnomon, artinya Matahari tengah berada di *meridian pass*, yang berarti jam menunjukkan pukul 12.00 waktu istiwa.

Alat yang bisa kita gunakan selain bencet adalah *mizwalla* atau *istiwa'aini* dengan memanfaatkan gnomon yang ada di kedua alat tersebut. Adapun *istiwa'aini*, kita cukup menggunakan salah satu gnomonnya, karena dalam hal penentuan saat kulminasi, atau yang berhubungan dengan waktu, kita tidak memerlukan nilai azimuth. Gnomon yang dipasang adalah gnomon yang lebih panjang supaya bayangan yang terbentuk juga bisa terjangkau oleh penggaris dengan skala milimeter.

3. Menentukan data validasi, yaitu data perhitungan yang dijadikan sebagai acuan pelaksanaan observasi. Data validasi meliputi penentuan arah geografis, koreksi waktu daerah, dan akurasi jam.

Pelaksanaan kalibrasi jam bencet bergantung pada ketelitian pengamat dan juga alat. Sasaran observasi dengan menggunakan jam bencet adalah bayangan tongkat yang dibuat oleh Matahari pada saat kulminasi yang jatuh pada bidang dial bencet. Bayangan yang dibentuk tersebut dikomparasikan dengan data hisab konversi waktu dengan panjang bayangan dan azimuth bayangan. Perihal yang harus dilakukan ketika observasi adalah memperhatikan panjang bayangan pada saat jam kulminasi dan pada saat zawal atau sesaat setelah kulminasi atas.

Alat yang digunakan untuk observasi adalah gnomon yang ditancapkan di tengah bidal dial bencet. Pada saat memasang jam bencet horizontal, maka pastikan bahwa bidang dial alat tersebut sudah rata (datar) yaitu dengan mengeceknya menggunakan *waterpass*. Pasang komponen-komponennya lalu letakkan di tempat datar yang tidak terhalang dari sinar Matahari atau jika tempatnya tidak datar maka datarkan bidang dial alat dengan *waterpass* dan sesuaikan tinggi alas bencet tersebut supaya bidal dial bencet datar.

Observasi bayangan tongkat karena terkena sinar Matahari dapat menunjukkan arah Utara dan Selatan sejati. Cara ini dapat dilakukan ketika keadaan hari cerah supaya bisa diikuti terus-menerus dalam sehari. Pelaksanaan observasi akan lebih berhasil terutama jika dilakukan pada saat musim kemarau.

Persiapan yang dilakukan untuk menentukan arah geografis adalah membuat pelataran yang cukup luas, rata dan datar. Gnomon bencet yang digunakan untuk observasi

dipasang di tengah-tengah pelataran bencet tersebut, baik dipasang secara horizontal maupun vertikal. Pada bencet dengan gnomon vertikal, observasi bayangan dilakukan sejak pagi ketika bayangan tongkat masih jatuh dalam pelataran yang disediakan, sampai sore hari. Pada setiap saat, sesuai dengan selang waktu yang sama yang telah ditentukan, kita memberi tanda pada ujung bayangan. Hasil dari tanda-tanda berupa deretan titik-titik yang memanjang dari Barat ke Timur. Deretan itu akan membentuk garis yang hampir lurus. Garis lurus pada lantai yang melalui kaki tongkat dan berpotongan tegak lurus dengan garis Barat-Timur menunjukkan arah Utara – Selatan.

Gnomon horizontal dibuat pada bidang dial yang melengkung. Gnomon itu akan membentuk suatu bayangan dengan ketentuan saat kulminasi adalah ketika bayangan gnomon jatuh tepat di bawahnya. Adapun ketika pagi bayangan gnomon akan cenderung mengarah ke barat, sebaliknya ketika sore bayangannya mengarah ke timur. Setiap satu jam akan membentuk sudut sebesar 15 derajat. Penentuan arah Utara sejati dapat dilakukan dengan menggunakan data-data yang diperlukan, antara lain:

- a.) Lintang tempat (ϕ^x).
- b.) Bujur tempat (λ^x).
- c.) Bujur daerah (λ^d).
- d.) Waktu pengukuran (WD).
- e.) Deklinasi pada waktu pengukuran (δ).
- f.) *Equation of time* pada waktu pengukuran (e).

Data-data tersebut yang akan kita gunakan untuk mencari azimuth bayangan Matahari (*mizwah*), karena pada dasarnya konsep yang digunakan dalam bercet adalah menggunakan azimuth *mizwah*. Perhitungan nilai *mizwah* adalah melalui beberapa langkah sebagai berikut:

- a.) Mencari sudut waktu Matahari dengan rumus:²⁶

$$t = WD + e - (\lambda^d - \lambda^x) / 15 - 12 = \dots \times 15$$

Sudut waktu harus diabsolutkan atau dimutlakkan nilainya, karena dalam hal derajat busur, suatu sudut tidak ada yang bernilai negatif. Negatif positifnya hasil perhitungan sudut adalah untuk membedakan waktu yang dicari, apakah pagi atau sore. Sudut waktu negatif ketika terjadi sebelum kulminasi, dan positif ketika setelah kulminasi.

- b.) Mencari arah Matahari dengan rumus sama dengan mencari arah kiblat, hanya saja lintang Kakbah diganti dengan deklinasi Matahari dan selisih bujurnya diganti dengan sudut waktu Matahari. Sudut waktu yang digunakan dalam mencari arah Matahari harus dipositifkan (absolut). Lebih lengkapnya adalah sebagai berikut:²⁷

$$\text{Cotan } A = \tan \delta \times \cos \phi^x / \sin t - \sin \phi^x / \tan t$$

Jarak antara Matahari dengan lingkaran ekuator langit sepanjang lingkaran besar vertikal disebut dengan deklinasi

²⁶ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), 58.

²⁷ Ahmad Syifaul Anam, *Perangkat Rukyat Non Optik*, (Semarang: CV Abadi Jaya, 2015), 218.

Matahari, dalam bahasa Inggris disebut dengan *apparent declination* atau dikenal pula dengan istilah *mail al-syams*. Deklinasi bernilai positif berarti Matahari berada di sebelah utara ekuator, tapi bila nilai deklinasi negatif berarti Matahari berada di sebelah selatan ekuator.²⁸

Deklinasi Matahari berubah sewaktu-waktu selama satu tahun dan pada tanggal-tanggal tertentu, yaitu 21 Maret – 23 September deklinasi Matahari positif karena di bagian utara. Antara tanggal 23 September–21 Maret deklinasi Matahari berada di selatan dan disebut negatif, setelah tanggal 21 Maret Matahari mulai bergerak ke Utara menjauhi ekuator hingga tanggal 21 Juni mencapai nilai 23° 26'.²⁹ Deklinasi Matahari biasa disingkat dengan δ (delta). Satuannya adalah derajat (°). Deklinasi digunakan untuk mencari sudut waktu dan azimuth Matahari (azimuth bayangan). Jika deklinasi Matahari bernilai positif (+) maka nilai arah Matahari juga bernilai positif (+), begitu juga jika deklinasinya bernilai negatif (-) maka arah Matahari juga bernilai negatif (-). Positif atau negatifnya nilai dari arah Matahari mengikuti positif atau negatifnya deklinasi Matahari.

c.) Menghitung azimuth Matahari dengan kaidah sebagai berikut:

Waktu pengukuran	Deklinasi Matahari	Azimuth Matahari
------------------	--------------------	------------------

²⁸ Kemenag, *Ephemeris Hisab Rukyat 2020*, (Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan dan Bimbingan Islam, 2019), 1.

²⁹ Dalam kitab al-Khulāṣah al-Wafiyah disebutkan bahwa deklinasi terjauh (mail al-a'zam) adalah 23° 27'. Lihat Zubair 'Umar al-Jailani, *al-Khulāṣah al-Wafiyah*, (Kudus: Penerbit Menara Kudus, tt), 81.

Pagi	Positif	arah Matahari
Pagi	Negatif	$180^\circ - \text{arah Matahari (-)}$
Sore	Negatif	$180^\circ - \text{arah Matahari (-)}$
Sore	Positif	$360^\circ - \text{arah Matahari}$

Tabel 4.2 Cara Menghitung Nilai Azimuth Matahari

Azimuth Matahari adalah busur yang dihitung dari titik Utara sejati ke Timur searah jarum jam melalui koordinat horizon yang menghubungkan lingkaran vertikal yang dilalui oleh benda langit tersebut. Nilai azimuth Matahari selalu positif karena dihitung dari Utara sejati. Umat Islam memerlukan waktu dan kaitannya dengan Matahari untuk menentukan arah dalam kaitannya dengan lima waktu salat.³⁰

- d.) Menghitung nilai *mizwah*, yaitu azimuth bayangan Matahari. *Mizwah* merupakan azimuth bayangan, maka nilai *mizwah* tersebut dapat diketahui dengan menarik titik kebalikan dari azimuth Matahari. Kaidah untuk menghitung nilai *mizwah* sebagai berikut:

Azimuth Matahari	<i>Mizwah</i>
$< 180^\circ$ (kurang dari 180°)	Azimuth Matahari + 180°
$> 180^\circ$ (lebih dari 180°)	Azimuth Matahari - 180°

Table 4.3 Cara Menghitung Azimuth Mizwah

Apabila telah ditemukan nilai azimuth *mizwah* Matahari, selanjutnya mengamati bayangan pada bidang dial bencet yang jatuh pada nilai *mizwah* dan mencocokkannya dengan nilai jam Matahari setempat. Nilai 0° pada bidang dial

³⁰ Ahmad Izzuddin, *Kajian terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Kementerian Agama RI, 2012), 768.

tersebut merupakan arah Utara atau Selatan sejati dan menunjukkan jam 12 istiwa.

Bencet dengan model gnomon horizontal memiliki angka-angka pada bidang dial yang dibuat dengan menyesuaikan nilai azimuth bayangan. Bidang dial yang melengkung sebagai transformasi dari busur siang. Ketika jam menunjukkan pukul 06.00 waktu istiwa, maka otomatis azimuth bayangan adalah senilai tinggi Matahari ketika terbit, yaitu 0 derajat. Saat Matahari mencapai titik kulminasi yaitu pukul 12.00 waktu istiwa, maka azimuth bayangan adalah 90 derajat yang artinya sama dengan tinggi Matahari kulminasi, yaitu 90 derajat.

Penggunaan jam bencet horizontal sama dengan pemanfaat *istiwa'aini* ataupun *mizwalla* untuk menentukan waktu. Penentuan arah Utara sejati dengan menggunakan *istiwa'aini* adalah dengan menghitung nilai azimuth Matahari pada saat jam observasi. Bayangan yang dihasilkan dari kedua gnomon diluruskan tepat di atas garis merah pada bidang dial *istiwa'aini*, yaitu lurus dengan angka 180 derajat. Angka nol (0°) menunjukkan posisi Matahari yang sesungguhnya atau azimuth Matahari. Nilai yang dihasilkan dari pengurangan angka 360 derajat dengan nilai azimuth Matahari adalah arah Utara sejati.

Penentuan arah geografis berupa arah Utara sejati ini sebagai data supaya ketelitian observasi terjaga. Pada saat kulminasi, bayangan yang jatuh menunjukkan arah Utara atau Selatan sejati, maka ketika bayangan tongkat sudah bergeser

dari arah Utara atau Selatan yang sudah ditentukan, otomatis pada saat tersebut Matahari sudah zawal atau bisa dikaitkan dengan sudah masuknya awal waktu Zuhur. Pengamatan dengan menggunakan panjang bayangan yang ditunjukkan oleh gnomon bencet cukup sulit dilakukan jika panjang gnomon terlalu pendek, karena bayangan yang dibentuk juga akan semakin pendek, apalagi ketika deklinasi Matahari mendekati nilai lintang tempat.

Koreksi waktu daerah juga menjadi data untuk kalibrasi jam bencet. Bayangan yang diamati melalui gnomon jam bencet menunjukkan waktu yang harus dikoreksi dengan waktu daerah. Koreksi itu menggunakan nilai *equation of time* dan bujur daerah. Nilai *equation of time* dapat diperoleh dari aplikasi winHisab Kemenag RI atau buku ephemeris hisab rukyat kemenag RI yang terbit setiap satu tahun sekali atau dengan algorithma Meeus, dan juga algorithma yang ada di buku Mekanika Benda Langit karya Rinto Anugraha. Pada saat kulminasi, ada kemungkinan arah bayangan benda yang berdiri tegak:

- a.) Arah bayangan benda di Utara benda tersebut. Kondisi ini terjadi ketika Matahari melintasi meridian, posisi berada di belahan langit Selatan, azimuth 180° .
- b.) Arah bayangan benda di Selatan benda, yaitu ketika kulminasi, posisi berada di belahan langit Utara, azimuth 0° sampai 360° .
- c.) Tidak ada bayangan sama sekali. Ketika kulminasi, posisi tepat berada di atas zenith, atau Matahari berada pada sudut

90° diukur dari ufuk.³¹ Fenomena ini terjadi ketika harga deklinasi Matahari sama dengan lintang tempat, sehingga pada saat itu adalah hari tanpa bayangan bagi daerah yang bersangkutan atau biasa disebut dengan hari tropik. Peristiwa tropik ini terjadi pada daerah dengan koordinat lintang antara minus 23,5 derajat hingga 23,5 derajat. Adapun di Jawa, hari tanpa bayangan itu terjadi antara tanggal 28 Februari-7 Maret, dan 6-14 Oktober.

Waktu istiwah yang dihasilkan oleh perhitungan saat kulminasi adalah dengan menggunakan data-data GMT. Konversi waktu istiwah ke waktu daerah dapat dilakukan dengan koreksi daerah. Rumus koreksi waktu daerah: $(\lambda^d - \lambda^x) / 15$. Adapun untuk menentukan saat kulminasi adalah $= 12 - e +$ koreksi waktu daerah.

$$\text{Waktu Hakiki} = \text{Jam Bidik} + e - (BD - BT) / 15$$

$$\text{Sudut Waktu} = (WH - 12) \times 15$$

$$\text{Sin h Matahari} = \text{Sin LT} \times \text{sin d} + \text{cos LT} \times \text{cos d} \times \text{cos t}$$

$$\text{PB} = \text{panjang tongkat} / \tan h^{32}$$

Pencarian data Matahari (deklinasi dan *equation of time*) melalui program WinHisab Kemenag RI³³ disajikan dengan format data Matahari perjam dalam satu hari. Data yang diambil

³¹ Ahmad Musonnif, *Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Teras, 2011), 62.

³² LT: lintang tempat d: deklinasi Matahari e: perata waktu t: sudut waktu Matahari dan h: tinggi Matahari.

³³ Bisa didownload di aplikasi Winhisab v. 2.0 atau dengan melihat Buku Ephemeris Hisab Rukyat Kemenag RI yang terbit setiap tahun.

adalah jam 12 Greenwich atau jika dikonversi ke WIB, maka jam 12 – 7 adalah data jam 5 pada tampilan data Matahari WinHisab.

Persiapan kalibrasi jam bencet di lokasi observasi harus selesai dikerjakan sebelum Matahari di titik kulminasi. Alangkah lebih baik apabila observasi dimulai sebelum Matahari kulminasi untuk melatih mata melihat perubahan-perubahan panjang dan arah bayangan dari gnomon yang relatif sangat detail. Penunjuk waktu atau jam yang tepat sangat diperlukan agar setiap perbuatan yang berhubungan dengan waktu dapat diperhitungkan.

Jam yang digunakan adalah jam yang ditetapkan sesuai dengan waktu sipil yang digunakan oleh Radio Republik Indonesia (RRI) dan Televisi Republik Indonesia (TVRI) di dalam siaran-siarannya. Pada waktu-waktu tertentu beberapa detik sebelum tiba waktunya, akan ada bunyi tit, tit, tit... dari RRI adalah memberi kesempatan bagi kita untuk mencocokkan jam kita dengan jam di RRI.

Lembaga pemerintah yang menjaga ketepatan waktu adalah Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Jam atom mampu memberikan tanda-tanda waktu dengan frekuensi yang hampir tak berubah dalam tempo yang sangat lama. Penunjukan waktu dengan jam atom BMKG ini ketepatannya sama dengan waktu standar internasional, yaitu waktu Greenwich Rata-Rata (*Greenwich Mean Time*) GMT. Jam 0 GMT sama dengan jam 7 Waktu Indonesia Barat (WIB), atau jam 8 Waktu Indonesia Tengah (WITA), atau jam 9 Waktu Indonesia Timur (WIT).

Jam yang disesuaikan dengan jam atom BMKG sangat berpengaruh pada proses kalibrasi jam bencet. Penyesuaian jam juga dapat dilakukan dengan waktu yang ada di internet. Website yang bisa diakses untuk penyesuaian waktu yaitu time.bmkg.go.id/Jam.BMKG. Link tersebut akan menyinkronkan jam yang kita gunakan untuk observasi, apakah sudah sama dengan jam yang ada di jaringan tersebut. Kalibrasi jam juga dapat dilakukan dengan melalui <https://time.is>. Website time.is dengan sendirinya akan menghubungkan waktu di gadget kita dengan waktu sesuai dengan lokasi (kota) kita berada. Sinkronisasi jam juga bisa dilakukan melalui jam *Greenwich Mean Time* (GMT) yang merupakan konsensus patokan jam, yaitu dengan mengakses <https://greenwichmeantime.com>. Ada dua tampilan jam, pertama *my time* berarti jam di tempat kita dan yang kedua GMT berarti jam internasional rata-rata (Greenwich).

Kalibrasi jam bencet, terutama bencet dengan bidang dial horizontal biasanya dilakukan pada saat Matahari kulminasi. Observasi ini tentu sangat riskan karena posisi Matahari pada saat kulminasi berbeda dengan saat pagi atau sore hari yang relatif bergerak naik atau turun dan tidak terlalu mempengaruhi azimuthnya. Adapun titik kritis yang relatif terjadi pada saat observasi waktu kulminasi melalui jam bencet adalah:

a.) *Human error* pada saat pengukuran panjang bayangan.

Jatuhnya bayangan dari tongkat atau gnomon pada bidang datar pada saat kulminasi cenderung sangat pendek, bahkan harus memperhitungkan hingga satuan di bawah

milimeter. Adapun alat ukur yang kita gunakan adalah mistar. Mistar hanya dapat menjangkau satuan milimeter. Jalan yang bisa ditempuh adalah dengan memberikan tanda pada ujung bayangan saat sebelum kulminasi dan setelahnya lalu membandingkannya dengan saat kulminasi. Bayangan mana kah yang terpendek itulah saat kulminasi Matahari. Sesaat setelah itu adalah awal, atau masuk awal waktu Zuhur. Ketelitian pengamat dalam hal ini sangatlah dibutuhkan. Tanda pada bidang dial bencet ini harus dibuat sedetail mungkin sebagaiantisipasi perubahan panjang bayangan yang teramat kecil. Bayangan benda yang dibentuk oleh cahaya Matahari inilah yang dapat menunjukkan waktu secara akurat, sebagaimana bayangan Matahari dapat digunakan untuk menentukan arah kiblat pada jam-jam tertentu.³⁴

b.) Mendung atau Matahari tertutup awan di saat observasi.

Cuaca memiliki andil penting dalam menentukan keberhasilan pelaksanaan observasi karena obyek observasi adalah bayangan benda yang dibuat oleh Matahari. Pengkalibrasian jam bencet harus memperhatikan kondisi *equation of time* perharinya, maka pada saat cuaca relatif sering mendung, kalibrasi itu seharusnya bisa dilakukan dengan ikhtiyar pemberian ihtiyath untuk hasil kalibrasi hari sebelumnya

³⁴ Hendri, "Prayer Room Qibla Direction at School in Bukittinggi: Qibla Study in Junior High School and Senior High Schools Payer Room", *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy*, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo, volume 1 (2019), 34.

supaya dapat digunakan sebagai pedoman pada hari-hari berikutnya.

c.) Pemasangan alat yang tidak benar.

Kedataran alat yang digunakan sangat menentukan keberhasilan observasi. Ketidakdataran bidang dial dari jam bencet menyebabkan panjang bayangan yang dibentuk juga akan berbeda dengan hasil hisab demikian juga azimuth bayangan akan cenderung berbeda. Arah yang ditunjukkan pada saat kulminasi juga akan tidak tepat dan bisa jadi bukanlah menunjukkan arah Utara atau Selatan sejati.

d.) Sinkronisasi waktu pembedikan.

Jam yang digunakan ketika observasi harus disesuaikan dengan jam standar. Sambungan jaringan internet juga mempengaruhi akurasi jam jika menggunakan jam di time.bmkg.go.id/Jam.BMKG atau <https://time.is> atau <https://greenwichmeantime.com> secara online.

e.) Konversi waktu

Kecepatan Bumi di orbit elips yang bervariasi dan kemiringan sumbu Bumi merupakan sebab jauhnya Bumi-Matahari sehingga menyebabkan pergantian musim yang membuat jam dari Matahari nyata (waktu istiwah) tidak teratur dan tidak merata. Koreksi bujur dibutuhkan karena selisih waktu jam dan waktu Matahari berhubungan dengan zona waktu (waktu standar). Waktu Matahari tetap akan menunjukkan waktu

setempat, meskipun semua jam akan menunjukkan waktu standar yang sama.³⁵

f.) Pemahaman selisih waktu hakiki dan daerah.

Hal riskan lainnya adalah pemahaman bahwa jarak antara WIS dan WIB berkisar antara 15-30 menit, seperti halnya di masyarakat Bawean. Masyarakat beranggapan bahwa selisih WIB dan WIS selalu berjarak 30 menit. Jika WIB menunjukkan pukul 12.00, maka mereka akan mengira bahwa WIS menunjukkan pukul 12.30 dengan jarak 30 menit lebih cepat dari WIB.

Pemahaman di atas menjadi pemahaman yang salah jika dikaitkan dengan ibadah seperti waktu salat dan ibadah lainnya, jika diterapkan akan menjadi fatal karena tidak selamanya selisih waktu hakiki dan daerah adalah 30 menit. Pemahaman itu tidak menjadi sesuatu yang fatal dalam kegiatan interaksi sosial dalam kehidupan sehari-hari, yang dalam artian boleh saja beranggapan seperti itu.

C. Analisis Algoritma Pembuatan Program Kalibrasi Jam Bencet

Waktu istiwa adalah waktu yang didasarkan pada perjalanan Matahari hakiki. Matahari berkulminasi pada pukul 12.00 dan berlaku sama untuk setiap hari, sedangkan untuk dijadikan waktu pertengahan perlu dikoreksi dengan nilai perata

³⁵ E. Jones Lawrence, *The Sundial and Geometry: An Introduction for The Classroom*, Second Edition, (Glastonbury: North American Sundial Society, 2005), 24.

waktu. Waktu istiwa dalam bahasa Inggris biasa disebut dengan *Solar Time*.³⁶

Waktu Istiwa atau yang biasa diistilahkan dengan WIS adalah jam setempat di saat Matahari berada pada titik kulminasi tepat pukul 12.00 siang.³⁷ Jam bencet memiliki satuan waktu WIS (Waktu Istiwa Setempat) yang dalam istilah astronomi disebut *Apparent Solar Time* (AST). Waktu Matahari mencapai titik kulminasi atas ditetapkan pukul 12.00 WIS. Jam istiwa inilah yang menjadi satuan jam bencet. Adapun cara untuk menentukan waktu istiwa yaitu dengan melihat Matahari ketika melewati garis istiwa yakni garis langit yang menghubungkan utara dan selatan. Bencet dilengkapi dengan garis utara selatan, sehingga ketika bayangan Matahari tepat berada dalam dua garis tersebut menunjukkan waktu istiwa.

Matahari mencapai titik kulminasi di suatu tempat tertentu tepat pukul 12.00. Bumi mengedari Matahari melalui lintasan yang berbentuk lingkaran, dengan Matahari berada di titik pusatnya. Tergelincirnya Matahari diartikan bahwa Matahari sebelah timur tampak menyinggung garis vertikal suatu tempat.

Waktu istiwa adalah waktu dimana Matahari berada tepat di atas zenith dan pada waktu tersebut dilarang untuk melaksanakan salat. Perbolehan untuk melaksanakan salat adalah setelah Matahari tergelincir dari titik kulminasinya. Semua itu dapat diketahui

³⁶ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012), 105.

³⁷ Salamun Ibrahim, *Ilmu Falak (Cara Mengetahui Awal Tahun, Awal Bulan, Arah Kiblat, Musim dan Perbedaan Waktu)*, (Surabaya: Penerbit Pustaka Progressif, 2003), 48.

dengan melihat bencet nama lain jam Matahari, dengan melihat bayangan tongkatnya.

Orbit Bumi mengelilingi Matahari berbentuk elips sedangkan Matahari berada pada salah satu titik apinya, sehingga suatu saat Bumi dekat dengan Matahari (*Perihelion*) yang menyebabkan gaya gravitasi Bumi menjadi kuat sehingga perputaran Bumi menjadi cepat yang akibatnya sehari semalam kurang dari 24 jam. Pada saat lain juga Bumi berada jauh dari Matahari (*Aphelion*) yang menyebabkan gaya gaya gravitasi Bumi menjadi lemah sehingga perputaran Bumi menjadi lambat yang akibatnya sehari semalam lebih dari 24 jam.

Waktu yang menggunakan kaidah WIB/WITA/WIT adalah waktu yang berdasarkan dengan waktu pertengahan atau *mean time* yaitu waktu yang didasarkan pada peredaran Matahari khayalan yang seakan-akan perjalanannya stabil atau rata tidak pernah terlalu cepat dan tidak pernah terlalu lambat yang dalam satu hari tetap 24 jam tidak kurang dan tidak lebih. Waktu pertengahan (*mean time*) kadang bisa bersamaan dengan waktu hakiki dalam posisi peredarannya dan juga bisa tidak bersamaan. Suatu ketika waktu pertengahan mendahului waktu hakiki dan pada saat yang lain waktu pertengahan bisa didahului oleh waktu hakiki. Panjang dan selisih antara kedua waktu tersebut dapat diketahui dengan menggunakan data perata waktu atau yang disebut dengan *equation of time* yang dilambangkan dengan simbol ($e/eq/EoT$). Jika e bernilai (+) maka panjang waktu hakiki mendahului waktu pertengahan dan apabila e bernilai negatif maka panjang waktu hakiki mendahului panjang waktu pertengahan. Nilai e ini akan

selalu berubah setiap harinya yang mengakibatkan waktu hakiki dan perata tidak selalu sama kecuali pada saat nilai e tersebut 0 j 00 m 00 d maka waktu perata dan hakiki akan menunjukkan waktu yang sama. Nilai e ini setiap tahunnya rata-rata bernilai sama paling tidak selisih beberapa detik.

Kalibrasi jam bencet dapat disusun menjadi suatu program menggunakan software yang ada di Microsoft Office. Software-software tentu disusun dengan rumus-rumus matematika/astronomi. Rumus-rumus itu tentu saja “tersembunyi” di balik software. Pengguna hanya dapat memberikan input (masukan) dan kemudian keluar outputnya. Bagaimana prosesnya, dan bagaimana rumus itu sendiri, kita seringkali tidak mengetahui. Sebagian kita bisa jadi sudah cukup puas dengan hasil keluarannya. Khususnya bagi penulis, adalah penting untuk mengetahui prosesnya. Bagaimanapun juga, mengetahui rumus dasarnya adalah penting untuk memahami ilmu hisab ini secara utuh.

Rumus-rumus matematika/astronomi yang terdapat dalam ilmu hisab ini, menurut hemat penulis, bukanlah rumus yang sulit. Pengetahuan dasar matematika seperti aljabar biasa (tambah, kurang, kali, bagi, pangkat, akar), dan trigonometri (seperti sinus, cosinus, tangen serta inversinya) adalah yang diperlukan untuk membuat program.

Beberapa rumus data Matahari agak panjang, bahkan jika kita ingin menentukan penghitungan dengan akurasi sangat tinggi, terkadang dibutuhkan penjumlahan (serta perkalian) yang melibatkan ribuan suku. Rumus-rumus dan angka-angka perhitungan banyak yang disusun dalam bentuk file Microsoft

Excel. Format ini sengaja dipilih, karena mayoritas dianggap sudah familiar.

Program dalam file Microsoft Excel dapat digunakan hanya dengan mengisikan tanggal/koordinat atau data penting lainnya, dan seketika hasilnya dapat diperoleh. Keuntungannya, rumus-rumus dan angka-angka perhitungan dapat dilihat langsung, dipelajari dan diverifikasi. Rumus juga dapat dimodifikasi. Tak tertutup kemungkinan, ada di antara pembaca yang ingin membuat software hisab dengan memanfaatkan data-data dalam file excel tersebut.

Salah satu metode penentuan waktu yang didasarkan pada pengamatan bayangan Matahari langsung adalah metode penentuan waktu menggunakan jam bencet. Penulis ingin mengembangkan metode ini dengan menambahkan konsep alternatif kalibrasi jam bencet untuk menjadi acuan saat waktu kalibrasi, cuaca sedang mendung atau langit gelap melalui program Microsoft Excel.

Konsep ini penulis sebut sebagai sebuah alternatif karena dalam perhitungannya untuk mencari interval waktu yang tepat yang bisa mewakili beberapa hari pengamatan dengan satu kali pengamatan. Penulis berpendapat dengan adanya pedoman berupa interval waktu yang bisa mewakili kalibrasi jam bencet, walaupun kalibrasi tidak dilakukan setiap hari namun hasil berupa waktu hakiki yang ditunjukkan adalah waktu yang akurat, sehingga jika digunakan untuk pelaksanaan ibadah tidaklah mendahului ataupun melewati waktu ibadah.

Pembahasan selanjutnya yang akan penulis paparkan adalah proses perhitungan kalibrasi jam bencet. Langkah-langkah yang harus ditempuh untuk menghitung alternatif kalibrasi jam bencet

penulis sebut sebagai pemrograman kalibrasi jam bencet. Pemrograman kalibrasi jam bencet adalah langkah-langkah dalam perhitungan yang hampir sama dengan langkah kalibrasi jam bencet yang penulis cantumkan di Subbab B. Perbedaannya adalah pedoman kalibrasi yang dibahasakan di subbab ini dalam program excel.

1. Format penulisan

Perlu diperhatikan, jika ingin memasukkan rumus program dalam Microsoft Excel perlu dilakukan sedikit perubahan tentang tanda operasinya, baik operasi penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian. Perubahan juga diperlukan dalam proses perhitungan menggunakan rumus trigonometri. Berikut akan penulis jelaskan secara lebih detail.

a. Penjumlahan

Operasi penjumlahan dari dua data dengan menggunakan Microsoft Excel yang merupakan *software* pengolah angka dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan tanda operasi dan menggunakan fungsi SUM. Berikut adalah ketentuannya:

- 1.) Tanda operasi penjumlahan. Operasi penjumlahan harus diawali dengan tanda sama dengan “=” yang diikuti dengan sel yang berisi data yang ingin dijumlahkan kemudian diikuti dengan tanda operasi penjumlahan “+” dan disusul dengan sel yang berisi data lainnya. Jika dirumuskan maka rumusnya adalah =sel1+sel2+sel3+...dst. Tanpa menyertakan tanda sama dengan (=), maka fungsi tidak dapat terbaca.

2.) Fungsi SUM. Fungsi ini sangat cocok digunakan untuk melakukan operasi penjumlahan beruntun seperti penjumlahan data yang berjumlah ribuan data. Caranya adalah dengan menuliskan sama dengan “=” diikuti dengan kurung buka “(“ sel yang berisi data pertama kemudian tanda titik dua “:” diikuti dengan sel yang berisi data terakhir dan diakhiri dengan kurung tutup “)”. Rumusnya adalah =SUM(sel 1:sel 2).

b. Pengurangan

Operasi pengurangan cukup mudah digunakan. Caranya adalah dengan mengawalinya menggunakan sama dengan “=” kemudian sel 1 diikuti dengan tanda pengurangan “-“ dan diakhiri dengan sel 2. Jika ditulis rumusnya adalah= sel 1-sel 2-sel 3 ... dst.

c. Perkalian

Operasi hitung perkalian dalam Microsoft Excel yaitu dengan menggunakan tanda bintang. Operasi perkalian juga harus diawali dengan tanda sama dengan “=” dan harus tanpa spasi. Rumusnya adalah =sel 1*sel 2*sel 3 ... dst.

d. Pembagian

Pembagian dalam Microsoft Excel menggunakan tanda berupa garis miring “/” yang diawali dengan tanda sama dengan “=” dan diketik tanpa menggunakan spasi. Cara penulisannya adalah =sel 1/sel 2/sel 3 ... dst.

e. INT

INT adalah lambang di Microsoft Excel untuk menyatakan integer (bilangan bulat dari suatu bilangan) atau angka sebelum koma pada desimal. Contoh $INT(26) = 26$. $INT(1,21) = 1$. INT dapat

juga dimasukkan pada bilangan negatif, $\text{INT}(-2,8) = -3$, bukan -2 . INT dalam program kalibrasi digunakan untuk mengambil nilai bulat dari suatu hasil operasi hitung.

f. Trigonometri

Microsoft Excel adalah *software* pengolah angka pecahan dalam format desimal sedangkan data-data trigonometri yang bernilai pecahan biasanya menggunakan format derajat. $\sin 0^\circ = \cos 90^\circ = 0$ dan $\sin 90^\circ = \cos 0^\circ = 1$.³⁸ Pembuatan sistem operasi trigonometri perlu merubah pecahan dalam satuan derajat ke dalam satuan desimal. Adapun cara memasukkan data ke dalam fungsi trigonometri adalah sebagai berikut:

- 1.) Jika fungsi trigonometri ada di sebelah kanan tanda sama dengan, maka untuk memasukkan data cukup menyelipkan “RADIANS” antara fungsi trigonometri dengan sel yang berisi data. Fungsi trigonometri yang dimaksud berupa \sin , \cos , \tan , \sec , cosec , dan cotan . Penulisan rumusnya adalah =fungsi trigonometri(RADIANS(sel)).
- 2.) Jika fungsi trigonometri ada di sebelah kiri sama dengan “=”, maka dalam perhitungan menggunakan Microsoft Excel menggunakan sama dengan “=” kemudian “DEGREES” lalu arcus atau invers dari fungsi trigonometri (dalam Excel dituliskan sebagai huruf A sebelum fungsi trigonometri) yang didahului kurung buka “(“ dan dilanjut dengan sel yang berada

³⁸ Muh. Hadi Bashori, *Kepunyaan Allah Timur dan Barat*, (Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 2014), 161.

dalam tanda kurung. Jika dirumuskan menjadi
=DEGREES(A_fungsi trigonometri(sel)).

Rumus dalam Excel tidak boleh menggunakan spasi. Jumlah tanda kurung tutup “)” juga harus sesuai dengan jumlah kurung buka “(“. Perbedaan jumlah akan berpengaruh pada hasil formula yang ada.

2. Pembuatan Program Excel

Jika sudah memahami apa saja yang harus dilakukan dalam format penulisan program di Microsoft Excel, penulis akan melanjutkan pembahasan ke bagian penyusunan program kalibrasi jam bencet berbasis Microsoft Excel. Berikut adalah rinciannya.

a. Input data

1.) Waktu

Program Microsoft Excel yang penulis susun akan secara otomatis mengitung perjalanan waktu hakiki selama satu bulan pada tahun yang dicari. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk melihat pola yang terbentuk selama satu bulan, berapa toleransi yang bisa dicapai setiap bulannya dalam setahun. Penulis menganalisis pola tersebut sehingga bisa menjadikan tabel ini sebagai tabel abadi.

Bulan yang diinput adalah bulan dan tahun yang dicari. Cara memasukkan data bulan supaya bisa langsung dipilih tanpa harus mengetikkan nama bulannya adalah dengan cara klik menu data, kemudian *data validation*, pilih *data validation* yang berbentuk *list*, kemudian ketikkan *source* atau data sumbernya dari kolom Microsoft excel yang telah berisi nama-nama bulan, lalu klik Ok. Kolom itu akan berisi nama-nama bulan yang

sudah diinput dan bisa dipilih secara *list* (daftar). Adapun untuk tahun, cukup dengan mengetikkan tahun yang dikehendaki karena jika dibuat daftar sebagaimana bulan, tentu akan sangat panjang karena bilangan tahun tidak seperti bulan yang terbatas sampai dengan 12 bulan.

2.) Lintang tempat

Lintang tempat digunakan untuk menyesuaikan perhitungan dengan tempat yang ingin dihitung. Perubahan lintang tempat akan berpengaruh terhadap beberapa variabel yakni arah Matahari, sudut waktu, waktu daerah dan juga akan berpengaruh terhadap perubahan data-data Matahari. Input data lintang ini ditujukan untuk lintang tempat yang dihitung (lintang tempat pengamat). Cara input nilainya adalah dengan mencantumkan bilai derajat menit dan detik busur, dalam pemrograman, satuan itu akan diubah menjadi desimal dengan rumus $=sel1+sel2/60+sel3/3600$. Sel 1 adalah satuan derajat, sel 2 satuan menit, dan sel 3 satuan detik.

3.) Bujur tempat

Bujur tempat erat kaitannya dalam perhitungan mengenai waktu. Perubahan bujur tempat juga berakibat perubahan hasil di beberapa langkah dalam perhitungan. Perubahan bujur tempat akan berakibat pada perubahan waktu sehingga juga akan mempengaruhi data-data Matahari. Kolom input bujur tempat disediakan untuk bujur tempat yang dihitung (bujur tempat pengamat). Bujur tempat juga berpengaruh pada konversi waktu daerah. Cara input nilainya adalah dengan mencantumkan bilangan derajat menit dan detik busur, dalam

pemrograman, satuan itu akan diubah menjadi desimal dengan rumus $=\text{sel1}+\text{sel2}/60+\text{sel3}/3600$.

4.) *Time zone*

Time zone atau zona waktu digunakan dalam perhitungan untuk data-data Matahari serta untuk merubah waktu hakiki menjadi waktu daerah atau sebaliknya. *Time zone* sebagai selisih antara bujur yang dicari dengan bujur 0 derajat.

b. Perhitungan data-data Matahari

Keseluruhan perhitungan data-data Matahari yang penulis gunakan berangkat dari konsep *Julian Day* dengan memanfaatkan rumus-rumus yang terdapat dalam buku karya Rinto Anugraha yang berjudul “Mekanika Benda Langit” dan pemodifikasian dengan rumus dari algoritma Jean Meeus. Perhitungan data Matahari berupa *Julian Day* dan *equation of time*, penulis menggunakan cara yang lebih ringkas namun kualitas hisabnya sama-sama memenuhi kriteria sebagai hisab hakiki *bit tahqiq*, yakni hisab yang dalam perhitungannya menggunakan data hidup (data yang terus berubah seiring dengan perubahan waktu) bukan data mati.

Julian day dihitung dengan rumus $=1720994.5+\text{INT}(365.25*\text{\$sel\$1})+\text{INT}(30.6001*(\text{\$sel\$2}+1))+\text{sel3}+\text{sel4}+(\text{\$sel\$5}+\text{\$sel\$6}/60+\text{\$sel\$7}/3600)/24$. Suatu sel dapat dikunci dengan menambahkan tanda “\$”. Adapun penambahan rumus $+(\text{\$sel\$5}+\text{\$sel\$6}/60+\text{\$sel\$7}/3600)/24$ adalah untuk menyesuaikan jam yang ingin diketahui *Julian Day*nya.

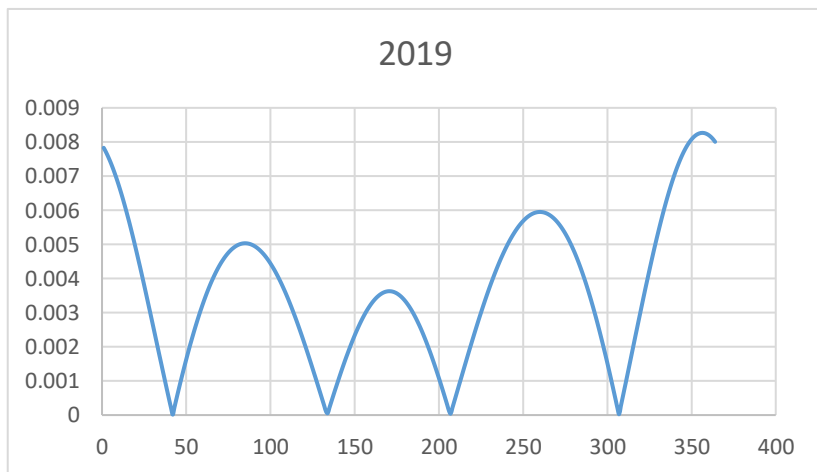
Equation of time dapat dicari dengan rumus $=-(1789+237*\text{sel1})*\text{SIN}(\text{RADIANS}(\text{sel2}))-(7146-62*\text{sel1})*\text{COS}(\text{RADIANS}(\text{sel2}))+ (9934-$

$14 * \text{sel1} * \text{SIN}(\text{RADIANS}(2 * \text{sel2})) -$
 $(29 + 5 * \text{sel1}) * \text{COS}(\text{RADIANS}(2 * \text{sel2})) + (74 + 10 * \text{sel1}) * \text{SIN}(\text{RADIANS}(3 * \text{sel2})) + (320 - 4 * \text{sel1}) * \text{COS}(\text{RADIANS}(3 * \text{sel2})) -$
 $212 * \text{SIN}(\text{RADIANS}(4 * \text{sel2}))) / 1000$ maka waktu daerah adalah $= \text{sel}4 - \text{sel}3 / 60 + (105 - \text{sel}5) / 15$ jika ingin diubah menjadi satuan jam menit dan detik adalah $= \text{INT}(\text{sel}) \& ":" \& \text{INT}((\text{sel} - \text{INT}(\text{sel})) * 60) \& ":" \& \text{ROUND}((((\text{sel} - \text{INT}(\text{sel})) * 60) - \text{INT}((\text{sel} - \text{INT}(\text{sel})) * 60)) * 60.2, 0)$. Pemberian tanda petik dua “.” untuk menampilkan tulisan sebagaimana yang dikehendaki.

Program kalibrasi jam bencet akan menghasilkan suatu tabel. Tabel ini merupakan hasil akhir dari sekian langkah perhitungan yang penulis lakukan menggunakan *software* pengolah angka, Microsoft Excel. Tabel ini memuat beberapa informasi penting yakni indikator waktu (tanggal, bulan dan tahun), jam pelaksanaan kalibrasi lokal dan alternatif kalibrasi yang disertai dengan keterangan selisih waktu hakiki dan waktu daerah. Adanya penambahan atau ihtiyath berupa penambahan satu menit akan cukup untuk alternatif pelaksanaan kalibrasi. Program kalibrasi itu bisa digunakan untuk koordinat Pondok Pesantren Perguruan Islam Pondok Tremas, Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung, Pondok Pesantren Lirboyo Kediri, Masjid As-Salafiyah Pasuruan, dan Masjid Sabilal Jannah Bawean maupun tempat lainnya yang dikehendaki. Masing-masing Pondok dan masjid tersebut di atas dengan koordinat $8^{\circ} 6' 54''$ LS & $111^{\circ} 8' 35''$ BT, $7^{\circ} 46' 13''$ LS &

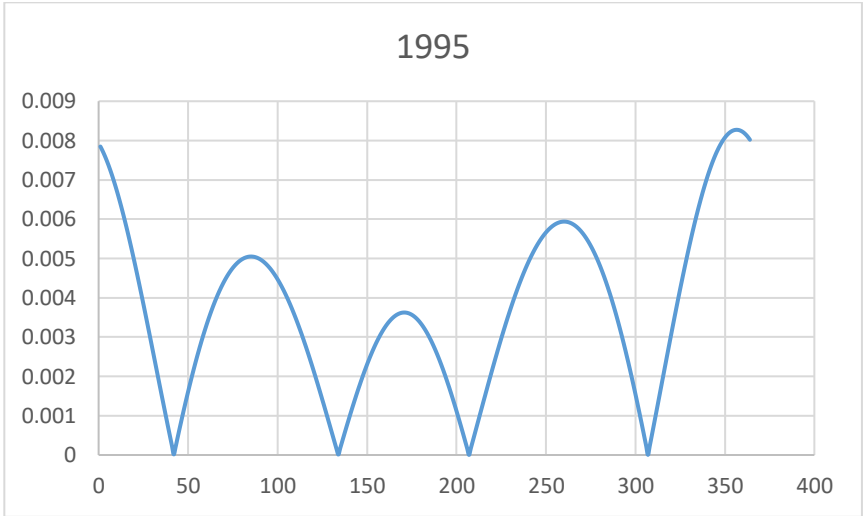
112° 14' 57" BT, 7° 48' 36" & 111° 59' 44" BT, 7° 41' 36" & 112° 52' 9" BT, dan 7° 0' 33" LS & 110° 20' 9" BT.³⁹

Masa berlaku tabel program kalibrasi jam bencet, yaitu sampai kapan perhitungan atau tabel ini bisa berlaku, penulis melakukan perhitungan untuk waktu dalam setahun, mundur satu tahun dan maju satu tahun, kemudian selisih 25 tahun, selisih 100 tahun, dan selisih 400 tahun, baik sebelum tahun yang dicari maupun setelah tahun yang dicari. Masing-masing perhitungan terdiri dari perhitungan waktu hakiki dan daerah, dan selisih waktu. Setiap perhitungan menggunakan data hidup (data-data Matahari sesuai jam yang dicari pada hari tersebut), dengan menambahkan beberapa koreksi berupa penyesuaian data-data Matahari. Alternatif kalibrasi akan membentuk sebuah pola yang berulang setiap 4 tahun sekali.

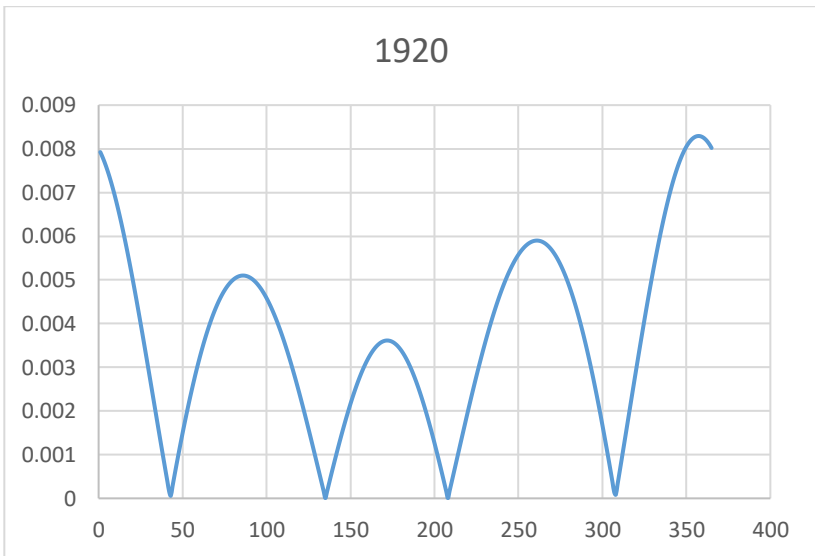


Gambar 4.2 Grafik *Equation of time* dalam Satu Tahun Sebelum 2020

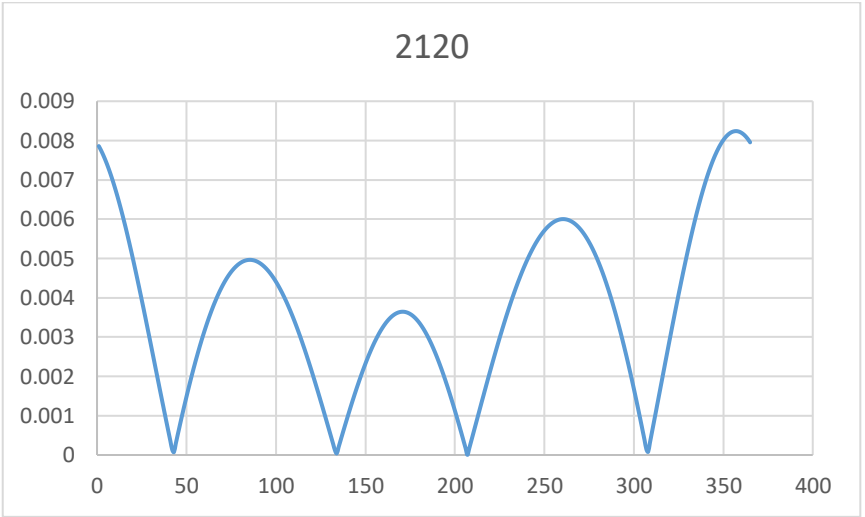
³⁹ Didapatkan melalui aplikasi *Google Earth*.



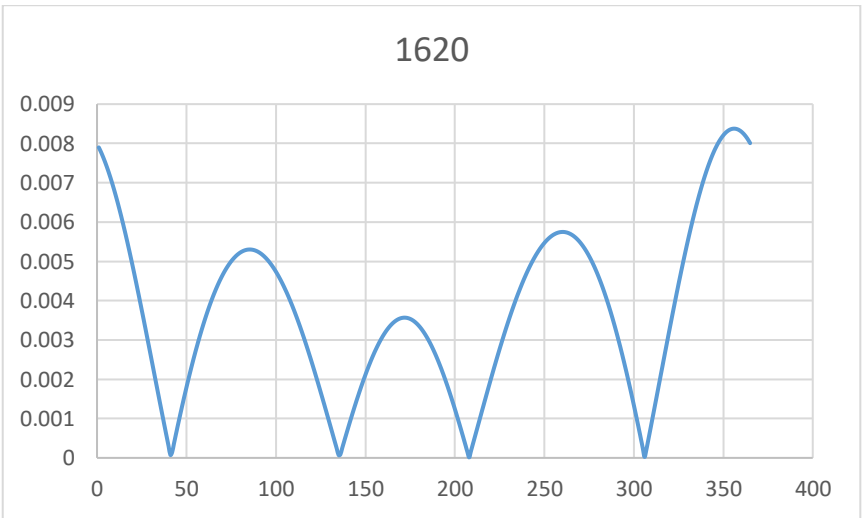
Gambar 4.3 Grafik *Equation of time* dalam selisih 25 Tahun



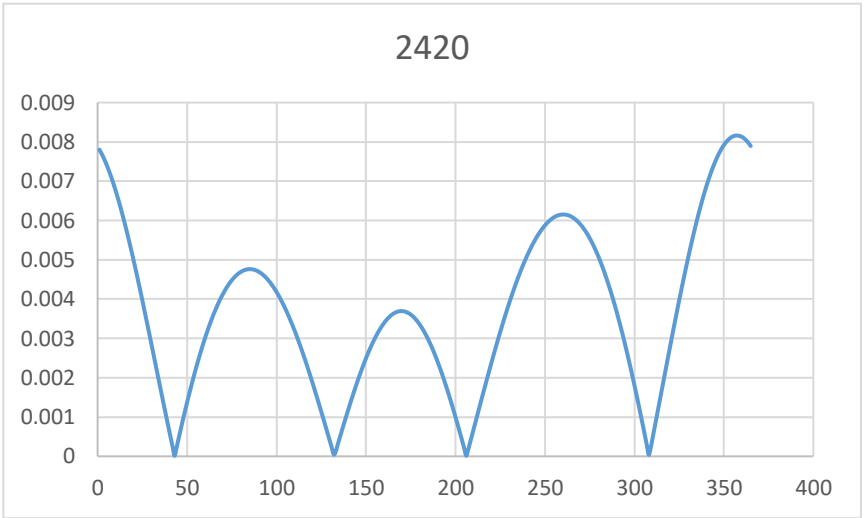
Gambar 4.4 Grafik *Equation of time* dalam Selisih 100 Tahun



Gambar 4.5 Grafik *Equation of time* dalam Selisih 100 Tahun Ke Depan



Gambar 4.6 *Equation of time* dalam Selisih 400 Tahun ke Belakang



Gambar 4.7 *Equation of time* dalam Selisih 400 Tahun Ke Depan

Diagram di atas menunjukkan selisih perata waktu per tahun adalah cenderung sama. Semakin lama selisihnya semakin membesar, namun tidak signifikan. Perubahan itu terlihat pada nilai *equation of time* yang berbeda 21 sampai dengan 23 detik ketika selisih tahun mencapai 400 tahun. Perubahan itu akan bertambah menjadi 1 menit saat 1000 tahun. Sejak tahun 2020 hingga tahun 2120 selisih rata-rata per siklus terus membesar secara teratur dan konsisten. Pembacaan terhadap grafik-grafik di atas tidak hanya berhenti sampai di sini. Ada tiga kesimpulan penting yang dapat penulis peroleh dari grafik-grafik tersebut. *Pertama*, Perubahan skala selisih waktu memiliki siklus empat tahunan. *Kedua*, Selisih waktu memiliki skala yang berubah secara beraturan. *Ketiga*, Selisih rata-rata per siklus terus membesar hingga 400 tahun. Pola

antartahun maupun antarsiklus untuk alternatif kalibrasi cenderung bernilai konstan karena hanya berbeda antara $0^{\circ} 0' 0''$ hingga $0^{\circ} 0' 0,06''$ pertahun sehingga dapat dianggap pola pertahunnya tetap sama.

Penulis mencoba menelusuri sampai kapan program ini bisa digunakan. Perhitungan yang dilakukan dalam program ini ada sebanyak 8 perhitungan. Penulis menemukan pola yang berulang setiap 4 tahun sekali. Dalam kurun 4 tahun selisih antara hasil perhitungan tahun pertama dengan tahun kelima dan tahun-tahun kelanjutannya yang berkelipatan empat sangat kecil sekali. Siklus 4 tahunan ini hanya menghasilkan selisih dalam kisaran detik saja.

Setiap 4 tahun (satu siklus) selisihnya hanya mengasilkan selisih sebesar 0,005 detik saja, sehingga dalam kurun waktu 100×4 tahun perubahan yang terjadi tidak lebih dari 0.5 menit saja. Selisih antara hasil perhitungan tahun pertama dengan tahun urutan non kelipatan empat juga sama-sama hanya sebatas perbedaan dalam besaran 0,005 – 0,006 detik saja.

Penulis menyimpulkan bahwa program excel ini bisa digunakan sepanjang masa. Program excel yang penulis buat memang bisa digunakan untuk perhitungan baik untuk tahun-tahun yang sudah lampau maupun untuk tahun-tahun yang akan terjadi sebab selisih rata-rata waktu yang stabil.

Pola pada abad pertama bentuknya persis dengan pola pada abad kedua, tetapi berbeda dengan abad-abad setelahnya. Tabel yang penulis buat berangkat dari pembacaan penulis terhadap pola-pola yang terbentuk dalam siklus-siklus tahun. Kurun waktu 1000 tahun, pola dari setiap abad bisa saja berbeda, akan tetapi meskipun pola

yang tercipta bentuknya berbeda-beda, perlu diperhatikan bahwa nilai maksimal dari skala selisih rata-rata tersebut tetap saja tidak jauh berbeda dengan skala terbesar pada abad pertama. Perubahan pola ini masih bisa ditoleransi karena perbedaan skala tertinggi dengan skala terendah tidak melebihi durasi rata-rata ihtiyath yang digunakan, yaitu pembulatan detik menjadi menit. Beberapa penjelasan di atas dapat memberikan kesimpulan bahwa program excel dan tabel ini keakurasiannya bisa dipertanggungjawabkan sehingga bisa digunakan oleh orang-orang yang masih menggunakan jam bencet sebagai penunjuk waktu.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Simpulan yang penulis dapatkan berdasarkan pembahasan dan analisis pada bab terdahulu adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan jam bencet di pondok pesantren dan masjid di Jawa Timur selama ini masih menggunakan metode kalibrasi yang variatif. Kalibrasi yang benar agar menghasilkan waktu yang akurat harus memperhatikan koordinat lokasi observasi, jenis bencet, dan data validasi yang meliputi penentuan arah geografis, koreksi waktu daerah, dan akurasi jam.
2. Algoritma pemrograman excel untuk menghasilkan alternatif kalibrasi jam bencet dilakukan dengan menentukan koordinat tempat (lintang, bujur tempat, dan bujur daerah), waktu (bulan dan tahun yang dikehendaki), dan waktu hakiki yang akan digunakan untuk melakukan kalibrasi, memasukkan rumus menghitung nilai Julian Day, Delta T, *equation of time*, dan konversi waktu hakiki dengan waktu daerah.

Algoritma ini menghasilkan pola kalibrasi jam bencet tahunan yang menampilkan tabel berupa waktu daerah dan selisihnya dengan waktu hakiki yang dicari. Tabel itu dapat digunakan sepanjang masa karena data *equation of time* yang berganti secara teratur dan hanya menghasilkan perbedaan tidak lebih dari 0.5 menit dalam kurun waktu 400 tahun.

B. Saran

Penulis ingin menyampaikan saran-saran kepada pihak-pihak yang terkait sebagai berikut:

1. Keakuratan hasil penentuan waktu menggunakan jam bencet perlu ditingkatkan, maka cara pengkalibrasian dan penggunaan jam bencet perlu lebih diperhatikan lagi terutama pada kondisi-kondisi rentan perubahan waktu yang cepat sehingga tingkat kesalahannya semakin kecil.
2. Pengguna jam bencet hendaknya juga menggunakan waktu WIB agar dapat membandingkan waktu hakiki dengan waktu daerah. Penggunaan jam digital yang sudah disetting dengan hisab konversi waktu hakiki ke waktu daerah juga dapat digunakan sebagai alternatif.
3. Penulis berharap agar program kalibrasi ini semakin dikembangkan pada penelitian-penelitian selanjutnya yang barangkali saja bisa dibuat semacam alat untuk penentuan waktu yang mudah digunakan dengan tetap menghasilkan waktu yang akurat berdasarkan posisi Matahari.

C. Penutup

Alhamdulillah penulis lantunkan sebagai ungkapan rasa terima kasih yang tiada terkira atas terselesaikannya tesis ini. Penulis telah berupaya secara optimal, namun penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyusunan tesis ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan dari berbagai sisi. Kritik dan saran yang konstruktif senantiasa penulis harapkan demi terciptanya kesempurnaan pada tesis ini. Semoga tesis ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya.

DAFTAR PUSTAKA

Sumber Jurnal Ilmiah

- Akbar, Reza. "Perhitungan Data Ephemeris Koordinat Matahari Menggunakan Algoritma Jean Meeus Higher Accuracy dan Keterkaitannya dengan Pengembangan Ilmu Falak". *Jurnal Ilmiah Islam Futura*, Pascasarjana UIN Ar-Raniry Aceh, volume 16 (2017): 166-187.
- Alimuddin. "Perspektif Syar'i dan Sains Awal Waktu Shalat". *Al-Daulah*, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Alauddin Makassar, volume 1 (2012): 120-131.
- ". "Sejarah Perkembangan Ilmu Falak". *Al-Daulah*, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Alauddin Makassar, volume 2 (2013): 181-194.
- Fadhilah, Lutfi Nur. "Akurasi Hisab Waktu Zuhur Perspektif Hisab dan Rukyat". *Jurnal Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, volume 6 (2020): 60-74.
- Goyder, R. "The Sundial Problem from A New Angle". *European Journal of Physics*, volume 27 (2006): 413-428. Diakses 09 April 2020. Doi: 10.1088/0143-0807/27/2/023.
- Hambali, Slamet. "Astronomi Islam dan Teori Heliosentris Nicolas Copernicus". *Al-Ahkam*, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, volume 23 (2013): 225-236.
- Heierli, Joachim. "A Sundial with Hour Lines Portraying the Earth". *American Journal of Physics*, volume 87 (2019): 955-960. Diakses 09 April 2020. Doi: 10.1119/10.0000033.
- Hendri. "Prayer Room Qibla Direction at School in Bukittinggi: Qibla Study in Junior High School and Senior High Schools Payer Room". *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy*,

Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang,
volume 1 (2019): 21-36.

Izzuddin, Ahmad. “Dinamika Hisab Rukyat di Indonesia”.
Istinbath: Jurnal Hukum, Fakultas Syariah IAIN Metro
Lampung, volume 12 (2015): 248-273.

-----, “Pemikiran Hisab Rukyat Klasik (Studi atas Pemikiran
Muhammad Mas Manshur al-Batawi)”. *Jurnal Hukum Islam*,
Fakultas Syariah dan Ekonomi Islam IAIN Pekalongan,
volume 13 (2015): 37-46.

-----, “Hisab Rukyat Islam Kejawaen (Studi atas Metode Hisab
Rukyat Sistem Aboge). *Al-Manahij: Jurnal Kajian Hukum
Islam*, Fakultas Syariah IAIN Purwokerto, volume 9 (2015):
123-140.

Jannah, Elly Uzlifatul, dan Elva Imeldatur Rohmah. “Sundial
Sejarah dan Konsep Aplikasinya”. *Jurnal Al-Marshad:
Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, Observatorium
Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
volume 5 (2019): 127-145.

Klein, Judy L. Adrian Riskin. “Learning by The Sun: Observing
Seasonal Declination with A Vertical Sundial”. *Journal of
Science Education and Technology* (2003): 81-88. Diakses 09
April 2020. Doi: 10.1023/A:1022115829592.

Maftuh, M. “Jam Bencet Alat Peraga IPA untuk Memahami
Keterkaitan Rotasi Bumi dengan Jam Istiwa”. *Unnes Science
Education Journal*, Fakultas MIPA Universitas Negeri
Semarang, volume 1 (2012): 34-42.

Mohamoud A. Mohamoud. “Tracing The Shadow: Mathematical
Calculation of Prayer Times Using Spherical Trigonometry”.
Middle-East Journal of Scientific Research, volume 25
(2017): 1650-1663. Diakses 20 Juni 2020. Doi:
10.5829/idosi.mejsr.2017.1650.1663.

- Padil, Abbas. "Dasar-Dasar Ilmu Falak dan Tataordinat: Bola Langit dan Peredaran Matahari". *Al-Daulah*, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Alauddin Makassar, volume 2 (2013): 195-214.
- Rahmatiah. "Urgensi Pengaruh Rotasi dan Revolusi Bumi terhadap Waktu Salat". *Jurnal El-Falaky: Jurnal Ilmu Falak*, Fakultas Syariah dan Hukum UIN Alauddin Makassar, volume 1 (2017): 59-79.
- Riza, Muhammad Himmatur. "Sundial Horizontal dalam Penentuan Penanggalan Jawa Pranata Mangsa". *Ulul Albab: Jurnal Studi dan Penelitian Hukum Islam*, Fakultas Agama Islam Universitas Islam Sultan Agung Semarang, volume 2 (2018): 119-142.
- Shane, Brady R. "Utilizing and Adapting the Delphi Method for Use in Qualitative Research". *International Journal of Qualitative Methodes*, International Institute for Qualitative Methodology at the University of Alberta, (2015): 1-6. Diakses 10 April 2020. Doi: 10.1177/1609406915621381.
- Siregar, Mustamar Iqbal. "Reevaluasi Kriteria Perhitungan Awal Waktu Salat di Indonesia". *At-Tafkir*, IAIN Langsa Aceh, volume 10 (2017): 38-63.
- Sparavigna, Amelia Carolina. "The Science of al-Biruni". *International Journal of Sciences*, volume 2 (2013): 52-60.
- Surur, Mishbahus & Zaenal Arifin. "Mengenal *Equation of time*, Mean Time, Universal Time/ Greenwich Mean Time dan Local Mean Time untuk Kepentingan Ibadah". *Yudisia: Jurnal Pemikiran Hukum dan Hukum Islam*, Jurusan Syariah STAIN Kudus, volume 5 (2014): 123-138.
- Vincent, Jill. "The Mathematics of Sundials". *Australian Senior Mathematics Journal*, Australian Association of Mathematics Teachers, volume 22 (2008): 13-23.

Sumber Buku

Abdur Rachim. *Ilmu Falak*. Yogyakarta: Liberty, 1983.

Ali, Atabik, dan Ahmad Zuhdi Muhdhor. *Kamus Kontemporer Arab Indonesia*. Yogyakarta: Multi Karya Grafika, 2004.

Ali, M. Sayuthi. *Ilmu Falak I*. Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada, 1997.

Anam, Ahmad Syifaul. *Perangkat Rukyat Nonoptik*. Semarang: CV. Karya Abadi Jaya, 2015.

Anugraha, Rinto. *Mekanika Benda Langit*. Yogyakarta: Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, 2012.

Azhari, Susiknan. *Awal Waktu Shalat Perspektif Syar'i dan Sains*. Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2004.

----- . *Ensiklopedi Hisab Rukyat*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012.

----- . *Pembaharuan Pemikiran Hisab di Indonesia (Studi Atas Pemikiran Saadoe'ddin Djambek)*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2002.

Badan Hisab Rukyat Departemen Agama. *Almanak Hisab Rukyat*. Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam Departemen Agama, 1981.

Bashori, M. Hadi. *Kepunyaan Allah Timur dan Barat*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 2014.

----- . *Penanggalan Islam (Peradaban Tanpa Penanggalan Inikah Pilihan Kita?)*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2013.

Darmawan. "Metode Jam Istiwa untuk Menentukan Awal Waktu Salat (Studi Kasus Masjid Baitun Nur Tedunan Wedung Demak)". Skripsi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, 2018.

- Departemen Agama RI. *Pedoman Penentuan Awal Waktu Salat Sepanjang Masa*. Jakarta: Direktorat Bimas Islam, 1986.
- Direktorat Integritas Data dan Sistem Informasi. *Microsoft Excel 2013*. Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2017.
- Echols, John M, dan Hasan Shadily. *Kamus Inggris Indonesia*. Jakarta: Gramedia, 2003.
- al-Gazziy, Syaikh Muḥammad Ibnu Qāsim. *Fath al-Qarīb al-Mujīb*, Beirut: Dār Ibnu Ḥazm, tt.
- Gunawan, Imam. *Metode Penelitian Kualitatif Teori dan Praktek*. Jakarta: Bumi Aksara, 2013.
- Hambali, Slamet. *Almanak Sepanjang Masa (Sejarah Sistem Penanggal Masehi, Hijriyah, dan Jawa)*. Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011.
- . *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia)*. Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011.
- . *Pengantar Ilmu Falak (Menyingkap Proses Pembentukan Alam Semesta)*. Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012.
- Hosmer, George L., and James M. Robbins. *Practical Astronomy: A Textbook for Engineering Schools and A Manual of Field Methods*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1963.
- Ibnu Kaṣīr. *Tafsīr al-Qur'an Al- 'Aẓīm*. Beirut: Dār Ibnu al-Jauziy, tt.
- Ibnu Rusyd, Muḥammad bin Aḥmad bin Muḥammad. *Bidāyah al-Mujtahid wa Nihāyah al-Muqtaṣid*. Juz 1. Kairo: Maktabah Ibnu Taimiyyah, tt.
- Ilyas, Muhammad. *A Modern Guide to Astronomical Calculations of Islamic Calendar, Times, & Qibla*. Kuala Lumpur: Berita Publishing, tt.

- Izzuddin, Ahmad. *Fiqh Hisab Rukyah di Indonesia (Sebuah Upaya Penyatuan Madzhab Rukyah dengan Madzhab Hisab)*. Yogyakarta: Logung Pustaka, 2004.
- . *Ilmu Falak Praktis*. Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012.
- . *Kajian terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*. Jakarta: Kementerian Agama RI, 2012.
- al-Jailāniy, Zubair ‘Umar. *Khulāṣah al-Wafiyah*. Kudus: Penerbit Menara Kudus, tt.
- Khazin, Muhyiddin. *Ilmu Falak Teori dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005.
- . *Kamus Ilmu Falak*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.
- King, David A. *Islamic Mathematical Astronomy*. London: Ariorum Reprints, 1986.
- Kementerian Agama RI. *Ephemeris Hisab Rukyat 2020*. Jakarta: Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam, 2019.
- . *Ilmu Falak Praktik*. Jakarta: Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Direktorat Urusan Agama Islam & Pembinaan Syariah Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam, 2013.
- . *Muṣḥaf ‘Āisyah (Al-Qur’an dan Terjemah untuk Wanita)*. Bandung: Jabal Roudāh al-Jannah, 2010.
- Kovalevsky, Jean and P. Kenneth Seidelmann. *Fundamentals of Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- Lawrence, E. Jones. *The Sundial and Geometry: an Introduction for The Classroom*. Glastonbury: North American Sundial Society, 2005.
- Ma’lūf, Louis. *Al-Munjid fī al-Lugah wa al-I’lām*. Beirut: Dār al-Masyriq, 2008.

- al-Marāgī, Ahmad Muṣṭafā. *Tafsīr al-Marāgī*. Mesir: Muṣṭafā al-Bābī al-Ḥalabī, 1946.
- Meeus, Jean. *Astronomical Algorithms*. Virginia: Willman-Bell, Inc, 1998.
- . *Astronomical Formulae for Calculator*. Virginia: Willmann-Bell, Inc, 1988.
- . *Elements of Solar Eclipses 1951-2200*. Virginia: Willman-Bell Inc, 1989.
- Munawwir, Ahmad Warson. *Kamus al-Munawwir Arab Indonesia*. Surabaya: Pustaka Progressif, 1997.
- Musonnif, Ahmad. *Ilmu Falak*. Yogyakarta: Teras, 2011.
- al-Naisābūriy, Abū al-Ḥasan ‘Alī bin Aḥmad. *al-Wasīṭ fi Tafsīr al-Qur’an al-Majīd*. Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, 1994.
- Nawawi, Abdul Salam. *Ilmu Falak Cara Praktis Menghitung Waktu Salat Arah Kiblat dan Awal Bulan*. Sidoarjo: Aqoba, 2008.
- Nisa’, Izza Nur Fitrotun. “Penggunaan, Perhitungan dan Akurasi Jam Bencet Masjid Tegalsari Kelurahan Jajar Kecamatan Laweyan Kota Surakarta”. Skripsi. Institut Agama Islam Negeri Surakarta, 2020.
- Pannekoek, A. *A History of Astronomy*. New York: Dover Publication, Inc, 1961.
- Parman, Ali. *Ilmu Falak*. Ujung Pandang: Yayasan al-Ahkam, 2001.
- Qulub, Siti Tatmainul. *Ilmu Falak dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi*. Depok: PT Rajagrafindo Persada, 2017.
- Rais, H. E.. *Kamus Ilmiah Populer: Memuat Berbagai Kata dan Istilah dalam Bidang Politik, Sosial, Budaya, Sains dan Teknologi, Psikologi, Kedokteran, Pendidikan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012.

Reda, Ibrahim and Afshin Andreas. *Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications*. Colorado: National Renewable Energy Laboratory, 2008.

Rifqiyah, Alfiatur. “Studi Analisis Penentuan Awal Waktu Salat di Dukuh Tamansari, Desa Carangrejo, Kecamatan Sampung, Kabupaten Ponorogo”. Skripsi, Institut Agama Islam Negeri Ponorogo, 2017.

Rohr, Rene R. J. *Sundial: History Theory and Practice*. New York: Dover, 1996.

al-Rūmī, Syihābuddīn Abī ‘Abbās Aḥmad bin Lu’lu’ bin ‘Abdillah. *‘Umdah al-Sālik wa ‘Iddah al-Nāsik*. Qaṭr: Syu’ūn al-Dīniyyah, 1982.

Savoie, Denis. *Sundials Design, Contruction, and Use*. Chichester: Praxis Publishing, 2009.

Smart, W. M. *Foundations of Astronomy*. London: Longmans, 1944.

----- . *Textbook on Spherical Astronomy*. London: Cambridge Univercity Press, tt.

Supriatna, Encup. *Hisab Rukyat dan Aplikasinya*. Bandung: Refika Aditama, 2007.

al-Syāfi’ī, Abū Bakr bin Muḥammad bin ‘Abd al-Mu’min al-Ḥiṣniy. *Kifāyah al-Akhyār fī Halli Gāyah al-Ikhtiṣār*. Jeddah: Dār al-Minhāj li al-Nasyr wa al-Tauzī’, 2016.

al-Syāfi’ī, Muḥammad Nawāwī bin ‘Umar al-Bantaniy. *Kāsyifah al-Sajā*. Beirut: Dār al-Kutub al-Islāmiyyah, tt.

Syahrina, Moh. Uzal. *Ilmu Falak Metode as-Syahru*. Blitar: Gunung Tidar Press, 2018.

----- . *Tashīl al-Miṣal*. Blitar: t.tp, 2005.

al-Ṭabariy, Abū Ja'far Muhammad bin Jarīr. *Tafsīr al-Ṭabariy Jāmi' al-Bayān 'an Ta'wīl al-Qur'an*. Kairo: Markaz al-Buḥūṣ wa al-Dirāsāt al-'Arabiyyah wa al-Islamiyyah, 2001.

Tim Penyusun. *Panduan Penulisan Karya Tulis Ilmiah*. Semarang: PascaSarjana UIN Walisongo, 2018.

Tim Sejarah BPK P2L. *3 Tokoh Lirboyo*. Kediri: Lajnah Ta'lif wa al-Nasyr Pondok Pesantren Lirboyo, 2018.

------. *Pesantren Lirboyo Sejarah Peristiwa Fenomena dan Legenda*. Kediri: Lajnah Ta'lif wa al-Nasyr Pondok Pesantren Lirboyo, 2018.

Wardan, Muhammad. *Hisab 'Urfi dan Hakiki*. Yogyakarta: Siaran, 1957.

Wardoyo, Agung. *Pengenalan Teknologi Informasi*. Semarang: Udinus, 2010.

Zakaria, Reza, dkk. *Ringkasan Ilmu Hisab*. Lirboyo: Lajnah Falakiyah Pon-Pes Lirboyo, 2011.

Zulfiah. "Konsep Ihtiyath Awal Waktu Salat Perspektif Fiqih dan Astronomi". Tesis, Institut Agama Islam Negeri Walisongo, 2012.

Sumber Lain

Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. "KBBI Daring".
Diakses 08 Juli 2020.
<https://kbbi.kemendikbud.go.id/entri/Deskriptif>.

Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. "KBBI Daring".
Diakses 01 Juli 2020.
<https://kbbi.kemendikbud.go.id/entri/Kalibrasi>.

Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. "KBBI Daring".
Diakses 08 Juli 2020.
<https://kbbi.kemendikbud.go.id/entri/Komparatif>.

Budi. “Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Kediri”. Diakses 18 Juni 2020. <https://www.laduni.id/post/read/36881/pondok-pesantren-mahir-arriyadl-kediri/>.

Dalono, Eko. “Sejarah PP RinginAgung”. Diakses 18 Juni 2020. <https://ekodalono.wordpress.com/2019/02/03/sejarah-pp-ringinagung/>.

Djamaluddin, Thomas. “Matahari dan Penentuan Jadwal Shalat”. Diakses 14 Mei 2020. <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2010/04/19/Matahari-dan-penentuanjadwal-shalat/>.

Keputusan Presiden Nomor 243 Tahun 1963. *Pembagian Wilayah Waktu*, Pasal 2.

Keputusan Presiden Nomor 41 Tahun 1987. *Pembagian Wilayah Republik Indonesia Menjadi 3 (Tiga) Wilayah Waktu*, Pasal 1, ayat (3).

Muchamad, Latif. “Selayang Pandang Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringinagung Pare Kediri”. Diakses 18 Juni 2020. <https://latifmuchamad.wordpress.com/2017/01/07/berlomba-lomba-dalam-kebaikan/>.

Redaksi. “Babat Tremas”. Diakses 18 Juni 2020. <https://pondoktremas.com/babat-tremas-2/>.

Redaksi. “Pengasuh Periodisasi Kepemimpinan”. Diakses 18 Juni 2020. <https://pondoktremas.com/pengasuh/>.

Software Digital Falak.

Wawancara dengan Ayu Azizah. YPMI Al-Firdaus. Tanggal 20 Desember 2019.

Wawancara dengan Masykur Rozi. Perguruan Islam Pondok Tremas Pacitan. Tanggal 21 Desember 2019.

Wawancara dengan M. Akmal Habib. Gambir Kuning Pasuruan. Tanggal 16 Juni 2020.

Wawancara dengan M. Kholil. Gambir Kuning Pasuruan. Tanggal 02 Mei 2020.

Wawancara dengan Romli Khozin. Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung Kediri. Tanggal 13 Maret 2020.

Wawancara dengan Reza Zakaria. Pondok Pesantren Lirboyo Kediri. Tanggal 5 Januari 2020.

Wawancara dengan Slamet Hambali. Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang. Tanggal 10 November 2019.

LAMPIRAN



Foto Bencet di Masjid As-Salafiyah, Pasuruan



Jam Dinding di Masjid Sabial Jannah Bawean



Jam Istiwa di Skretariat Pondok Pesantren Lirboyo Kediri



Genteng di Masjid Pondok Pesantren Lirboyo sebagai Bencet



Jam Istiwa di Kantor Sekretariat Pondok Putri Tremas Pacitan



Jadwal Kegiatan di Pondok Tremas Berbasis Waktu Istiwa



Bencet Horizontal di Pondok Mahir Arriyadl Ringin Agung



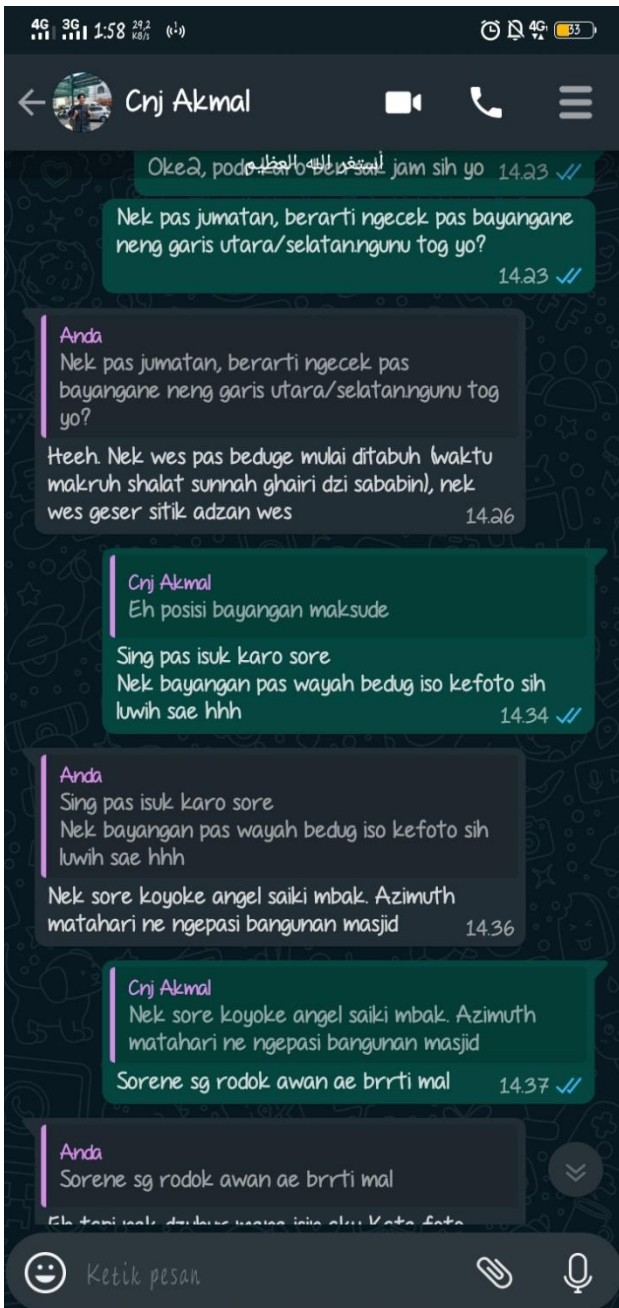
Jam Istiwa di Masjid Pondok Pesantren Mahir Arriyadl



Wawancara di Pondok Pesantren Tremas Pacitan



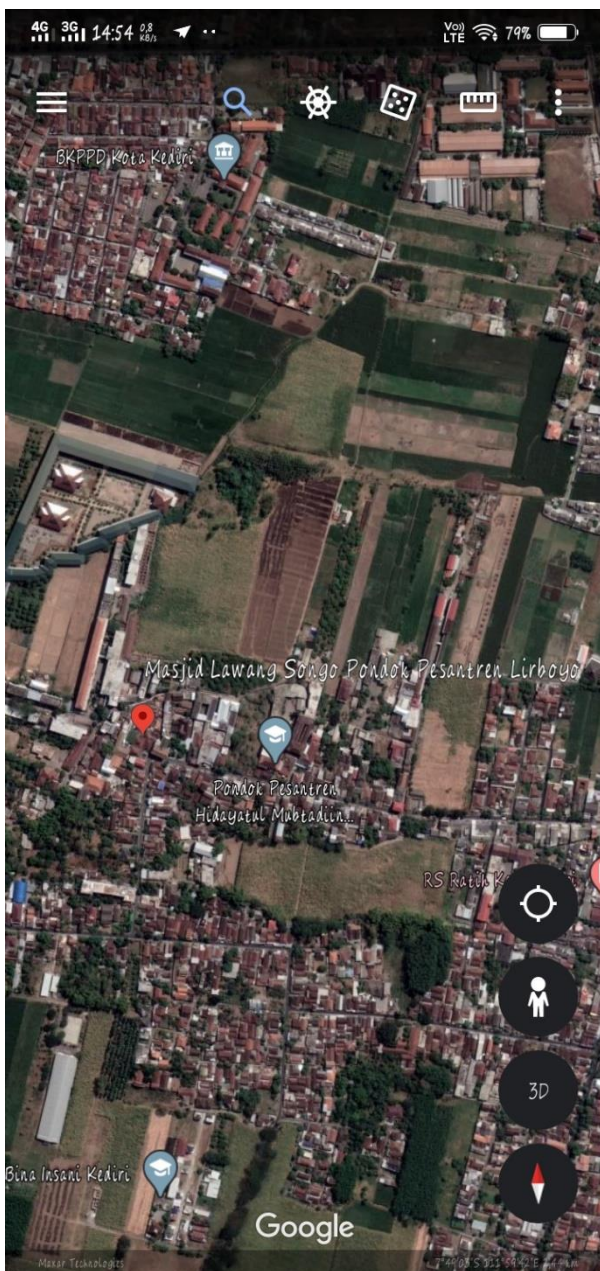
Wawancara di Pondok Pesantren Mahir Arriyadl Ringin Agung



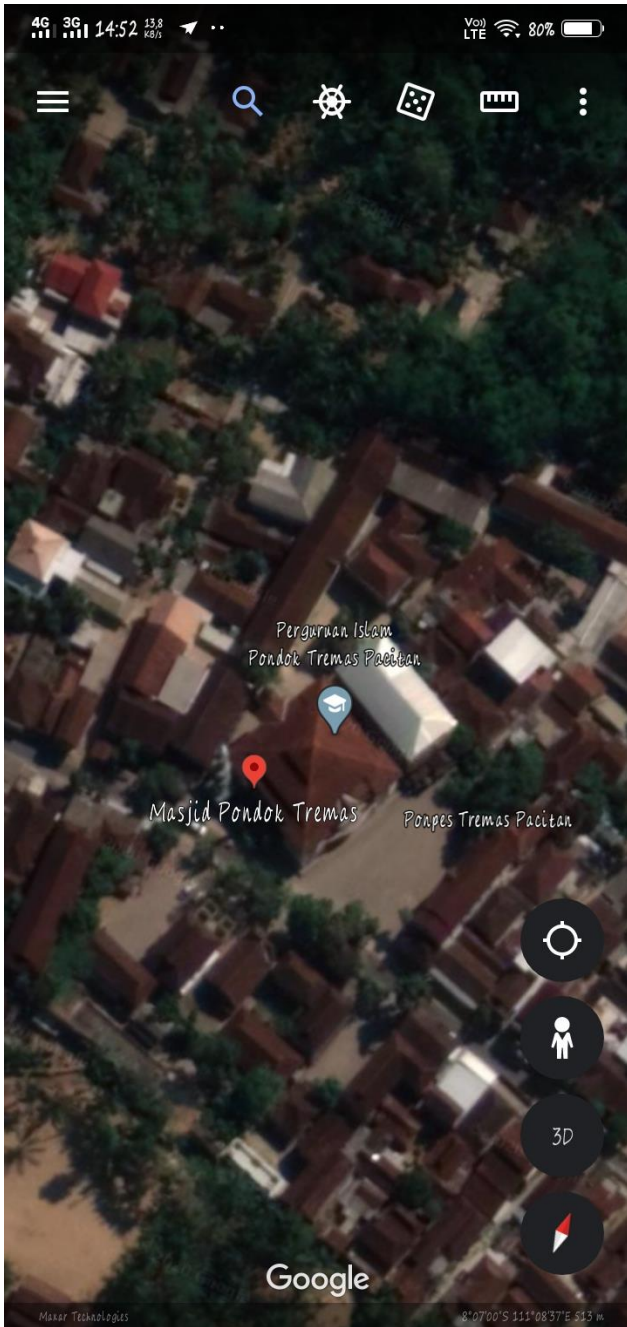
Tangkapan Layar Wawancara dengan M. Akmal Habib



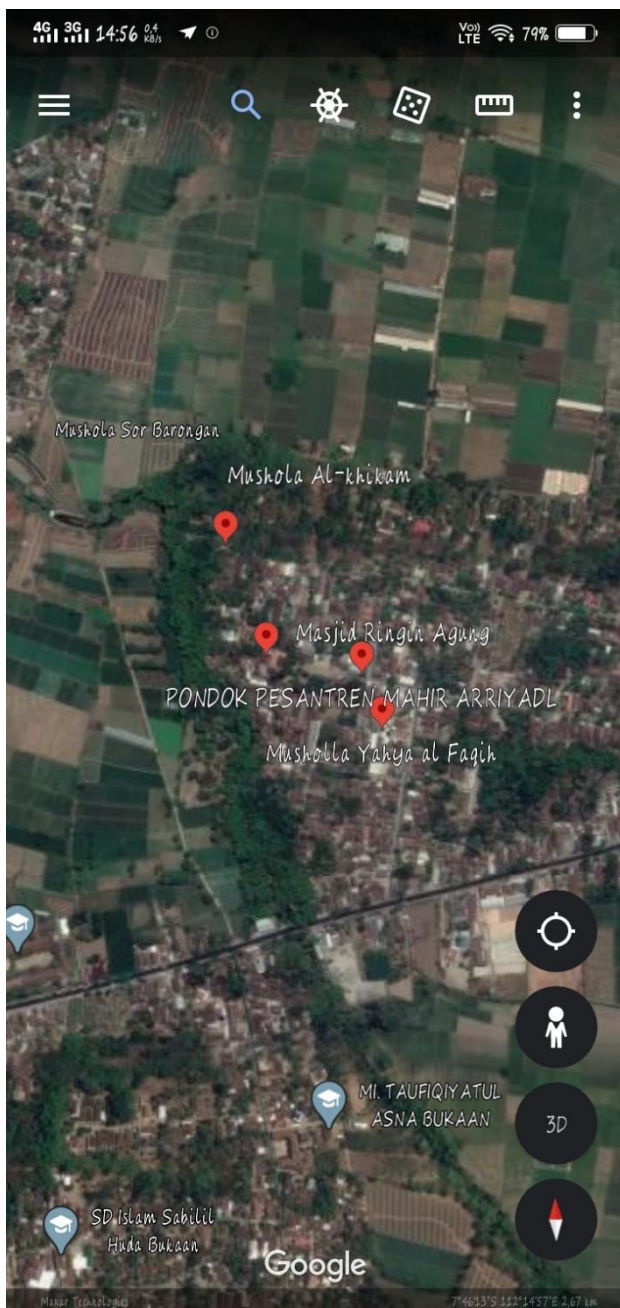
Tangkapan Layar Wawancara Via WA dengan Ayu Azizah



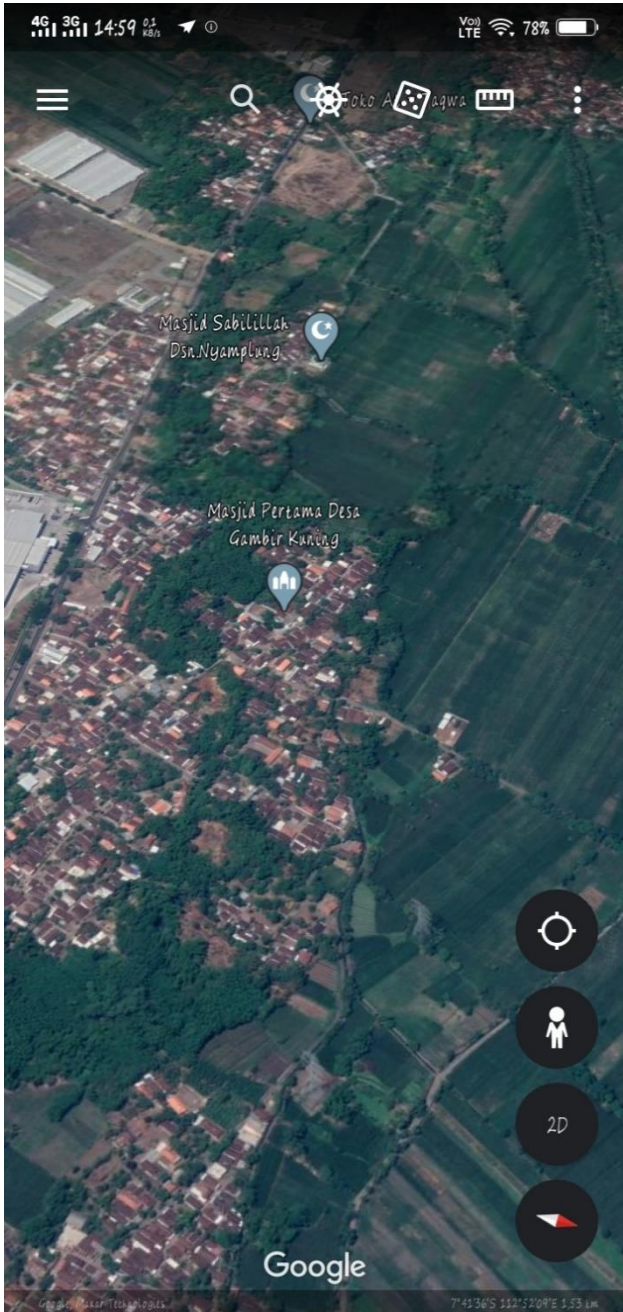
Koordinat Masjid Pondok Pesantren Lirboyo



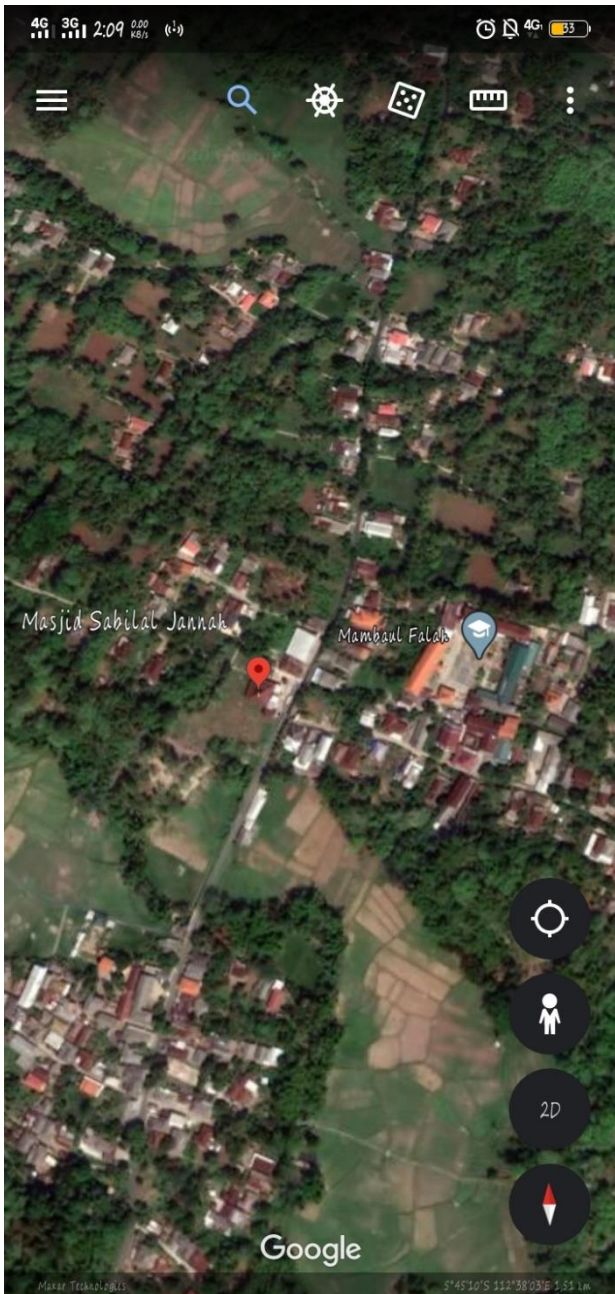
Koordinat Masjid Perguruan Islam Pondok Tremas



Koordinat Pondok Pesantren Mahir Arriyadl di Google Earth



Koordinat Masjid Gambir Kuning Pasuruan



Koordinat Masjid Sabibal Jannah Sukaoneng Bawean

INPUT DATA

LT	-7	-7	-37.69
BT	112	2	36.94
TZ	7	0	0

BULAN TAHUN	
JUNI	2020

Input Data Kalibrasi Jam Bencet

WAKTU BIDIK (WAKTU HAKIKI)			12	0	0	WIS
Tgl	Waktu Daerah		Selisih			
1	11.49524713	11 : 29 : 43	0.504752868			0 : 30 : 17
2	11.49788818	11 : 29 : 53	0.502111822			0 : 30 : 8
3	11.50063212	11 : 30 : 2	0.499367876			0 : 29 : 58
4	11.50347405	11 : 30 : 13	0.496525948			0 : 29 : 48
5	11.50640888	11 : 30 : 23	0.493591121			0 : 29 : 37
6	11.50943136	11 : 30 : 34	0.490568645			0 : 29 : 26
7	11.51253608	11 : 30 : 45	0.48746392			0 : 29 : 15
8	11.5157175	11 : 30 : 57	0.484282497			0 : 29 : 3
9	11.51896994	11 : 31 : 8	0.481030059			0 : 28 : 52
10	11.52228758	11 : 31 : 20	0.477712421			0 : 28 : 40
11	11.52566448	11 : 31 : 33	0.474335518			0 : 28 : 28
12	11.52909461	11 : 31 : 45	0.470905391			0 : 28 : 15
13	11.53257182	11 : 31 : 57	0.467428183			0 : 28 : 3
14	11.53608987	11 : 32 : 10	0.463910128			0 : 27 : 50
15	11.53964247	11 : 32 : 23	0.460357535			0 : 27 : 37

16	11.54322322	11 : 32 : 36	0.456776785	0 : 27 : 24
17	11.54682569	11 : 32 : 49	0.453174315	0 : 27 : 11
18	11.55044339	11 : 33 : 2	0.449556609	0 : 26 : 59
19	11.55406981	11 : 33 : 15	0.445930187	0 : 26 : 45
20	11.55769841	11 : 33 : 28	0.442301594	0 : 26 : 32
21	11.56132261	11 : 33 : 41	0.438677386	0 : 26 : 19
22	11.56493588	11 : 33 : 54	0.435064124	0 : 26 : 6
23	11.56853164	11 : 34 : 7	0.431468356	0 : 25 : 53
24	11.57210339	11 : 34 : 20	0.427896613	0 : 25 : 41
25	11.57564461	11 : 34 : 32	0.424355391	0 : 25 : 28
26	11.57914886	11 : 34 : 45	0.420851145	0 : 25 : 15
27	11.58260973	11 : 34 : 58	0.417390274	0 : 25 : 3
28	11.58602089	11 : 35 : 10	0.413979114	0 : 24 : 50
29	11.58937608	11 : 35 : 22	0.410623924	0 : 24 : 38
30	11.59266912	11 : 35 : 34	0.407330876	0 : 24 : 26

Tabel Kalibrasi Jam Bencet PerBulan

TGL	A	B	JD	TM	Delta T	JDE
1	20	-13	2459001.708	2020.419	0.00083135	2459001.709
2	20	-13	2459002.708	2020.422	0.00083137	2459002.709
3	20	-13	2459003.708	2020.425	0.00083139	2459003.709
4	20	-13	2459004.708	2020.428	0.0008314	2459004.709
5	20	-13	2459005.708	2020.43	0.00083142	2459005.709
6	20	-13	2459006.708	2020.433	0.00083144	2459006.709
7	20	-13	2459007.708	2020.436	0.00083146	2459007.709
8	20	-13	2459008.708	2020.439	0.00083147	2459008.709
9	20	-13	2459009.708	2020.441	0.00083149	2459009.709
10	20	-13	2459010.708	2020.444	0.00083151	2459010.709
11	20	-13	2459011.708	2020.447	0.00083153	2459011.709
12	20	-13	2459012.708	2020.45	0.00083154	2459012.709

13	20	-13	2459013.708	2020.452	0.00083156	2459013.709
14	20	-13	2459014.708	2020.455	0.00083158	2459014.709
15	20	-13	2459015.708	2020.458	0.0008316	2459015.709
16	20	-13	2459016.708	2020.461	0.00083161	2459016.709
17	20	-13	2459017.708	2020.463	0.00083163	2459017.709
18	20	-13	2459018.708	2020.466	0.00083165	2459018.709
19	20	-13	2459019.708	2020.469	0.00083167	2459019.709
20	20	-13	2459020.708	2020.471	0.00083168	2459020.709
21	20	-13	2459021.708	2020.474	0.0008317	2459021.709
22	20	-13	2459022.708	2020.477	0.00083172	2459022.709
23	20	-13	2459023.708	2020.48	0.00083174	2459023.709
24	20	-13	2459024.708	2020.482	0.00083175	2459024.709
25	20	-13	2459025.708	2020.485	0.00083177	2459025.709
26	20	-13	2459026.708	2020.488	0.00083179	2459026.709
27	20	-13	2459027.708	2020.491	0.00083181	2459027.709
28	20	-13	2459028.708	2020.493	0.00083182	2459028.709
29	20	-13	2459029.708	2020.496	0.00083184	2459029.709
30	20	-13	2459030.708	2020.499	0.00083186	2459030.709
31	20	-13	2459031.708	2020.502	0.00083188	2459031.709

Algorithm Data Matahari untuk Bulan Juni 2020

U	LO	EQ
0.204153571	70.15176756	2.11079432
0.204180949	71.13741494	1.952331538
0.204208328	72.12306231	1.787694808
0.204235706	73.10870969	1.617179083
0.204263085	74.09435707	1.441089493
0.204290463	75.08000444	1.259740907
0.204317842	76.06565182	1.07345745
0.20434522	77.0512992	0.882572017
0.204372599	78.03694657	0.687425752
0.204399977	79.02259395	0.488367507

0.204427356	80.00824133	0.285753288
0.204454734	80.9938887	0.079945676
0.204482113	81.97953608	-0.12868677
0.204509491	82.96518346	-0.339770117
0.20453687	83.95083083	-0.552925689
0.204564248	84.93647821	-0.7677707
0.204591627	85.92212559	-0.983918903
0.204619005	86.90777296	-1.200981248
0.204646384	87.89342034	-1.418566547
0.204673762	88.87906772	-1.636282147
0.204701141	89.86471509	-1.8537346
0.204728519	90.85036247	-2.070530349
0.204755898	91.83600985	-2.286276397
0.204783276	92.82165722	-2.500580995
0.204810655	93.8073046	-2.713054306
0.204838033	94.79295198	-2.92330908
0.204865412	95.77859935	-3.130961317
0.20489279	96.76424673	-3.335630921
0.204920169	97.7498941	-3.536942342
0.204947547	98.73554148	-3.734525213
0.204974926	99.72118886	-3.928014967

Data Equation of Time Bulan Juni 2020

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Lutfi Nur Fadhilah
Tempat/Tanggal Lahir : Bojonegoro, 11 Oktober 1996
Alamat Rumah : Dk. Malebo, RT. 03 RW. 03 Ds.
Simorejo, Kec. Kanor, Kab. Bojonegoro
No. HP : +62857-3219-9518
Email : lutfinurfadhilah@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

1. Pendidikan Formal

- MI Sholbiyah, Simorejo : Lulus 2008
- MTs Islamiyah Attanwir : Lulus 2011
- MA Islamiyah Attanwir : Lulus 2014
- Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo: Lulus 2018

2. Pendidikan Non-Formal

- RA Al-Hidayah, Simorejo (2000 – 2002)
- TPQ an-Nahdliyah Darul Muttaqin (1999 – 2005)
- PSQ Darul Muttaqin (2005 – 2008)
- Madin Awaliyah Darul Muttaqin (2008 – 2012)
- Madin Wustho Darul Muttaqin (2012 – 2014)
- Full Bright English Course Pare, Kediri (2016)
- PonPes YPMI al-Firdaus (2014 – Sekarang)

Pengalaman Organisasi:

1. Dep. Pengajaran Persatuan Pelajar Madrasah Attanwir (2012 – 2013).
2. Ketua Persatuan Pelajar Madrasah Attanwir (2013 – 2014).

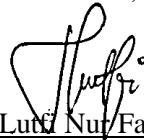
3. Departemen Litbang HMJ Ilmu Falak (2015 – 2016).
4. Sekretaris Pondok Pesantren Al-Firdaus Putri (2015 – 2016).
5. Lurah Pondok Pesantren Al-Firdaus Putri (2016 – 2017).
6. Dep. Kominfo CSSMoRA UIN Walisongo (2016 – 2017).
7. Pimred Majalah Zenith CSSMoRA UIN Walisongo (2016 – 2017).
8. Ikatan Keluarga Attanwir *Ma'had* Islami (2014 – Sekarang).

Karya Ilmiah:

1. Analisis Pemikiran Qotrun Nada tentang Hisab Rashdul Kiblat Menggunakan Rubu' Mujayyab, (*Skripsi*: UIN Walisongo Semarang, 2018).
2. Nabi Idris dalam Kajian Sejarah Ilmu falak, (*Jurnal Ulul Albab*, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2019).
3. Al-Hillah al-Syar'iyyah dan Kemungkinan Penerapannya, (*Jurnal Elfalaky*, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2019).
4. Akurasi Awal Waktu Zuhur Perspektif Hisab dan Rukyat, (*Jurnal al-Marshad*, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2020).
5. Rubu' Mujayyab sebagai Alat Hisab Rashdul Kiblat, (*Jurnal Ahkam*, Institut Agama Islam Negeri Tulungagung, 2020).

Semarang, 14 Juni 2020

Mahasiswa,



Lutfi Nur Fadhilah

NIM: 1802048003