

**MODIFIKASI *AL-MUROBBA'* SEBAGAI PENENTU
WAKTU**

(Pengembangan dan Akurasi al-Murobba')

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1 (S. 1)



Disusun Oleh :

SEPTRIANI ANGGARI KASIH

1802046109

**FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
UNIVERSITAS ISLAM NEGRI WALISONGO
SEMARANG
2024**

NOTA PEMBIMBING



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM

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

NOTA PEMBIMBING

Hal: Permohonan Nilai Bimbingan Skripsi

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

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah saya melakukan penelitian dan mengadakan perbaikan seperlunya, bersama ini saya kirim naskah skripsi Saudara:

Nama : Septriani Anggari Kasih
NIM : 1802046109
Jurusan : Ilmu Falak
Judul : MODIFIKASI AL-MUROBBA' SEBAGAI PENENTU WAKTU


Maka nilai skripsinya adalah:
Catatan Pembimbing:

3,8 / B+

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 19 Desember 2024

Pembimbing I


Drs. H. Ali Imron, M.Ag.
NIP.197307302003121003

NOTA PEMBIMBING



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

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

NOTA PEMBIMBING

Hal: Permohonan Nilai Bimbingan Skripsi

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

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah saya melakukan penelitian dan mengadakan perbaikan seperlunya, bersama ini saya kirim naskah skripsi Saudara:

Nama : Septriani Anggari Kasih
NIM : 1802046109
Jurusan : Ilmu Falak
Judul : MODIFIKASI AL-MUROBBA' SEBAGAI PENENTU WAKTU

Maka nilai skripsinya adalah: 4,00

Catatan Pembimbing: Riset tentang instrumen semacam ini, kedepannya bisa ditingkatkan dengan mengelaborasi teknologi sensor motorik, AI dan teknologi digital sehingga lebih update sesuai perkembangan zaman.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 19 Desember 2024

Pembimbing II

M. Ihtirozun Ni'am, M.H.
NIP. 199307102019031008

PERSETUJUAN PEMBIMBING



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM

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

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp. : 4 (empat) eks.

Hal : Naskah Skripsi

An. Sdr. Septriani Anggari Kasih
Kepada Yth.
Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum
UIN Walisongo

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Nama : Septriani Anggari Kasih

NIM : 1802046109

Jurusan : Ilmu Falak

Judul : MODIFIKASI AL-MUROBBA'SEBAGAI PENENTU WAKTU

Dengan ini saya mohon kiranya skripsi Saudara tersebut dapat segera dimunaqasyahkan. Demikian harap menjadikan maklum.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 19 Desember 2024

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. H. Ali Imron, M.Ag.
NIP. 197307302003121003

M. Ihtirozun Ni'am, M. H.
NIP. 199307102019031008

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
Jl. Prof. Dr. Hamka Km. 02 Kampus III UIN Walisongo Semarang 50185 Telp. (024) 7601291
Website: www.fhb.walisongo.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi Saudara : Septriani Anggari Kasih
NIM : 1802046109
Jurusan : Ilmu Falak
Judul Skripsi : Modifikasi Al-Murobba' Sebagai Penentu Waktu
Telah dimunaqosyahkan oleh Dewan Penguji Fakultas Syariah dan Hukum Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang dan dinyatakan lulus pada tanggal 24 Desember 2024 dan dapat diterima sebagai syarat guna memperoleh gelar sarjana Strata I (S.1) tahun akademik 2024/2025.

Semarang, 31 Desember 2024

Ketua Sidang

Ahmad Munif, M. S.I
NIP.198603062015031006

Sekretaris Sidang

Dr. H. Ali Imron, M. Ag
NIP. 197307302003121003

Penguji Utama I

Dra. Hj. Noor Rosyidah, M. S. I
NIP.196509091994032002

Penguji Utama II

Muhammad Zainal Yanabih, M. H
NIP.199010102019031018

Pembimbing 1

Dr. H. Ali Imron, M. Ag
NIP. 197307302003121003

Pembimbing 2

M. Ihtirozun Ni'am, M. H
NIP.199307102019031008

MOTTO

وَمِنْ رَحْمَتِهِ جَعَلَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ لِتَسْكُنُوا فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ ۗ وَلَعَلَّكُمْ
تَشْكُرُونَ

“dan adalah karena rahmat-Nya, dia jadikan untukmu malam dan siang, agar kamu beristirahat pada malam hari dan agar kamu mencari sebagian karunia-Nya (pada siang hari) dan agar kamu bersyukur kepada-Nya.” (Q.S. 28 (Al-Qasas) :72)¹

¹ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an Dan Tafsirnya*, 3rd ed. (Jakarta: Kementerian Agama RI, 2023).

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua penulis, yaitu **alm. Khanipah**, Bapak **Abdul Khalim** dan Ibu **Muslichah** yang selalu memberikan dukungan penuh dan menuntun penulis untuk semangat belajar dan tentunya yang selalu mendoakan di setiap langkah penulis sejak kecil hingga sekarang. Adik laki-laki saya, **M. Akhwan Roshadi**, **M. Amran Tahrir**, **M. Arman Khilaim** yang selalu menjadikan penulis termotivasi untuk selalu melakukan kebaikan hari demi hari.

Kepada semua guru-guru penulis, yang selalu membimbing penulis dari awal memasuki dunia pendidikan hingga sekarang dan di waktu yang akan datang. Doa serta Ridho para murobbi yang sangat penulis harapkan. Semoga beliau-beliau senantiasa diberikan kesehatan dan umur panjang serta melimpahnya keberkahan oleh Allah SWT.

Amin

Tak lupa sahabat-sahabat seperjuangan penulis, terutama dan khususnya kepada teman-teman COMSAFA 12 yang sejak pertama sampai saat ini selalu kebersamainya.

DEKLARASI

DEKLARASI

Dengan penuh kejujuran dan tanggung jawab, penulis menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Modifikasi Al-Murroba’ sebagai Penentu Waktu” tidak berisi materi yang ditulis oleh orang lain atau diterbitkan, demikian juga skripsi ini tidak berisi pemikiran orang lain kecuali informasi yang terdapat dalam referensi yang dijadikan sebagai bahann rujukan dalam skripsi ini.

Semarang, 19 Desember 2024

DEKLARATOR,


METERAI
TEMPEL
B61DSAMX048555170
Septriani Anggari Kasih
NIM : 1802046109

PEDOMAN DAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN²

A. Konsonan

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
ا	<i>Alif</i>	Tidak dilambangkan	Tidak dilambangkan
ب	<i>Ba</i>	B	Be
ت	<i>Ta</i>	T	Te
ث	<i>Sa</i>	Š	Es (dengan titik di atas)
ج	<i>Jim</i>	J	Je
ح	<i>Ha</i>	Ḥ	Ha (dengan titik di bawah)
خ	<i>Kha</i>	Kh	Ka dan ha
د	<i>Da</i>	D	De
ذ	<i>Za</i>	Ẓ	Zet (dengan titik di atas)
ر	<i>Ra</i>	R	Er
ز	<i>Zai</i>	Z	Zet
س	<i>Sin</i>	S	Es
ش	<i>Syin</i>	Sy	Es dan ye

² Tim Penyusun Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, *Panduan Penelitian Skripsi* (Semarang: Fakultas Syari'ah dan Hukum IAIN Walisongo, 2008), 61-62.

ص	<i>Sad</i>	Ṣ	Es (dengan titik di bawah)
ض	<i>Dad</i>	Ḍ	De (dengan titik di bawah)
ط	<i>Ta</i>	Ṭ	Te (dengan titik di bawah)
ظ	<i>Za</i>	Ẓ	Zet (dengan titik di bawah)
ع	<i>'Ain</i>	‘	Apostrof terbalik
غ	<i>Gain</i>	G	Ge
ف	<i>Fa</i>	F	Ef
ق	<i>Qaf</i>	Q	Qi
ك	<i>Kaf</i>	K	Ka
ل	<i>Lam</i>	L	El
م	<i>Mim</i>	M	Em
ن	<i>Nun</i>	N	En
و	<i>Wau</i>	W	We
هـ	<i>Ha</i>	H	Ha
ء	<i>Hamzah</i>	ء	Apostrof
ي	<i>Ya</i>	Y	Ye

B. Vokal

◌َ = a

◌ِ = i

◌ُ = u

C. Diftong

آي = ay

أو = au

D. Syaddah (ّ)

Syaddah dilambangkan dengan konsonan ganda, misalnya الطب *al-thibb*

E. Kata Sandang (ال ...)

Kata sandang (ال...) ditulis dengan al-... misalnya الصناعات = *al-shina'ah*. Al- ditulis dengan huruf kecil kecuali jika terletak pada permulaan kalimat.

F. Ta' Marbuthah (ة)

Setiap *ta' marbuthah* ditulis dengan “h” misalnya المعيشة = *al-maisyah al-thabi'iyah*.

ABSTRAK

Al-murobba' merupakan instrumen ilmu falak karya M. Ihtirozun Ni'am. Mengenai fungsinya sebagai penentu waktu, ada dua cara yaitu dengan didatarkan dan dimiringkan. Karena pada saat ini dalam menentukan waktu menggunakan *al-Murroba'* memiringkan bidang dial hanya menggunakan benda tegak yang digunakan sebagai sandaran dengan jarak yang telah dihitung antara benda tegak dengan bidang dial, serta perbedaan arah hadap yang membingungkan penulis dalam membaca hasil pengamatan dalam menentukan waktu. Dari hal tersebut telah penulis teliti beberapa hal yaitu, diantaranya tidak adanya bidang tegak dan jam dua arah sebagai komponen tetap *Al-Murroba'*. Penelitian ini mempunyai dua rumusan masalah yaitu; (!) Bagaimana proses pengembangan *Al-murobba'* sebagai penentu waktu, (2) Bagaimana keakurasian *Al-Murobba'* sebagai penentu waktu setelah dimodifikasi?.

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan atau Research Development, teknik pengumpulan data yang digunakan adalah wawancara, dokumentasi dan observasi. Sedangkan teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif, komparatif, dan verifikatif.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan *Al-murobba'* sebagai penentu waktu dengan cara menambah komponen-komponen skunder (bidang dial, bidang dial alas, gnomon, level) agar menjadi alat yang lebih praktis, efisien dan akurat dalam penggunaannya. Hasil akurasi menunjukkan bahwa *Al-murobba'* 1 dan *Al-murobba'* termodifikasi layak digunakan karena sama-sama akurat yang mana dengan jam BMKG hanya selisih detik, selain itu *al-murroba'* (*Al-Murobba' At-Tsani*) termodifikasi dalam penggunaannya bisa dihadapkan ke selatan maupun ke utara sedangkan *al-murroba'* versi pertama hanya bisa digunakan ketika dihadapkan ke utara.

Kata kunci : *Al-murroba'*, penentu waktu, pengembangan.

ABSTRACT

Al-murobba' is an astronomical instrument by M. Ihtirozun Ni'am. Regarding its function as a time determinant, there are two ways, namely by flattening and tilting. Because at this time in determining the time using al-Murroba' tilting the dial plane only uses a vertical object used as a support with a calculated distance between the vertical object and the dial plane, as well as the difference in facing direction that confuses the author in reading the results of observations in determining the time. From this, the author has examined several things, namely, including the absence of a vertical plane and a two-way clock as a permanent component of Al-Murroba'. This study has two problem formulations, namely; (!) How is the development process of Al-murobba' as a time determinant, (2) How is the accuracy of Al-Murroba' as a time determinant after being modified?.

This research is a development research or Research Development, the data collection techniques used are interviews, documentation and observation. While the data analysis techniques used are descriptive, comparative, and verification. The results of this study indicate that the development of Al-murobba' as a time determinant by adding secondary components (dial field, base dial field, gnomon, level) to become a more practical, efficient and accurate tool in its use. The accuracy results show that Al-murobba' 1 and modified Al-murobba' (*Al-Murobba' At-Tsani*) are suitable for use because they are both accurate, which is only a second difference with the BMKG clock, in addition, the modified al-murroba' in its use can be faced south or north while the first version of al-murroba' can only be used when facing north.

Keywords: Al-murroba', time determinant, development.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat serta hidayah-Nya penulis bisa menyusun skripsi ini yang berjudul “Modifikasi Al-Murroba’ Sebagai Penentu Waktu” dengan segala kemudahan yang diberikan-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Salawat dan salam semoga tetap terlimpahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW. Sang revolusioner yang kita harapkan syafa’atnya kelak di hari kiamat dan semoga kita diakui sebagai umatnya di hari kiamat nanti. Kepada keluarga, sahabat-sahabat serta pengikutnya yang menjadi teladan bagi umat Islam.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini dapat diselesaikan tak luput dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. H. Ali Imron, M. Ag., Selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak M. Ihtirozun Ni’am, S.H., M.H., Selaku Dosen Pembimbing II, terimakasih atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan selama penulisan skripsi ini.
2. Kedua orang tua penulis beserta keluarga, atas segala doa, perhatian, dukungan dan kasih sayang yang tidak dapat penulis uraikan dalam kata-kata.

3. Kementerian Agama RI, Direktorat Pendidikan Diniyah dan Pondok Pesantren atas Beasiswa yang diberikan selama menempuh dunia perkuliahan ini.
4. Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, beserta para Wakil Dekan, yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian dan memberikan fasilitas selama perkuliahan.
5. Ketua Jurusan Ilmu Falak sekaligus Pengelola PBSB UIN Walisongo Semarang. Bapak Ahmad Munif, M.S.I. beserta staf-staf yang telah memberikan bimbingan, perhatian serta dukungan.
6. Pengelola PBSB UIN Walisongo Semarang tahun 2018-2024, Drs. H. Maksun, M.Ag., Dr. Moh. Khasan, M.Ag., dan Ahmad Munif, M.S.I. yang telah memberikan arahan, bimbingan, motivasi serta perhatian kepada penulis selama perkuliahan berlangsung, sehingga sudah menjadi bagian hidup yang sangat penting bagi penulis.
7. Bapak Ahmad Munif, M.S.I., selaku Dosen Wali penulis yang telah memberikan saran, bimbingan, motivasi, serta arahan dan perhatian kepada penulis selama menjalankan pendidikan di bangku perkuliahan.
8. Seluruh Dosen yang dengan sabar dan ikhlas untuk menyalurkan ilmu-ilmunya kepada penulis selama menuntut ilmu di UIN Walisongo Semarang, Khususnya kepada dosen Ilmu Falak, Bapak KH. Slamet Hanbali, M.S.I., Bapak Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag., Bapak Syifaul Anam, S.H.I., M.H. dan seluruh dosen Ilmu Falak lainnya.
9. Seluruh guru-guru penulis, mulai dari SD (Sekolah Dasar), Mts (Madrasah Tsanawiyah), MA (Madrasah Aliyah), yang telah mengajarkan penulis mulai dari membaca, menulis dan

mengingat juga memberikan arahan, perhatian hingga sampai saat ini.

10. Keluarga besar Pondok Pesantren Al-Imdad, khususnya Bapak Dr. K.H. Habib Abdus-Syakur dan Ibuk selaku pengasuh serta ahlul bait. Terimakasih banyak atas ilmu, nasihat, doa, bimbingan, perhatian serta arahannya. Tak lupa kepada Ustadz dan Ustadzah yang tidak bisa penulis sebut satu persatu. Doa serta Ridho para murobbi yang sangat penulis harapkan. Semoga beliau-beliau senantiasa diberikan kesehatan dan umur panjang serta melimpahnya keberkahan oleh Allah SWT.
11. Pengasuh Pondok Pesantren YPMI Al-Firdaus Semarang, Drs. KH. Ali Munir, M.S.I., beserta seluruh Ustadz / Ustadzah dan keluarga besar Pondok Pesantren YPMI Al-Firdaus, yang telah menjadi rumah kedua bagi penulis sekaligus menimba ilmu selama penulis di Semarang.
12. Keluarga besar CSSMoRA UIN Walisongo Semarang, terimakasih sudah memberikan rumah berdiskusi, belajar, bermain, dan lain sebagainya terhadap penulis untuk dapat berkembang dan menambah pengalaman yang berkesan dan akan selalu dikenang.
13. Keluarga besar COMSAFA (Community Of Santri Falak) yang berasal dari berbagai daerah mulai dari sabang – merauke : Arina, Evan, Fadly, Farid, Hesti, Karina, Maulida, Nasrul, Navi, Neli, Rida, Rustika, Sela, Shofi, Takhta, Ulin, Wahid, Wahyudi, Wali, Zulfian. Terimakasih atas kebersamaan dan motivasinya selama ini, dan menjadi keluarga penulis selama perkuliahan dan semoga tidak akan pernah terputus dalam silaturahmi ini.

14. Sela Septiandri and Rustika Bakti. Thankyou for the support, effort and everything you gave to me. Thankyou for always beside me. I love you buddies.
15. Semua pihak yang selalu memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, meski tidak bisa saya sebut dalam lembaran kertas sempit ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna yang disebabkan oleh keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik konstruktif dari pembaca demi sempurnanya skripsi ini. Dan akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat nyata bagi penulis khususnya dan para pembaca umumnya.

Semarang, 19 Desember 2024

Penulis,

Septriani Anggari Kasih

DAFTAR ISI

NOTA PEMBIMBING	i
NOTA PEMBIMBING	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN.....	vi
DEKLARASI.....	vii
PEDOMAN DAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN.....	viii
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4

C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Telaah Pustaka	5
F. Metode Penelitian.....	8
G. Sistematika Penulisan.....	14
BAB II KONSEP WAKTU DAN JAM MATAHARI... 16	
A. Pergerakan Bumi dan Matahari	16
B. Konsep Waktu	29
C. Jam Matahari.....	38
BAB III GAMBARAN UMUM TENTANG AL-MUROBBA' 53	
A. Biografi Penemu Instrumen <i>Al-Murabba'</i>	53
B. Komponen Al-Murobba'	60
C. Pengaplikasian <i>Al-Murobba'</i> Sebagai Penunjuk Waktu .	69
BAB IV ANALISIS UJI AKURASI DAN SPESIFIKASI PENGEMBANGAN KOMPONEN AI-MUROBBA' SEBAGAI PENUNJUK WAKTU..... 83	
A. Analisis Pengembangan Al-Murobba' Sebagai Penunjuk Waktu.....	83
B. Analisis Uji Akurasi Al-Murroba' Termodifikasi (<i>Al-Murobba' At-Tsani</i>) Sebagai Penunjuk Waktu.....	92
BAB V PENUTUP..... 103	

A. Simpulan.....	103
B. Saran	105
C. Penutup.....	106
DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	111
A. Lampiran Data Ephemeris	111
B. Lampiran Wawancara.....	112
C. Lampiran Observasi	113
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Sundial Tertua	41
Gambar 2 2 <i>Hemisperium dan Hemicyclium</i>	42
Gambar 2 3: <i>Jam Matahari Islam Pertama di Cordoba karya Ibnu al-Saffar</i>	45
Gambar 2 4: <i>Sundial Horisontal</i>	46
Gambar 2 5: <i>Sundial Vertikal</i>	48
Gambar 2 6: <i>Sundial Ekuatorial</i>	49
Gambar 3 1 : <i>Bidang dial al-Murroba'</i>	64
Gambar 3 2 : <i>Bidang dial transparan al-Murroba'</i>	65
Gambar 3 3 : <i>Gnomon al-Murroba'</i>	66
Gambar 3 4 : <i>Khoit/benang al-Murroba'</i>	67
Gambar 3 5 : <i>kompas</i>	68
Gambar 3 6 : <i>waterpass al-Murroba'</i>	69
Gambar 3 7: <i>Ilustrasi Penentun Kemiringan</i>	75
Gambar 3 8: <i>Ilustrasi Mengarahkan Bidang Dial</i>	75
Gambar 4 1.....	87
Gambar 4 2.....	87
Gambar 4 3.....	88
Gambar 4 4	88
Gambar 4 5.....	89
Gambar 4 6.....	89
Gambar 4 7.....	90
Gambar 4 8.....	91
Gambar 4 9.....	91

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam catatan sejarah, alat pengukur atau penentu waktu memiliki catatan yang cukup panjang untuk akhirnya dapat digunakan sebagai pedoman dalam kehidupan manusia. Salah satu contohnya ialah kejadian yang tercatat dalam salah satu hadis Nabi riwayat Bukhari Muslim yang menjelaskan dialog antara Zaid bin Tsabit dan Rasulullah itu, nampak jelas bahwa pada saat itu belum ada hitungan jam. Pertanyaan Zaid bin Tsabit dijawab Rasulullah dengan jawaban 50 ayat, bukan hitungan menit, jam, atau satuan waktu lainnya.³ Hal tersebut disebabkan pada zaman itu belum ada teknologi pembuatan jam seperti sekarang. Pada zaman itu, apa yang disebut jam adalah sebuah alat sederhana untuk menghitung perjalanan waktu siang melalui tonggak atau bangunan piramid yang tidak memiliki ketepatan hitungan pasti mengenai konsepsi hitungan jam.⁴

Waktu yang manusia pergunakan sehari-hari sebenarnya adalah didasarkan pada perjalanan harian Matahari. Jika Matahari terbit maka dikatakan bahwa hari pukul 06, jika Matahari berkulminasi atas, maka hari pukul 12, jika Matahari terbenam, maka hari pukul 18 dan seterusnya. Waktu yang berdasarkan pada perjalanan Matahari hakiki (sebenarnya) ini disebut dengan waktu hakiki. Dari pengamatan inilah maka akhirnya tercipta jam

³ Imam Bukhori, *Shahih Bukhari*, hadits nomor 1921.

⁴ E. Darmawan Abdullah, *Jam Hijriyah: Mengungkap Konsepsi Waktu Dalam Islam* (Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2011), hal. 86.

Matahari (Sundial) sebuah alat untuk menentukan acuan waktu yang tepat dan spesifik untuk menentukan rutinitas harian manusia dengan bantuan bayangan posisi Matahari.⁵

Waktu merupakan hal yang sangat penting karena berkaitan dengan ibadah umat muslim, terutama dalam menentukan waktu shalat. Hal ini sesuai dengan firman Allah Q.S. An-Nisa ayat 103:

إِنَّ الصَّلَاةَ كَانَتْ عَلَى الْمُؤْمِنِينَ كِتَابًا مَّوْقُوتًا ۝ ١٠٣

“sesungguhnya shalat itu fardlu yang ditentukan waktunya atas orang-orang yang beriman”. (Q.S. An-Nisa : 103)⁶

Banyak alat-alat falak optik maupun non-optik yang bisa digunakan sebagai penentu waktu, seperti jam mekanik, jam elektronik untuk alat falak optik dan untuk alat falak non-optik salah satunya al-Murobba’.

Al-murobba’ merupakan alat falak non-optik berbentuk persegi yang bisa dipakai untuk menentukan arah mata angin sejati, arah kiblat, lintang tempat, bujur tempat, menentukan nilai deklinasi matahari, nilai equation of time, penunjuk waktu, awal waktu shalat (dhuhur dan ashar), menentukan ketinggian matahari, Bulan, melokalisir objek rukyah, dan perhitungan trigonometri. Alat ini juga disebut dengan I-zun Dial.⁷

⁵ Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, III (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012), hal. 198.

⁶ RI, *Al-Qur’an Dan Tafsirnya*.

⁷ M. Ihtirozun Ni’am, *Al-Murroba’ Inovasi Alat Multifungsi* (Semarang: Mutiara Aksara, 2021).

Menurut penulis alat ini (al-Murobba') memiliki keunikan sendiri untuk diteiliti dibanding dengan alat lain. Pertama, alat ini merupakan alat non-optik yang memiliki banyak fungsi dibanding alat lainnya, seperti Mizwala dan Istiwaaini. Kedua, berbeda dengan alat-alat sebelumnya yang menggunakan satuan derajat dalam perhitungan sudutnya, al-Murobba' ini memakai satuan cm.⁸ Ketiga, Mengenai salah satu fungsi al-murobba' yaitu sebagai penentu waktu ada dua cara yang bisa dilakukan, yakni dengan memposisikan al-Murobba' dengan posisi miring, dan memposisikan ai-murroba' dengan posisi datar. Keempat, penggunaan al-Murobba' dapat dengan mudah dipahami masyarakat, termasuk orang yang awam tentang ilmu falak. Kelima, memiliki fungsi sebagai penentu waktu, bidang dial pada al-murroba' bisa di miringkan sesuai dengan lintang tempat daerah tersebut.

Keakuratan nilai yang dihasilkan dari al-Murroba' sebagai penentu waktu tentunya dipengaruhi oleh kemiringan bidang dial, kerataan bidang dial, panjang gnomon yang mana dari hal tersebut dapat mempengaruhi hasil apabila tidak dilakukan secara teliti. Karena pada saat ini dalam menentukan waktu menggunakan al-Murroba' memiringkan bidang dial hanya menggunakan benda tegak yang digunakan sebagai sandaran dengan jarak yang telah dihitung antara benda tegak dengan bidang dial. Dari hal tersebut dapat penulis simpulkan beberapa hal yaitu, diantaranya tidak adanya bidang tegak sebagai

⁸ M. Ihtirozun Ni'am, *Al-Murroba' Inovasi Alat Multifungsi* (Semarang: Mutiara Aksara, 2021), 69.

komponen tetap al-Murroba' serta perbedaan arah hadap yang membingungkan penulis dalam membaca hasil pengamatan dalam menentukan waktu. Untuk itu penulis berencana mengembangkan alat al-Murroba' ini dengan menambahkan komponen al-Murroba' berupa desain jam dua arah yang akan ditempelkan pada bidang dial utama al-murroba' yang berfungsi apabila dalam menentukan waktu dengan cara yang dimiringkan bidang dial bisa dihadapkan ke arah utara maupun selatan, bidang tegak yang posisinya tegak lurus dengan bidang dial kedua yang difungsikan sebagai sandaran bidang dial utama, bidang dial kedua yang alasnya dilengkapi dengan penggaris ukur yang digunakan untuk mengukur jarak bidang dial dan bidang tegak serta waterpass untuk mengatur kerataan bidang dial ketika digunakan untuk menentukan waktu, serta desain gnomon yang dibuat dari kuningan agar lebih awet penggunaannya.

Sebagai salah satu instrumen alat falak sebagai media pembelajaran dan mengingat pentingnya waktu sebagai penunjuk untuk mengetahui waktu ibadah, yakni waktu shalat. Penulis merasa perlu untuk melakukan penelitian ini yaitu dengan memodifikasi al-murroba'. Penulis melakukan penelitian ini dengan judul Modifikasi Al-Murroba' Sebagai Penentu Waktu (Pengembangan dan Akurasi al-Murobba').

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses pengembangan al-Murroba' sebagai penentu waktu?
2. Bagaimana keakurasian *al-Murobba'* sebagai penentu waktu setelah dilakukan modifikasi?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui Bagaimana proses pengembangan *al-Murroba'* sebagai penentu waktu.
2. Untuk menganalisis akurasi metode penentu waktu dengan menggunakan *al-Murroba'* setelah dilakukan modifikasi.

D. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui keakuratan *al-Murroba'* sebagai penentu waktu, sehingga *al-Murroba'* dapat berguna untuk pembelajaran-pembelajaran di kemudian hari mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penentuan waktu, seperti waktu shalat.
2. Memberikan gambaran penggunaan *al-Murroba'* sebagai penentu waktu.
3. Diharapkan penelitian ini menjadi karya ilmiah yang dapat dijadikan informasi dan rujukan bagi yang mempelajari ilmu falak dan penelitian di kemudian hari.

E. Telaah Pustaka

Skripsi karya Iqbal Kamalludin⁹ dengan judul “Studi Akurasi Penentuan Deklinasi Matahari Dengan Menggunakan *I-zun Dial*”, memperoleh kesimpulan metode penentuan nilai deklinasi Matahari menggunakan *I-zun Dial* merupakan metode praktis untuk menentukan waktu kulminasi tempat, menentukan arah utara sejati, menghitung nilai jarak zenith Matahari, dan yang terakhir,

⁹ Iqbal Kamalludin, “Uji Akurasi Penentuan Deklinasi Matahari Dengan Menggunakan I-Zun Dial,” *ELFALAKY* 3, no. 2 (2019).

menghitung nilai deklinasi Matahari. Deklinasi matahari dalam konsep *I-zun Dial*, di dalamnya ditambahkan suatu ketentuan yang belum terungkap dalam kajian-kajian sejenis sebelumnya, atau dikategorikan merupakan ketentuan baru. Sedangkan untuk penggunaan *I-zun Dial* perlu adanya ketelitian bagi pengamat mengingat *I-zun Dial* termasuk instrumen falak non optik dan manual yang penggunaannya tidak terlepas dari kesalahan manusia dalam beberapa hal terkait seperti: waktu standar, kedataran tempat, tempat yang terjangkau matahari, pembidikan panjang bayangan, dan pengaturan pemusutan titik koordinat tempat.

Skripsi Umul Maghfuroh¹⁰ dengan judul “Uji Akurasi I-zun Dial Dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat”, memperoleh kesimpulan secara eksperimen, data koordinat tempat yang ditampilkan I-zun Dial dan GPS terbukti selisih di antara keduanya hanya berbeda pada nilai menitnya saja. Selanjutnya data koordinat yang dihasilkan oleh GPS dan I-zun Dial diaplikasikan dalam perhitungan arah kiblat, selisih nilai azimuth kiblatnya masih dalam batasan toleransi. Oleh karena itu, penggunaan I-zun Dial dalam menentukan titik koordinat tempat dikatakan akurat, karena data yang ditampilkan mendekati hasil arah kiblat yang tidak keluar dari kota mekkah.

Dari penjabaran di atas, penelitian tersebut berbeda dengan penelitian yang dilakukan penulis, meskipun sama-sama menggunakan alat karya Ihtirozun Niam yaitu I-Zun Dial namun

¹⁰ Umul Maghfiroh, “Uji Akurasi I-Zun Dial Dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat”, *Skripsi*, (UIN Walisongo Semarang, 2016).

objek penelitiannya berbeda meskipun menggunakan alat yang sama. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian menghitung deklinasi Matahari dan penentuan titik koordinat suatu tempat menggunakan I-Zun Dial sedangkan penelitian yang dilakukan penulis adalah bentuk penyempurnaan al-murroba' yang digunakan sebagai penentu waktu.

Skripsi Tamhid Amri¹¹ sarjana Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2013 yang berjudul “Jam Matahari sebagai Penunjuk Waktu hakiki, Akurasi Jam Matahari di Kotabaru Parahyangan Padalarang Jawa Barat.” Dalam Skripsi ini, penulis melakukan analisis terkait fungsi-fungsi lain jam matahari Kotabaru Parahyangan Padalarang Jawa Barat beserta tingkat akurasinya. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa selain sebagai penunjuk waktu hakiki, jam matahari ini juga berfungsi sebagai penunjuk waktu shalat, penanda pergantian musim dan penunjuk arah kiblat. Pengujian tingkat akurasi terhadap jam matahari ini, dilakukan penulis dengan melakukan verifikasi data dilapangan dengan software Winhisab sebagai koreksi.

Skripsi Tri Hasan Bashori,¹² sarjana Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2014 yang berjudul “Akurasi Bencet Masjid Tegalsari Laweyan Surakarta sebagai Petunjuk Waktu Hakiki.” Dalam skripsi ini, peneliti melakukan penelusuran

¹¹ Tamhid Amri, “*Jam Matahari Sebagai Penunjuk Waktu Hakiki, Akurasi Jam Matahari Di Kotabaru Parahyangan Padalarang Jawa Barat*” (IAIN Walisongo Semarang, 2012).

¹² Tri Hasan Bashori, “*Akurasi Bencet Masjid Tegalsari Laweyan Surakarta Sebagai Petunjuk Waktu Hakiki*” (IAIN Walisongo Semarang, 2014).

terkait sejarah jam bencet Masjid Tegalsari Laweyan Surakarta seperti pembuatan, fisik dan kegunaanya.

Hasil dari penelusuran tersebut adalah jam bencet ini merupakan salah satu bencet tertua di Indonesia. Peneliti juga melakukan analisis terhadap konsep kerja jam bencet tersebut. Jam bencet tersebut menggunakan sinar matahari sebagai gnomon. Namun, dengan perbedaan konsep bencet ini tetap mempunyai tingkat akurasi yang cukup tinggi.

Dari dua penelitian di atas, meskipun membahas objek yang sama namun alat yang digunakan berbeda, penelitian sebelumnya menggunakan jam matahari sedangkan alat yang digunakan oleh penulis yaitu al-Murroba'. Hal inilah yang membedakan dengan penelitian sebelumnya, karena dengan alat yang berbeda tingkat akurasinya juga berbeda.

F. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode penelitian sebagai berikut:

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development*), yakni metode penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan produk dari pengembangan produk yang sudah ada, kemudian menguji keefektivan produk tersebut. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif bersifat ekperimental, yaitu penelitian yang dilakukan

dengan menggambarkan keadaan objek dan mengadakan manipulasi terhadap objek serta adanya kontrol.

2. Model Pengembangan

Model pengembangan yang akan peneliti lakukan adalah mengembangkan *al-murroba'* karya M. Ihtirozun Ni'am, S. H. I., M. H. yang dapat difungsikan sebagai penunjuk waktu. Pengembangan instrumen ini meliputi modifikasi dengan penambahan komponen berupa desain jam dua arah yang akan ditempelkan pada bidang dial utama *al-murroba'* yang berfungsi apabila dalam menentukan waktu dengan cara yang dimiringkan bidang dial bisa dihadapkan ke arah utara maupun selatan, bidang tegak lurus yang difungsikan sebagai sandaran bidang dial utama, bidang dial kedua yang alasnya dilengkapi dengan penggaris ukur yang digunakan untuk mengukur jarak bidang dial dan bidang tegak serta waterpass untuk mengatur kerataan bidang dial ketika digunakan untuk menentukan waktu, serta desain gnomon yang dibuat dari kuningan agar lebih awet penggunaannya.

3. Sumber Data

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari sumbernya yang mana data primer dalam penelitian ini adalah:

- 1) Data yang diperoleh dari observasi lapangan terhadap *al-murroba'*
- 2) Buku *al-murroba'* yang berisi pengetahuan mengenai *al-murroba'*

b. Data Skunder

Data skunder yaitu data yang tidak mengumpulkan informasi secara langsung kepada pengumpul data. Data skunder pada penelitian ini diantaranya Wawancara kepada M. Ihtirozun Niam sebagai informan sekaligus penemu *al-murobba'* sebagai data penyempurna, buku-buku tentang ilmu falak dan Astronomi, jurnal ilmiah, serta beberapa karya tulis ilmiah baik secara offline maupun online tentang ilmu falak atau hal lain yang berkaitan dengan materi penelitian.

4. Prosedur Pengembangan

Langkah awal dalam penelitian ini adalah tahap penelitian dan pengumpulan informasi awal mengenai *al-murroba'*. Kemudian meneliti kekurangan *al-murroba'* yang digunakan sebagai penunjuk waktu.

Tahap kedua adalah perancangan. Pada tahap ini peneliti merancang model modifikasi dengan menambahkan komponen berupa desain jam dua arah yang akan ditempelkan pada bidang dial utama *al-murroba'* yang berfungsi apabila dalam menentukan waktu dengan cara yang dimiringkan bidang dial bisa dihadapkan ke arah utara maupun selatan, bidang tegak yang posisinya tegak lurus dengan bidang dial kedua yang difungsikan sebagai sandaran bidang dial utama, bidang dial kedua yang alasnya dilengkapi dengan penggaris ukur yang digunakan untuk mengukur jarak bidang dial dan bidang tegak serta waterpass untuk mengatur kerataan bidang dial ketika

digunakan untuk menentukan waktu, serta desain gnomon yang dibuat dari kuningan agar lebih awet penggunaannya. Perancangan modifikasi ini mengacu pada keakuratan hasil penunjuk waktu hakiki pada al-murroba'.

Tahap ketiga adalah pembuatan instrumen al-murroba' termodifikasi. Pada tahap ini, peneliti membuat desain jam dua arah al-murroba' yang termodifikasi menggunakan software Corel Draw dan kemudian dicetak dan ditempelkan pada akrilik berbentuk bidang dial al-murroba'. Kemudian menambahkan komponen al-murroba' berupa bidang tegak yang posisinya tegak lurus dengan bidang dial kedua yang difungsikan sebagai sandaran bidang dial utama, bidang dial kedua yang alasnya dilengkapi dengan penggaris ukur yang digunakan untuk mengukur jarak bidang dial dan bidang tegak serta waterpass untuk mengatur kerataan bidang dial ketika digunakan untuk menentukan waktu, serta desain gnomon yang menggunakan kuningan agar lebih awet penggunaannya.

Tahap keempat adalah uji validasi ahli. Pada tahap ini penulis melakukan konsultasi pada penemu al-murroba', yaitu M. Ihtirozun Nii'am, S. H.I., M. H. Sehingga akan didapatkan penilaian kelayakan terhadap al-murroba' termodifikasi untuk dapat digunakan sebagai penunjuk waktu.

Tahap kelima adalah revisi produk. Revisi terhadap al-murroba' termodifikasi dilakukan apabila komponen

tersebut masih memiliki kekurangan. Beberapa kritik dan saran akan dianalisis untuk perbaikan komponen.

Tahap keenam adalah uji coba fungsionalitas produk. Uji coba ini dilakukan dengan dua cara, yaitu observasi dan kalkulasi. Observasi dilakukan dengan bantuan cahaya matahari untuk melihat kesesuaian jam yang ditunjukkan oleh bayangan pada bidang dial *al-murroba'*. Sedangkan kalkulasi dilakukan dengan tujuan menguji kesesuaian hasil antara jam yang ditunjukkan oleh matahari dengan jam BMKG.

Tahap ketujuh adalah revisi produk. Tahap revisi produk kedua dilakukan apabila ditemukan kesalahan hasil yang ditunjukkan oleh *al-murroba'* termodifikasi dalam uji coba fungsionalitas.

5. Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian, metode pengumpulan data yang penulis gunakan adalah:

a. Observasi

Observasi merupakan suatu proses pengamatan yang kompleks, dimana peneliti melakukan pengamatan langsung di tempat penelitian.¹³ Pada penelitian ini penulis melakukan pengamatan langsung terhadap *al-murroba'* sebagai penentu waktu untuk mengetahui bagaimana algoritma perhitungan yang

¹³ Tim Penyusun Fakultas Syari'ah dan Hukum IAIN Walisongo Semarang, *Pedoman Penulisan Skripsi* (Semarang: Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo Semarang, 2010), 13.

digunakan, serta mengetahui tingkat kekuratan *al-murroba'* dengan membandingkan perhitungan menggunakan jam digital.

b. Wawancara

Wawancara merupakan suatu kegiatan tanya jawab dengan tatap muka (*face to face*) antara pewawancara (*interviewer*) dan yang diwawancarai (*interviewee*) tentang masalah yang diteliti, dimana pewawancara bermaksud memperoleh persepsi, sikap dan pola pikir dari yang diwawancarai yang relevan dengan masalah yang diteliti.¹⁴

Dalam hal ini peneliti melakukan wawancara dengan M. Ihtirozun Niam sebagai penemu *al-murroba'* yang mana beliau lebih mengetahui tentang *al-murroba'*. Wawancara ini dilakukan sebagai data penyempurna terhadap penelitian ini.

c. Dokumentasi

Dokumentasi pada penelitian kali ini berupa pengambilan gambar yang dilakukan ketika melaksanakan observasi terhadap *al-murroba'*, buku-buku, makalah maupun jurnal ilmiah.

6. Metode Analisis Data

Analisis data merupakan proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, observasi, dokumentasi dengan cara mengorganisasikan data ke dalam kategori,

¹⁴ Imam Gunawan, *Metode Penelitian Kualitatif Teori Dan Praktek* (Jakarta: PT. Bumi Aksara, 2013), 162.

menjabarkan dan membuat kesimpulan yang dapat dipahami oleh diri sendiri maupun orang lain.¹⁵

Dalam menganalisis data penulis menggunakan metode analisis dekriptif, yaitu metode pemecahan masalah dengan cara mengumpulkan data dan menggambarkan objek penelitian.¹⁶ Dalam hal ini penulis menggambarkan secara umum tentang al-murroba' agar dapat diketahui kelemahan dan kelebihan al-murroba'.

Selanjutnya penulis juga menggunakan metode analisis komparatif untuk membandingkan dan mengetahui tingkat keakurasian al-murroba' sebelum dan sesudah dikembangkan.

Penulis juga menggunakan metode analisis verifikatif untuk membuktikan kesesuaian hasil yang dihasilkan al-murobba' 1 dan al-murobba' yang sudah dimodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) dengan jam BMKG sebagai acuan keakurasian hasil observasi.

G. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan dalam memahami skripsi ini, penulis menyusun penulisan skripsi ini per bab yang terdiri dari lima bab dengan sub pembahasan sebagai berikut:

Bab pertama berisi pendahuluan. Bab ini meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat

¹⁵ Sugiyono, *Memahami Penelitian Kualitatif* (Bandung: Alfabeta, 2012).89.

¹⁶ Noeng Muahdjir, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, III (Yogyakarta: Rake Surasin, 1996)., 187.

penelitian, telaah pustaka, metode penelitian dan sistematika penulisan.

Bab kedua berisi tentang pembahasan umum mengenai teori-teori dasar yang berhubungan dengan judul penelitian ini seperti konsep waktu, korelasi posisi Matahari terhadap perubahan waktu, pergerakan benda langit dan hal-hal lain terkait penelitian.

Bab ketiga berisi pemaparan data yang berkaitan dengan al-murroba', seperti biografi M. Ihtirozun Niam, gambaran umum tentang al-murroba' dalam kegunaannya sebagai penentu waktu kelebihan dan kekurangan al-murroba' sebagai penentu waktu, serta gambaran tentang rancangan pengembangan.

Bab keempat berisi tentang analisis uji akurasi fungsional al-Murroba' termodifikasi, Bab ini berisi analisis hasil penelitian penulis dengan membandingkan dan mengetahui tingkat keakurasian al-murroba' sebelum dan sesudah dikembangkan dengan mencocokkan dengan server jam BMKG.

Bab kelima berisi penutup. Pada bab ini meliputi kesimpulan atas hasil penelitian yang dilakukan peneliti, kemudian saran-saran dan penutup.

BAB II

KONSEP WAKTU DAN JAM MATAHARI

A. Pergerakan Bumi dan Matahari

Segala sesuatu yang terjadi di Bumi maupun di langit sudah diatur sedemikian rupa oleh Allah Swt. Alam semesta yang tersusun dari bermacam-macam benda langit yang bergerak dan beredar secara teratur merupakan bentuk kekuasaan Allah Swt. Dialog antara Allah dan malaikat tentang penciptaan manusia yang digambarkan dalam Al-Qurán surat Al-Baqarah (2) ayat 30-34 menunjukkan bahwa salah satu potensi yang dimiliki manusia adalah berpengetahuan tentang benda-benda di alam semesta.¹⁷

Berbicara mengenai alam semesta, tentunya kita sudah tidak asing lagi dengan teori-teori tentang Tatasurya. Sejauh penelusuran penulis ada dua teori tentang Tatasurya: Sistem Ptolomeus dan Sistem Kopernicus. Sistem Ptolomeus menempatkan Bumi sebagai pusat peredaran planet-planet dan Matahari. Sistem seperti ini disebut sistem geosentrik.¹⁸ Geosentris adalah teori yang mengatakan bahwa Bumi merupakan pusat Tatasurya. Berasal dari kata geo (Bumi) dan center (pusat).¹⁹ Sementara itu Sistem Kopernicus menempatkan Matahari sebagai pusat Tatasurya. Sistem ini disebut

¹⁷ Susiknan Azhari, *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam Dan Sains Modern*, Cetakan II (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2011), 13.

¹⁸ Azhari, 14.

¹⁹ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta* (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012), 178.

Heliosentrik.²⁰ Menurut teori heliosentris bahwa Matahari sebagai pusat peredaran benda-benda langit dalam Tatasurya ini, sehingga bumi selain berputar pada sumbunya (rotasi), ia bersama Bulan mengelilingi Matahari.²¹

1. Matahari

Matahari termasuk bintang tetap. Besarnya 1.378.000 kali besar Bumi. 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. sinar Matahari berkecepatan 300 ribu km per detik, sehingga waktu yang diperlukan sinar sampai ke permukaan Bumi selama sekitar 8 menit.²² Diameter Matahari adalah sekitar 14×10^5 km senilai dengan 109 kali bumi. Massa Matahari 333.400 kali massa Bumi atau sekitar $1,99 \times 10^{30}$ kg.²³

Pada hakekatnya Matahari adalah bintang yang berukuran sedang. Seperti dikemukakan oleh peneliitian Kepler, Matahari menjadi pusat peredaran planet-planet dalam tata surya kita yang orbitnya berbentuk eliptik, sedangkan Matahari berada pada salah satu fokus elip ini. Radius Matahari pada bagian equatornya adalah 695.000 km (sekitar 109 kali radius Bumi) sehingga bagian dalam Matahari bisa diisi dengan 1,3 juta kali Bumi yang

²⁰ Azhari, *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam Dan Sains Modern*, hal. 14.

²¹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), hal. 125.

²² Khazin, hal. 125.

²³ Bayong Tjasyono, *Ilmu Kebumihan Dan Antariksa* (Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2015), hal. 60.

kita tinggali sekarang. Lapisan terluar Matahari Photosphere yang tampak oleh kita. fotosfer merupakan bagian Matahari yang didominasi oleh unsur hidrogen 75%, helium 23%, dan selebihnya unsur-unsur lain. Bagian fotosfer mempunyai temperatur 6000° C. berdasarkan pengamatan para ahli diperoleh bahwa di fotosfer terdapat paling sedikit 67 unsur kimia. Unsur yang pertama kali ditemukan di fotosfer yaitu unsur helium.²⁴ Energi Matahari sendiri terbentuk dalam inti Matahari yang merupakan sumber energi elektromagnetik yang berlimpah (sebagian besar dalam bentuk panas dan cahaya). Sumber energi ini terbentuk akibat reaksi nuklir pada temperatur 15.000.000° C dan tekanan 340 juta kali tekanan di Bumi pada permukaan laut. Chromosphere berada di atas Photosphere. Energi Matahari yang keluar dari pusat Matahari keluar melalui bagian ini. Akibat energi lontaran ketika terbentuknya jagat raya, Matahari juga melakukan gerakan rotasi terhadap sumbu putarnya dengan periode 25 hari. Kromosfer disebut juga bola warna yang menjulang di atas permukaan Matahari sejauh 12.000 km. lapisan ini menandai transisi dari fotosfer ke atmosfer Matahari bagian luar.²⁵

Bagian terluar Matahari disebut Corona (dapat dilihat pada saat gerhana Matahari total) yang merupakan atmosfernya. Pada bagian inilah cahaya yang menyilaukan itu nampak, yang merupakan gumpalan awan gas sangat besar yang berkilau

²⁴ Agustinus Gunawan Admiranto, *Menjelajahi Tata Surya* (Yogyakarta: PT. Kanisius, 2009), hal. 24.

²⁵ Tjasyono, *Ilmu Kebumihan Dan Antariksa*, 61.

sebagai akibat dari letusan lapisan Chromosphere yang paling atas. Bagian terluar dari corona ini menjangkau jauh ke ruang angkasa (sampai sejauh 600.000 km) dan mengandung partikel-partikel yang bergerak semakin jauh dari Matahari secara perlahan-lahan.

Matahari memuat 99,85 % dari semua massa yang ada dalam tatasurya kita, sementara planet-planet yang mengelilinginya hanya mengandung 0,135% massa total tatasurya. Massa yang menggenapkan ini menjadi 100% dimiliki oleh benda-benda langit lain dalam tatasurya seperti komet, asteroid, dan satelit-satelit alam yang mengelilingi planet-planet dalam tatasurya kita.²⁶

Merupakan pusat tatasurya yang dikelilingi benda-benda langit yang bergerak di sekitarnya, Matahari juga terus bergerak bersama bintang-bintang lainnya. Dalam keilmuan astronomi gerak Matahari dibagi menjadi dua macam, yakni gerak hakiki Matahari dan gerak semu Matahari.²⁷

a. Gerak Hakiki Matahari

Gerakan hakiki Matahari adalah gerakan sebenarnya yang dimiliki Matahari. Gerakan Matahari ini meliputi gerak rotasi dan gerak Matahari di antara gugusan bintang.

²⁶ Tono Saksono, *Mengkompromikan Hisab Dan Rukyat* (Jakarta: Amythas Publicita, 2007), 24-25.

²⁷ Ishthofiyatul Khoiroh, "Analisis Jam Matahari Di Baron Technopark Gunungkidul Yogyakarta", *Skripsi*, (UIN WALISONGO SEMARANG, 2017), 25.

- 1) Rotasi Matahari. Matahari berputar pada porosnya dengan waktu rotasi yang berbeda-beda pada tiap bagiannya, yakni sekitar 25,5 hari pada bidang equator dan 27 hari pada daerah kutubnya. Perbedaan tersebut disebabkan Matahari sebenarnya merupakan bola gas pijar raksasa yang berada di luar angkasa yang terus bergerak.²⁸
- 2) Gerak Matahari di antara gugusan bintang. Matahari bersamaan dengan sistem tatasurya-nya bergerak di alam semesta ini dari suatu tempat menuju tempat yang lainnya mengitari pusat galaksi Bimasakti dengan kecepatan sekitar 20 km/detik atau 72.000 km/jam atau 600 juta km/tahun. Daerah yang dituju oleh Matahari disebut dengan aspek dan daerah yang telah ditinggalkan oleh Matahari disebut anti-aspek.²⁹

Mengenai peredaran Matahari di alam semesta tersebut adalah sesuai dengan apa yang telah disebutkan di dalam surat Yasin ayat 38, yang berbunyi:

وَالشَّمْسُ بَجْرَى لِمُسْتَقَرٍّ هَآءِ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ

*“dan Matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui.” (QS. Yasiin: 38)*³⁰

²⁸ Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, 213.

²⁹ Hambali, 212-213.

³⁰ RI, *Al-Qur'an Dan Tafsirnya*.

Pada ayat di atas dijelaskan bahwa Matahari sejak awal penciptaan telah memiliki jalur peredaran sendiri sebagaimana yang telah ditentukan oleh Allah SWT.

b. Gerak Semu Matahari

Perjalanan harian Matahari yang terbit dari timur dan terbenam di barat itu bukanlah gerak Matahari yang sebenarnya, melainkan disebabkan oleh perputaran bumi pada sumbunya (rotasi) selama sehari semalam, sehingga perjalanan Matahari yang seperti itu disebut perjalanan semu Matahari. Secara umum gerak semu Matahari dibagi menjadi dua, yakni gerak semu harian dan gerak semu tahunan.³¹

1) Gerak Semu Harian Matahari

Gerak semu harian Matahari ini disebabkan oleh rotasi Bumi (gerak putar Bumi pada sumbu putarnya), dengan waktu rotasi yaitu 23 jam 56 menit 4.1 detik. Dengan demikian dalam sehari Matahari bergerak $00^{\circ} 59'08,33''$.

Gerak semu harian Matahari mengakibatkan perubahan posisi Matahari setiap harinya. Matahari terlihat terbit di timur dan tenggelam di barat. Padahal gerak semu ini teramati karena Bumi kita yang berotasi dengan arah sebaliknya, dari barat ke timur. Sehingga akan muncul tampak kesan semu bahwa dari sudut pandang kita (sebagai pengamat) di Bumi, Matahari-lah yang bergerak mengelilingi.³²

³¹ Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak* (Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2015), 85.

³² Bashori, 86.

2) Gerak Semu Tahunan Matahari

Disamping melakukan perjalanan semu harian, Matahari juga melakukan perjalanan tahunannya yang sesungguhnya, yakni perjalanan Matahari dari arah barat ke timur dalam waktu satu tahun (365,2425 hari) untuk sekali putaran. Penyebab gerak semu tahunan Matahari disebabkan oleh revolusi Bumi.³³

Pada tanggal 21 Maret dan 23 September Matahari terbit tepat di titik timur dan tenggelam tepat di titik barat, pada tanggal 22 Juni Matahari terbit dan tenggelam sejauh $23,5^\circ$ ke arah utara dari titik timur dan barat, sebaliknya pada tanggal 22 Desember Matahari berada $23,5^\circ$ ke arah selatan dari titik timur dan barat. Posisi Matahari ketika berada di dua titik terakhir disebut dengan soltitium, yang artinya pemberhentian Matahari. Hal tersebut karena pada saat itu perubahan deklinasi Matahari sangat lambat seolah-olah berhenti. Sebaliknya pada titik ekuinox, yakni ketika lintasan Matahari berada tepat pada titik timur dan barat, perubahan deklinasi berlangsung cepat.³⁴

2. Bumi

Bumi adalah planet ketiga jika dihitung dari yang paling dekat ke Matahari yang mengorbit Matahari pada jarak 150 juta km.³⁵

³³ Bashori, 86.

³⁴ Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, 214.

³⁵ Saksiono, *Mengkompromikan Hisab Dan Rukyat*, hal. 25.

Diameter Bumi adalah 12.756 km (di khatulistiwa).³⁶ Umur Bumi diperkirakan 4.6 milyar tahun yang terbentuk bersamaan dengan satu sistem tatasurya keluarga Matahari. Jarak Bumi-Matahari tidak selalu sama melainkan kadang jauh kadang dekat, sesuai dengan posisi Bumi di ekliptika. Bumi mengelilingi Matahari melalui lintasan semu berbentuk ellips mendekati lingkaran. Selisih antara titik perihelium dengan titik apheliumnya adalah sekitar 5.000.000 km. jarak terdekat (perihelium) Bumi-Matahari adalah sekitar 147 juta km, dan jarak terjauhnya (aphelium) sekitar 152 juta km.³⁷ ada beberapa gerak dan peredaran Bumi yang penting untuk diketahui, yaitu:

a. Rotasi Bumi

Rotasi Bumi adalah perputaran Bumi pada porosnya. Periode rotasi Bumi rata-rata dianggap konstan 24 jam. Namun sebenarnya periode rotasi Bumi bervariasi antara 23 jam 46 menit sampai 24 jam 16 menit. Hal ini dikarenakan bentuk orbit Bumi yang tidak bulat sempurna, melainkan lonjong 2% dari lingkaran sempurna. Selain itu, penyebabnya adalah kemiringan sumbu rotasi Bumi sebesar $23^{\circ} 27'$ terhadap bidang tegak lurus orbitnya.³⁸

Akibat dari rotasi ini adalah antara lain adanya perbedaan waktu dan pergantian siang dan malam di muka Bumi. Permukaan Bumi yang menghadap Matahari adalah

³⁶ Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, 131.

³⁷ Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, 125.

³⁸ Ma'rufin Sudiby, *Sang Nabi Pun Berputar* (Solo: Tinta Medina, n.d.), 240.

siang, sedangkan permukaan Bumi yang membelakanginya adalah malah. Arah rotasi dari barat ke timur juga mengakibatkan terlihatnya benda-benda langit bergerak dari timur ke barat sejajar dengan equator serta tempat-tempat di Bumi yang lebih timur akan mengalami waktu lebih dulu daripada tempat-tempat di sebelah baratnya. Perbedaan waktu tersebut adalah sebesar 1 jam untuk setiap perbedaan 15 derajat bujur, atau 4 menit untuk setiap 1 derajat bujur. Perhitungan ini diperoleh dari waktu yang diperlukan untuk satu kali putaran penuh (360°) selama 24 jam. Dalam kaitannya dengan awal bulan qamariyah, maka waktu terbenam Matahari pada hari ke 29 merupakan saat yang sangat penting, sebab pada saat itulah observasi hilal (rukya) dilakukan dan sejak saat itu pula awal bulan qamariyah mungkin dapat dimulai.³⁹ Rotasi Bumi juga menyebabkan adanya perubahan angin. Menurut hukum Boys Ballet, angin akan bergerak ke daerah yang bertekanan maksimum ke daerah yang tekanannya minimum. Hal ini juga disebabkan oleh adanya pembelokan angin dari Bumi utara ke kanan dan Bumi selatan ke kiri. Angin yang datang dari selatan menuju khatulistiwa membelok ke kiri. Sedangkan angin yang datang dari utara menuju khatulistiwa membelok ke utara.⁴⁰

b. Revolusi Bumi

Revolusi Bumi adalah peredaran Bumi mengelilingi Matahari dari arah barat ke timur dengan kecepatan sekitar 30

³⁹ Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, 128-129.

⁴⁰ Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, 202.

km/detik. Satu kali putaran penuh (360°) memerlukan waktu 365,2425 hari, sehingga gerak Bumi ini disebut Gerak Tahunan. Jangka waktu revolusi Bumi dijadikan dasar dalam perhitungan tahun syamsiyah, satu tahun syamsiyah dihitung berumur 365 hari pada tahun biasa (Basithah atau Common Year) dan 366 hari pada tahun panjang (Kabisat atau Leaf Year).⁴¹

Bidang orbit Bumi terhadap Matahari disebut bidang ekliptika. Dalam revolusinya sumbu Bumi miring $66,5^\circ$ terhadap bidang ekliptika, sehingga gerakan revolusi Bumi tidak sejajar dengan equator Bumi, melainkan membentuk sudut sebesar $23,5^\circ$.⁴²

Dengan adanya kemiringan ekliptika terhadap equator mengakibatkan adanya deklinasi Matahari. Ketika Matahari tepat di equator pada tanggal 21 Maret maka harga deklinasi = 0° . Berangsur kemudian, Bumi berjalan ke arah timur sehingga Mataharipun bergeser ke utara equator. Pada posisi seperti inilah deklinasi Matahari berharga positif (+) dan semakin bertambah hingga tanggal 21 Juni. Pada saat inilah Matahari berada di titik balik utara sehingga harga deklinasi matahari maksimum positif, yaitu $23^\circ 27'$. Kemudian Bumi terus berjalan dengan posisi Matahari masih di utara equator serta harga deklinasi masih positif (+) namun semakin mengecil hingga sampai tanggal 23 September, yakni posisi Matahari tepat di equator lagi, sehingga harga deklinasi matahari = 0° .

⁴¹ Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, 129.

⁴² Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, 202.

Bumi berjalan terus dan posisi Mataharipun bergeser pula. Sejak tanggal 23 September Matahari bergeser ke selatan equator. Pada posisi seperti ini deklinasi Matahari bernilai negatif (-) dan semakin bertambah negatifnya sampai tanggal 22 Desember, pada saat itulah Matahari berada di titik balik selatan sehingga nilai deklinasi matahari maksimum negatif, yaitu $-23^{\circ} 27'$. Kemudian Bumi terus berjalan dengan posisi Matahari masih di selatan equator, sehingga nilai deklinasi Matahari masih negatif (-) namun semakin mengecil nilai negatifnya hingga sampai tanggal 21 Maret, yakni posisi Matahari tepat di equator lagi, sehingga nilai deklinasi Matahari = 0° .⁴³

Akibat yang ditimbulkan dari revolusi Bumi adalah; gerak semu tahunan Matahari, perubahan panjang hari, perubahan musim, dan perbedaan kenampakan rasi bintang.⁴⁴

c. Gerak Presesi

Kemiringan sumbu Bumi terhadap ekliptika kiranya perlu diperhatikan pula, karena kemiringannya itu tidak tetap, melainkan berubah-ubah mirip perubahan sumbu gasing (gasing) perubahan ini mengakibatkan adanya gerak goyang pada bumi sebesar $50,24''$ pertahun yang disebut presesi atau Dahriyah atau Mubadaratul I'tidalain. Gerak presesi ini ke arah yang berlawanan dengan arah rotasi Bumi, yakni ke arah

⁴³ Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, 130.

⁴⁴ Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, 203-208.

barat kalau dilihat dari kutub utara langit, dan akan kembali ke posisi semula dalam jangka waktu sekitar 25,796 tahun.⁴⁵

d. Gerak Nutasi

Gerak nutasi adalah gerak gelombang dalam gerak presesi. Jadi gerak presesi itu tidak lurus, melainkan bergelombang yang membentuk lingkaran kecil. Gerak nutasi membentuk satu lingkaran kecil penuh (360°) memerlukan waktu sekitar 18,66 tahun sehingga gerak nutasi sebesar $00^\circ 03'10.15''$ perhari.⁴⁶

e. Gerak Apsiden

Gerak apsiden adalah gerak titik aphelium dan perihelium bergeser dari arah timur ke barat. Pergeseran titik aphelium dan perihelium ini menempuh sekali putaran (360°) selama sekitar 21.000 tahun, sehingga gerak ini sebesar $0.17''$ perhari.⁴⁷

3. Matahari sebagai Penentu Waktu

Matahari merupakan suatu faktor yang penting dalam menentukan waktu karena perjalanan dan gerak harian maupun tahunannya. Matahari melakukan gerak semu tahunan yang dapat digunakan untuk menentukan perhitungan waktu atau penanggalan. Dengan mengetahui secara cermat periode gerak semu tahunan matahari tersebut dapat membantu kita dalam menyeiramakan musim akibat gerak semu tahunan Matahari dan penanggalan untuk kehidupan sehari-hari. Dengan demikian akan

⁴⁵ Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, 130-131.

⁴⁶ Khazin, 131.

⁴⁷ Khazin, 131.

memudahkan kita dalam mengitung pergantian waktu dan musim.⁴⁸

Perubahan waktu adalah disebabkan oleh putaran bumi pada porosnya mengelilingi Matahari. Akibat putaran ini juga menyebabkan Matahari terbit dan terbenam lalu menimbulkan fenomena siang dan malam. Oleh sebab itu perubahan kedudukan matahari menjadi dasar dalam pengukuran waktu. Waktu yang didasarkan pada pergerakan Matahari dinamakan waktu Matahari. Walau begitu, bintang juga dijadikan sebagai acuan pengukuran waktu yang disebut waktu sideris. Namun, Matahari lebih dominan digunakan sebagai skala pengukuran waktu yang utama.⁴⁹

Setiap hari Matahari terbit di ufuk timur, lalu bergerak semakin lama semakin tinggi, pada tengah hari Matahari mencapai kedudukan tertinggi pada hari itu atau dikatakan Matahari sedang berkulminasi. Setelah setengah hari ia meneruskan perjalananya bergerak semakin lama semakin rendah dan senja hari terbenam di ufuk barat.

Waktu yang digunakan manusia setiap harinya sebenarnya didasarkan pada perjalanan harian matahari. Pada jam 00.00 adalah ketika matahari berada di titik terendah pada peredaran semu hariannya atau berada pada kulminasi bawah, pada pukul 12.00 adalah ketika matahari berada di titik tertinggi pada

⁴⁸ Arief Furqan, *Islam Untuk Disiplin Ilmu Astronomi* (Departemen Agama RI, 2002), 107.

⁴⁹ Baharrudin Zainal, *Ilmu Falak*, Edisi Kedu (Malaysia: Dawama, 2004), 23.

peredaran semu hariannya atau berada pada kulminasi atas. Jika matahari terbit maka dikatakan bahwa hari pukul 06.00, jika matahari terbenam, maka hari pukul 18.00.

Sebelum ada jam tangan waktu Matahari sejati ini dipergunakan, oleh karena penghidupan sehari-hari dipengaruhi dengan Matahari, maka dianggapnya pada waktu itu penggunaan matahari sebagai penunjuk waktu merupakan suatu ukuran yang logis.⁵⁰

B. Konsep Waktu

Waktu adalah konsep dasar yang berkaitan dengan terjadinya peristiwa. Terdapat dua istilah dalam sistem waktu, yakni saat (epoch) dan selang waktu (interval). Saat (epoch) mendefinisikan secara presisi waktu kejadian suatu fenomena atau pengamatan. Sedangkan selang waktu (interval) adalah jumlah waktu yang terlewat antara dua saat. Untuk menyatakan selang waktu digunakan skala waktu dengan satuan skala waktu tertentu. Untuk menyusun suatu skala waktu diperlukan suatu fenomena yang dapat diamati yang berlangsung dengan periode yang konstan dan dapat dihitung atau diukur. Periode-periode yang konstan itu menjadi dasar untuk menentukan satuan skala seperti detik, menit, jam, hari, tahun dan lain sebagainya.⁵¹

⁵⁰ Khoiroh, "Analisis Jam Matahari Di Baron Technopark Gunungkidul Yogyakarta." *Skripsi*, (UIN WALISONGO SEMARANG:2017), 38.

⁵¹ Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i & Astronomi*, Seri 02 (Bandung: Persisi Pers, 2019), 2.

Satuan waktu dalam sistem satuan internasional/ Systeme Internatioanl (SI) adalah detik (second). Pada mulanya detik didasarkan pada peristiwa rotasi bumi, sekarang detik mengacu pada standar frekuensi resonansi atom sebagai penghitungannya.

Selain detik dikenal juga satuan waktu lainnya, yaitu menit, jam dan hari. 1 menit = 60 detik. 1 jam = 3600 detik (60 menit). 1 hari = 86.400 detik (24 jam atau 1440 menit). Bila memperhatikan definisi waktu diatas, maka akan terdapat banyak definisi tentang waktu tergantung peristiwa apa yang menjadi acuan untuk mendefinisikan waktu tersebut. Secara garis besar berdasarkan peristiwa yang dipakai untuk menentukan skala waktu, waktu sat ini terbagi pada empat macam sebagai berikut:⁵²

1. Waktu Matahari (Solar time)

Waktu Matahari adalah waktu yang dihubungkan dengan perjalanan Matahari yang digunakan pada semua bidang kehidupan ini. Perjalanan harian Matahari dari timur ke barat (rektograd) itu sebenarnya bukan gerak hakiki, melainkan perputaran Bumi pada porosnya (rotasi) dari arah barat ke timur, sekali putaran penuh memakan waktu rata-rata sekitar 24 jam.⁵³

Karena Bumi berputar pada porosnya dalam waktu 24 jam sekali putaran, maka benda-benda langit seolah bergerak mengelilingi Bumi (360), juga dalam waktu 24 jam. Jika

⁵² Sabda, 3.

⁵³ Raizza Kinka Intifada and Nuril Fathoni Hamas, "MECCA MEAN TIME PROBLEMATIC AS A WORLD TIME REFERENCE," *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy* 3, no. 2 (2022):. 4.

keliling Bumi itu sama dengan 40.000 km, berarti kecepatan Bumi berputar pada porosnya adalah 1.667 km/jam (40.000:24). Bandingkan dengan kecepatan suara yang hanya mencapai 1.191,6 km/jam.⁵⁴

Matahari itu adalah pusat tatasurya, karena ia menjadi pusat tata surya maka waktu di Bumi dihitung berdasarkan peredaran Matahari. Secara umum diketahui bahwa waktu Matahari itu terbagi pada tiga macam yaitu:

a. Waktu Matahari Hakiki

Waktu yang didasarkan pada peredaran Matahari hakiki (sebenarnya), yaitu pada saat Matahari mencapai titik kulminasi atas ditetapkan pukul 12.00.⁵⁵ Waktu yang didasarkan pada perjalanan Matahari sebenarnya ini disebut *al-waqt asy-syamsi* yang sama artinya dengan *waqt istiwa'*. Namun sesungguhnya waktu yang digunakan oleh Bumi ketika berotasi, tidak selalu sama dengan 24 jam. Begitupula peredaran Matahari nyata tidaklah konstan. Kadang cepat kadang melambat bila dibanding dengan Matahari rata-rata ini dikarenakan dua alasan. Pertama, karena orbit bumi berbentuk elips dan Matahari terdapat pada salah satu titik apinya (Hukum Kepler), hingga jarak Matahari berubah-ubah, kadang Matahari mendekat kadang Matahari menjauh. Pada saat mendekat perjalanan Matahari lebih cepat, dan ketika

⁵⁴ Intifada and Hamas, 5.

⁵⁵ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia* (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011), 81.

menjauh perjalanan Matahari melambat. Kedua, karena kemiringan ekliptika terhadap ekuator.⁵⁶ Dengan demikian, waktu sejak Matahari berkulminasi bawah sampai saat kulminasi atasnya juga tidak selalu 12 jam. oleh karena waktu hakiki didasarkan pada titik kulminasi, maka satu tempat dengan yang lain menurut arah barat dan timur waktunya berbeda walupun di dalam satu kota.⁵⁷

Menurut Misbah Khusurur, pada saat Matahari mencapai titik kulminasi atas (pukul 12.00) sudut waktu adalah 0° . Dengan demikian perubahan sudut waktu menentukan berubahnya waktu hakiki. Sebagai misal ketika sudut waktu besarnya $+30^\circ$, maka waktu hakiki menunjukkan pukul 14.00, dan ketika sudut waktu besarnya -45° , maka waktu hakiki menunjukkan pukul 09.00, begitupun seterusnya.⁵⁸

Waktu hakiki bisa diketahui dengan menggunakan jam matahari.

b. Waktu Mean Time/ Waktu Pertengahan

Mean time atau *al-waqt al-wasathi al-mahally* adalah sistem waktu yang didasarkan pada posisi Matahari rerata (fiktif) atau biasa disebut waktu rata-rata setempat dalam bahasa inggris disebut Mean Time (MT). penentuan waktu ini biasanya didasarkan pada bujur yang dijadikan pedoman pada suatu daerah. Dalam bahasa Arab bisa

⁵⁶ Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i & Astronomi*, 4.

⁵⁷ Intifada and Hamas, "MECCA MEAN TIME PROBLEMATIC AS A WORLD TIME REFERENCE," 5.

⁵⁸ Intifada and Hamas, 6.

juga dikenal dengan *A-z-Zaman al-Wustha* atau *al-Waqt al-Ausath*.⁵⁹

Waktu pertengahan digunakan untuk menjaga stabilnya waktu agar setiap saat harus merubah guna menyesuaikan kedudukan Matahari. Waktu pertengahan didasarkan pada peredaran Matahari khayal yang seakan-akan perjalanannya stabil, artinya tidak pernah terlalu cepat atau tidak pernah terlambat. Dengan demikian, maka waktu pertengahan (WP) dengan waktu hakiki (WH) bisa bersamaan dan bisa pula tidak bersamaan, suatu ketika waktu pertengahan mendahului waktu hakiki, dan pada saat yang lain waktu pertengahan didahului oleh waktu hakiki.⁶⁰

Perata waktu yang membuat jarak antara waktu hakiki dengan waktu pertengahan dinyatakan positif (+) jika pada pukul 12.00 WP, waktu hakiki menunjukkan pukul 12.00 lebih. Sebagai contoh pukul 12.00 WP, waktu hakiki menunjukkan pukul 12.11. berarti perata waktu 11 menit. Kemudian dinyatakan negatif (-) jika pada waktu pukul 12.00 WP, waktu hakiki belum menunjukkan pukul 12.00. sebagai contoh pukul 12.00 WP, waktu hakiki menunjukkan pukul 11.47, berarti perata waktu -13 menit.

⁵⁹ Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, III (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012), 28.

⁶⁰ Hambali, *Ilmu Falak 1 Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, 94.

Berangkat dari dua contoh di atas dapat ditetapkan rumus sebagai berikut: waktu pertengahan = waktu hakiki – perata waktu. Artinya waktu pertengahan dapat diperoleh dari waktu hakiki dikurangi perata waktu.⁶¹

c. Waktu Matahari Standar

Untuk memungkinkan waktu Matahari dapat dipakai di seluruh dunia, maka orang menentukan waktu yang baku, sehingga tempat dimana saja di dunia ini dapat menggunakan waktu yang sama yang terbagi menjadi waktu-waktu daerah.⁶²

Waktu daerah adalah waktu yang didasarkan pada garis bujur tertentu. Sehingga dalam satu wilayah bujur hanya berlaku satu waktu daerah. Oleh karenanya, daerah dalam satu wilayah itu disebut Daerah Kesatuan Waktu.⁶³

Pembagian wilayah daerah kesatuan waktu pada dasarnya berdasarkan pada kelipatan bujur tempat 15° ($360^\circ : 24 \text{ jam} \times 1^\circ$) yang dihitung mulai bujur tempat yang melewati kota Greenwich ($\lambda = 0^\circ$).

Penggunaan waktu daerah dimulai pada abad ke-19 yang pada waktu itu perkembangan komunikasi dan perkeretaapian pada mengharuskan penggunaan waktu yang sama di seluruh Perancis sehingga pada tahun 1891, ditetapkan bahwa waktu yang digunakan di seluruh Perancis adalah waktu rata-rata Paris (Paris Mean Time).

⁶¹ Hambali, 94.

⁶² Intifada and Hamas, "MECCA MEAN TIME PROBLEMATIC AS A WORLD TIME REFERENCE," 8.

⁶³ Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, 69.

Beberapa waktu sebelumnya, tahun 1884 di Washington, sebuah konferensi internasional memutuskan untuk membagi dunia kedalam 24 zona waktu, dan memilih meridian yang unik sebagai bujur acuan. Eridian yang dipilih adalah melewati Observatorium Royal Greenwich. Waktu yang mengacu pada meridian greenwich dikenal sebagai Universal Time (UT). Lokasi ini dipilih karena sampai tahun 1884, dua pertiga dari semua peta dan bagan menggunakannya sebagai meridian utama (prime meridian).

Penggunaan GMT sebagai standar satuan waktu sebenarnya kurang tepat. Standar waktu yang digunakan sekarang adalah UTC (Coordinate Universal Time). GMT sering secara keliru dianggap sebagai kesamaan dari UTC. Sebenarnya GMT yang dulu telah dibagi dua menjadi UTC dan UTI. Perbedaan antara UTC dan UT adalah bahwa UTC berbasis waktu atomik (TAI) sedangkan UT berbasis pengamatan astronomis. Karena rotasi bumi tidak seragam, maka perjalanan UT juga tidak konsisten. Skala waktu UT yang dikoreksi untuk mengkompensasi ketidakseragaman rotasi bumi tersebut dinotasikan dengan UTI. Dengan demikian UTC merupakan referensi skala waktu yang lebih modern dari GMT karena GMT berbasis pada posisi Matahari murni.⁶⁴

Berdasarkan keputusan Presiden RI (Soeharto) nomor 41 tahun 1987 tanggal 26 November 1987

⁶⁴ Ahmad Aufal Marom, "Akurasi Jam Matahari Sebagai Penunjuk Waktu Hakiki," *Semarang: Skripsi UIN Walisongo*, 2015, 36.

(mencabut Kepres nomor 243 tahun 1963-Soekarno) wilayah Indonesia terbagi atas tiga daerah waktu, yaitu:

1) Waktu Indonesia Barat (wib) yang berpedoman pada 105° BT (GMT + 7 Jam) meliputi:

- Seluruh Provinsi Daerah Tingkat I Sumatra
- Seluruh Provinsi Daerah Tingkat I Jawa dan Madura
- Provinsi Daerah Tingkat I Kalimantan Barat
- Provinsi Daerah Tingkat I Kalimantan Tengah

2) Waktu Indonesia Tengah (WITA) yang berpedoman pada 120° BT (GMT + 8 jam) meliputi:

- Provinsi Daerah Tingkat I Kalimantan Timur
- Provinsi Daerah Tingkat I Kalimantan Selatan
- Provinsi Daerah Tingkat I Bali
- Provinsi Daerah Tingkat I Nusa Tenggara Barat
- Provinsi Daerah Tingkat I Nusa Tenggara Timur.
- Provinsi Daerah Tingkat I (Timor-timor)
- Provinsi Daerah Tingkat I Sulawesi.

3) Waktu Indonesia Timur (WIT) yang berpedoman pada 135° BT (GMT + 9 jam), meliputi:

- Provinsi Daerah Tingkat I Maluku
- Provinsi Daerah Tingkat I Irian Jaya⁶⁵

2. Waktu Bintang (Sideral Time)

Sideral time adalah waktu yang didasarkan pada peredaran bintang. Sideral time didefinisikan sebagai sudut

⁶⁵ Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, 70.

waktu Vernal Ekuinoks yang diukur dari kulminasi atas meridian setempat.⁶⁶

Sekali peredaran bintang di langit memerlukan waktu 23 jam 56 menit 4.099 detik menurut waktu Matahari menengah (solar Mean Time). Jam 00.00.00 waktu bintang adalah ketika titik aries bekulminasi atas. Waktu bintang ini digunakan dalam praktik pengamatan astronomi, terutama untuk menentukan sudut waktu jam bintang.⁶⁷

3. Waktu Ephemeris (Ephemeris Time)

Ephemeris time (ET) didefinisikan pada tahun 1950 karena adanya ketidakcermatan dalam skala waktu UT (Universal Time) yang disebabkan oleh adanya ketidakaturan dan variasi rotasi bumi. ET adalah skala waktu astronomis yang didasarkan pada pergerakan bumi sekeliling Matahari atau gerak semu Matahari di bola langit. Gerakan semu Matahari ini diamati dengan mengamati posisi-posisi planet atau satelit dalam sistem Matahari dengan Matahari. Biasanya yang diamati adalah bulan, yang data-datanya sampai abad ke-17 masih tersedia.⁶⁸

4. Waktu atom (Atomic Time)

Merupakan waktu yang didasarkan pada fenomena oskilasi elektromagnetik karena suatu transisi kuantum suatu atom. Sebagaimana tersebut di atas UT bukanlah skala waktu yang seragam. Tahun 1955 ditemukan jam atom (Atomic

⁶⁶ Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i & Astronomi*, 4.

⁶⁷ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), 91.

⁶⁸ Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i & Astronomi*, 7.

Time) yang memiliki perhitungan waktu lebih stabil. Hal ini menyebabkan perbedaan waktu dengan UT, walau dalam skala yang sangat kecil dalam ukuran milisecond (seperseribu detik).

Jam atom awal mula dikembangkan pada tahun 1949 di Amerika Serikat. Pada tahun 1955 jam atom mulai beroperasi sepenuhnya yang berbasis masers isotop caesium-133. Baru diberlakukan mulai pada Januari 1958. Dari jam atom ini lahirlah 1 detik yang dinyatakan sebagai durasi waktu yang dibutuhkan oleh gelombang elektromagnetik hasil transisi dua tingkat superhalus (hyperfine) pada isotop atom caesium-133 dalam keadaan dasar untuk bergetar 9.192.631.770 kali. Jam atom begitu presisi sehingga apabila dua jam atom identik dijalankan secara bersama-sama, mereka baru akan memiliki selisih 1 detik antara satu dengan yang lainnya setelah beroperasi selama 30 juta tahun penuh.

Pada 1972 jam atom resmi digunakan sebagai alat yang diakui menjadi patokan keseragaman detik secara internasional. Dikenal dengan TAI (Atomic Time International).⁶⁹

C. Jam Matahari

1. Pengertian dan Komponen Jam Matahari

Jam matahari yang dalam bahasa arab dikenal dengan sebutan al-sa'ah asy-syamsiyah atau mizwala memiliki arti sebagai alat penunjuk waktu dengan bantuan bayangan

⁶⁹ Sabda, 8.

Matahari.⁷⁰ sebelum menggunakan jam mathari sebagai penunjuk waktu, dahulu kala manusia mengukur waktu dengan mengamati bayang-bayang pepohonan. Ketika pagi hari bayangan pohon memendek dan akan semakin memanjang ketika siang hari sampai matahari terbenam. Selain menggunakan metode panjang bayangan, menggunakan metode perubahan arah bayangan lebih sering digunakan. Seperti halnya ketika matahari hari terbit di sebelah timur maka bayangan berada di posisi barat yang kemudian terus bergeser ke arah utara kemudian ke timur yang menunjukkan matahari terbenam di barat.⁷¹ Prinsip kerja jam ini yaitu menunjukkan waktu berdasarkan letak matahari dengan cara melihat bayangan Matahari. Di Indonesia jam matahari biasanya dibuat dari tongkat atau semen serta sejenisnya dan ditempatkan di daerah terbuka agar mudah terkena sinar Matahari.⁷²

Jam matahari memiliki komponen dasar yaitu gnomon dan bidang dial. Gnomon ialah alat yang berfungsi sebagai penunjuk jam pada bidang dial yang dihasilkan oleh bayangan Matahari. Sedangkan bidang dial merupakan alat berupa piringan atau dataran yang di atasnya tertulis angka-angka

⁷⁰ Elly Uzlifatul Jannah and Elva Imeldatur Rohmah, "Sundial Sejarah Dan Konsep Aplikasinya," *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 5, no. 2 (2019):, 135.

⁷¹ Lawrence E Jones, *The Sundial and Geometry An Introduction for The Clasroom*, Second Edi (Glastonbury: North American Sundial Society, 2005), 1.

⁷² Rene R J Rohr, *Sundial; History Theory and Practice* (New York: Dover, 1996), 47.

jam yang ditunjukkan oleh gnomon sebagai penunjuk bayangan Matahari.⁷³

2. Sejarah Jam Matahari

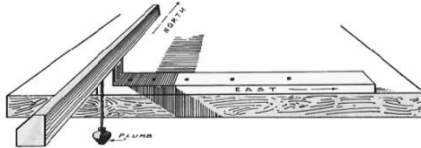
Alat pengukuran waktu memiliki sejarah panjang untuk pada akhirnya sampai pada zaman digital sekarang ini. Pergantian siang dan malam telah membagi waktu aktivitas kehidupan sehari-hari manusia dimana siang untuk bekerja dan malam untuk istirahat. Aktivitas manusia yang sangat kompleks membuat mereka berpikir bahwa tak cukup hanya membagi hari dalam siang dan malam, sehingga mereka mulai membagi waktu berdasarkan pergerakan posisi Matahari yang mereka lihat setiap hari, yaitu naik dari tempat terbit di kaki langit, bergerak hingga sampai tempat di puncak kepala lalu bergeser turun kembali ke kaki langit di tempat terbenam. Dari hal tersebutlah maka tercipta sundial, sebuah alat untuk menentukan acuan waktu yang tepat dan spesifik untuk menentukan rutinitas harian mereka dengan bantuan posisi Matahari.

Sundial atau jam matahari merupakan jam tertua, pada abad ke-20 para arkeolog pertama kali menemukan sundial yang diperkirakan telah dibuat sekitar abad 370 SM. Seiring dengan perkembangan waktu telah ditemukan sundial-sundial lain yang kebanyakan ditemukan di daerah Mesir.⁷⁴ Salah

⁷³ Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 105.

⁷⁴ Jannah and Rohmah, "Sundial Sejarah Dan Konsep Aplikasinya,"

satu sundial tertua yang di temukan di Mesir yang digunakan oleh Thutmosis III (sekitar abad 1501-1448 SM).⁷⁵



Gambar 2 1 Sundial Tertua

Sundial tersebut dari batu yang berbentuk batangan datar dengan panjang 12 inchi dengan sebuah bidang tegak lurus yang berbentuk “T” pada salah satu ujungnya. ketika Matahari menyinari sundial tersebut bayangan dari bidang yang berbentuk “T” akan jatuh pada batangan datar yang terletak dibawahnya dan menunjukkan ukuran waktu. Untuk bisa menggunakan sundial ini, pada pagi hari bidang yang berbentuk “T” harus iarahkan ke arah Timur, sedangkan di sore hari bidang berbentuk huruf “T” tersebut diarahkan ke arah Barat.. sundial tersebut juga dilengkapi bandul yang berfungsi untuk mengukur kesejajaran sundial ketika ditempatkan.⁷⁶

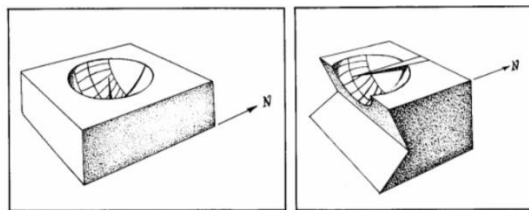
Pada periode Yunani Klasik yaitu pada abad ke-3 SM beberapa desain jam matahari mulai dikembangkan. Aristarcus dari Samos disebutkan telah merancang jam matahari yang kemudian diberi nama “hemisperium”. Sebuah jam matahari yang terbuat dari batu yang dilubangi, yang ditengahnya dilengkapi gnomon vertikal. Ujung gnomon yang terkena sinar

⁷⁵ J Rohr, *Sundial; History Theory and Practice*, 5.

⁷⁶ Jannah and Rohmah, “Sundial Sejarah Dan Konsep Aplikasinya,”

Matahari akan membentuk bayangan yang bergerak berlawanan dengan arah pergerakan Matahari. Garis-garis vertikal pada permukaan sundial tersebut membagi periode siang hari ke dalam 12 jam dan garis horizontal menunjukkan musim dan bulan.⁷⁷

Selanjutnya hemisperium ini kembali dimodifikasi oleh ahli astronomi yang hidup di zaman Alexander the Great (353-323 SM) yaitu Berosus. Sundial ini dimodifikasi dengan memotong bagian depan atau bagian hemisperium yang mengarah ke selatan karena menganggap bagian tersebut tidak pernah terlihat bayangan dari gnomon, kemudian mengganti gnomon vertikal dengan gnomon horizontal. Dengan keadaan baru yang telah dimodifikasi sundial ini menjadi lebih mudah diaca dan lebih ringan untuk dibawa. Hemisperium yang telah dimodifikasi ini diberi nama hemicyclium atau terkadang orang menyebutnya sebagai “dial of berosus”.⁷⁸



Gambar 2 2 *Hemisperium dan Hemicyclium*

⁷⁷ Jones, *The Sundial and Geometry An Introduction for The Classroom*, 4.

⁷⁸ J Rohr, *Sundial; History Theory and Practice*, 8.

Pada abad pertengahan, peradaban bangsa Arab-Islam, yang mewarisi beberapa pengetahuan astronomi dan Yunani Kuno, mengembangkan trigonometri bola, dan memperkenalkan kemajuan besar pada jam matahari. Mereka tidak lagi menggunakan gnomon horizontal atau vertikal, bangsa Arab-Islam menggunakan gnomon paralel untuk sumbu rotasi bumi, yaitu menunjuk kutub langit yang dikenal sebagai polar style. Sistem ini dapat menunjukkan bahwa panjang jam secara konsisten 60 menit dapat digunakan sepanjang tahun, dan terlebih lagi, seuruh bayangan menunjukkan jam, bukan hanya ujungnya. Dengan kata lain, meskipun panjang bayangan berubah secara musiman, bayangan menunjuk ke arah yang sama pada waktu yang sama sepanjang tahun. Dengan begitu penemuan besar gnomon paralel dengan sumbu bumi ini adalah langkah yang lebih maju dalam bidang ketepatan waktu (Timekeeping), karena dengan ini waktu yang ditunjukkan oleh jam Mathari adalah waktu yang sama.⁷⁹

Jam matahari Islam digunakan untuk menunjukkan waktu dhuhur dan ashar, dimana waktu dhuhur dimulai ketika panjang bayangan telah bertambah sekitar seperempat dari panjang gnomon. Sedangkan waktu ashar dimulai ketika bayangan gnomon melebihi panjang gnomon tersebut sampai matahari terbenam atau ketika bayangan gnomon sama dengan dua kali panjang gnomon. Oleh karenanya pada saat itu, jam

⁷⁹ Marom, "Akurasi Jam Matahari Sebagai Penunjuk Waktu Hakiki,"

matahari adalah perangkat yang paling akurat untuk menentukan kedua waktu tersebut (dhuhur dan ashar).⁸⁰

Jam matahari terbawa dunia Islam adalah ketika banyak diantara tanah hasil taklukan Islam pernah menjadi bagian dari dunia Helenistik atau Romawi yang saat itu kuat dengan tradisi jam matahari. Hal tersebut ditandai ketika di daerah Damaskus sekitar tahun 700 M khalifah Abd Al-Aziz dari bani Umayyah telah menggunakan jam matahari Graeco Romawi untuk mengatur waktu shalatnya menggunakan jam musiman.⁸¹

Jam matahari Islam pertama muncul dari abad ke sebelas di Cordoba karya Ibnu Al-Saffar. Jam ini berbentuk dial yang menampilkan garis untuk jam musiman, garis awal musim, dan garis penanda untuk salat dhuhur dan ashar. Panjang gnommon vertikal sama dengan jari-jari lingkaran di piringan.⁸² Kemudian pada pertengahan abad ke empatbelas, sebuah dial horizontal dibuat oleh astronom Ibn al-Shatir untuk masjid Umayyah di Damaskus pada tahun 1371. Jam matahari ini merupakan jam matahari tertua dengan kesejajaran polar axis yang masih ada.⁸³ Dimana jam ini menampilkan waktu sejak matahari terbit dipagi hari, saat matahari di pertengahan hari, dan matahari sebelum terbenam. Terciptanya jam matahari pertama dengan gnomon paralel pada sumbu kutub

⁸⁰ J Berggren, "Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization," *Coordinates* 1, no. 9 (1999):, 8.

⁸¹ Berggren, 8.

⁸² Berggren, 10.

⁸³ Jones, *The Sundial and Geometry An Introduction for The Classroom*, 6.

ini merupakan ciri istimewa bahwa jam ini dibuat oleh ilmuwan muslim bukan dari orang-orang Eropa Renaissance yang mana Ibn al-Shatir merupakan ilmuwan muslim yang memperkenalkan jam matahari dengan gnomon sejajar (paralel) dengan sumbu bumi.⁸⁴



Gambar 2 3: *Jam Matahari Islam Pertama di Cordoba karya Ibnu al-Saffar*

3. Macam-macam Jam Matahari dan Penggunaannya

Sebagai alat penunjuk waktu sundial (jam matahari) terdiri dari beberapa jenis, diantaranya,, sundial horisontal, sundial vertikal, dan ekuatorial. Masing-masing jenis sundial tersebut memiliki konsep berbeda dalam pembuatannya. Selain itu hal lain yang perlu diperhatikan dalam pembuatannya ialah penyesuaian dengan daerah dimana sundial tersebut akan digunakan.

⁸⁴ Berggren, "Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization," 12.

a. Jam Matahari Horisontal

Jam matahari ini biasanya diletakkan orang di tempat terbuka seperti kebun-kebun atau taman. Garis jam berpotongan dimana gnomon ini melintasi bidang horizontal. Bentuk jam ini disesuaikan dengan skema kemiringan yang sama dari garis lintang tempat. Jam ini lebih mendekati prinsip dalam pemakaian equatorial. Sundial ini dirancang untuk satu lintang tempat dan tidak dapat digunakan pada lintang lain.⁸⁵



Gambar 2 4: *Sundial Horisontal*

Konsep sundial horisontal:

1) Bidang dial

Sundial ini dinamakan sundial horisontal karena bidang dial pada sundial ini berbentuk sejajar dengan garis horizon Bumi. Hal inilah menjadikan alat ini dapat dibentuk sedemikian rupa, dengan bentuk

⁸⁵ J Rohr, *Sundial; History Theory and Practice*, 49.

lingkaran, persegi empat, segi enam ataupun bentuk lainnya.⁸⁶

2) Gnomon

Gnomon pada sundial ini, harus disesuaikan dengan besar sudut lintang tempat dimana sundial ini akan digunakan. Perbedaan dengan sundial equatorial adalah pada sundial equatorial yang harus disesuaikan dengan kemiringannya dengan besar sudut lintang tempat adalah bidang dialnya, sedangkan untuk sundial horisontal adalah kemiringan gnomonnya.⁸⁷

3) Garis jam

Penentuan garis jam pada bidang dial untuk jam matahari horizontal tidak sama seperti pada sundial equatorial. Sundial equatorial memiliki jarak sebesar 15° antar garis jam. Sedangkan untuk sundial horizontal, besar sudut antara garis jam dihitung dengan mempertimbangkan lintang tempat dari daerah dimana sundial tersebut akan digunakan. Yaitu dengan menggunakan rumus: $\tan H' = \sin \phi \times \tan H$. Sehingga besar sudut antara jam pada bidang dial tidak mutlak sebesar 15° .

Dimana H adalah sudut jam matahari ($H = 0^\circ$ pada garis tengah hari, $H = 15^\circ$ pada jam 13, $H = 30^\circ$ pada jam 14, $H = -15^\circ$ pada jam 11 dan seterusnya

⁸⁶ Denis Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use* (Paris: Praxis Publishing, 2003), 68.

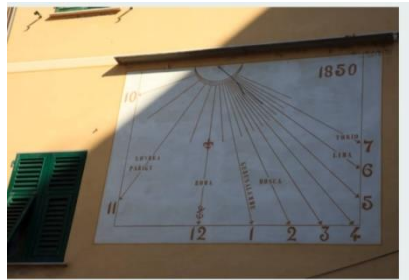
⁸⁷ Savoie, 69.

sehingga besar sudut antara jam pada bidang dial tidak mutlak sebesar 15° .⁸⁸

b. Jam Matahari Vertikal

Jam matahari vertikal adalah jam matahari yang biasanya ditemmui di dinding-dinding bangunan, menara atau bangunan lainnya. Hal itu dikarenakan bentuk jam yang tegak lurus/ vertikal, penempatan jam matahari ini lebih tepat digunakan diletakkan di tempat yang tegak lurus pula.

Konsep jam matahari ini hampir sama dengan sundial horizontal dimana kemiringan gnomon disesuaikan berdasarkan lintang tempat. Sedangkan untuk bidang dialnya ialah datar sehingga keadannya tegak lurus dengan alas bangunan yang akan dijadikan pijakannya. Rumus penentuan garis jam antara satu jam dengan yang lain pun sama dengan sundial horizontal, yaitu dengan mempertimbangkan besar sudut lintang tempat.⁸⁹



Gambar 2 5: *Sundial Vertikal*

⁸⁸ Savoie, hal. 71.

⁸⁹ J Rohr, *Sundial; History Theory and Practice*, hal. 53.

c. Jam Matahari Ekuatorial

Berbeda dengan sundial horisontal dan sundial vertikal, penggunaan sundial ini yaitu dengan memiringkan bidang dial sesuai dengan lintang tempat daerahnya di tujuan untuk penyesuaian posisi bidang dial dengan lingkaran meridian. dan memiliki gnomon yang tegak lurus terhadap dataran bidang dialnya.⁹⁰



Gambar 2 6: *Sundial Ekuatorial*

Konsep jam matahari ekuatorial:

1) Bidang Dial

Bidang dial dimiringkan sesuai dengan besar sudut lintang tempat. Tabel pada bidang dial memiliki dua sisi yang sejajar dengan khatulistiwa dan memiliki sudut 90° . Selain itu, bidang dial memiliki tabel garis waktu yang digunakan sebagai penanda bayangan matahari. Hal ini dikarenakan adanya pergerakan deklinasi matahari yang kala matahari berada di utara khatulistiwa atau memiliki

⁹⁰ J Rohr, hal. 47.

deklinasi positif dan kadang kala berada di selatan khatulistiwa atau memiliki deklinasi negatif.

Gnomon jam matahari equatorial menebarkan bayangan ke bidang dial yang sejajar dengan rotasi sumbu bumi. Gnomon ini segaris dengan meridian lokal dan membuat sudut dengan bidang horizontal yang sama besarnya dengan derajat lintang lokal (ϕ). Sedangkan untuk bidang dial membentuk sudut siku-siku (90°) terhadap gnomon yang dengan demikian posisinya sejajar dengan equator dan membentuk sudut terhadap bidang horizontal sebanyak $90^\circ - \phi$.⁹¹

2) Bayangan Gnomon

Setiap harinya model bayangan tidak selalu bergerak ke arah yang sama, pada saat Matahari berada pada deklinasi Utara maka bayangan Matahari akan searah dengan jarum jam. Sedangkan pada saat deklinasi selatan bayangan Matahari akan bergerak berlawanan dengan arah jarum jam. Pada saat deklinasi utara, setelah tanggal 21 Juni panjang bayangan akan menjadi lebih panjang dan akan terus memanjang tak terhingga sampai pada musim gugur yang terjadi pada tanggal 23 September. Begitu juga sebaliknya akan terjadi pada saat deklinasi selatan.⁹²

3) Garis Jam

⁹¹ Savoie, *Sundials, Design, Construction, and Use*, hal. 59.

⁹² Jannah and Rohmah, "Sundial Sejarah Dan Konsep Aplikasinya,"

Besar sudut garis dalam tabel dial jam matahari equatorial sebesar 15° . Hal ini dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk bergeser satu jam adalah 15° busur.⁹³

4. Metode Penentuan Waktu Shalat

Waktu merupakan hal yang sangat penting karena digunakan sebagai acuan ibadah umat muslim, terutama dalam penentuan awal waktu shalat. Menentukan waktu shalat sejak zaman Rasulullah Saw, menggunakan metode rukyah yakni melihat fenomena alam seperti dampak cahaya Matahari terhadap benda-benda yang lurus, seperti bantuan jam matahari atau tongkat istiwa'. Penentuan awal dan akhir shalat didasarkan pada posisi Matahari yang diawasi dari lokasi tertentu di Bumi, dengan menggunakan perhitungan data astronomi, yang biasa disebut dengan metode hisab. Dengan metode hisab akan dihasilkan jadwal waktu shalat. Metode rukyah ataupun hisab masing-masing memiliki keakuratan dan validitas yang berbeda-beda.⁹⁴ Metode perhitungan awal waktu shalat bisa menggunakan alat-alat falak klasik seperti al-murobba'. Penentuan awal waktu shalat menggunakan al-murobba' hanya bisa digunakan untuk waktu shalat dhuhur dan ashar, hal ini dikarenakan al-murobba' dalam pengaplikasiannya menggunakan bantuan cahaya Matahari sama halnya dengan menggunakan sundial.

⁹³ Jannah and Rohmah, 137.

⁹⁴ Ahmad Izzuddin, *Fiqh Hisab Dan Rukyah* (Jakarta: Penerbit Erlangga, 2011), 38–39.

Penentuan Waktu shalat dhuhur dengan al-murobba' ditandai dengan satu momen ketika matahari tergelincir dari titik kulminasi atau yang disebut dengan zawaf. Untuk menentukan waktu shalat dhuhur dengan al-murobba' yang perlu dilakuka adalah; mendatarkan posisi bidang dial,tepatkan huruf UTSB pada bidang dial dengan arah mata angin sejati, menunggu bayangan yang muncul hingga benar-benar mengarah ke arah utara sejati atau selatan sejati lalu catat jamnya, tambahkan jam tersebut dengan nilai imkhtiyat untuk awal waktu shalat dhuhur. Sedangkan waktu shalat ashar ditandai ketika bayangan suatu benda panjangnya sama dengan benda tersebut ditambah bayangan ketika matahari kulminasi atau istiwa'.⁹⁵ Data yang dibutuhkan untuk menentukan awal waktu shalat ashar adalah panjang gnomon, lintang tempat dan deklinasi matahari. Dengan langkah-langkah yang harus dilakukan diantaranya; mendatarkan posisi bidang dial, mengamati panjang bayangan yang terbentuk sampai sepanjang bayangan waktu ashar, ketika panjang bayangan sudah seniai dengan bayangan waktu ashar maka pada waktu itulah sudah masuk waktu ashar. Adapun untuk menghitung panjang bayangan waktu ashar adalah sebagai berikut; $PG + (\tan (\text{abs} (\text{deklinasi matahari} - \text{lintang tempat})) \times PG)$.⁹⁶

⁹⁵ Ni'am, *Al-Murroba' Inovasi Alat Multifungsi*, 76.

⁹⁶ Ni'am, 78.

BAB III

GAMBARAN UMUM TENTANG AL-MUROBBA'

A. Biografi Penemu Instrumen *Al-Murabba'*

Al-Murroba' merupakan instrumen falak yang berbentuk persegi dengan satuan cm.⁹⁷ Instrumen al-murroba' ini ditemukan oleh M. Ihtirozun Ni'am, yang mana beliau lahir di Tuban pada tanggal 10 Juli 1993, tepatnya di Desa Sendang, Kecamatan Senori, Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Beliau merupakan dosen di Universitas Negeri Walisongo Semarang. Selain itu beliau merupakan ahli falak yang terkenal dikalangan pegiat falak terbukti dari banyaknya karya yang dijadikan media belajar maupun rujukan untuk mempelajari ilmu falak. Salah satu karya beliau yang banyak dikenal yaitu *Al-Murroba'*.⁹⁸

Perjalanan pendidikan beliau dimulai dari pendidikan formal maupun non formal, diantaranya sebagai berikut:

- Pendidikan dasar di SDN Sendang 1, selain itu beliau juga menempuh pendidikan di MI Miftahul Falah (1999-2005).
- Pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Bangilan, selain itu beliau menjalani Muhadloroh di Pondok Pesantren Darut Tauhid Al-Hasaniyyah Tuban di malam hari (2005-2008)

⁹⁷ Ni'am, *Al-Murroba' Inovasi Alat Multifungsi*.

⁹⁸ Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

- Pendidikan menengah atas di Madrasah Aliyah Mamba'us Shalihin Gresik (2008-2011)
- Pendidikan Strata Satu jurusan Ilmu Falak di UIN Walisongo Semarang melalui Program Beasiswa Santri Berprestasi (PBSB), (2011-2015)
- Pendidikan Pascasarjana Jurusan Ilmu Falak di UIN Walisongo Semarang (2015-2017).⁹⁹

M' Ihtirozun Ni'am belajar Ilmu Falak pertama kali saat kelas 3 Madrasah Aliyah. Hal pertama yang beliau pelajari yaitu Ilmu Falak berbasis kitab yang diajarkan oleh guru beliau yaitu K.H. Humaidi Jazri yang merupakan alumni di Pondok Pesantren Langitan yang mana merupakan salah satu pondok tertua di Jawa. M. Ihtirozun Ni'am belajar Ilmu Falak Seminggu sekali, dengan mempelajari kitab Khulashah karangan K.H. Humaidi Jazri. Beliau merupakan santri yang cukup pintar dibidang eksak sehingga memudahkan beliau dalam mempelajari Ilmu Falak.

Pada saat menempuh pendidikan beliau merupakan orang yang sangat berprestasi di bidang akademik maupun non akademik, diantaranya yaitu:

- Juara 3 lomba siswa teladan tingkat SD se-Kabupaten Tuban.
- Mendapat predikat SUPER STAR saat menempuh pendidikan di MI Miftahul Falah.

⁹⁹ Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

- Juara 2 *Musabaqah Tilawatil Qur'an* se-Kecamatan Bangilan pada tahun 2005.
- Juara 3 lomba karya tulis ilmiah tingkat SMP se-Kabupaten Tuban pada tahun 2006.
- Juara 2 pada Musabaqah Qira'atil Kutub bidang *Balaghah* tingkat Ulya yang diadakan oleh Kementerian Agama Kota Gresik.
- Juara 3 *Alfiyyah* pada Festival Lomba Maulid Nabi Muhammad SAW pada tahun 2009.
- Menjadi Nominator Penerima Bantuan Penelitian dari LP2M yang diadakan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M) UIN Walisongo Semarang pada tahun 2014.¹⁰⁰

Selain prestasi-prestasi yang beliau raih, M. Ihtirozun Ni'am juga aktif mengisi seminar maupun pelatihan di bidang Ilmu Falak, diantaranya:

- Diskusi Ilmiah dalam rangka menyambut Hari *Rashdul Kiblat* dan Launching *I-zun Dial* yang diselenggarakan oleh CSSMoRA UIN Walisongo Semarang dan HMJ Ilmu Falak pada 27 Mei 2015;
- *Workshop* Astronomi yang diselenggarakan oleh PKPT IPNU-IPPNU Unissula Lamongan pada Desember 2017;

¹⁰⁰ Khabib Suraya, "Rancang Bangun Aplikasi Hisab Mobile Murroba' Berbasis Android", *Skripsi*, (Universitas Islam Negeri Walisongo, 2022), 34.

- Pelatihan Perhitungan Gerhana Bulan sistem kitab *Durul Aniq* yang diselenggarakan oleh Ma'had Aly Al-Hasanniyah pada 28 Januari 2018;
- Pelatihan Instrumen Teleskop untuk pelaksanaan rukyatul hilal yang diselenggarakan oleh tim Badan Hisab Rukyat (BHR) Kementerian Agama Kabupaten Tuban pada 23 Desember 2020;
- Program Integrasi Teori dan Praktik Pembelajaran Ilmu Falak dengan Al-Murobba' yang diselenggarakan di pondok pesantren YPMI Al-Firdaus Semarang pada tanggal 24-26 Agustus 2021 dan di pondok pesantren Al-Hidayat Krasak Demak pada 11 11-13 Agustus 2021.¹⁰¹

M. Ihtirozun Niam merupakan seseorang yang aktif melakukan penelitian sehingga banyak menghasilkan karya berupa artikel ilmiah maupun instrumen falak, diantaranya:

- Instrumen Falak Al-Murroba' yang beliau ciptakan pada tahun 2015;
- Artikel ilmiah dengan judul *Arah Kiblat di Planet Mars* yang diterbitkan oleh jurnal Al-Marshad pada Vol. 10, No. 01, Maret 2016;
- Artikel ilmiah dengan judul *Arah Signifikansi Ijtihad Kalender Hijriyah Global (Tinjauan dari Aspek Syara dan Ekonomi)* yang diterbitkan oleh jurnal Al-Mabsut pada Vol. 10, No. 01, April 2016;

¹⁰¹ Suraya, 35.

- Artikel ilmiah dengan judul *Date Correction of Omar Bin Khattab's Death in An Astronomical Perspective* yang diterbitkan oleh jurnal Al-Hilal pada vol. 04, No. 01, tahun 2019;
- Ilmiah dengan judul *Tsuroyya's Star As A Sign Of Pandemic's End: Critical Study of The End of a Pandemic From Hadith Dan Astronomical Perspektive* yang diterbitkan oleh jurnal El-Falaky pada Vol. 04, No. 02, tahun 2020;
- Artikel ilmiah dengan judul *Qibla Direction with The Constellation (Study of Determination of Qibla Direction with Gubug Penceng)* yang diterbitkan oleh jurnal Al-Hilal pada Vol. 02, No. 02, Oktober 2020;
- Artikel ilmiah dengan judul *Ayyam Al-Bid Syar'i and Astronomy Perspective (Between Fasting Momentum and Scientific Calculation)* yang diterbitkan oleh jurnal Al-Hilal pada Vol. 02, No. 02, Oktober 2020;
- Artikel ilmiah dengan judul *Analemma Dan The Beginning of Maghrib Prayer Alteration: Correlation of Analemma's Position Towards The Beginning of Maghrib Prayer According To Ephemeris Calculation* yang diterbitkan oleh jurnal Al-Hilal pada Vol. 03, No. 01, tahun 2021;
- Artikel ilmiah dengan judul *The Accompaniment in Astronomical Study Based on The Integration of Theory and Practice with Al-Murroba'at The Al-Hidayat Islamic Boarding School* yang diterbitkan oleh jurnal LP2M UIN Walisongo pada Vol. 02, Oktober 2021;

- Buku dengan judul *Kolaborasi Wujud al-Hilal dan Imkan al-Rukyah MABIMS (Studi Pemikiran Slamet Hambali tentang Penyatuan Penentuan Awal Bulan Qamariyah di Indonesia)* yang diterbitkan oleh CV. Alenia Media Dipantara, Juli 2021;
- Buku dengan judul *Al-Murroba' Inovasi Alat Falak Multifungsi* yang diterbitkan oleh Mutiara Aksara, 2021;
- Artikel ilmiah dengan judul *Shahadah 'Ilmy; Integrating Fiqh dan Astronomy Paradigm in Determining The Arrival of Lunar Months in Indonesia* yang diterbitkan dalam jurnal Internasional Al-Ihkam pada tanggal 4 Januari tahun 2022;
- Artikel ilmiah dengan judul *Konvergensi Rukyat Tarbi' dan Badr dengan Kriteria Imkanur Rukyat Neo MABIMS (Praktek Penentuan Awal Bulan Kamariah di Pondok Pesantren Nurul Hidayah Garut)* yang diterbitkan oleh jurnal Al- AFAQ pada Vol. 04, No. 02, Desember 2022
- Artikel ilmiah dengan judul *Konsep Awal Waktu Salat Imam Ghozali dari Perspektif Fiqh dan Astronomi* yang diterbitkan oleh jurnal MIYAH pada Vol. 18, No. 02, Agustus 2022;
- Artikel ilmiah dengan judul *Digistar 6- Based Planetarium as an Educational Media for Learning about the Sun Position Using a Horizontal Coordinate System* yang diterbitkan oleh jurnal Phisic Education Research Jurnal pada Vol. 04, No. 01, Februari 2022;

- Artikel ilmiah dengan judul *Integrasi Teori dan Praktik Ilmu Falak dengan Media Al-Murroba' di Pondok Pesantren YPMI AL-Firdaus* yang diterbitkan oleh jurnal LP2M of Institute for Research and Community Services-UIN Walisongo pada Vol. 22, No. 01, Mei 2022;
- Artikel ilmiah dengan judul *Rekonstruksi Sistem Waktu dalam shuhuf Nabi Idris* yang diterbitkan oleh jurnal MIYAH pada Vol. 19, No. 01, 2023.¹⁰²

Dengan kesibukannya, M. Ihtirozun Ni'am juga aktif di beberapa organisasi, diantaranya; Asosiasi Maestro Astronomi dan Ilmu Falak Indonesia Merdeka (ASTRO FISIKA) sebagai Divisi Libang; Himpunan Astronomi Amatir Semarang (HAAS) sebagai koordinator; Pondok Pesantren YPMI Al-Firdaus Semarang, Sebagai Kepala Pondok; Tim Ahli Badan Hisab Rukyah Kabupaten Tuban pada tahun 2017 hingga sekarang; Lembaga Falakiyah PWNU Jawa Tengah sebagai Divisi Pengabdian dan Pelayanan Masyarakat tahun 2018-2023. Dari banyaknya aktivitas yang dilakukan, selain aktif menjadi dosen Ilmu Falak di UIN Walisongo, beliau juga menjadi Kepala bagian Observatorium di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo, mengajar di YPMI Al-Firdaus, Mengajar di Ma'had Aly UIN Walisongo, mengajar di asrama muslimat NU Jawa

¹⁰² Google Scholar dikases pada 09 Juni 2023, Pkl. 22.00.

Tengah, dan aktif mengisi kajian di kalangan mahasiswa UIN Walisongo Semarang.¹⁰³

B. Komponen Al-Murobba'

1. Sejarah dan Pengertian *Al-Murobba'*

Al-Murobba' pertama kali di desain oleh M. Ihtirozun Ni'am diakhir masa perkuliahan Strata Satu di UIN Walisongo Semarang. Bermula dari Survey beliau di beberapa Pondok Pesantren, yang mana Ilmu Falak masih terdengar tabu dikalangan pelajar. Dari hasil survey, ada beberapa pondok pesantren yang mana santrinya kurang berminat dalam Ilmu Falak dan adapula pondok pesantren yang mengkaji Ilmu Astronomi baik segi instrumental maupun teorinya. Dari hal tersebut, M. Ihtirozun Ni'am tertarik membuat instrumen falak yang mana dibuat untuk menarik minat belajar santri dalam mempelajari Ilmu Falak. Berbekal dari ilmu-ilmu yang dipelajari selama menempuh pendidikan di UIN Walisongo, beliau kemudian membuat instrumen falak multifungsi yaitu, *Al-Murobba'*.

Al-Murobba' atau bisa disebut juga I-zun Dial adalah salah satu instrumen falak yang berbentuk persegi panjang yang biasa digunakan untuk menentukan arah mata angin sejati, arah kiblat, lintang tempat, bujur tempat, deklinasi Matahari, perata waktu, awal waktu shalat dhuhur dan asar,

¹⁰³ Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

ketinggian Matahari, Bulan dan objek benda langit lainnya, melokalisir objek rukyah, dan perhitungan trigonometri.¹⁰⁴

Dari banyaknya fungsi yang dimiliki *Al-Murroba'*, M.Ihtirozun Ni'am mengkolaborasikan semuanya yang kemudian tercipta *Al-Murroba'* berbentuk persegi dengan tujuan untuk mengakomodir beberapa fungsi dan mempermudah praktik lapangan.

Secara bahasa nama alat ini terdapat kata *Dial* dikarenakan piringan utama yang berbentuk persegi. Adapun huruf "I" melambangkan salah satu komponen alat ini yaitu gnomon. Kemudian kata "Zun" memiliki makna untuk mengingatkan pada instrumen falak yang berkembang yaitu *Sun Dial*.¹⁰⁵

Al-Murobba' merupakan alat falak yang praktis dikarenakan ukuran alatnya yang tidak terlalu besar untuk dibawa dan digunakan secara fleksibel. Selain itu dalam penggunaannya, *Al-Murobba'* tidak terpengaruh oleh radiasi magnetik.¹⁰⁶ Perbedaan alat ini dengan beberapa instrumen falak sebelumnya adalah satuan yang digunakan, bidang piringan utama *Al-Murobba'* yang berbentuk persegi menggunakan satuan cm sedangkan instrumen lain seperti

¹⁰⁴ Ni'am, *Al-Murroba' Inovasi Alat Multifungsi*. 1.

¹⁰⁵ Rikhanah, "Analisis Aplikasi Rumus Trigonometri Pada Penentuan Arah Mata Angin Sejati Dan Waktu Daerah Pada Media Izun Dial," (Universitas Islam Negeri Walisongo, 2019). 16.

¹⁰⁶ Iqbal Kamalludin, "Uji Akurasi Penentuan Deklinasi Matahari Dengan Menggunakan I-Zun Dial," *ELFALAKY* 3, no. 2 (2019),206.

Istiwa'aini dan Mizwala Qibla Finder yang menggunakan piringan utama berbentuk lingkaran dengan satuan derajat.¹⁰⁷

Dalam perkembangannya ada 2 versi al-Murroba', versi pertama yakni al-Murroba' yang terbuat dari akrilik (bahan yang transparan). Dan versi kedua yakni al-Murroba' yang tidak transparan. Pada versi pertama hanya mempunyai satu bidang saja yang difungsikan untuk melokalisir objek hilal, sedangkan untuk versi kedua yang tidak transparan, terdapat dua bidang, yakni bidang al-Murroba' dan bidang Rubu'Mujayyab. Dari al-Murroba' versi kedua inilah perhitungan trigonometri dapat dilakukan.

2. Komponen *Al-Murobba'*

Al-Murobba' merupakan instrumen falak yang berbentuk persegi dimana titik pusat bidang dial terdapat gnomon yang digunakan untuk menangkap bayangan Matahari.

Adapun komponen-komponen yang terdapat dalam *al-Murobba'* diantaranya;

a. Bidang Dial

Bidang dial ini berbentuk persegi, fungsi dari bidang dial ini untuk memproyeksikan bayangan Matahari yang terbentuk. Adapun beberapa komponen yang terdapat pada bidang dial tersebut antara lain;

1) Pusat Bidang Dial

Bagian pusat bidang dial ini terdapat lubang yang berfungsi untuk menempatkan gnomon.

2) Lingkaran

¹⁰⁷ Ni'am, *Al-Murroba' Inovasi Alat Multifungsi.*, 2.

Lingkaran yang terdapat pada bidang dial ini memiliki dua buah lingkaran. Pertama, lingkaran yang berukuran kecil kegunaan lingkaran ini adalah untuk menentukan arah mata angin sejati. Adapun lingkaran kedua berukuran lebih besar dari pada lingkaran pertama. Lingkaran besar ini disamping bisa berfungsi seperti lingkaran kecil diatas, juga disertai angka dari 6 sampai 18. Angka 6-18 ini berfungsi sebagai angka penunjuk jam atau waktu hakiki.

3) Angka Bidang Dial

Bentuk Bidang Dial persegi ini menyebabkan satuan yang digunakan dalam bentuk centimeter (cm), bukan derajat. dimana angka yang ditunjukkan berkisar antara 0 sampai 10. Tepat ditengah sisi tersebut bernilai 0, mengarah ke kanan bernilai 1,2,.. dan mengarah ke kiri bernilai -1,-2,.. angka pada setiap sisi Bidang Dial ini merupakan tempat pemosisian bayangan dalam praktek penentuan arah mata angin sejati, arah kiblat, arah hilal, atau objek observasi lainnya.

Di samping itu, angka ini juga bisa jadi parameter untuk melihat panjang bayangan yang muncul ketika kulminasi, atau ungu melokalisir objek ruyah. Ketelitian angka di bidang dial ini sampai pada satuan milimeter (mm). Selain itu terdapat juga angka penunjuk jam yang digunakan untuk penunjuk

arah bayangan ketika digunakan untuk menentukan waktu.

4) Huruf U-T-S-B pada masing-masing sisi

Huruf U-T-S-B pada masing-masing sisi bidang dial *Al-Murobba'* berfungsi sebagai penanda arah mata angin sejati setelah diketahui arah mata angin tersebut. “U” Meneunjukkan arah Utara, “T” menunjukkan arah Timur, “S” menunjukkan arah Selatan, dan “B” menunjukkan arah Barat.



Gambar 3 1 *Bidang dial al-Murroba'*

b. Bidang Dial transparan bagian bawah.

Dibawah bidang Dial utama, terdapat bidang Dial yang lebih kecil. Pada bidang Dial yang lebih kecil inilah terdapat empat kaki yang dapat digunakan sebagai penyeimbang kedataran bidang Dial utama. Selain itu

juga terdapat lubang ditengah yang berfungsi untuk mengunci gnomon.



Gambar 3 2 : *Bidang dial transparan al-Murroba'*

c. Gnomon

Gnomon adalah suatu alat berbentuk seperti tiang yang berfungsi untuk mengetahui tinggi matahari.¹⁰⁸ Gnomon yang digunakan oleh *Al-Murobba'* memiliki dua jenis yaitu gnomon panjang dan gnomon pendek. Adapun fungsi dari gnomon panjang adalah untuk mengukur bayangan Matahari ketika praktek dilakukan saat Matahari berada di sekitar titik kulminasi / istiwa'. Karena ketika mendekati kulminasi, bayangan gnomon yang muncul relatif lebih pendek dibandingkan dengan saat pagi atau sore hari, sehingga butuh gnomon yang panjang ketika praktek agar bayangan yang muncul juga

¹⁰⁸ Khazin, *Kamus Ilmu Falak*. 27.

panjang. Kemudian gnomon pendek digunakan pada saat pengukuran ketika tinggi Matahari rendah yang menyebabkan panjang bayangan yang berlebih, pengukuran yang menggunakan gnomon pendek biasanya dilakukan pada pagi hari atau sore hari.¹⁰⁹



Gambar 3 3 : *Gnomon al-Murroba'*

d. *Khoit* / Benang

Panjang suatu bayangan yang muncul akan berubah dengan berubahnya waktu. Ketika pagi hari, sejak saat Matahari ke Zenith masih jauh, bayangan yang muncul akan panjang. Sedangkan ketika jarak Matahari ke Zenith semakin mendekat, maka semakin kecil bayangan yang muncul. Dari situ, terkadang bayangan yang muncul bisa mengenai angka di tepi garis bidang Dial, namun terkadang juga tidak. Disitulah fungsi benang / *khoit* dalam prkteknnya. *Khoit* atau benang dipakai untuk

¹⁰⁹Nabila Afadah, “Uji Akurasi I-Zun Dial Dalam Penentuan Arah Kiblat Dengan Parameter Theodolite”, *Skripsi*, (Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2017). 59.

melihat lebih tepat di angka berapa nilai bayangan yang muncul apabila ujung dari bayangan itu tidak mengenai garis di tepi bidang Dial. Maka disini *khoit* digunakan untuk menyesuaikan ujung bayangan pada angka yang tertera dalam bidal Dial, baik ketika panjang bayangan terlalu pendek, sehingga tidak mengenai angka di bidang Dial, ataupun ketika terlalu panjang sehingga melebihi bidang Dial. Di samping itu, *khoit* juga bisa dipakai saat menentukan arah utara sejati dengan menghubungkan 2 titik yang mengenai lingkaran sebelum dan sesudah kulminasi.¹¹⁰



Gambar 3 4 : *Khoit/benang al-Murroba'*

e. Kompas

Kompas merupakan alat navigasi yang berfungsi untuk menunjukkan arah menggunakan jarum magnetik.¹¹¹ Jarum magnetik tersebut selalu mengarah ke

¹¹⁰ Ni'am, *Al-Murroba' Inovasi Alat Multifungsi*. 4-5.

¹¹¹ Gunawan dan Nur Aisyah, "Akurasi Kompas Digital Pada Smartphone Android Dalam Penentuan Arah Kiblat," *Journal Hisabuna* 02, no. 02 (2021). 3.

Utara dan Selatan magnet bukan arah Utara sejati.¹¹² Dalam penggunaan *Al-Murobba'*, kompas hanya berfungsi untuk mengarahkan sementara bidal Dial atau dalam keadaan terdesak seperti ketika cuaca sedang mendung.



Gambar 3 5 : kompas

f. *Waterpass*

Waterpass merupakan alat yang terbuat dari bahan bening yang berisi air yang berfungsi untuk mengatur kedataran suatu benda.¹¹³ Dalam melakukan pengukuran menggunakan *Al-Murobba'* diperlukan kedataran bidang Dial yang baik, sehingga perlu untuk menggunakan *waterpass* saat persiapan alat.

¹¹² Arino Bemi Sado, "Pengaruh Deklinasi Magnetik Pada Kompas Dan Koordinat Geografis Bumi Terhadap Akurasi Arah Kiblat," *Journal Al-Afaq* 01, no. 01 (2019). 2.

¹¹³ Khazin, *Kamus Ilmu Falak.*, 91.



Gambar 3 6 : waterpass *al-Murroba'*

C. Pengaplikasian *Al-Murobba'* Sebagai Penunjuk Waktu

Pada dasarnya Ketika kita bisa mengetahui sudut waktu suatu benda langit dalam hal ini sudut waktu matahari, maka kita bisa mengetahui waktu hakiki. Dalam hal ini, dalam penggunaan *al-murroba'* sebagai penunjuk waktu sudut waktu digunakan untuk untuk menentukan waktu hakiki, waktu daerah dan sebagainya.¹¹⁴

Terdapat dua cara untuk menentukan waktu dengan *Al-Murobba'* yang bisa dilakukan. Pertama dengan memosisikan *Al-Murobba'* dengan posisi miring. Kedua, memosisikan *Al-Murobba'* dengan posisi mendatar.

1. Data-data yang diperlukan dalam penentuan waktu menggunakan *Al-Murroba'*.

¹¹⁴ Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

a. Tanggal dan Waktu (jam) yang tepat

Tanggal dan waktu diperlukan untuk mengetahui nilai deklinasi pada saat pengukuran karena bumi terus bergerak dan nilai deklinasi pun berubah-ubah. Tanggal yang digunakan menggunakan penanggalan masehi.¹¹⁵ Waktu yang tepat adalah waktu yang sesuai dengan keadaan semestinya. Adapun waktu yang tepat dapat diperoleh dengan cara:

- a.1. menyesuaikan dengan jam di Global Positioning System (GPS) yang sedang terhubung dengan satelit.
- a.2. menyesuaikan dengan Greenwich Mean Time (GMT) di internet,¹¹⁶ atau menyesuaikan langsung WIB, WITA, dan WIT di internet.¹¹⁷

b. Lintang Tempat

Lintang tempat (latitude) adalah jarak sepanjang meridian bumi diukur dari khatulistiwa sampai kedudukan pengamat. Dalam bahasa arab dikenal sebagai *Urd al-Balad*.¹¹⁸

Garis lintang adalah lingkaran yang terdapat pada bola bumi yang sejajar dengan khatulistiwa bumi, dan digunakan untuk mengetahui jarak suatu tempat dari garis khatulistiwa. Garis lintang disebelah utara garis

¹¹⁵ Muhammad Iqbal, "Pengembangan Istiwa'aini Sebagai Instrumen Penentuan Arah Kiblat Berbasis Teknologi", *Tesis*, (UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG, 2021), 161.

¹¹⁶ "dapat diakses melalui link berikut
<http://wwp.greenwichmeantime.co.uk/>.

¹¹⁷ Dapat diakses melalui link berikut
<http://wwp.greenwichmeantime.co.uk/timezone/asia/indonesia/>.

¹¹⁸ Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 134.

khatulistiwa dinyatakan positif dimulai dari 0 derajat sampai dengan 90 derajat, dan dinyatakan negatif untuk di daerah selatan khatulistiwa yang juga dimulai dari 0 derajat sampai dengan 90 derajat. Untuk daerah yang mempunyai garis lintang yang sama, maka akan terjadi perbandingan siang dan malam yang sama pula.¹¹⁹

c. Bujur Tempat

Bujur tempat (longitude) adalah jarak yang diukur sepanjang busur ekuator dari bujur yang melalui kota Greenwich sampai melalui tempat yang dimaksud. Dalam bahasa arab dikenal *Thul al-Balad*.¹²⁰

Garis bujur adalah lingkaran yang terdapat pada bola bumi yang melalui kutub utara dan kutub selatan bumi, dan digunakan untuk mengetahui jarak suatu tempat berdasarkan arah barat dan timur. Garis bujur yang melalui Greenwich (London) ditetapkan 0° , selanjutnya ke arah barat sampai dengan 180° dari Greenwich disebut bujur barat (BB) dan ke arah timur sampai dengan 180° dari Greenwich disebut bujur timur (BT).¹²¹ Batas bujur barat dan bujur timur juga merupakan batas hari. Daerah yang mempunyai garis bujur yang sama akan mempunyai waktu yang sama, akan tetapi berbeda perbandingan siang dan malamnya. Berbeda bujur berbeda pula waktunya sebesar perbedaan bujur keduanya. Setiap perbedaan sebesar 15°

¹¹⁹ Hambali, *Ilmu Falak 1 Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, 95.

¹²⁰ Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 135.

¹²¹ Hambali, *Ilmu Falak 1 Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, 96.

akan terjadi perbedaan waktu 1 jam, setiap 1° akan berbeda waktu 4 menit, setiap $15'$ akan berbeda waktu 1 menit, setiap $1'$ akan berbeda waktu 4 detik dan setiap $15''$ akan berbeda waktu 1 detik.¹²²

d. Sudut Waktu

Sudut waktu adalah sudut yang dibentuk oleh titik perpotongan antara lingkaran meridian dan lingkaran waktu yaitu lingkaran yang melalui kutub langit utara, Matahari dan kutub langit selatan. Sudut waktu bernilai negatif jika Matahari berada di belahan timur dan bernilai positif apabila Matahari berada di belahan barat. Sudut Matahari disebut juga dengan *Hour Angel* atau sudut jam bintang dan dilambangkan dengan huruf (t_0).

e. Deklinasi Matahari

Deklinasi matahari atau *mail as-Syams* adalah jarak posisi matahari dengan ekuator atau khatulistiwa langit diukur sepanjang lingkaran deklinasi atau lingkaran waktu. Jika deklinasi sebelah utara ekuator diberi tanda positif (+), sedangkan deklinasi di sebelah selatan ekuator diberi tanda negatif (-).¹²³

f. Equation of Time

Equation of time atau perata waktu atau dalam bahasa arab dikenal dengan *Ta'dil as-Syams* adalah selisih antara waktu kulminasi matahari hakiki dengan waktu matahari

¹²² Hambali, 96.

¹²³ Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, 203.

rata-rata. Data ini biasanya dinyatakan dengan huruf “e” kecil.¹²⁴

2. Syarat Penggunaan *Al-Murroba'* sebagai Penunjuk Waktu
 - a. Adanya cahaya Matahari atau dalam keadaan cuaca cerah, hal ini dapat mempengaruhi bayangan yang dihasilkan.
 - b. Gnomon di titik tengah bidang dial harus benar-benar tegak dan benar-benar berada di titik pusat bidang dial dengan posisi yang benar-benar tegak lurus.
 - c. Bidang dial harus benar-benar dalam posisi datar karena bisa mempengaruhi hasil bayangan yang dihasilkan dari gnomon.
 - d. Posisi bidang dial harus sesuai dengan arah mata angin sejati.
 - e. Ketika dimiringkan posisi kemiringan bidang dial harus benar-benar sesuai dengan lintang tempat pada saat pengukuran.
3. Menentukan waktu dengan *Al-Murobba'* yang dimiringkan

Dalam menentukan waktu dengan *Al-Murobba'* yang dimiringkan, ada beberapa hal yang perlu dilakukan dan diperhatikan dengan teliti, yaitu sebagai berikut:¹²⁵

 - a. Sudut kemiringan bidang Dial. Sudut kemiringan bidang Dial ini tergantung pada nilai lintang tempat pengamatan (ϕ);
 - b. Arah Mata angin sejati;
 - c. Adanya cahaya Matahari.

¹²⁴ Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 62.

¹²⁵ Ni'am, *Al-Murroba' Inovasi Alat Multifungsi*, 69.

Untuk penunjuk waktu menggunakan al-murroba' yang dimiringkan untuk yang dimiringkan, konsep perhitungannya mirip dengan koordinat equatorial. Yang mana bidang dial dimiringkan sesuai koordinat lintang tempat kita dan mengarah ke kutub langit selatan maupun ke kutub langit utara. Ketika matahari terbit atau terbenam, gerak matahari setiap satu jam itu membentuk sudut 15 derajat, yang kemudian diatur pada bidang dial al-murroba dengan membentuk lingkaran yang selisih perjamnya sebesar 15 derajat.¹²⁶

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Mengatur kemiringan bidang Dial dengan menentukan jarak yang tepat antara bidang Dial dengan sandarannya. Hal ini dapat diperhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$J = \sin \phi \times m$$

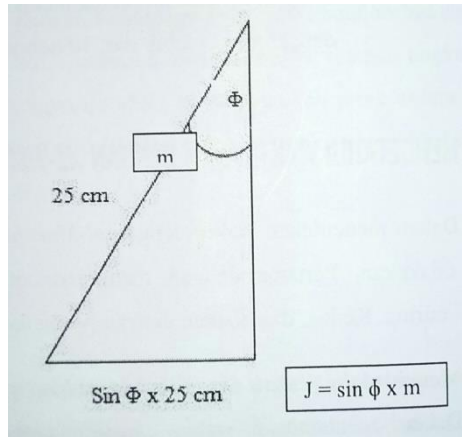
J : Jarak antara bidang Dial dan sandarannya;

Φ : Nilai lintang tempat;

M : Panjang bidang Dial.¹²⁷

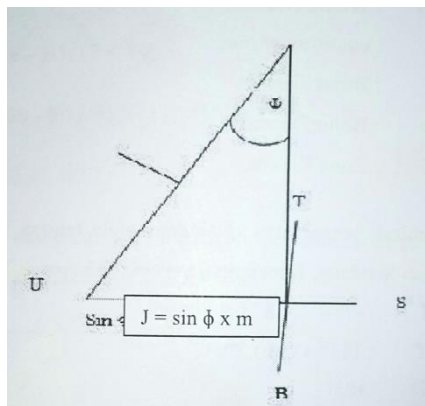
¹²⁶ Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

¹²⁷ Ni'am, *Al-Murroba' Inovasi Alat Multifungsi*, 70.



Gambar 3 7: Ilustrasi Penentuan Kemiringan. Bidang Dial untuk mengetahui jam atau waktu.

- 2) Mengarahkan bidang Dial ke arah utara sejati. Penentu utara sejati dilakukan sebelum praktek dengan cara yang sudah dijelaskan di atas.



Gambar 3 8: Ilustrasi Mengarahkan Bidang Dial.

- 3) Perhatikan bayangan yang muncul di bidang Dial. Angka yang ditunjukkan oleh bayangan di garis lingkaran pada bidang Dial adalah waktu hakiki (WH) pada saat pengamatan.
- 4) Untuk merubah Waktu Hakiki (WH) tersebut ke Waktu Daerah (WD), dapat diperhitungkan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\mathbf{WD = WH - e - ((BT - BD) / 15)}$$

Atau

$$\mathbf{WD = WH - e - BT/15 + TZ}^{128}$$

4. Menentukan Waktu Dengan *Al-Murobba'* yang didatarkan.

Menentukan waktu dengan *al-murroba'* yang didatarkan membutuhkan sudut waktu untuk menghitungnya, dalam artian ketika menghitung sudut waktu juga dibutuhkan tinggi matahari. Rumus sudut waktu juga digunakan dalam menentukan waktu salat. Akan tetapi dalam menentukan waktu salat ketinggian matahari sudah ditentukan untuk menentukan sudut waktu. Sedangkan dalam penggunaan *al-murroba'* sebagai penentu waktu ini ketinggian matahari belum diketahui. Dalam hal ini ketika gnomon yang berdiri tegak ini ketika membentuk suatu bayangan membentuk sudut untuk mengetahui tinggi matahari. Dari hal ini menghasilkan rumus tinggi matahari, yaitu; $\mathbf{Tan\ h = PG / PB.}^{129}$

¹²⁸ Ni'am, 71.

¹²⁹ Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

Adapun untuk menentukan waktu dengan posisi bidang Dial yang didatarkan, beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- 1) Kedataran bidang Dial;
- 2) Panjang Gnomon (PG);
- 3) Panjang Bayangan (PB);
- 4) Arah Mata Angin Sejati.¹³⁰

Langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam menentukan waktu dengan *al-Murobba'* yang didatarkan:

- a. Pasang *Al-Murobba'* sesuai arah mata angin sejati dengan memperhatikan kedatarannya;
- b. Siapkan data Lintang Tempat (LT), Bujur Tempat (BT), Zona Waktu, Deklinasi Matahari (DM), dan *equation of time* saat pengamatan (e). Data deklinasi Matahari dan *equation of time* yang dipakai bisa dengan data hariannya, karena praktek ini dilakukan dengan asumsi belum diketahui waktu jam dan menitnya;
- c. Amati arah bayangan dan ukur panjang gnomon (PG) serta panjang bayangan (PB);
- d. Hitung jam berapa pada waktu pengamatan (waktu daerah) dengan memperhitungkan ketinggian Matahari (h), Sudut Waktu (t), dan Waktu Hakikinya terlebih dahulu dengan rumus di bawah ini:

$$\mathbf{\tan h = PG / PB;}$$

$$\mathbf{\cos t = \sin h / \cos LT / \cos DM - \tan LT \times \tan DM;}$$

¹³⁰ Ni'am, *Al-Murroba' Inovasi Alat Multifungsi*, 74.

WH = 12 - t/15 apabila bayangan condong ke barat;

WH = 12 + t/15 apabila bayangan condong ke timur;

$$\mathbf{WD = WH - e - ((BT - BD) / 15);}$$

Atau

$$\mathbf{WD = WH - e - BT/15 + TZ.}^{131}$$

5. Perbedaan Konsep Perhitungan Al-Murroba' sebagai Penunjuk Waktu yang Didatarkan dan Dimiringkan.

- a. Untuk perhitungan yang didatarkan kita membutuhkan tinggi matahari untuk menentukan sudut waktu yang kemudian digunakan untuk menentukan waktu hakiki, waktu daerah dan seterusnya. Yang mana asal konsep perhitungan ini berasal dari koordinat horizon yang dirubah menjadi koordinat sudut jam bintang yang kemudian menghasilkan jam atau waktu.
- b. Untuk perhitungan yang dimiringkan, tidak membutuhkan tinggi matahari untuk memperoleh waktu hakiki, dikarenakan memakai koordinat equatorial yang mana ketika gnomon membentuk bayangan pada bidang dial langsung menunjuk waktu hakiki yang kemudian dirubah kedalam waktu daerah dan seterusnya. Dalam kata lain perhitungannya lebih sedikit dibanding dengan yang didatarkan.¹³²

6. Kelebihan dan Kekurangan Al-Murroba'

¹³¹ Ni'am, 75.

¹³² Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

- a. Al-Murobba' merupakan alat bantu falak yang memiliki banyak fungsi. Seperti kata M. Ikhtirozun Ni'am, Al-Murobba' merupakan alat multifungsi yang digunakan untuk memudahkan para pegiat falak dalam memudahkan praktik mempelajari ilmu falak. diantara banyaknya fungsi tersebut antara lain; mengukur arah kiblat, menentukan arah mata angin sejati, menentukan waktu, melokalisir objek hilal, dsb.
- b. Praktis dan Mudah dalam Penggunaannya
Al-Murobba' karya M. Ihtirozun Ni'am ini merupakan alat berbentuk persegi dengan ukuran 25 cm x 25 cm, sehingga mudah dibawa kemana saja dan mudah digunakan karena pada dasarnya alat ini dibuat dengan tujuan memudahkan masyarakat dalam mempelajari ilmu falak dengan media praktik lapangan. Sehingga masyarakat banyak yang tertarik karena pengaplikasiaannya yang sangat mudah dan sudah bisa mempelajari banyak hal dari Al-Murobba' tersebut.¹³³
- c. Akurasi yang dihasilkan dari Al-Murobba' termasuk cukup akurat dan layak untuk digunakan. Data koordinat tempat yang ditampilkan *I-zun Dial* dan GPS terbukti selisih di antara keduanya hanya berbeda pada nilai menitnya saja. Selanjutnya data koordinat yang dihasilkan oleh GPS dan *I-zun Dial* diaplikasikan dalam perhitungan arah kiblat, selisih nilai azimuth kiblatnya masih dalam batasan toleransi. Oleh karena itu, penggunaan *I-zun Dial* dalam

¹³³ Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

menentukan titik koordinat tempat dikatakan akurat, karena data yang ditampilkan mendekati hasil arah kiblat yang tidak keluar dari kota Mekkah.¹³⁴ Dari hal tersebut penggunaan Al-Murobba' bisa dikatakan cukup akurat dan layak digunakan.

- d. Bisa digunakan dimanapun dan kapanpun selama masih ada cahaya Matahari. Al-Murobba' merupakan alat yang mempunyai banyak fungsi yang mana penggunaannya menggunakan bantuan cahaya Matahari.¹³⁵

Disamping mempunyai banyak kelebihan, tentunya Al-Murobba' mempunyai banyak kekurangan, diantaranya:

- a. Al-Murobba' tidak bisa digunakan pada malam hari saat cuaca mendung atau ketika Matahari terhalang sesuatu. Al-Murobba' membutuhkan cahaya Matahari dalam penggunaannya, sehingga ketika malam atau ketika cuaca mendung Al-Murobba' tidak bisa digunakan.
- b. Tidak bisa digunakan pada tanah yang miring atau tidak datar.

Dalam penggunaan Al-Murobba' kebanyakan dalam penggunaannya harus dilakukan dengan bidang dial dalam posisi benar-benar datar. Untuk itu, dalam pengukuran posisi tanah juga dalam keadaan datar sehingga mempermudah dalam proses pengukuran. Sedangkan

¹³⁴ Endang Nur Liyah, "Uji Akurasi I-Zun Dial Dalam Menentukan Azimuth, Tinggi Bulan Untuk Penentuan Awal Bulan Kamariah," *Skripsi--UIN Walisongo, Semarang*, 2017.

¹³⁵ Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

- apabila dilakukan pada tanah yang miring akan mempersulit pengukuran.
- c. Belum dimasukkannya aspek digitalisasi di era modern ini. Sehingga belum bisa digunakan untuk menunjukkan waktu sideral, delta T, yang mana data tersebut saat ini sangat dibutuhkan.¹³⁶
 - d. Memiliki fungsi sebagai penunjuk waktu, al-murroba belum memiliki komponen tambahan seperti penyangga bidang dial, alat pengukur jarak antara bidang dial dan bidang tegak ketika dimiringkan dalam penggunaannya sebagai penunjuk waktu.
 - e. Dalam kegunaannya sebagai penunjuk waktu terkhusus ketika dimiringkan, penunjuk arah pada bidang dial utama terbalik ketika bidang dial dihadapkan ke arah selatan.

Dari pemaparan kelebihan dan kekurangan yang dimiliki Al-Murobba', yang menjadi latar belakang penulis melakukan pengembangan komponen skunder pada Al-Murobba' khususnya pada fungsi sebagai penunjuk waktu adalah tidak adanya penyangga bidang dial dan alat ukur pada bidang dial alas, serta sulit mengatur kedataran pada bidang dial. Walaupun Al-Murobba' dikatakan sebagai alat optik falak yang cukup akurat, namun pada beberapa kesempatan terdapat error yang terjadi pada saat pengukuran. Dari hal tersebut, penulis mencoba mencari solusi dengan mengembangkan komponen skunder pada Al-Murobba' yang mana bisa dijadikan solusi

¹³⁶ Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

dalam mempermudah dalam proses pengukuran dengan menggunakan AI-Murobba'.

Untuk lebih jelasnya akan penulis paparkan pada poin selanjutnya, bagaimana cara pengembangan AI-Murobba' sebagai penunjuk waktu.

BAB IV

ANALISIS UJI AKURASI DAN SPESIFIKASI PENGEMBANGAN KOMPONEN AI-MUROBBA' SEBAGAI PENUNJUK WAKTU

A. Analisis Pengembangan Al-Murobba' Sebagai Penunjuk Waktu

1. Spesifikasi Pengembangan Al-Murobba' sebagai Penunjuk Waktu

Algoritma perhitungan untuk menentukan waktu menggunakan Al-Murobba' dibagi menjadi dua, yaitu; menentukan waktu dengan Al-Murobba' dengan posisi dimiringkan, dan menentukan waktu dengan Al-Murobba' dengan posisi didatarkan.¹³⁷

Menentukan waktu dengan Al-Murobba' yang didatarkan membutuhkan sudut waktu untuk menghitungnya, dalam artian ketika menghitung sudut waktu juga dibutuhkan tinggi matahari. Rumus sudut waktu juga digunakan dalam menentukan waktu salat. Akan tetapi dalam menentukan waktu salat ketinggian matahari sudah ditentukan untuk menentukan sudut waktu. Sedangkan dalam penggunaan al-murobba' sebagai penentu waktu ini ketinggian matahari belum diketahui. Dalam hal ini ketika gnomon yang berdiri tegak ini ketika membentuk suatu bayangan membentuk sudut untuk mengetahui tinggi matahari. Dari hal ini menghasilkan rumus tinggi matahari, yaitu; $\tan h = PG / PB$.¹³⁸

¹³⁷ Ni'am, *Al-Murobba' Inovasi Alat Multifungsi*, 69.

¹³⁸ Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

Dari hal tersebut dalam menggunakan fungsinya sebagai penentu waktu tentunya Al-Murobba' membutuhkan cahaya matahari, yang mana hal ini berkaitan dengan posisi matahari, sudut waktu matahari. Dalam praktiknya ketika menentukan waktu menggunakan Al-Murobba' tentunya menggunakan gnomon yang digunakan untuk memproyeksikan bayangan yang dihasilkan dengan bantuan sinar matahari. Dari hal ini bisa disimpulkan ketika bayangan tegak lurus dengan gnomon dan ditarik kemudian membentuk segitiga siku-siku, dan membentuk sudut yang bisa digunakan untuk menentukan tinggi matahari yang kemudian bisa dihasilkan waktu hakiki dan waktu daerah.¹³⁹ Dalam hal ini algoritma perhitungannya merupakan pengembangan dari segitiga siku-siku

Sedangkan menentukan waktu menggunakan Al-Murobba' dengan posisi yang di miringkan konsep perhitungannya mirip dengan koordinat equatorial. Yang mana bidang dial dimiringkan sesuai koordinat lintang tempat kita dan mengarah ke kutub langit selatan maupun ke kutub langit utara. Ketika matahari terbit atau terbenam, gerak matahari setiap satu jam itu membentuk sudut 15 derajat, yang kemudian diatur pada bidang dial al-murobba dengan membentuk lingkaran yang selisih perjamnya sebesar 15 derajat. Dari pemaparan tersebut dapat disimpulkan perhitungan dengan dalam menentukan waktu menggunakan Al-Murobba' yang dimiringkan sedikit lebih sederhana dibandingkan dengan yang didatarkan. Hal ini dikarenakan

¹³⁹ Wawancara dengan M. Ihtirozyn Ni'am di Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo pada 03 April 2023, Pkl 16.01 WIB.

ketik bidang dial dimiringkan sesuai dengan lintang tempat dan sesuai dengan koordinat equator bayangan yang dihasilkan langsung menunjukkan waktu hakiki yang mana dengan menggunakan metode ini untuk menentukan waktu hakiki tidak menggunakan sudut nilai ketinggian matahari dan sudut waktu.

Dari pemaparan diatas, dalam proses pengembangan ini cara kerja alat ini masih dengan konsep perhitungan yang sama dan tidak merubah fungsi utama alat ini. Hanya saja penulis merubah komponen-komponen Al-Murroba' dengan tujuan untuk memudahkan praktik, melengkapi komponen primer sehingga bisa mengimplementasikan aspek teoritik dengan lebih efisien, dan lebih menyederhanakan proses penelitian pada penentuan waktu menggunakan al-Murroba' dengan posisi yang dimiringkan.

Adapun komponen-komponen yang dikembangkan dari Al-Murroba' sebagai berikut:

a. Bidang Dial

Bidang dial merupakan bidang datar atau alas yang merupakan kumpulan titik yang mempunyai panjang dan lebar yang digambarkan sebagai permukaan datar, halus dan tipis.¹⁴⁰ oleh karena itu, kaitannya sebagai penentu waktu, bidang dial pada al-murroba' ini harus benar-benar datar terlebih dahulu sebelum digunakan untuk memproyeksikan bayangan yang terbentuk dari gnomon sebagai penunjuk jam atau waktu.

¹⁴⁰ ikbal, "Pengembangan Istiwa'aini Sebagai Instrumen Penentuan Arah Kiblat Berbasis Teknologi," 138.

Bidang dial pada *al-Murroba'* ini terbagi menjadi 2 yaitu, bidang dial utama yang mana bidang dial ini terdapat angka-angka yang digunakan sebagai penunjuk jam. Pada bidang dial utama ini, ditambahkan desain jam dua arah yang difungsikan ketika digunakan sebagai penentu waktu dengan dimiringkan bisa diarahkan kemana saja (Utara maupun Selatan). Selanjutnya, bidang dial kedua (bidang dial alas) yang diletakkan dibawah bidang dial utama yang berbentuk menyerupai balok dengan bagian sisi atas berlubang yang bagian sisi atas bagian pinggir dilengkapi penggaris ukur yang digunakan untuk penunjuk jarak antara bidang dial utama dan bidang tegak.

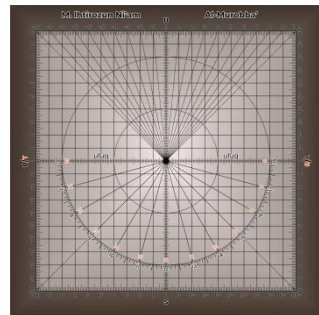
Karena dalam hal ini penulis mencoba mengembangkan dengan sedikit memodifikasi bidang dial pada bagian bawah sebagai penyeimbang antara penyangga bidang dial atau bidang tegak dengan bidang dial utama ketika digunakan untuk menentukan waktu dengan *Al-Murroba'* yang dimiringkan. Bidang datar atau bidang dial bagian bawah ini terbuat dari bahan akrilik, kokoh dan tidak mudah memuai atau lapuk. berfungsi sebagai pondasi dasar bagian bawah agar ketika digunakan sebagai penunjuk waktu dengan cara dimiringkan, komponennya tetap seimbang dan tidak mudah goyang.

Pengembangan bidang dial kedua ini juga dilengkapi dengan waterpass yang berfungsi untuk melihat kerataan bidang dial ketika digunakan, sehingga

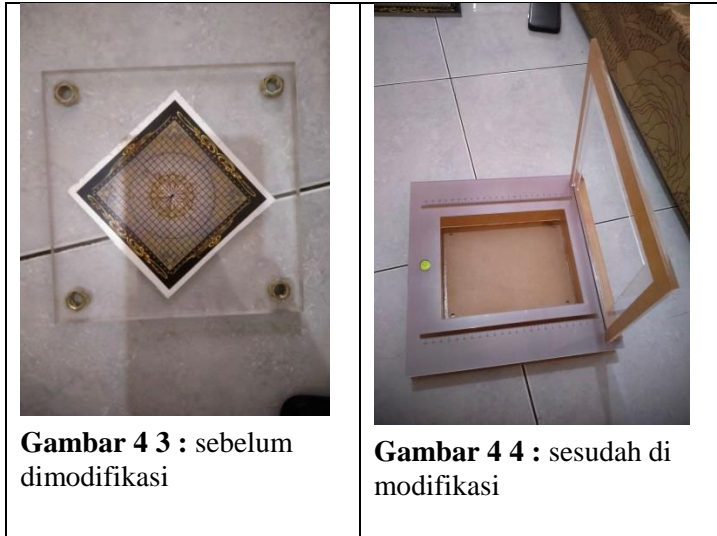
posisi bidang dial benar-benar datar. Selain itu pada bidang dial ini juga dilengkapi dengan 4 tripod pada bagian bawah bidang dial sehingga memudahkan untuk mengatur kedataran bidang dial pada saat proses pengukuran. Selain itu penulis mencoba memodifikasi bidang dial utama dengan menambahkan desain jam dua arah agar ketika digunakan dapat dihadapkan ke Utara maupun Selatan, mengubah ketebalan bidang dial utama dengan sedikit lebih tipis dari ukuran sebelumnya yaitu dari ketebalan 1 cm menjadi 2 mm, selain itu merubah ukuran bidang dial dari ukuran 25 cm x 25 cm menjadi 24 cm x 24 cm. Hal ini dilakukan untuk mempertahankan nilai keseimbangan ketika digunakan untuk menentukan waktu dengan posisi Al-Murroba' dimiringkan. Dalam hal ini penulis lakukan dengan tidak mengubah fungsi utama dari Al-Murroba' sendiri.



Gambar 4 1
: sebelum dimodifikasi



Gambar 4 2
: sesudah dimodifikasi



b. Gnomon

Alat yang berbentuk seperti tiang yang berfungsi untuk mengetahui tinggi matahari.¹⁴¹

Gnomon pada al-murroba' terletak pada pusat lingkaran yang terletak pada bidang dial sisi depan al-muroba' yang mempunyai fungsi sebagai acuan sudut dalam lingkaran dan acuan benang sebagai penunjuk arah jam maupun arah kiblat, arah utara sejati dan sebagainya. Dalam hal ini gnomon pada Al-Murroba' mempunyai ukuran panjang 7,6 cm dan diameter 0,8 cm. Gnomon ini juga terbuat dari kuningan dimaksudkan agar lebih awet dalam penggunaannya.

¹⁴¹ Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, 27.



c. Penyangga Bidang dial atau Bidang Tegak.

Al-muroba' sebagai penunjuk waktu bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Menentukan waktu dengan al-murroba' yang dimiringkan

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, salah satunya yaitu memiringkan bidang dial sesuai dengan lintang tempat pengamat. Sebelumnya, untuk menentukan waktu dengan konsep ini, pengamat hanya menggunakan bantuan bidang tegak yang kemudian disenderkan dengan jarak antara bidang dial dan bidang tegak dihitung menggunakan rumus yang telah ditentukan oleh M. Ihtirozun Ni'am.

Dari hal tersebut penulis ingin mengembangkan komponen penyangga bidang dial atau bidang tegak yang posisinya tegak lurus dengan bidang dial kedua yang dimaksudkan untuk memudahkan praktek dan sebagai pelengkap skunder dari instrumen primer yang telah dibuat pencipta al-murroba'.



Gambar 4 7
: bidang tegak

2. Menentukan waktu dengan al-murroba' yang di datarkan.

Adapun untuk menentukan waktu dengan posisi bidang dial didatarkan, beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Kedataran bidang dial
- Panjang gnomon
- Panjang bayangan
- Arah mata angin sejati

Sebelumnya, untuk menentukan waktu dengan konsep ini, menggunakan bidang dial yang lebih kecil dari bidang dial utama al-murroba'. Pada bidang dial yang lebih kecil inilah terdapat empat kaki (baut dan mur kecil) yang dapat digunakan sebagai penyeimbang kedataran bidang dial utama (bidang dial al-murroba'), selain itu terdapat lubang ditengah yang berfungsi untuk mengunci gnomon.

Bidang dial kecil yang menggunakan empat kaki sebagai penyeimbang kedataran, semakin lama semakin longgar dan bisa berkarat. Sehingga bisa mempengaruhi kedataran bidang dial yang menyebabkan ketidak seimbangan antar penyangga. Untuk itu, penulis mengembangkan bidang dial bagian ini dengan dibuat tegak lurus dengan penyangga bidang dengan mengganti empat kaki yang menggunakan baut tersebut dengan tripod/ level sehingga untuk mengatur kedataran bidang dial bisa lebih mudah dan praktis dibandingkan menggunakan baut dan mur kecil dengan bantuan waterpass.



Diatas merupakan gambaran komponen al-murroba' yang sudah dikembangkan.

B. Analisis Uji Akurasi Al-Murroba' Termodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) Sebagai Penunjuk Waktu

Penulis telah melakukan observasi langsung untuk membuktikan uji akurasi Al-Murroba' termodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) sebagai penunjuk waktu. Dalam penelitian ini keakuratan Al-Murroba' termodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) ini, penulis bandingkan dengan Al-Murroba' versi 1 sebagai penunjuk waktu. kemudian dari kedua alat tersebut penulis bandingkan lagi menggunakan jam BMKG yang mempunyai keakuratan tinggi dalam penentuan waktu.

Koreksi atau pembacaan waktu pada Al-Murroba' sama halnya pada koreksi waktu pada jam matahari. Pembacaan waktu pada jam matahari dapat dilakukan dengan pengecekan waktu lokal pada jam matahari dengan waktu jam sehari-hari yang sudah dikoreksi menggunakan equation of time dan koreksi bujur yang hasilnya adalah waktu lokal setempat (waktu hakiki).¹⁴²

Koreksi equation of time diperlukan dikarenakan kecepatan bumi di orbit elips bervariasi dan miringnya sumbu bumi yang menjadi sebab jauhnya dari atau ke arah matahari sebagai sebab pergantian musim menjadi sebab jam pada matahari nyata (waktu hakiki) tidak teratur dan tidak merata. Sedangkan matahari rata-rata (waktu jam) mengansumsikan kecepatan seragam dan jam yang sama. Dengan begitu, perbedaan waktu antara waktu matahari dan waktu jam bervariasi sebanyak tujuh belas menit. Sedangkan koreksi bujur ada karena selisih waktu jam dan waktu

¹⁴²Jones, *The Sundial and Geometry An Introduction for The Classroom*, 24.

matahari berhubungan dengan zona waktu. Waktu matahari akan tetap menunjukkan waktu setempat, meskipun semua jam akan menunjukkan waktu standar yang sama. Contoh; Di kota A dengan bujur 100, jam matahari akan menunjukkan waktu siang ketika matahari berada di meridiannya, tapi zona waktu bagiaanya tidak akan menunjukkan waktu siang sampai matahari mencapai bujur 105. Maka dari itu matahai membutuhkan waktu 5 mennit untuk perjalanan satu derajat ke arah barat, sehingga akan membutuhkan waktu 20 menit untuk perjalanan waktu 5 derajat bujur dri kota A ke meridian pusat zana waktu. Oleh karena itu, di kota A jam matahari akan selalu 20 menit lebih cepat. Inilah yang disebut koreksi bujur.¹⁴³

Pada penelitian ini, penulis mengambil tiga lokasi berbeda. Penulis telah melakukan observasi langsung untuk menguji keakurasian Al-Murroba' termodifikasi sebagai penunjuk waktu, dengan hasil sebagai berikut.

a. Menentukan waktu dengan Al-Murroba' dimiringkan

Lokasi alun-alun Pekalongan, 9 oktober 2024		
LT: - 6° 53' 27,31"		
BT: 109° 40' 31,95"		
BD: 105°		
e: 0° 12' 48"		
J: $\sin - 6^\circ 53' 26,76'' \times 24 = 2,879 \text{ cm}$		
Jam BMKG : 12:27:46		
Arah Hadap	Al -Murroba' 1	Al-Murroba' 2
Utara	WH = 13:00 WD = WH-e-	WH = 13:00 WD = WH-e-

¹⁴³ Jones, 24.

	$((BT-BD)/15)$ $WD = 13.00 - 0^\circ 12' 48'' - ((109^\circ 40' 31,95'' - 105^\circ)/15)$ =12:28:29,87 WIB	$((BT-BD)/15)$ $WD = 13.00 - 0^\circ 12' 48'' - ((109^\circ 40' 31,95'' - 105^\circ)/15)$ =12:28:29,87 WIB
Selatan	WH = 11:00 $WD = WH-e-((BT-BD)/15)$ $WD = 11.00 - 0^\circ 12' 48'' - ((109^\circ 40' 31,95'' - 105^\circ)/15)$ =10:28:29,87 WIB	WH = 13:00 $WD = WH-e-((BT-BD)/15)$ $WD = 13.00 - 0^\circ 12' 48'' - ((109^\circ 40' 31,95'' - 105^\circ)/15)$ =12:28:29,87 WIB

Lokasi Masjid Mujahidin Balapulang, 6 November 2024 LT: - 7° 02' 50" BT: 109° 06' 02" BD: 105° e: 0° 16' 25" J: sin - 7° 02' 50" x 24 = 2,94 cm Jam BMKG : 09:26:35 WIB		
Arah Hadap	Al-Murroba' 1	Al-Murroba' 2
Utara	WH = 10:00 $WD = WH-e-((BT-BD)/15)$ $WD = 10 - 0^\circ 16' 25'' - ((109^\circ 06' 02'' - 105^\circ)/15)$ =9:27:10,87 WIB	WH = 10:00 $WD = WH-e-((BT-BD)/15)$ $WD = 10 - 0^\circ 16' 25'' - ((109^\circ 06' 02'' - 105^\circ)/15)$ =9:27:10,87 WIB
Selatan	WH = 14:00	WH = 10:00

	$WD = WH-e - ((BT-BD)/15)$ $WD = 14 - 0^\circ 16' 25'' - ((109^\circ 06' 02'' - 105^\circ)/15)$ =13:27:10,87 WIB	$WD = WH-e - ((BT-BD)/15)$ $WD = 10 - 0^\circ 16' 25'' - ((109^\circ 06' 02'' - 105^\circ)/15)$ =9:27:10,87 WIB
--	---	--

Lokasi Masjid al-Fatah Balapulang, 6 Desember 2024 LT: - 7° 03' 08" BT: 109° 06' 06" BD: 105° e: 0° 8' 53" J: sin - 7° 03' 08" x 24 = 2,94 cm Jam BMKG : 13:50:12 WIB		
Arah Hadap	Al-Murroba' 1	Al-Murroba' 2
Utara	WH = 14:15 $WD = WH-e - ((BT-BD)/15)$ $WD = 14.15 - 0^\circ 8' 53'' - ((109^\circ 06' 06'' - 105^\circ)/15)$ =13:49:42,6 WIB	WH = 14:15 $WD = WH-e - ((BT-BD)/15)$ $WD = 14.15 - 0^\circ 8' 53'' - ((109^\circ 06' 06'' - 105^\circ)/15)$ =13:49:42,6 WIB
Selatan	WH = 10:15 $WD = WH-e - ((BT-BD)/15)$ $WD = 10.15 - 0^\circ 8' 53'' - ((109^\circ 06' 06'' - 105^\circ)/15)$ =9:49:42,6 WIB	WH = 14:15 $WD = WH-e - ((BT-BD)/15)$ $WD = 14.15 - 0^\circ 8' 53'' - ((109^\circ 06' 06'' - 105^\circ)/15)$ =13:49:42,6 WIB

Dari hasil observasi diatas, penggunaan *al-murroba'* sebagai penentu waktu (dimiringkan) sebelum maupun sesudah dimodifikasi sama-sama akurat dengan selisih dengan jam BMKG berkisar $0^{\circ} 0' 29,4''$ sampai dengan $0^{\circ} 0' 43,87''$. Nilai tersebut terbilang cukup akurat. Terdapat selisih dengan BMKG dikarenakan nilai keakuratan jam BMKG sampai pada satuan milisecond karena sudah menggunakan sistem jam atom sedangkan pada Al-Murobba' nilai keakuratan hanya sampai pada di menit. Oleh karena itu, dapat dikatakan besar bidang dial juga berpengaruh terhadap tingkat keakuratan Al-Murobba' karena semakin luas bidang dial tingkat keakuratan Al-Murroba' semakin tinggi. Akan tetapi ketika penggunaan *al-murroba'* sebelum dimodifikasi sebagai penunjuk waktu dihadapkan ke arah selatan waktu hakiki maupun waktu daerah berbanding terbalik (9:49:42,6 WIB) dengan penggunaan *al-murroba'* termodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) (13:49:42,6 WIB). Hal ini dapat disimpulkan *al-murroba'* sebelum dimodifikasi hanya bisa digunakan ketika dihadapkan ke arah utara. Hasil yang sama-sama akurat dikarenakan tujuan modifikasi *al-murroba'* ini untuk menambah komponen tambahan yang dimaksudkan untuk mempermudah dalam proses pengamatan tanpa mengubah fungsi utama dari *al-murroba'* tersebut.

- b. Menentukan waktu dengan *Al-Murroba'* didatarkan

Lokasi Masjid Mujahidin Balapulang, 6 November 2024
 LT: - $7^{\circ} 02' 50''$
 BT: $109^{\circ} 06' 02''$

BD: 105° DM : $-16^\circ 07' 18''$ e: $0^\circ 16' 25''$ PG : 7,6 cm PB : 4,5 Jam BMKG : 09:28:05 WIB	
Al-Murroba' 1	Tan h : PG/PB $\text{Tan h} : 7,6/4,5 = 59^\circ 22' 12,01''$ $\text{Cos t} = \sin h / \cos \text{LT} / \cos \text{DM} - \tan \text{LT} \times \tan \text{DM}$ $\text{Cos t} = \sin 59^\circ 22' 12,01'' / \cos - 7^\circ 02' 50'' / \cos -16^\circ 07' 18'' - \tan - 7^\circ 02' 50'' \times \tan -16^\circ 07' 18'' = 29^\circ 54'46''$ $\text{WH} = 12 - t/15$ $\text{WH} = 12 - 29^\circ 54'46''/15$ $\text{WH} = 10:00:20,93$ $\text{WD} = \text{WH} - e - \text{BT}/15 + \text{TZ}$ $\text{WD} = 10^\circ 00' 20.93'' - 0^\circ 16' 25'' - 109^\circ 06' 02''/15 + 7$ WD = 09:27:31,80 WIB
Al-Murroba' 2	Tan h : PG/PB $\text{Tan h} : 7,6/4,5 = 59^\circ 22' 12,01''$ $\text{Cos t} = \sin h / \cos \text{LT} / \cos \text{DM} - \tan \text{LT} \times \tan \text{DM}$ $\text{Cos t} = \sin 59^\circ 22' 12,01'' / \cos - 7^\circ 02' 50'' / \cos -16^\circ 07' 18'' - \tan - 7^\circ 02' 50'' \times \tan -16^\circ 07' 18'' = 29^\circ 54'46''$ $\text{WH} = 12 - t/15$ $\text{WH} = 12 - 29^\circ 54'46''/15$ $\text{WH} = 10:00:20,93$ $\text{WD} = \text{WH} - e - \text{BT}/15 + \text{TZ}$ $\text{WD} = 10^\circ 00' 20.93'' - 0^\circ 16' 25'' - 109^\circ 06' 02''/15 + 7$ WD = 09:27:31,80 WIB

Lokasi Masjid Agung Jawa Tengah, 10 Desember 2024 LT: - 6° 59' 00'' BT: 110° 26' 42'' BD : 105° DM : -22° 57' 06'' e : 0° 7' 7'' PG : 7,6 cm PB : 2,4 Jam BMKG : 11:02:00 WIB	
Al- Murroba' 1	Tan h : PG/PB $\text{Tan h} : 7,6/2,4 = 72^\circ 28' 27,95''$ $\text{Cos t} = \sin h / \cos \text{LT} / \cos \text{DM} - \tan \text{LT} \times \tan \text{DM}$ $\text{Cos t} = \sin 72^\circ 28' 27,95'' / \cos - 6^\circ 59' 00'' / \cos -22^\circ 57' 06'' - \tan - 6^\circ 59' 00'' \times \tan -22^\circ 57' 06'' = 07^\circ 30' 20,40''$ $\text{WH} = 12 - t/15$ $\text{WH} = 12 - 07^\circ 30' 20,40''/15$ $\text{WH} = 11:29:58,64$ $\text{WD} = \text{WH} - e - \text{BT}/15 + \text{TZ}$ $\text{WD} = 11^\circ 29' 58.64'' - 0^\circ 7' 7'' - 110^\circ 26' 42''/15 + 7$ WD = 11:01:04,84 WIB
Al- Murroba' 2	Tan h : PG/PB $\text{Tan h} : 7,6/2,4 = 72^\circ 28' 27,95''$ $\text{Cos t} = \sin h / \cos \text{LT} / \cos \text{DM} - \tan \text{LT} \times \tan \text{DM}$ $\text{Cos t} = \sin 72^\circ 28' 27,95'' / \cos - 6^\circ 59' 00'' / \cos -22^\circ 57' 06'' - \tan - 6^\circ 59' 00'' \times \tan -22^\circ 57' 06'' = 07^\circ 30' 20,40''$ $\text{WH} = 12 - t/15$ $\text{WH} = 12 - 07^\circ 30' 20,40''/15$ $\text{WH} = 11:29:58,64$ $\text{WD} = \text{WH} - e - \text{BT}/15 + \text{TZ}$ $\text{WD} = 11^\circ 29' 58.64'' - 0^\circ 7' 7'' - 110^\circ 26' 42''/15 + 7$

WD = 11:01:04,84 WIB

Lokasi lapangan Ngaliyan, 11 Desember 2024

LT: - 6° 59' 48,27"

BT: 110° 20' 53,65"

BD: 105°

DM : -23° 2' 3"

e: 0° 6' 39"

PG : 7,6 cm

PB : 3,4 cm

Jam BMKG : 10:17:32 WIB

Al-Murroba' 1	<p>Tan h : PG/PB Tan h : 7,6/3,4 = 65° 53' 51,96" $\text{Cos } t = \sin h / \cos \text{LT} / \cos \text{DM} - \tan \text{LT} \times \tan \text{DM}$ $\text{Cos } t = \sin 65^\circ 53' 51,96'' / \cos -6^\circ 59' 48,27'' / \cos -23^\circ 2' 3'' - \tan -6^\circ 59' 48,27'' \times \tan -23^\circ 2' 3'' = 18^\circ 42' 31,05''$ WH = 12 - t/15 WH = 12 - 18° 42' 31,05"/15 WH = 10:45:09.93 WD = WH - e - BT/15 + TZ WD = 10°45'09.93" - 0° 6' 39" - 110° 20' 53,65"/15 + 7 WD = 10:17:07.35 WIB</p>
Al-Murroba' 2	<p>Tan h : PG/PB Tan h : 7,6/3,4 = 65° 53' 51,96" $\text{Cos } t = \sin h / \cos \text{LT} / \cos \text{DM} - \tan \text{LT} \times \tan \text{DM}$ $\text{Cos } t = \sin 65^\circ 53' 51,96'' / \cos -6^\circ 59' 48,27'' / \cos -23^\circ 2' 3'' - \tan -6^\circ 59' 48,27'' \times \tan -23^\circ 2' 3'' = 18^\circ 42' 31,05''$ WH = 12 - t/15 WH = 12 - 18° 42' 31,05"/15 WH = 10:45:09.93</p>

	$WD = WH - e - BT/15 + TZ$ $WD = 10^{\circ}45'09.93'' - 0^{\circ} 6' 39'' - 110^{\circ} 20' 53,65''/15 + 7$ $\mathbf{WD = 10:17:07.35 WIB}$
--	---

Dari data di atas penggunaan *al-murroba'* sebagai penentu waktu (didatarkan) sebelum maupun sesudah dimodifikasi tidak ada perbedaan. Selisih waktu *al-murroba'* dengan jam BMKG berkisar antara 00:00:24,65 detik sampai 00:00:55,16 detik. Nilai tersebut masih dikatakan akurat dalam penggunaannya, dikarenakan alat ini mempunyai fungsi dan konsep perhitungan yang sama maka sudah semestinya tidak ada perbedaan terhadap hasil.

c. Evaluasi Al-Murroba' Termodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) sebagai Penunjuk Waktu

Al-Murroba' termodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) sebagai alat bantu dalam menentukan waktu mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya yaitu:

1. Praktis dan mudah dalam penggunaannya, *al-murroba'* termodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) mempunyai panjang 24 cm x 24 cm dengan ketebalan 2 mm yang didesain lebih ringan dari yang sebelumnya sehingga ringan dibawa kemana-mana.
2. Tidak perlu membawa alat pendukung seperti bidang tegak untuk menyadarkan bidan dial utama ketika digunakan untuk menentukan waktu.

3. Akurasi yang dihasilkan dari al-murroba' termodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) terbilang akurat dan layak digunakan karena memiliki selisih yang masih dibatas toleransi.
4. Bisa digunakan dimana saja selagi ada Matahari.
5. Ketika digunakan untuk menentukan waktu dengan dimiringkan, alat ini bisa dihadapkan kemana saja (utara dan selatan) karena bidang dial utama pada al-murroba' termodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) ini didesain dengan jam dua rah sehingga ketika penggunaannya bisa dihadapkan ke arah utara maupun selatan.

Sebagai alat yang digunakan untuk menentukan waktu, *al-murroba'* termodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) ini selain memiliki kelebihan jga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya yaitu:

1. Tidak bisa digunakan pada malam hari atau cuaca mendung. Karena dalam menentukan waktu matahari menjadi faktor utama observasi bisa dilakukan.
2. Belum dimasukkannya aspek digitalisasi di era modern ini. Sehingga belum bisa digunakan untuk menunjukkan waktu sideral, delta T, yang mana data tersebut saat ini sangat dibutuhkan.
3. Tidak bisa digunakan pada tanah yang miring atau tidak datar.
4. Dalam penggunaan Al-Murroba' banyak dalam penggunaannya harus dilakukan dengan bidang dial dalam posisi benar-benar datar. Untuk itu, dalam

pengukuran posisi tanah juga dalam keadaan datar sehingga mempermudah dalam proses pengukuran. Sedangkan apabila dilakukan pada tanah yang miring akan mempersulit pengukuran.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

1. Pengembangan *Al-Murroba'* sebagai penunjuk waktu ini bertujuan untuk melengkapi kekurangan *Al-Murroba'* serta untuk memudahkan pengimplementasian aspek teoritis ke dalam praktik lapangan dengan memodifikasi komponen-komponen *Al-Murroba'* tanpa mengubah fungsi utama *Al-Murroba'* dan konsep perhitungan. Pengembangan komponen-komponen dari *Al-Murroba'* berupa bentuk bidang dial utama yang dirubah lebih tipis dan kecil dari bentuk semula yaitu dari 25 cm menjadi 24 cm dan ketebalan yang dibuat lebih tipis dari tebal sebelumnya yaitu 2 mm. Komponen selanjutnya yaitu penambahan penyangga bidang dial yang sebelumnya tidak ada, yang berfungsi sebagai penyangga bidang dial utama ketika digunakan sebagai penunjuk waktu dalam posisi dimiringkan. Kemudian memodifikasi bidang dial transparan menjadi bidang dial yang pemasangannya tegak lurus dengan penyangga bidang dial dengan fungsi sebagai penyeimbang dan penopang bidang dial utama ketika digunakan sebagai penunjuk waktu. Bidang dial kedua ini berbentuk menyerupai balok dengan sisi atasnya berlubang dan sisi atas bagian pinggir dilengkapi dengan penggaris ukur dan waterpass. Kemudian memodifikasi tripod pada bidang dial kedua sebagai pengatur kedataran yang terbuat dari baur dan mur menjadi tripod atau level yang dibuat agar lebih mudah mengatur posisi bidang dial dan lebih tahan lama daripada baur dan mur yang mudah berkarat. Sselain itu,

pembuatan gnomon dengan kuningan agar lebih awet penggunaannya dengan ukuran panjang 7,6 cm dan diameter 0,8 cm.. Pengembangan *Al-Murroba'* sebagai penunjuk waktu ini dilakukan dengan tujuan untuk melengkapi komponen skunder *Al-Murroba'* sebagai pendukung komponen primer dalam menjalankan fungsinya.

2. Hasil akurasi penggunaan *al-murroba'* termodifikasi (*Al-Murobba' At-Tsani*) maupun sebelum modifikasi terbilang cukup akurat. Sedangkan untuk menguji keakuratannya penulis membandingkan kedua alat tersebut dengan jam BMKG. penggunaan *al-murroba'* (dimiringkan) sebelum maupun sesudah dimodifikasi sama-sama akurat dengan selisih $0^{\circ} 0' 29,4''$ sampai dengan $0^{\circ} 0' 43,87''$ dari jam BMKG. Nilai tersebut terbilang cukup akurat. Terdapat selisih dengan BMKG dikarenakan nilai keakuratan jam BMKG sampai pada satuan milisecond karena sudah menggunakan sistem jam atom sedangkan pada *Al-Murobba'* nilai keakuratan hanya sampai pada di menit. Oleh karena itu, dapat dikatakan besar bidang dial juga berpengaruh terhadap tingkat keakuratan *Al-Murobba'* karena semakin luas bidang dial tingkat keakuratan *Al-Murroba'* semakin tinggi. Akan tetapi ketika penggunaan *al-murroba'* sebelum dimodifikasi sebagai penunjuk waktu (dimiringkan) dihadapkan ke arah selatan waktu hakiki maupun waktu daerah berbanding terbalik (9:49:42,6 WIB) dengan penggunaan *al-murroba'* termodifikasi (13:49:42,6 WIB). Kemudian, penggunaan *al-murroba'* sebagai penentu waktu (didatarkan) sebelum maupun sesudah dimodifikasi tidak ada perbedaan. Selisih

waktu *al-murroba'* dengan jam BMKG berkisar antara 00:00:24,65 detik sampai 00:00:55,16 detik. Hal ini dapat disimpulkan *al-murroba'* (dimiringkan) sebelum dimodifikasi hanya bisa digunakan ketika dihadapkan ke arah utara. Hasil yang sama-sama akurat dikarenakan tujuan modifikasi *al-murroba'* ini untuk menambah komponen tambahan yang dimaksudkan untuk mempermudah dalam proses pengamatan tanpa menghilangkan fungsi utama dari *al-murroba'* tersebut.

B. Saran

1. Instrumen falak klasik merupakan hasil karya para ahli falak zaman dahulu dalam menyederhanakan perhitungan falak yang rumit menjadi sebuah instrumen praktis. Instrumen falak ini dibuat untuk memudahkan para pegiat falak dalam mempelajari banyaknya teori falak. kebanyakan instrumen falak tersebut memang masih memiliki akurasi yang terbatas karena model, skala, maupun basis data yang digunakan. Namun, kreatifitas ahli falak dalam memproyeksikan koordinat bola langit ke dalam instrumen sangat menarik untuk diteliti. Adapun penelitian dalam rangka mengembangkan instrumen-instrumen tersebut merupakan salah satu bentuk penghormatan dan apresiasi terhadap karya mereka.
2. Penelitian pengembangan *Al-Murroba'* sebagai penunjuk waktu ini masih memiliki banyak kekurangan. Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat menghasilkan model baru maupun pengembangan dari instrumen yang sejenis yang dapat digunakan secara universal dengan fungsi yang lebih lengkap.

Seperti memasukan aspek digital pada alat ini untuk mengetahui sideral time, delta T yang mana data tersebut sangat dibutuhkan pada saat ini.

3. Kekurangan-kekurangan yang dihasilkan dari pengembangan Al-Murroba' ini hendaknya tidak menyurutkan minat para pegiat falak dalam mengkajinya. Justru instrumen dengan segala keterbatasannya diharapkan bisa menjadikan penulis dan para pembaca ingin mengkaji lebih dalam agar alat ini bisa dijadikan sebagai instrumen yang sempurna dan menjadi khazanah keilmuan dalam ilmu falak.

C. Penutup

Dengan ucapan syukur alhamdulillah atas segala keadaan dan nikmat yang telah dikaruniakan kepada penulis sehingga masih diberikan kesehatan jasmani dan rohani dalam perjalanan menulis skripsi ini. Kepada dambaan hati sang pemimpin umat, junjungan kita nabi Muhammad SAW yang kita harapkan syafaatnya kelak di hari akhir. Kepada pencipta alat ini M. Ihtirozun Ni'am yang telah mengizinkan dan memberi arahan kepada penulis dalam pengembangan Al-murobba'.

Penulis sadar bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna, namun penulis berharap bisa diambil manfaatnya untuk penulis khususnya dan kepada pembaca pada umumnya.

DAFTAR PUSTAKA

BUKU

- Abdullah, E. Darmawan. *Jam Hijriyah: Menguk Konsep Waktu Dalam Islam*. Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2011.
- Admiranto, Agustinus Gunawan. *Menjelajahi Tata Surya*. Yogyakarta: PT. Kanisius, 2009.
- Afadah, Nabila. “Uji Akurasi I-Zun Dial Dalam Penentuan Arah Kiblat Dengan Parameter Theodolite.” Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2017.
- Aisyah, Gunawan dan Nur. “Akurasi Kompas Digital Pada Smartphone Android Dalam Penentuan Arah Kiblat.” *Journal Hisabuna* 02, no. 02 (2021).
- Amri, Tamhid. “Jam Matahari Sebagai Penunjuk Waktu Hakiki, Akurasi Jam Matahari Di Kotabaru Parahyangan Padalarang Jawa Barat.” IAIN Walisongo Semarang, 2012.
- Azhari, Susiknan. *Ensiklopedia Hisab Rukyat*. III. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012.
- . *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam Dan Sains Modern*. Cetakan II. Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2011.
- Bashori, Muhammad Hadi. *Pengantar Ilmu Falak*. Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2015.
- Bashori, Tri Hasan. “Akurasi Bencet Masjid Tegalsari Laweyan Surakarta Sebagai Petunjuk Waktu Hakiki.” IAIN Walisongo Semarang, 2014.
- Bemi Sado, Arino. “Pengaruh Deklinasi Magnetik Pada Kompas Dan Koordinat Geografis Bumi Terhadap Akurasi Arah Kiblat.” *Journal Al-Afaq* 01, no. 01 (2019).
- Berggren, J. “Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization.” *Coordinates* 1, no. 9 (1999): 6.
- Furqan, Arief. *Islam Untuk Disiplin Ilmu Astronomi*. Departemen Agama RI, 2002.
- Gunawan, Imam. *Metode Penelitian Kualitatif Teori Dan Praktek*. Jakarta: PT. Bumi Aksara, 2013.
- Hambali, Slamet. *Ilmu Falak 1 Penentuan Awal Waktu Shalat &*

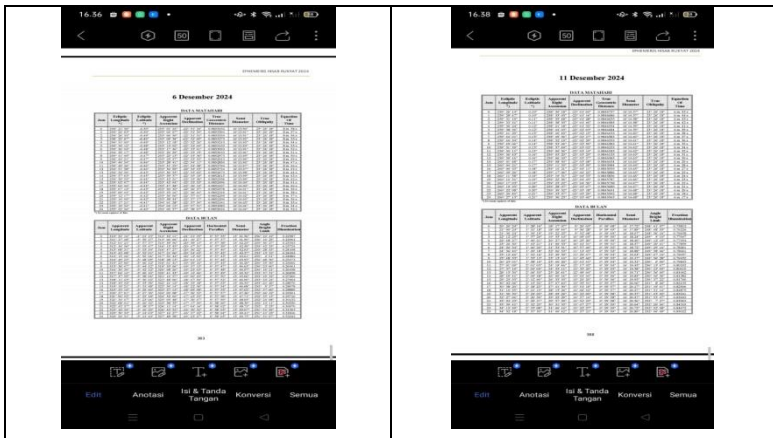
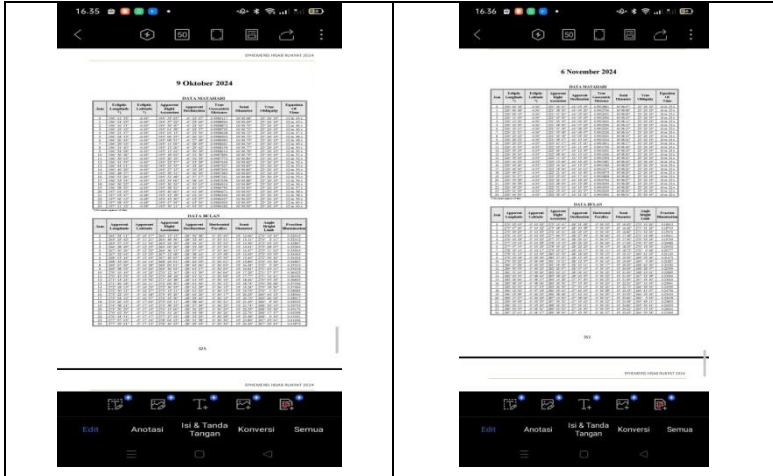
- Arah Kiblat Seluruh Dunia*. Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011.
- . *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*. Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012.
- ikbal, Muhammad. “Pengembangan Istiwa’aini Sebagai Instrumen Penentuan Arah Kiblat Berbasis Teknologi.” UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG, 2021.
- Imam Bukhori. *Shahih Bukhari*, n.d.
- Intifada, Raizza Kinka, and Nuril Fathoni Hamas. “Mecca Mean Time Problematic As A World Time Reference.” *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy* 3, no. 2 (2022): 1–18.
- Izzuddin, Ahmad. *Fiqih Hisab Dan Rukyah*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2011.
- J Rohr, Rene R. *Sundial; History Theory and Practice*. New York: Dover, 1996.
- Jannah, Elly Uzlifatul, and Elva Imeldatur Rohmah. “Sundial Sejarah Dan Konsep Aplikasinya.” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 5, no. 2 (2019): 127–45.
- Jones, Lawrence E. *The Sundial and Geometry An Introduction for The Clasroom*. Second Edi. Glastonbury: North American Sundial Society, 2005.
- Kamalludin, Iqbal. “Uji Akurasi Penentuan Deklinasi Matahari Dengan Menggunakan I-Zun Dial.” *ELFALAKY* 3, no. 2 (2019).
- Khazin, Muhyiddin. *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.
- . *Kamus Ilmu Falak*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005.
- Khoiroh, Ishthofiyatul. “Analisis Jam Matahari Di Baron Technopark Gunungkidul Yogyakarta.” UIN WALISONGO SEMARANG, 2017.
- Liyah, Endang Nur. “Uji Akurasi I-Zun Dial Dalam Menentukan Azimuth, Tinggi Bulan Untuk Penentuan Awal Bulan Kamariah.” *Skripsi--UIN Walisongo, Semarang*, 2017.
- Maghfiroh, Umul. “Uji Akurasi I-Zun Dial Dalam Penentuan

- Titik Koordinat Suatu Tempat.” UIN Walisongo Semarang, 2016.
- Marom, Ahmad Aupal. “Akurasi Jam Matahari Sebagai Penunjuk Waktu Hakiki.” *Semarang: Skripsi UIN Walisongo*, 2015.
- Muahdjir, Noeng. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. III. Yogyakarta: Rake Surasin, 1996.
- Ni’am, M. Ihtirozun. *Al-Murroba’ Inovasi Alat Multifungsi*. Semarang: Mutiara Aksara, 2021.
- “No Title,” n.d. <http://wwp.greenwichmeantime.co.uk/>.
- “No Title,” n.d. <http://wwp.greenwichmeantime.co.uk/timezone/asia/indonesia/>.
- RI, Kementrian Agama. *Al-Qur’an Dan Tafsirnya*. 3rd ed. Jakarta: Kementrian Agama RI, 2023.
- Rikhanah. “Analisis Aplikasi Rumus Trigonometri Pada Penentuan Arah Mata Angin Sejati Dan Waktu Daerah Pada Media Izun Dial.” Universitas Islam Negeri Walisongo, 2019.
- Sabda, Abu. *Ilmu Falak Rumusan Syar’i & Astronomi*. Seri 02. Bandung: Persisi Pers, 2019.
- Saksono, Tono. *Mengkompromikan Hisab Dan Rukyat*. Jakarta: Amythas Publicita, 2007.
- Savoie, Denis. *Sundials, Design, Construction, and Use*. Paris: Praxis Publishing, 2003.
- Semarang, Tim Penyusun Fakultas Syari’ah dan Hukum IAIN Walisongo. *Pedoman Penulisan Skripsi*. Semarang: Fakultas Syari’ah IAIN Walisongo Semarang, 2010.
- Sudibyo, Ma’rufin. *Sang Nabi Pun Berputar*. Solo: Tinta Medina, n.d.
- Sugiyono. *Memahami Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta, 2012.
- Suraya, Khabib. “Rancang Bangun Aplikasi Hisab Mobile Murroba’ Berbasis Android.” Universitas Islam Negeri Walisongo, 2022.
- Tjasyono, Bayong. *Ilmu Kebumihan Dan Antariksa*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2015.

Zainal, Baharrudin. *Ilmu Falak*. Edisi Kedu. Malaysia: Dawama, 2004.

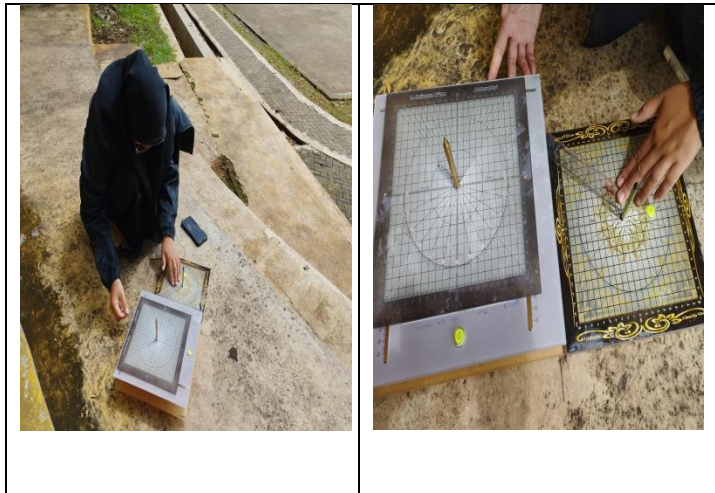
LAMPIRAN-LAMPIRAN

A. Lampiran Data Ephemeris

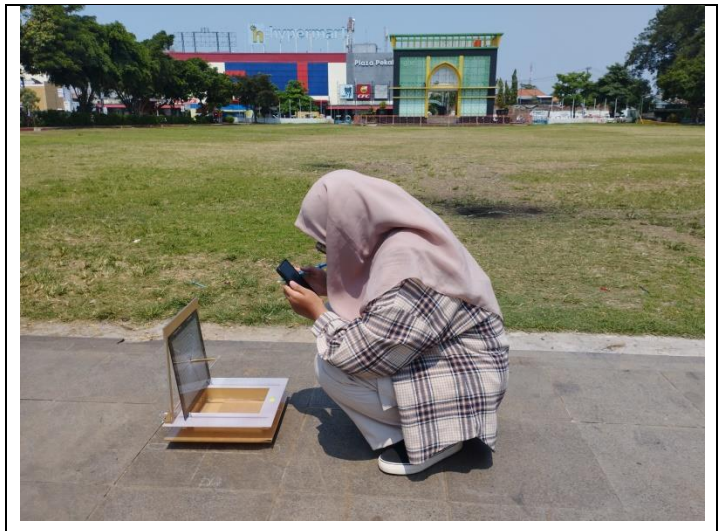


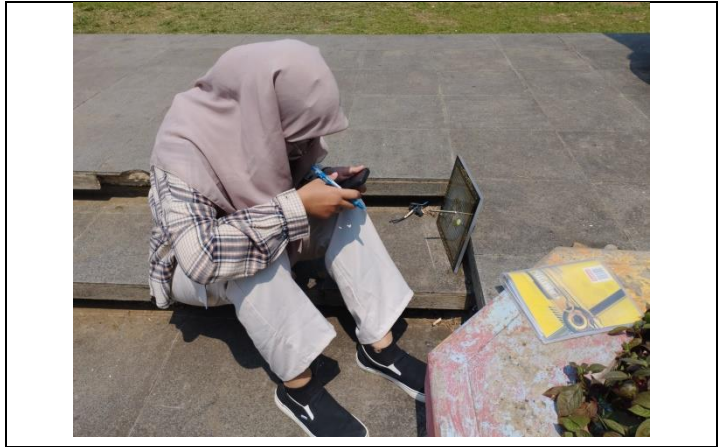


C. Lampiran Observasi









DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Septriani Anggari Kasih

Tempat, Tanggal Lahir : Tegal, 06 September 1991

Agama : Islam

Jenis Kelamin : Perempuan

Alamat Asal : Desa Pamiritan, Rt/Rw 03/02,
Kecamatan Balapulung, Kabupaten
Tegal.

Alamat Sekarang : Perumahan Bukit Silayur Permai Blok F
No. 17

Riwayat Pendidikan :

Formal :

- SDN 06 Balapulung Timur (2005-2011)
- MTS Nurul Islam (2011-2014)
- MAS Unggulan Al-Imdad (2014-2017)
- UIN Walisongo Semarang (2018-2023)

Non Formal :

- TPQ Nurul Huda
- Pondok Pesantren Nurul Islam
- Madin Baitul Atiq
- Pondok Pesantren Al-Imdad
- YPMI Al-Firdaus

Motto hidup : Lets flow

No. Hp : 085803541576

Email : Septrianianggari@gmail.com

