RANCANG BANGUN INSTRUMEN NON-OPTIK ISTIWA'UZZAMAN

SKRIPSI

Oleh

Bayu Krisna Adji

NIM. C06219006

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel

Fakultas Syariah dan Hukum

Jurusan Hukum Perdata Islam

Program Studi Ilmu Falak

Surabaya

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Bayu Krisna Adji
NIM	:	C06219006
Fakultas/Prodi	:	Syariah dan Hukum/ Ilmu Falak
Judul	:	Rancang Bangun Instrumen Non-Optik Istiwa'uzzaman

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

Surabaya, 5 April 2023

Saya yang menyatakan,

Bayu Krisna Adji
NIM. C06219006

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang ditulis oleh:

Nama	:	Bayu Krisna Adji
NIM.	:	C06219006
Judul	:	Rancang Bangun Instrumen Non-Optik Istiwa'uzzaman

telah diberikan bimbingan, arahan, dan koreksi sehingga dinyatakan layak, serta disetujui untuk diajukan kepada Fakultas guna diujikan pada sidang munaqasah.

Surabaya, 5 April 2023

Pembimbing,

Siti Tatmainul Qulub, M.S.I
NIP. 198912292015032007

PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh:

Nama : Bayu Krisna Adji

NIM : C06219006

Telah dipertahankan di depan sidang Majelis Munaqasah Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel pada hari Selasa, tanggal 02 Mei 2023, dan dapat diterima sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana strata satu dalam Program Studi Ilmu Falak

Majelis Munaqasah Skripsi:

Penguji I	Penguji II
Siti Tatmainul Qulub, M.S.I.	Dr. H. Moh. Imron Rosyadi, S.Ag., M.H.I.
NIP. 198912292015032007	NIP. 197911052007011019
Penguji III	**Penguji IV**
Agus Solikin, M.S.I.	Rizky Abrian, M.Hum.
NIP. 198608162015031001	NIP. 199110052020121017

Surabaya, 02 Mei 2023
Mengesahkan,
Fakultas Syariah dan Hukum
Universitas Islam Negeri Sunan Ampel
Dekan,

Dr. Hj. Suqiyah Musafa'ah, M.Ag.
NIP. 196303271999032001

Dipindai dengan CamScanner

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Bayu Krisna Adji
NIM : C06219006
Fakultas/Jurusan : Syariah dan Hukum/Ilmu Falak
E-mail address : bkrisna592@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
■ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :
Rancang Bangun Instrumen Non-Optik Istiwa'uzzaman

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

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

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 5 April 2023

Penulis

(Bayu Krisna Adji)

Dipindai dengan CamScanner

ABSTRAK

Perkembangan Ilmu Falak dimulai dengan beberapa pengamatan terhadap benda langit yang dilakukan oleh orang-orang terdahulu. Sehingga dari pengamatan tersebut menghasilkan sebuah instrumen-instrumen. Pada penelitian ini, peneliti akan melakukan kajian dengan membuat sebuah instrumen non-optik yang diberi nama Istiwa'uzzaman. Istiwa'uzzaman tersebut diharapkan dapat mengakomodir segala fungsi yang dibutuhkan, seperti dapat digunakan untuk penentu bujur ekliptika matahari, deklinasi matahari, *equation of time,* penentuan titik koordinat dan jam matahari.

Peneliti dalam menyusun skripsi menggunakan metode *research and development* berdasarkan sembilan tahapan utama. Kemudian dalam mengumpulkan data peneliti melakukan dokumentasi berupa pengumpulan informasi yang didapatkan, serta dilakukan observasi untuk mengetahui tingkat akurasi instrumen Istiwa'uzzaman. Sedangkan sumber data yang diperoleh peneliti diantara lain, melalui buku, kitab, dan jurnal yang berhubungan dengan instrumen dan algoritma perhitungan yang akan digunakan.

Hasil penelitian ini adalah: pertama, instrumen Istiwa'uzzaman dibuat berdasarkan sembilan tahapan, mulai dari pengumpulan data dan informasi, pembuatan desain produk, uji penggunaan produk, perbaikan produk, hingga produk final. Kedua, dilakukan uji coba penggunaan terhadap setiap fungsi yang dimiliki oleh instrumen Istiwa'uzzaman, baik dalam penentuan titik koordinat bumi, bujur ekliptika matahari, deklinasi matahari, *equation of time,* dan jam matahari. Ketiga, dilakukan uji evaluasi produk dan proses unuk mengetahui bahwa proses pembuatan produk sejalan dengan metode yang digunakan.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM i
PERNYATAAN KEASLIAN ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING iii
PENGESAHAN iv
ABSTRAK vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TRANSLITERASI xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Identifikasi dan Batasan Masalah 8
C. Rumusan Masalah 9
D. Tujuan Penulisan 9
E. Manfaat Penelitian 9
F. Penelitian Terdahulu 10
G. Definisi Operasional 13
H. Metode Penelitian 15
I. Uji Evaluasi Produk 22
J. Sistematika Penulisan 23

BAB II KONSEP TENTANG TATA KOORDINAT ASTRONOMI ... 24
A. Tata Koordinat Astronomi 24
B. Klasifikasi Tata Koordinat 27
1. Tata Koordinat Astronomi (Khatulistiwa) 28
2. Tata Koordinat Geodesi 42
C. Urgensi Tata Koordinat dalam Praktik Ilmu Falak 46
1. Perhitungan Arah Kiblat 46
2. Perhitungan Posisi dan Ketinggian Hilal 46

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A
digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

3. Perhitungan Awal Waktu Salat 47
D. Metode Penentuan Titik Koordinat Bumi 47
1. Menggunakan Tongkat Istiwa' 48
2. Menggunakan *Global Positoning System* (GPS) 48
3. Menggunakan *Google Earth* 50

BAB III PROSES PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI INSTRUMEN NON-OPTIK ISTIWA'UZZAMAN 52
A. Pengumpulan Data 52
1. Lintang Tempat 52
2. Bujur Tempat 54
3. Bujur Ekliptika Matahari 56
4. Deklinasi Matahari 65
5. Sundial (Jam Matahari) 68
6. *Equation of Time* 70
B. Alat dan Bahan Perancangan Produk Instrumen Istiwa'uzzaman 71
C. Langkah-Langkah Pembuatan Produk Instrumen Istiwa'uzzaman 72
1. Potensi dan Masalah 72
2. Mengumpulkan Informasi 72
3. Desain Produk 73
4. Perbaikan Desain 74
5. Uji Coba Produk 75
6. Revisi Produk I 75
7. Uji Coba Pemakaian 76
8. Revisi Produk II 77
9. Produk Final 77
D. Komponen-komponen Instrumen Istiwa'uzzaman 79
E. Cara Penggunaan Instrumen Istiwa'uzzaman 85

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A
digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

BAB IV UJI EVALUASI DAN ANALISIS PRODUK ISTIWA'UZZAMAN 90
A. Uji Evaluasi Produk Istiwa'uzzaman 90
1. Evaluasi Konteks (*Context Evaluation*) 90
2. Evaluasi Input (*Input Evaluation*) 92
3. Evaluasi Proses (*Process Evaluation*) 96
4. Evaluasi Produk (*Product Evaluation*) 97
B. Analisis Produk Istiwa'uzzaman 99
1. Analisis Perhitungan yang Digunakan Istiwa'uzzaman 99
2. Analisis Praktik Penggunaan Istiwa'uzzaman 106
3. Analisis Konstruksi Istiwa'uzzaman 109
BAB V PENUTUP 111
A. Kesimpulan 111
B. Saran 112
DAFTAR PUSTAKA 113
LAMPIRAN

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Selisih Antara Tanggal dan *Buruj* 58
Tabel 3.2 Perhitungan Bujur Ekliptika 60
Tabel 3.3 Jadwal Tahun dan Nilai N 65
Tabel 3.4 Bulan dan Jumlah Hari 60
Tabel 3.5 Deklinasi Matahari 69
Tabel 4.1 Koreksi Persiklus Bujur Ekliptika Matahari 102
Tabel 4.2 Koreksi Pertahun Bujur Ekliptika Matahari 102
Tabel 4.3 Koreksi Perhari Bujur Ekliptika Matahari 103
Tabel 4.4 Koreksi Perjam Bujur Ekliptika Matahari 103
Tabel 4.5 Koreksi Persiklus *Equation of Time* 104
Tabel 4.6 Koreksi Pertahun *Equation of Time* 104
Tabel 4.7 Koreksi Perjam *Equation of Time* 105
Tabel 4.8 Koreksi Perhari *Equation of Time* 105
Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Perhitungan Tanggal 11 Maret 2023 107
Tabel 4.10 Perbandingan Hasil Perhitungan Tanggal 11 Maret 2023 108

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Koordinat Kartesius Dua Dimensi 26
Gambar 2.2 Koordinat Kartesius Tiga Dimensi 26
Gambar 2.3 Koordinat Bola (*Spherical Coordinate*) Tiga Dimensi 27
Gambar 2.4 Lingkatan Khatulistiwa 30
Gambar 2.5 Lingkaran Lintang Dan Busur Bujur 31
Gambar 2.6 Lintang Tempat 32
Gambar 2.7 Bujur Tempat 33
Gambar 2.8 Zenit, Nadir dan Horizon 35
Gambar 2.9 Jarak Zenir 36
Gambar 2.10 *Parallax* 37
Gambar 2.11 Kulminasi 37
Gambar 2.12 Azimuth 38
Gambar 2.13 Sudut Waktu 39
Gambar 2.14 Kutub Langit 40
Gambar 2.15 Ekuator 41
Gambar 2.16 Deklinasi 42
Gambar 2.17 Asensio Rekta 42
Gambar 2.18 Titik Koordinat Ekliptika 43
Gambar 2.19 Sistem Koordinat Geosentrik 45
Gambar 2.20 Sistem Koordinat Toposentrik 46
Gambar 3.1 Perancangan Produk 75
Gambar 3.2 Perbaikan Desain 76
Gambar 3.3 Perbaikan Produk I 77
Gambar 3.4 Perbaikan Produk II 78
Gambar 3.5 Produk Final 79
Gambar 3.6 Bidang Dial Atas 79
Gambar 3.7 Bidang Dial Bawah 80
Gambar 3.8 *Ruler* 80
Gambar 3.9 *Gnomon* 81

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A
digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Gambar 3.10 Sundial 81
Gambar 3.11 *Results* 82
Gambar 3.12 *Latitude field* 83
Gambar 3.13 *Direction Finder* 83
Gambar 3.14 *Time Tables* 84
Gambar 3.15 Istiwa'uzzaman 85

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Secara harfiah, kata Falak berasal dari Bahasa Arab, yakni *al-Falak* yang diartikan sebagai lintasan benda-benda langit atau tempat perjalanan bintang (*madār al-nujūm*).[1] Sedangkan Ilmu Falak dalam terminologi para ahli didefinisikan sebagai kajian yang membahas tentang objek langit, baik secara wujud, ukuran, aktivitas, dan segala sesuatu yang berhubungan dengannya.[2] Menurut ontologi, Ilmu Falak merupakan lintasan objek astronomi yang memiliki pengaruh terhadap arah dan waktu yang berada di permukaan bumi. Dimana arah dan waktu tersebut digunakan untuk kegiatan ibadah, seperti penentuan arah kiblat, penentuan waktu salat, penentuan awal bulan, dan untuk mengetahui terjadinya gerhana.[3]

Pada dasarnya mempelajari Ilmu Falak memiliki dua kegunaan, yakni pertama sebagai pemahaman serta pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dan kedua sebagai keperluan ibadah, seperti penentuan awal waktu salat, penentuan arah kiblat, penentuan awal bulan kamariah, gerhana bulan,

[1] Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis (Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya)*, Cetakan III. (Semarang: PT Pustaka Rizki Putera, 2017), 1.
[2] Akh. Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar-Dasar Hisab Praktis)*, Cetakan IV. (Sidoarjo: Grafika Media, 2017), 1.
[3] Siti Tatmainul Qulub, "Desain Pengembangan Kurikulum Program Studi Ilmu Falak UIN Sunan Ampel Surabaya Berbasis Integrated Twin Towers," *Prodi Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya* 1, no. 1, Journal of Islamic Astronomy (January 2020): 145.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

dan gerhana matahari.[4] Seiring berkembangnya zaman dan teknologi tidak terlepas dari sebuah sejarah yang telah dilewati. Dalam sejarah Islam terdahulu telah lahir berbagai cendekiawan Muslim yang terkenal dalam berbagai bidang, khususnya dalam bidang Ilmu Falak.

Berbagai penelitian dan percobaan yang telah dilakukan oleh cendekiawan Ilmu Falak melahirkan berbagai temuan baru yang berasal dari hasil pengamatan instrumen atau peralatan yang digunakan, diantaranya seperti instrumen Rubu' Mujayyab, Sundial, dan lain sebagainya. Sebagaimana tercatat dalam sejarah, Ilmu Falak setidaknya telah melewati tiga peradaban, yakni India, Persia, dan Yunani.[5] Pada peradaban Islam, Ilmu Falak berkembang secara terstruktur, cermat, dan terapan yang dapat diidentifikasi dengan adanya transformasi dan susunan alat-alat Ilmu Falak yang lebih teliti dalam kebutuhan ibadah serta kebutuhan sehari-hari.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Menurut sejarah perkembangan instrumen Astronomi dan Ilmu Falak dimulai dengan pengamatan-pengamatan menggunakan benda-benda yang sederhana di sekelilingnya. Pada zaman dahulu manusia dapat mengetahui waktu dan musim melalui serangkaian pengamatan bayang-bayang pepohonan dari pagi hingga sore. Dari pengamatan tersebut melahirkan instrumen yang

[4] Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar-Dasar Hisab Praktis)*, 2.
[5] Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Khazanah Astronomi Islam Abad Pertengahan* (Purwokerto: UM Purwokerto, 2016), 44.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

diberi nama Sundial atau jam matahari. Instrumen tersebut ditemukan sekitar tahun 3500 SM pada saat peradaban Yunani-Romawi.[6]

Ilmu Astronomi semakin berkembang dan diketahui oleh berbagai bangsa seperti Bangsa Sumeria dan Babilonia yang mulai mempelajari Ilmu Astronomi. Ketertarikan Bangsa Sumeria dan Babilonia terhadap langit malam menjadi obyek pengamatan yang dilakukan setiap hari. Hasil pengamatan tersebut kemudian dituangkan dalam gambar rasi bintang pada papan permainan. Kebiasaan tersebut kemudian terus dilakukan hingga peradaban Yunani dan Romawi datang dan menghasilkan sebuah instrumen yang disebut dengan Astrolabe.[7]

Astrolabe merupakan instrumen klasik yang digunakan untuk menentukan waktu dan posisi matahari. Namun seiring berkembangnya zaman, Astrolabe yang awalnya berbentuk lingkaran kemudian diringkas menjadi seperempat lingkaran yang saat ini disebut dengan Rubu' Mujayyab.[8] Keberadaan Rubu' Mujayyab memiliki peran penting bagi dunia matematika, karena selain digunakan untuk mengukur posisi matahari, Rubu' Mujayyab juga dapat diaplikasikan sebagai instrumen hitung yang keberadaannya kini digantikan oleh kalkulator.

[6] Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak dari Sejarah Ke Teori dan Aplikasi* (Depok: PT Raja Grafindo Persada, 2017), 21.
[7] Ibid.
[8] Ibid.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Perlu diketahui bahwa, Rubu' Mujayyab telah digunakan dan dibuat sejak abad ke sembilan di Kota Baghdad dan telah bertahan hingga seribu tahun lebih. Keberadaannya yang begitu lama tidak terlepas dari berbagai konstruksi didalmnya, hingga akhirnya Rubu' Mujayyab menyebar ke Indonesia. Dari berbagai penelusuran yang ada diketahui Rubu' Mujayyab yang beredar di Indonesia merupakan Rubu' Mujayyab hasil rekonstruksi dan pengembangan Ibnu Syatir.[9]

Adapun instrumen klasik lainnya yakni gawang lokasi yang digunakan untuk pengamatan hilal dan benda-benda langit. Pengamatan menggunakan gawang lokasi merupakan pengamatan dengan mata telanjang yang ditemukan sekitar tahun 1900-an. Kemudian instrumen klasik yang digunakan sebagai penentuan titik koordinat bumi menggunakan tongkat istiwa'. Selain untuk menentukan koordinat bumi, tongkat istiwa' digunakan sebagai penentu arah dan posisi tempat. Konsep istiwa' tersebut melahirkan dua instrumen klasik baru di Indonesia yang dikenal dengan Mizwala *Qibla Finder* karya Hendro Setyanto pada tahun 2010 dan Istiwaaini karya KH. Slamet Hambali pada tahun 2014.[10]

Hasil penelitian dan percobaan berupa instrumen yang telah dikembangkan tersebut perlu dikaji secara terus menerus dari masa ke masa, sehingga dapat memunculkan khazanah-khazanah terbaru dalam bidang Ilmu

[9] Muhammad Hidayat, *Pengembangan Media Rubu' al-Mujayyab (Instrumen Astronomi Klasik) Dalam Pendidikan Matematika*, Cetakan I. (Yogyakarta: Bildung, 2020), 60.
[10] Qulub, *Ilmu Falak dari Sejarah Ke Teori dan Aplikasi*, 22.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Falak. Selain itu, perlunya penelitian lebih lanjut terkait peredaran benda langit harus benar-benar diperhatikan sebagai acuan dalam aspek ibadah Umat Muslim. Sebagaimana penjelasan dalam Q.S. al-Furqon ayat 45:

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

> Tidakkah engkau memperhatikan (penciptaan) Tuhanmu, bagaimana Dia memanjangkan (dan memendekkan) bayang-bayang, dan sekiranya Dia menghendaki, niscaya Dia jadikannya (bayang-bayang itu) tetap, kemudian Kamu jadikan matahari sebagai petunjuk.[11]

Ayat tersebut memunculkan ide-ide yang terus berkembang, salah satunya yaitu munculnya instrumen-instrumen Ilmu Falak. Instrumen menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) diartikan sebagai alat-alat yang digunakan dalam mengerjakan suatu hal tertentu.[12] Keberadaan suatu instrumen dapat membantu seseorang menyelesaikan suatu penelitian, selain itu adanya instrumen juga dapat dijadikan sebagai sejarah awal mula suatu kajian ilmu. Dalam Ilmu Falak, instrumen memegang peranan penting kemajuan suatu peradaban. Instrumen Ilmu Falak diciptakan dari sebuah pengamatan yang dicatat dan dibentuk dalam model perhitungan yang kemudian menciptakan sebuah konsep alat.[13]

Pada awalnya instrumen-instrumen hanya sekedar untuk menentukan satu kegunaan saja. Namun, seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan

[11] Departemen Agama RI, *Al-Qur'an Dan Terjemahnya*, Tahun 2002. (Semarang: PT Karya Toha Putra Semarang, 2002).
[12] http://kbbi.web.id/instrumen diakses pada tanggal 10 Oktober 2022
[13] Qulub, *Ilmu Falak dari Sejarah Ke Teori dan Aplikasi*, 17.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

khazanah keislaman, instrumen-instrumen tersebut dikonstruksi lagi menjadi instrumen lain dengan fungsi yang lengkap dan memiliki integrasi antara alat satu dengan alat yang lainnya. Konstruksi instrumen didasarkan pada kekurangan dari fungsi dan penggunaan instrumen tersebut, sehingga perlu adanya penyempurnaan pada instrumen yang baru. Pada penelitian ini penulis menemukan beberapa kekurangan yang dimiliki tiga instrumen klasik, diantaranya Rubu' Mujayyab, Sundial, dan tongkat istiwa'

Rubu' Mujayyab merupakan instrumen berbentuk seperempat lingkaran ringkasan dari instrumen Astrolabe. Dalam Ilmu Astronomi Rubu' Mujayyab disebut dengan *quadrant* yang digunakan untuk mengukur astronomi, navigasi, dan survei.[14] Namun, pada kenyataanya penjelasan Rubu' Mujayyab sebagai alat untuk mengukur navigasi belum benar-benar dijelaskan secara eksplisit di beberapa literatur. Hal tersebut menjadi titik lemah dan kekurangan dari fungsi instrumen Rubu' Mujayyab. Secara rinci, penulis mencatat beberapa kekurangan dari Rubu' Mujayyab, diantaranya tidak dapat digunakan untuk menentukan jam matahari sebab tidak adanya tongkat istiwa' seperti pada instrumen Sundial, penentuan deklinasi matahari yang kurang praktis, dan perlu adanya koreksi tambahan terhadap perhitungan bujur ekliptika.

[14] Sakirman, "Spirit Budaya Islam Nusantara Dalam Konstruks "Rubu' Mujayyab"," no. Jurnal Ilmiah Kajian antropologi (n.d.): 117.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Instrumen Sundial (jam matahari) merupakan jam tertua hasil dari pengamatan yang dilakukan oleh Bangsa Yunani-Romawi sekitar tahun 3500 SM. Sundial memiliki empat jenis, diantaranya Sundial horizontal, Sundial vertikal, Sundial ekuatorial, dan bencet. Pada penelitian ini penulis berfokus pada Sundial jenis ekuatorial, namun sama halnya dengan Rubu' Mujayyab, Sundial ekuatorial juga memiliki kekurangan diantaranya yakni masih dilakukan pengukuran kemiringan bidang dial sebagaimana harga lintang tempat, hanya digunakan sebagai jam matahari tanpa digunakan untuk menunjukkan koordinat tempat, dan perlu rekonstruksi yang memudahkan pengguna meskipun berpindah-pindah tempat.

Dari penjelasan kekurangan setiap instrumen klasik tersebut, peneliti sangat tertarik untuk menguji dan mengeksplorasi lebih dalam pembuatan instrumen non-optik. Beberapa kekurangan yang dimiliki kedua instrumen akan dimodifikasi dan dilengkapi menjadi suatu instrumen non-optik yang diberi nama Istiwa'uzzaman dalam bentuk perangkat keras non-optik Ilmu Falak untuk menentukan titik koordinat (lintang dan bujur tempat), deklinasi matahari, bujur ekliptika, dan jam matahari. Oleh sebab itu, peneliti melakukan kajian dalam bentuk skripsi dengan judul: Rancang Bangun Instrumen Non-Optik Istiwa'uzzaman.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

B. Identifikasi dan Batasan Masalah

Dari latar belakang tersebut, maka peneliti dapat mencatat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Penelitian terkait perkembangan instrumen non-optik Ilmu Falak klasik terhadap perkembangan zaman;
2. Belum diketahui langkah-langkah pembuatan instrumen Istiwa'uzzaman;
3. Belum diketahui cara penggunaan instrumen Istiwa'uzzaman;
4. Belum diketahui evaluasi terhadap instrumen Istiwa'uzzaman;
5. Belum diketahui tingkat kelayakan instrumen Istiwa'uzzaman dalam penggunaannya;
6. Belum diketahui tingkat efisiensi waktu penggunaan instrumen Istiwa'uzzaman;
7. Belum diketahui dampak kebermanfaatan inovasi terhadap kemanusiaan, peradaban dan lingkungan.

Ruang lingkup penelitian yang dibatasi oleh peneliti dalam kajian ini adalah:

1. Belum diketahui langkah-langkah pembuatan instrumen Istiwa'uzzaman.
2. Belum diketahui cara penggunaan instrumen Istiwa'uzzaman.
3. Belum diketahui evaluasi terhadap instrumen Istiwa'uzzaman.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

C. Rumusan Masalah

Sebagaimana penjelasan di atas dan menurut judul yang telah ditentukan, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana langkah-langkah pembuatan instrumen Istiwa'uzzaman?
2. Bagaimana cara penggunaan instrumen Istiwa'uzzaman?
3. Bagaimana evaluasi terhadap instrumen Istiwa'uzzaman?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian Rancang Bangun Instrumen Non-Optik Istiwa'uzzaman diantaranya adalah:

1. Mengetahui langkah-langkah pembuatan instrumen Istiwa'uzzaman.
2. Mengetahui cara penggunaan instrumen Istiwa'uzzaman.
3. Mengetahui evaluasi terhadap instrumen Istiwa'uzzaman.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan manfaat baik dari segi teoritis dan praktis yaitu:

1. Manfaat teoritis
   a. Menambah sumber wawasan instrumen non-optik.
   b. Sebagai dasar dan kajian pada penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan instrumen non-optik.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

c. Sebagai wujud kontribusi terhadap perguruan tinggi khususnya mahasiswa/mahasiswi dalam bidang Ilmu Falak.

2. Manfaat praktis

a. Bagi peneliti

Dapat menambah ilmu pengetahuan tentang rancang bangun instrumen non-optik melalui metode penelitian

b. Bagi mahasiswa/mahasiswi

Dapat menambah ilmu pengetahuan dan sumbangsih pemikiran tentang instrument non-optik.

c. Bagi ahli falak

Sebagai bahan kajian khazanah keilmuan baru dalam bidang instrumen atau perangkat non-optik Ilmu Falak.

F. Penelitian Terdahulu

Tinjauan pustaka merupakan langkah awal pada sebuah penelitian untuk memahami secara jelas apakah permasalahan dapat dituntaskan melalui penelitian-penelitian yang pernah dikaji sebelumnya oleh orang-orang terdahulu. Selain itu, tinjauan pustaka dapat mempermudah peneliti dalam menyelesaikan penelitiannya. Sehingga sebuah penelitian diharuskan untuk merujuk pada pengetahuan, asas, rancangan atau ketentuan yang telah ada pada sebelumnya.[15]

[15] Suharsimi Arikunto, *Manajemen Penelitian* (Jakarta: Rineka Cipta, 1990), 76.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Sejauh penelaahan yang peneliti lakukan, belum menemukan pembahasan skripsi tentang rancang bangun instrumen non-optik Istiwa'uzzaman. Sebab instrument ini merupakan tawaran baru yang diajukan oleh penulis, sehingga belum terdapat kajian pada sebelumnya. Dengan demikian, peneliti menemukan beberapa capaian pembahasan yang berkaitan erat dengan instrumen non-optik.

1. Rujukan pertama, dalam kajian ini peneliti memakai buku Pengembangan Media Rubu al-Mujayyab (Instrumen Astronomi Klasik) dalam Pendidikan Matematika karya M. Hidayat (Tim OIF UMSU).[16] Dalam buku ini diuraikan konsep-konsep matematika oleh ilmuwan Muslim, menguraikan penggunaan Rubu' Mujayyab, dan metodologi pengembangan. Sehingga buku ini dapat dijadikan sebagai landasan peneliti dalam mengungkap stigma pada matematika instrumen Rubu' Mujayab.
2. Rujukan kedua peneliti adalah "Uji Akurasi I-Zundial dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat", judul tersebut merupakan karya Umul Maghfuroh.[17] Dalam skripsi tersebut menjelaskan tentang uji akurasi instrumen non-optik karya mahasiswa UIN Walisongo Semarang yang diberi nama I-Zun Dial, instrumen tersebut dapat digunakan berbagai

[16] Muhammad Hidayat, *Pengembangan Media Rubu' al-Mujayyab (Instrumen Astronomi Klasik) dalam Pendidikan Matematika.*
[17] Umul Maghfuroh, "Uji Akurasi I-Zun Dial Dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat" (UIN Walisongo, 2016).

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

macam fungsi diantaranya sebagai penentuan titik koordinat, penentuan deklinasi matahari dan lain-lain.

3. Penulis menggunakan algoritma hisab dan penggunaan Rubu' Mujayyab dalam Kitab *ad-Durus al-Falakiyah* Karya M. Ma'shum bin Ali atau dalam ringkasan Kitab *Tibyanul Miqat*.[18] Pada kedua kitab tersebut menjelaskan sistem trigonometri Rubu' Mujayyab, yakni hisab bujur ekliptika dan hisab deklinasi matahari. Kemudian oleh penulis dikonversikan perhitungannya dengan cara yang lebih mudah dipahami dalam penerapan instrumen Istiwa'uzzaman.
4. Buku kedua yang dijadikan rujukan penulis dalam penelitiannya adalah buku karya Jean Meeus berjudul *Astronomical Algorithms*[19] juga digunakan dalam menentukan algoritma perhitungan instrumen Istiwa'uzzaman menggunakan teori VSOP87 tentang perhitungan bujur ekliptika, deklinasi matahari dan *equation of time*.
5. Peneliti menggunakan tesis sebagai sumber rujukan kelima karya Abdul Kohar dengan judul "Inovasi Instrumen *Thabaq al-Matatiq al-Kashi* sebagai hisab Awal Bulan Kamariah".[20] Dalam tesis tersebut diuraikan konsep sistem kerja dan perhitungan dalam menentukan posisi matahari, inovasi (kebaruan) yang dilakukan terhadap instrumen dan modifikasi

[18] Ali Mustofa, *Astronomi Dasar Penjabaran Kitab Al-Durus al-Falakiyah dan Tibyan al-Miqot* (Kediri: Astro Sun3 Kediri, n.d.).
[19] Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, edisi kedua (Virginia: Willman-Bell Inc, 1998).
[20] Abdul Kohar, "Inovasi Instrumen Thabaq Al-Manatiq Al-Kashi Sebagai Hisab Awal Bulan Kamariah" (UIN Walisongo, 2019).

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

hisab yang digunakan oleh alat tersebut, yakni penentuan deklinasi matahari, bujur ekliptika matahari dan equation of time.

G. Definisi Operasional

Sebelum membahas secara mendalam, kiranya penting peneliti memaparkan judul penelitian yang akan dibahas. Dengan harapan supaya mudah dipahami dan tidak terjadi salah penafsiran. Adapun judul penelitian ini yakni, "Rancang Bangun Instrumen Non-Optik Istiwa'uzzaman".

Untuk memahami penjelasan tentang istilah-istilah yang digunakan pada pembahasan judul tersebut secara mendasar. Adapun istilah yang terdapat dalam judul di atas adalah:

1. Rancang Bangun

Rancang bangun berasal dari dua kata, yakni rancang dan bangun yang memiliki definisi masing-masing. Rancang atau rancangan merupakan sesuatu yang akan dikerjakan berupa desain arsitektur detail dengan komponen di dalamnya. Sedangkan bangun atau pembangunan merupakan kegiatan memperbaiki sistem baru atau sistem yang telah ada secara keseluruhan.[21] Sehingga dapat disimpulkan bahwa, rancang bangun merupakan visualisasi, perencanaan, dan penyusunan sketsa dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi.

[21] Rahmat Gunawan, Arif Maulana Yusuf, and Lysa Nopitasari, "Rancang Bangun Sistem Presensi Mahasiswa dengan Menggunakan Qr Code Berbasis Android" 14, no. 1 (July 2021): 48.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

2. Instrumen Non-Optik

Instrumen menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia diartikan sebagai alat-alat yang digunakan dalam mengerjakan suatu hal tertentu. Menurut sistem kerjanya instrumen dibagi menjadi tiga, salah satunya adalah instrument non-optik. Instrumen atau alat non-optik merupakan perangkat yang digunakan tidak berdasarkan prinsip pemantulan dan pembiasan cahaya dari lensa maupun cermin.[22] Dalam Ilmu Falak instrumen non-optik dapat berupa Astrolabe, Rubu' Mujayyab, Sundial, Istiwaaini, dan alat-alat Ilmu Falak yang lainnya.

3. Istiwa'uzzaman

Istiwa'uzzaman berasal dari dua kata yang dijadikan satu, yakni kata *al-Istiwa'* dan *az-Zaman*. *Al-Istiwa'* atau *al-I'tidaal* memiliki arti yakni keadaan lurus,[23] dalam referensi lain disebutkan bahwa, *Istiwa'* merupakan sebuah tongkat yang berdiri tegak lurus.[24] Sedangkan kata *az-Zaman* memiliki dua pemaknaan, yakni waktu atau masa.[25] Sehingga jika digabungkan Istiwa'uzzaman merupakan sebuah instrumen yang mengadopsi dari beberapa alat menjadi satu kesatuan alat yang digunakan untuk menentukan titik koordinat bumi (lintang dan bujur tempat), deklinasi matahari, bujur ekliptika, dan jam matahari.

[22] Qulub, *Ilmu Falak Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*, 19.
[23] K.H. Adib Bisri, *Kamus Al-Bisri* (Surabaya: Pustaka Progresif, 1999), 459.
[24] Qulub, *Ilmu Falak Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*, 171.
[25] Bisri, *Kamus Al-Bisri*, 347.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

H. Metode Penelitian

Reseach (penelitian) didefinisikan sebagai kegiatan ilmiah yang berkaitan dengan riset dan konstruksi yang dilakukan secara metodologis, terstruktur, dan tetap. Metodologis diartikan dengan metode atau cara tertentu, terstruktur berdasarkan sistem, sedangkan tetap diartikan dengan tidak adanya hal-hal yang bertentangan.[26] Sehingga metode penelitian merupakan cara dan langkah-langkah dalam mencari dan menganalisis data untuk menjawab suatu permasalahan.

Dengan demikian penulis akan menguraikan metode yang digunakan dalam penelitian yang memuat beberapa hal, seperti berikut:

1. Jenis penelitian

   Jenis penelitian yang digunakan dalam skripsi adalah metode *Research and Development* (penelitian dan pengembangan). Metode *Research and Development* merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk tertentu dan menguji keefektivitasan produk tersebut. Untuk menghasilkan dan menguji keefektivitasan suatu produk perlu digunakannya penelitian yang bersifat analisis supaya dapat berfungsi bagi masyarakat luas.[27]

   Penelitian diawali dengan melakukan kegiatan *research* (penelitian) untuk memperoleh bahan, data, dan fakta, serta *development*

[26] Soerjono Soekanto, *Pengantar Penelitian Hukum* (Jakarta: UI Press, 2006), 42.
[27] Sugiyono Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*, cet. ke-14. (Bandung: Alfabeta, 2011), 297.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

(pengembangan) untuk menciptakan produk baru. Produk dapat berwujud produk lunak seperti program komputer dan dapat berwujud produk keras seperti alat. Sedangkan dalam penelitian ini menghasilkan produk baru perangkat keras berupa instrumen non-optik.

2. Data penelitian

Terdapat dua jenis data yang dikumpulkan peneliti dalam diantaranya yaitu:

a. Data primer

Data primer dalam penelitian yang dipakai peneliti diantaranya adalah data perhitungan tentang koordinat tempat, deklinasi matahari, bujur ekliptika dan jam matahari.

b. Data sekunder

Sedangkan data sekunder yang digunakan peneliti adalah langkah-langkah perhitungan yang diambil dari buku-buku dan kitab-kitab tertentu yang membahas tentang koordinat tempat, deklinasi matahari, bujur ekliptika dan jam matahari serta data tambahan yang digunakan untuk memperkuat pembahasan rancang bangun instrumen.

3. Sumber data

a. Sumber primer

Sumber primer merupakan sumber penelitian yang didapatkan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

peneliti secara langsung (dari tangan pertama).[28] Sumber primer yang digunakan diantaranya adalah data perhitungan tentang koordinat tempat (dalam buku Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat dan Kalender Hijriah karya Abd. Salam Nawawi), deklinasi matahari (dalam buku *Ad-Durus Al-Falakiyah* karya Muh. Ma'shum bin Ali), bujur ekliptika (dalam buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus) dan jam matahari (dalam buku Ilmu Falak dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi karya Siti Tatmainul Qulub).

b. Sumber sekunder

Sumber sekunder merupakan sumber penelitian yang didapatkan dari sumber yang telah ada.[29] Data sekunder yang digunakan antara lain, yakni penjabaran Kitab *al-Durus al-Falakiyah* dan Kitab *Tibyanul Miqot* karya Ali Mustofa, Penentuan Asimut dengan Pengamatan Matahari karya Ir. S. Basuki Kartawiharja, buku Ilmu Falak karya Abdur Rachim, buku Ilmu Falak Antara Fiqih dan Astronomi karya Tok. H. Abdullah Ibrahim.

4. Teknik pengumpulan data

a. Dokumentasi

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah teknik

[28] Djam'an Satori and Aan Komariah, *Metodologi Penelitian Kualitatif* (Bandung: Alfabeta, 2009), 12.

[29] Suryani, "Metodologi Penelitian Model Praktis Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif" (UPI, 2010), 34.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

dokumentasi (*documentation*). Teknik dokumentasi dilakukan dengan cara mengumpulkan bebagai bahan informasi, petunjuk, dan data. Berbagai bahan informasi, petunjuk dan data yang berhubungan dengan masalah penelitian dapat diperoleh dari sumber dokumen, laporan tugas akhir, laporan penelitian, jurnal ilmiah, website, buku-buku, kitab-kitab, dan lain sebagainya.[30]

b. Observasi

Teknik pengumpulan data kedua yang digunakan adalah teknik observasi. Teknik observasi merupakan pengumpulan data yang spesifik dibandingkan dengan metode yang lainnya.[31] Dari segi instrumentasi pada penelitian ini menggunakan teknik observasi terstruktur, dimana penulis akan merancang secara sistematis terkait apa saja yang akan diamati. Penulis akan melakukan pengukuran terhadap kinerja dan penggunaan instrumen Istiwa'uzzaman dalam penentuan titik koordinat (lintang dan bujur tempat), deklinasi matahari, bujur ekliptika, dan jam matahari.

5. Teknik analisis data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan produk dibagi menjadi beberapa tahap.[32]

a. Potensi dan masalah

Potensi ialah suatu kemampuan yang dapat mendatangkan

[30] Djam'an Satori and Aan Komariah, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, 148.
[31] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*, 145–146.
[32] Ibid., 298–311.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

hasil dan manfaat sehingga memiliki nilai tambah. Di sisi lain suatu masalah dapat menjadi sumber potensi apabila dimanfaatkan dengan baik dan benar dalam sebuah penelitian. Dalam penelitian rancang bangun instrumen non-optik Istiwa'uzzaman berpotensi untuk dijadikan suatu produk berupa alat, karena hingga saat ini masih belum ditemukan instrumen non-optik yang dirancang dari beberapa kelebihan dan kekurangan alat yang sudah ada. Sehingga dari permasalahan yang ada memiliki potensi untuk dipelajari dan dituntaskan untuk melahirkan produk baru berupa instrumen non-optik dalam bidang Ilmu Falak.

b. Mengumpulkan informasi

Mengumpulkan berbagai sumber informasi dan studi pustka dapat dipakai sebagai sumber dalam membuat produk baru yang dapat mengatasi permasalahan yang ada. Data informasi tersebut dapat berupa data perhitungan tentang koordinat tempat, deklinasi matahari, bujur ekliptika, dan jam matahari. Kemudian selain itu, data dapat berupa buku penjabaran Kitab *al-Durus al-Falakiyah* dan Kitab *Tibyanul Miqot* karya Ali Mustofa, serta buku karya Jean Meeus berjudul *Astronomical Algorithms.* Sehingga penulis dapat memperoleh konsep produk, baik berupa alat maupun algoritma perhitungan.

c. Desain produk

Penelitian *Research and development* dapat menghasilkan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

berbagai jenis produk baru. Desain produk dapat divisualisasikan dalam bentuk gambar atau bagan yang mendetail, sehingga dapat memberikan pandangan yang jelas tentang bagaimana produk tersebut dibuat. Hasil akhir dari penelitian ialah rancang bangun instrumen yang lengkap dengan spesifikasinya. Desain produk bersifat hipotetik karena belum terbukti efektivitasnya dan dapat diketahui setelah melakukan beberapa pengujian.

d. Perbaikan desain

Tahap selanjutnya adalah tahap perbaikan desain produk instrumen non-optik Istiwa'uzzaman. Perbaikan desain dilakukan dengan berdiskusi bersama dosen pembimbing penelitian di bidang Ilmu Falak dalam hal instrumen non-optik terkait adanya kekurangan-kekurangan yang kemudian menjadi bahan dalam menyempurnakan desain yang akan dibuat.

e. Uji coba produk

Uji coba produk dilaksanakan dengan melakukan perbandingan tingkat keberhasilan dan kepraktisan sistem kerja produk Istiwa'uzzaman. Selain itu, dilakukan pengujian terhadap satu persatu fungsi untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan yang dimiliki instrumen Istiwa'uzzaman.

f. Revisi produk I

Apabila pada uji coba pertama telah dilakukan dan didapatkan beberapa kekurangan, maka produk tersebut dapat telah akurat dan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

mudah digunakan. Namun apabila masih terdapat kekurangan-kekurangan yang sangat signifikan pada hasil, maka perlu dilakukan revisi dan uji coba pemakaian pada produk.

g. Uji coba pemakaian

Produk instrumen non-optik Istiwa'uzzaman dapat diuji langsung sesuai kebutuhan dan fungsi yang dimiliki. Pada tahap ini dilakukan penilaian produk terhadap kinerja dari instrumen Istiwa'uzzaman.

h. Revisi produk II

Revisi produk kedua dalam penelitian adalah perbaikan produk terakhir, revisi produk kedua pada tahap sebelumnya dilakukan untuk mendapatkan kekurangan dan kelebihan dari produk instrumen Istiwa'uzzaman.

i. Produk final

Produk dinyatakan sempurna apabila telah dilakukan perbaikan oleh ahli dan produk dapat digunakan dengan baik dari uji coba sebelumnya dan sesuai harapan. Dengan demikian produk instrumen non-optik Istiwa'uzzaman layak dan dapat disebarluaskan dan dimanfaatkan untuk masyarakat umum.

I. Uji Evaluasi Produk

Uji evaluasi yang akan diterapkan dalam penelitian adalah jenis *CIPP (Context, Input, Process*, dan *Product) Evaluation Model* yang dipelopori oleh

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Stufflebeam. CIPP merupakan uji evaluasi yang memperhitungkan tentang komponen-komponen suatu produk tertentu. Adapun indikator yang dievaluasi dalam penelitian diantaranya yakni:[33]

1. Evaluasi Konteks (*Context Evaluation*)

   Evaluasi konteks merupakan penilaian kebutuhan terhadap pengembangan alat atau instrumen dalam hal ini yaitu produk baru yang dikeluarkan. Sasaran evaluasi mencakup masalah-masalah sebagai salah satu indikator penelitian.

2. Evaluasi Input (*Input Evaluation*)

   Evaluasi input berfokus pada pengumpulan informasi dan data penting yang dibutuhkan dalam penelitian. Sasaran evaluasi mencakup sejumlah data perhitungan yang akan digunakan serta model instrument atau rancangan inovasi produk baru.

3. Evaluasi Proses (*Process Evaluation*)

   Evaluasi proses atau monitoring ialah kegiatan dengan pelaksanaan produk baru, dalam hal ini mencakup tentang proses pembuatan instrumen (produk baru) mulai dari uji coba produk hingga produksi produk baru.

4. Evaluasi Produk (*Product Evaluation*)

   Evaluasi produk ialah evaluasi keluaran (*output*) yang mengarah pada perubahan kinerja produk baru dengan produk lama.

[33] Fauzi Kurniawan, "Evaluasi Pelaksanaan Praktik Kerja Industri Jurusan Akuntansi Di SMK Dewantara Candipuro Lampung Selatan" (Universitas Lampung, 2014), 18–21.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

J. Sistematika Pembahasan

Konsep kerangka berpikir pada penulisan penelitian ini dibagi menjadi lima bab dan terdiri atas sub-bab pembahasan didalamnya. Berikut ini merupakan sistematika penulisannya:

Bab pertama diawali dengan pendahuluan yang berkaitan dengan latar belakang masalah, identifikasi masalah dan batasan masalah, rumusan masalah, kajian pustaka, tujuan dan manfaat penelitian, definisi operasional, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab kedua ialah konsep tentang tata koordinat astronomi. Pada pembahasan tata koordinat astronomi meliputi teori-teori dasar tentang tata koordinat diantaranya definisi tata koordinat astronomi, klasifikasi tata koordinat astronomi, urgensi tata koordinat dalam praktik ilmu falak dan metode penentuan titik koordinat bumi.

Bab ketiga merupakan proses perancangan dan implementasi instrumen non-optik Istiwa'uzzaman. Pada pembahasan bab ketiga akan dijelaskan terkait pengumpulan data penelitian, perancangan produk, langkah-langkah pembuatan dan implementasi produk.

Bab keempat merupakan uji evaluasi dan analisis. Bab ini membahas beberapa evaluasi sebagaimana yang telah ditetapkan sebelumnya. Kemudian pada bab ini juga disertakan analisis penerapan Istiwa'uzzaman dalam penentuan titik koordinat, bujur ekliptika dan deklinasi matahari.

Bab kelima atau bab terakhir penelitian yang meliputi kesimpulan dan saran-saran dari peneliti terhadap penelitian.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

BAB II

KONSEP TENTANG TATA KOORDINAT ASTRONOMI

A. Tata Koordinat Astronomi

Pembentukan alam semesta dan benda langit dilahirkan dalam periode yang teratur, keteraturan tersebut menyebabkan benda-benda langit, seperti matahari, planet, satelit dan komet dapat diteliti dengan akurat setiap pergerakannya. Mempelajari pergerakan benda-benda langit, manusia dengan mudah dapat memprediksi berbagai kejadian yang akan timbul di masa yang akan datang dengan bukti data yang cermat.[1] Untuk memudahkan penjelasan terhadap letak dan pergerakan benda langit, maka harus diketahui definisi dan klasifikasi sistem tata koordinat terlebih dahulu.

Dalam ensiklopedi hisab rukyat dijelaskan bahwa, koordinat astronomi merupakan patokan dalam sistem referensi yang diperlukan untuk menentukan letak benda langit.[2] Dalam hal ini, sistem koordinat sangat diperlukan untuk mengetahui konsistensi atau standar suatu koordinat. Sistem koordinat yang dimaksud adalah sistem referensi koordinat dan perwujudannya.[3]

---

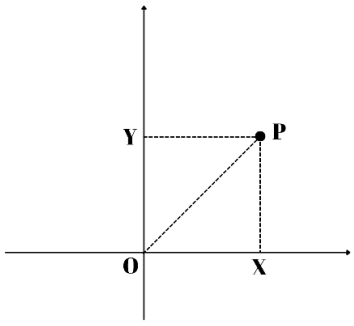
[1] Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit* (Yogyakarta: Lab FMIPA UGM Yogyakarta, 2012), 47.

[2] Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, Cetakan III. (Yogyakarta: Pustaka Belajar, 2012), 127.

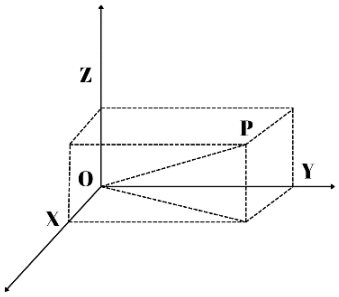
[3] Sistem referensi koordinat merupakan sistem yang memuat teori, konsep, deskripsi fisis, standar, dan parameter yang digunakan dalam pendefinisian koordinat dari suatu titik atau beberapa titik dalam ruang.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Nilai dari kedudukan benda langit seperti, bulan, planet, matahari, dan lain sebagainya dapat dikonversikan dalam sistem koordinat melalui transformasi koordinat. Berdasarkan ilmu eksakta, penentuan kedudukan benda langit di permukaan bidang datar dapat dilakukan apabila diketahui titik koordinatnya, yakni sumbu datar (*absis*) dan sumbu tegak lurus pada titik pusat (*origin*).



Gambar 2.1. Koordinat Kartesius Dua Dimensi



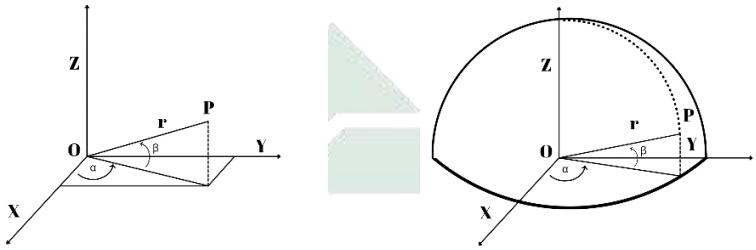
Gambar 2.2 Koordinat Kartesius Tiga Dimensi

Tata koordinat sederhana (dasar) didefinisikan sebagai koordinat kartesius (*cartesian*) atau koordinat kartesius dua dimensi dengan dua sumbu yang digunakan adalah X dan Y. Dalam gambar 2.1 menyatakan bahwa, sumbu X (*absis*) dan sumbu Y (*ordinat*) berpotongan tegak lurus pada titik O (*origin*). Sehingga titik P merupakan titik potong dua garis yang terletak diantara sumbu *absis* dan sumbu *ordinat* yang ditarik dengan acuan kedua koordinat. Koordinat kartesius dua dimensi kemudian diilustrasikan dengan ditambahkan satu sumbu (sumbu Z) menjadi koordinat kartesius tiga dimensi seperti pada gambar 2.2. Dalam gambar tersebut O merupakan titik pusat dari

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

koordinat tiga dimensi, titik P dijelaskan sebagai X, Y, Z, dan OP dijelaskan sebagai jarak dari titik P ke pusat O.[4]



Gambar 2.3. Koordinat Bola (*Spherical Coordinate*) Tiga Dimensi

Koordinat kartesius tiga dimensi (X, Y, Z) pada gambar 2.2 kemudian berubah menjadi koordinat bola tiga dimensi (*spherical coordinate* r, Alpha, Beta) seperti pada gambar 2.3. Perbedaannya adalah pada koordinat tiga dimensi sumbu X, Y, dan Z berukuran panjang, sedangkan pada *spherical coordinate* sumbu yang panjang hanya r dan dua koordinat yang lainnya (Alpha dan Beta) membentuk sudut. Titik P menyatakan titik X, Y, dan Z sama seperti gambar 2.2. Jarak titik P ke titik pusat O dinyatakan dengan r, sudut garis antara OP pada bidang XY dengan sumbu Y dinyatakan Beta (ß), dan sudut antara garis OP pada bidang XY dinyatakan Alpha (a).[5]

Keterkaitan antara bumi dan langit yang diilustrasikan seperti bola menyebabkan penentuan kedudukan dilakukan menurut tata koordinat bola tiga dimensi. Penentuan kedudukan letak geografis di bumi berdasarkan tata

[4] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, Dan Kalender Hijriah*, Cet. I. (Surabaya: Imtiyaz, 2016), 26.
[5] Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, 49.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

koordinat khatulistiwa (tata koordinat astronomi).[6] Hal tersebut berlaku juga dalam penentuan titik koordinat langit, penentuan kedudukan di langit terdiri dari tiga macam, yakni tata koordinat horizon, tata koordinat ekuator, dan tata koordinat ekliptika.[7] Adapun penentuan titik koordinat geodesi yang merupakan penentuan titik dalam koordinat dua dimensi atau tiga dimensi yang berpatokan terhadap sistem koordinat tertentu.[8] Kedua pembahasan tersebut akan dijelaskan secara rinci dan eksplisit diklasifikasi sistem koordinat berikut ini.

B. Klasifikasi Tata Koordinat

Sistem koordinat bertujuan untuk memudahkan pemahaman terkait kedudukan benda langit seperti, matahari, bulan, planet, dan lain sebagainya yang dinyatakan dalam sistem koordinat tertentu. Pembagian sistem koordinat didasarkan pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang mengkaji tentang sistem koordinat.[9] Berikut ini penjelasan terkait pembagian sistem koordinat:

[6] Susiknan Azhari mendefinisikan tata koordinat astronomi sebagai nilai dalam suatu tatanan referensi yang dipergunakan untuk menentukan kedudukan benda langit dalam bola langit.
[7] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah*, 27.
[8] Umul Maghfuroh, "Uji Akurasi I-Zun Dial dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat" (UIN Walisongo, 2016), 32.
[9] Lihat Klasifikasi Tata Koordinat: Anisah Budiwati, "Kajian Tongkat Istiwa' Dalam Penentuan Titik Koordinat Bumi (Perbandingan GPS (Global Positoning System) Dan Google Earth)" (UIN Walisongo, 2013), 18.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

1. Tata koordinat astronomi (khatulistiwa)

Wawasan tentang sistem koordinat sudah lama dipahami dan dikembangkan oleh berbagai ilmuwan sejak 400 tahun yang lalu. Menurut Ilmu Astronomi sebagai penentu arah pada setiap bola langit sistem koordinat diilustrasikan memiliki lingkaran besar.[10] Tata koordinat dalam sebuah sistem koordinat yang digunakan bervariasi bergantung posisi dari seorang pengamat.[11] Dalam tata koordinat khatulistiwa mengadopsi lingkaran khatulistiwa dan busur bujur sebagai sumbu-sumbunya.[12] Penentuan tata koordinat khatulistiwa dijelaskan berupa sudut yang terdiri dari satuan derajat, menit, dan detik. Adapun unsur-unsur dalam penentuan koordinat khatulistiwa sebagaimana penjelasan berikut ini:

a. Kutub bumi dan lingkaran khatulistiwa

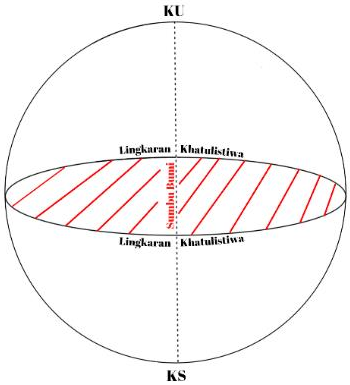
Pada dasarnya bola bumi berputar dengan pola yang beraturan dari barat ke timur. Akibatnya semua titik pada permukaan bola bumi berputar menurut arah yang sama, kecuali dua titik pada ujung bola langit.[13] Kedua titik tersebut dinamakan dengan titik kutub bumi yang terletak di utara bola bumi dan selatan bola bumi sebagaimana dalam gambar 2.4.

[10] Menurut Basuki Kartawiharja bola langit merupakan sebuah bola dengan jari-jari tak terhingga dan berpusat di pusat bumi.
[11] Umul Maghfuroh, "Uji Akurasi I-Zun Dial dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat," 25.
[12] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah*, 27.
[13] Secara realitas bola langit pada dasarnya tidak ada, namun ruang cakrawala yang luas menyebabkan para ilmuwan menganggap ada hanya untuk memudahkan penyelidikan di angkasa. Sehingga benda-benda langit dapat dinyatakan dengan mudah keberadaannya. Adapun bola langit yang dianggap ada, seperti matahari, bulan, dan bintang-bintang.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Sedangkan apabila bola bumi ditarik garis di antara kedua titik kutub bumi dengan nilai yang sama yakni 90 derajat. Maka akan menciptakan sebuah lingkaran yang membelah bola bumi menjadi dua bagian. Lingkaran tersebut dinamakan sebagai lingkaran khatulistiwa yang membelah antara kutub utara dan kutub selatan sebagaimana dalam gambar 2.4.[14]



Gambar 2.4. Lingkatan Khatulistiwa

b. Lingkaran lintang dan busur bujur

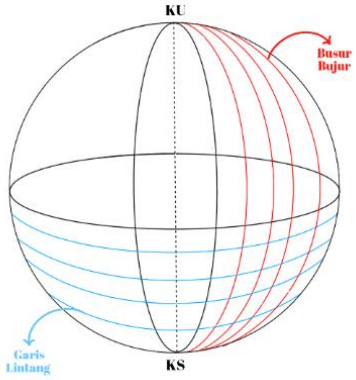
Garis sejajar atau lingkaran sejajar imajiner di antara bagian bumi utara dan bagian bumi selatan merupakan definisi dari lingkaran lintang.[15] Sedangkan busur bujur merupakan garis yang memotong tegak lurus dan menghubungkan antara kedua kutub bumi.[16]

[14] Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar-Dasar Hisab Praktis)*, 13.
[15] Garis lingkaran lintang sejajar dengan lingkaran khatulistiwa, sehingga semakin jauh lingkaran lintang dari khatulistiwa maka semakin kecil lingkaran lintang.
[16] Garis bujur yang melewati kota Greenwich dekat London menjadi salah satu sumbu dalam tata koordinat astronomi (khatulistiwa) untuk digunakan sebagai penentuan lintang tempat dan bujur tempat.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Lingkaran lintang dan busur bujur dapat diilustrasikan seperti pada gambar 2.5.



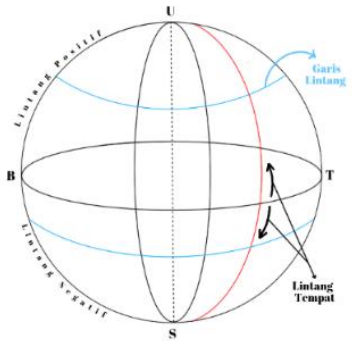
Gambar 2.5. Lingkaran Lintang dan Busur Bujur

c. Lintang dan bujur tempat

Menurut Ilmu Geografi garis yang bersinggungan dan telah dijelaskan dalam konsep ilustrasi referensi bumi disebut dengan garis lintang dan bujur.[17] Menurut ensiklopedi hisab rukyat, lintang tempat merupakan jarak sejauh garis bujur yang dihitung mulai dari khatulistiwa hingga lingkaran lintang tempat yang dimaksud,[18] sebagaimana dijelaskan dalam gambar 2.6. Nilai lintang tempat paling kecil 0° dan paling besar 90°. Lintang tempat yang terletak di utara khatulistiwa bernilai positif (+), sedangkan lintang tempat yang terletak di selatan khatulistiwa bernilai negatif (-).[19]

[17] Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak* (Semarang: Etose Digital Publishing, 2012), 298.
[18] Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 134.
[19] Informasi tentang lintang tempat dapat ditemukan dalam referensi yang lain seperti:
- PR Bos JF Meyer JB, Wolter Groningen
- Atlas Der Gehele Aarde
-Badan Hisab dan Rukyat Depag RI, Almanak Hisab Rukyat
- Almanak Jamiliyah

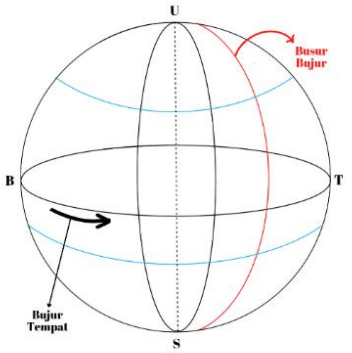
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A
digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id



Gambar 2.6. Lintang Tempat

Menurut ensiklopedi hisab rukyat, bujur tempat merupakan jarak yang dihitung sepanjang busur ekuator dari bujur yang melewati Kota Greenwich hingga bujur tempat yang dimaksud. Nilai bujur tempat adalah 0° hingga 180° dan bernilai positif maupun negatif.[20] Bujur yang bernilai 0° sampai 180° ke timur disebut dengan Bujur Timur, sedangkan bujur yang bernilai 0° sampai 180° ke barat disebut dengan Bujur Barat.[21] Bujur tempat dapat diilustrasikan melalui penjelasan gambar 2.7.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 2.7. Bujur Tempat

[20] Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 47.
[21] Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 20008), 41.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Berdasarkan penjelasan di atas sistem koordinat astronomi dan penentuan titik koordinat langit mempunyai konsep bumi berbentuk bulat, hal tersebut juga berlaku pada penentuan titik koordinat langit. Penentuan koordinat langit dapat ditetapkan berdasarkan titik asal koordinat dengan menggunakan tiga jenis tata koordinat, yaitu tata koordinat horizon, tata koordinat ekuator, dan tata koordinat ekliptika.[22]

a. Tata koordinat horizon

Untuk menentukan sistem koordinat horizon posisi benda langit dalam suatu sistem koordinat, diperlukan dua hal yaitu azimuth dan ketinggian benda langit. Azimuth adalah sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan pusat dan proyeksi bintang di sepanjang cakrawala. Sedangkan ketinggian bintang adalah sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan titik pusat dan bintang.[23]

Dengan demikian dapat diketahui sumbu pada tata koordinat horizon meliputi lingkaran horizontal dan lingkaran vertikal.[24] Adapun unsur-unsur penentuan koordinat horizontal diantaranya sebagai berikut ini:

[22] Lihat: Umul Maghfuroh, "Uji Akurasi I-Zun Dial dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat," 29.
[23] Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak*, 300.
[24] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah*, 36.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

1) Zenit dan nadir

Titik zenit adalah garis hayalan yang tegak lurus mengarah ke atas kepala mencapai bola langit, sedangkan nadir adalah garis hayalan yang tegak lurus mengarah ke bawah mencapai bola langit.[25] Dalam Bahasa Arab titik zenit dan titik nadir disebut dengan *Sam tar ar-Ra's* dan *Samt al-Qadam*.[26] Zenit dan nadir dapat digambarkan sebagaimana pada gambar 2.8.

2) Garis dan lingkaran vertikal

Garis vertikal adalah garis tegak lurus yang menghubungkan antara titik zenit dan titik nadir. Sedangkan lingkaran vertikal adalah lingkaran yang melintasi titik zenit dan titik nadir ke arah manapun.[27] Garis dan lingkaran vertikal tersebut dapat digambarkan sebagaimana pada gambar 2.8.

3) Lingkaran meridian

Lingkaran meridian adalah diantara sejumlah lingkaran vertikal yang mengarah ke utara-selatan melintasi kedua kutub langit. Meridian adalah batas dari tengah hari sedangkan busur

[25] S. Basuki Kartawiharja, *Penentuan Asimut dengan Pengamatan Matahari* (Yogyakarta: Kansius, 1998), 14.
[26] Lihat: Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 189.
[27] Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar-Dasar Hisab Praktis)*, 15.

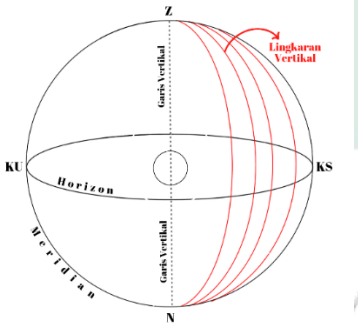
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

bawahnya menjadi batas dari tengah malam.[28] Lingkaran meridian tersebut dapat dilihat pada gambar 2.8.

4) Horizon (ufuk)

Horizon atau ufuk adalah lingkaran horizontal yang terletak di titik pusat bumi yang bergerak 90° dari zenit maupun nadir. Horizon menurut Ilmu Falak dibagi menjadi tiga, yakni horizon sejati (ufuk hakiki),[29] horizon kodrat (ufuk *mar'i*),[30] dan horizon semu (ufuk *hissi*).[31] Horizon sendiri dapat digambarkan sebagaimana pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Zenit, Nadir dan Horizon

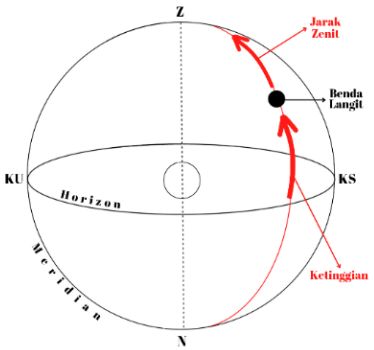
5) Ketinggian benda langit dan jarak zenit

Ketinggian benda langit merupakan jarak sejauh lingkaran vertikal dari horizon ke titik pusat objek langit. Sedangkan jarak zenit merupakan jarak sejauh lingkaran vertikal

[28] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah*, 37.
[29] Horizon sejati merupakan bidang yang melalui titik pusat bumi yang tegak lurus pada garis vertikal dan membelah bumi pada bagian yang sama.
[30] Horizon kodrat merupakan batas khayal yang dianggap sebagai batas pertemuan langit dan bumi.
[31] Horizon semu merupakan bidang tegak lurus yang menyinggung bumi pada bidang vertikal.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

yang diukur dari benda langit (titik pusat objek langit) sampai ke titik pusat zenit,[32] sebagaimana diilustrasikan pada gambar 2.9.

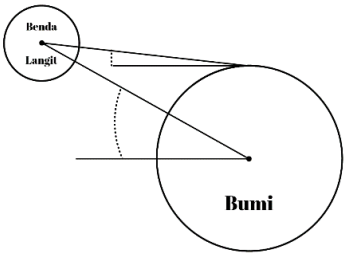


Gambar 2.9. Jarak Zenit

6) *Parallax* (benda lihat)

Parallax atau beda langit (*Ikhtilaf al-Mandzar)* ialah sudut yang membentuk antara dua garis yang menghubungkan antara objek langit dan titik pusat bumi dengan mata perukyat (mata si peninjau).[33] *Parallax* dapat diilustrasikan sebagamana pada gambar 2.10.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



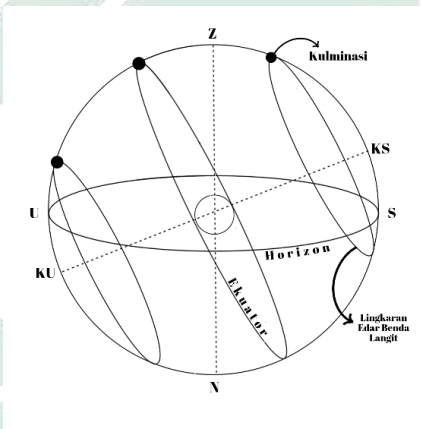
Gambar 2.10. *Parallax*

[32] Apabila ketinggian benda langit berada di atas ufuk, maka bernilai positif. Sedangkan apabila ketinggian benda langit berada di bawah ufuk, maka bernilai negatif.
[33] Lihat Harga Parallax: Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, Dan Kalender Hijriah*, 39.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

7) Kulminasi

Titik kulminasi merupakan titik perpotongan antara lingkaran meridian dengan lintasan objek langit dalam peredaran semu harian.[34] Titik kulminasi dapat diilustrasikan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Kulminasi

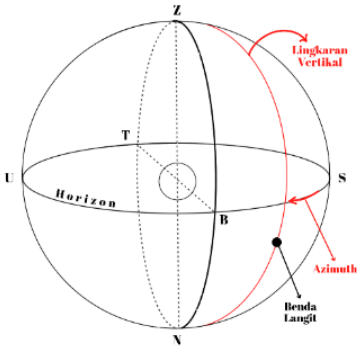
8) Azimuth

Azimuth atau *al-Simt* ialah busur pada lingkaran horizon yang dihitung dari titik utara ke titik timur, dapat juga diukur dari titik selatan ke arah barat.[35] Titik timur bernilai 90°, titik selatan bernilai 180°, titik barat bernilai 270°, dan titik utara bernilai 0°.[36] Azimut dapat diilustrasikan sebagaimana pada gambar 2.12.

[34] Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 127.
[35] Sedangkan jika berbicara tentang azimuth benda langit adalah jarak sepanjang lingkaran horizon diukur menurut arah jarum jam dari titik utara ke titik tertentu pada lingkaran horizon.
[36] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah*, 40.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

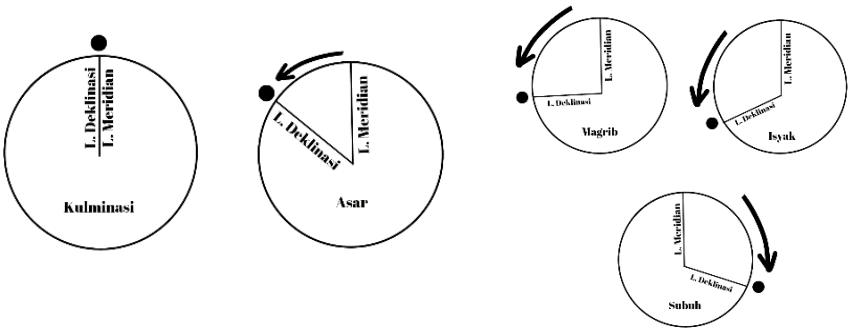


Gambar 2.12. Azimuth

9) Sudut waktu

Sudut waktu atau *Fadl al-Dair* merupakan sudut kutub yang dibentuk oleh dua lingkaran, yakni lingkaran meridian dan lingkaran deklinasi.[37] Sudut waktu dapat diilustrasikan dalam beberapa waktu, diantaranya yakni saat kulminasi, waktu asar, waktu magrib, waktu isyak, dan waktu subuh sebagaimana pada gambar 2.13 berikut ini:

UIN SUNAN AMPEL



Gambar 2.13. Sudut Waktu

[37] Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar-Dasar Hisab Praktis)*, 35.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Sudut waktu memiliki nilai positif apabila benda langit berada di belahan bagian barat dan sudut memiliki nilai negatif apabila benda langit berada di bagian timur.

b. Tata koordinat ekuator

Pada dasarnya koordinat ekuator memiliki sumbu yang berada di ekuator dan deklinasi. Koordinat ekuator inilah yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan asensio rekta dan deklinasi matahari.[38] Selain itu, sumbu rotasi bumi yang tidak sejajar dengan bidang ekliptika menyebabkan sudut kemiringan tata koordinat ekuator sebesar 23.5 derajat. Namun nilai tersebut tidak selamanya tetap sepanjang waktu. Artinya nilai sudut kemiringan semakin lama semakin mengecil.[39] Adapun penentuan koordinat ekuator dengan beberapa unsur didalamnya sebagai berikut ini:

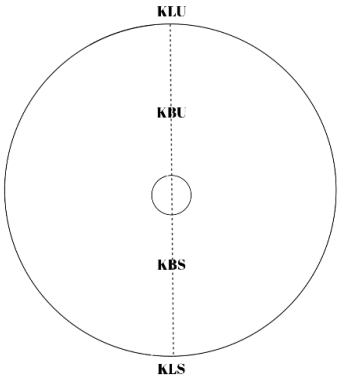
1) Kutub langit

Kutub langit dibagi menjadi dua, yakni Kutub Langit Utara atau KLU (terletak di atas Kutub Bumi), dan Kutub Langit Selatan atau KLS (terletak di bawah Kutub Bumi Selatan).[40] Kedua kutub langit tersebut dapat dilustrasikan sebagaimana pada gambar 2.14.

[38] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah*, 34.
[39] Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, 52.
[40] Kutub langit merupakan garis yang ditarik tegak lurus ke atas ataupun ke bawah dari kutub bumi ke bola langit.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

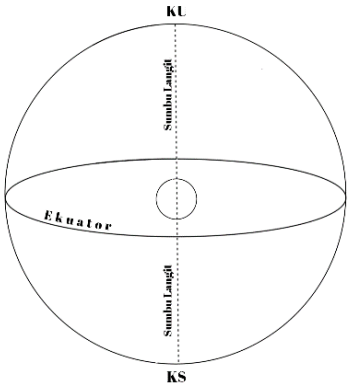


Gambar 2.14. Kutub Langit

2) Ekuator (khatulistiwa)

Ekuator atau khatulistiwa merupakan perpotongan bidang datar yang melintasi pusat bola langit tegak lurus dengan garis KU-KS.[41] Sehingga menciptakan sebuah lingkaran besar yang setiap titik pada lingkaran tersebut berjarak sebesar 90 derajat ke kedua kutub langit. Ekuator dapat diilustrasikan seperti pada gambar 2.15.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



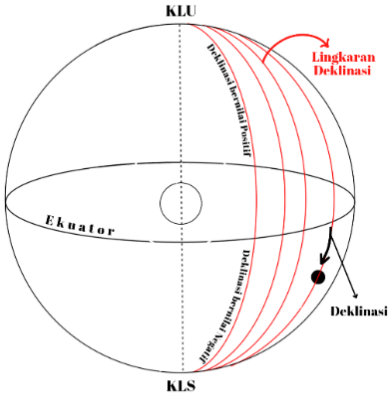
Gambar 2.15. Ekuator

[41] S. Basuki Kartawiharja, *Penentuan Asimut dengan Pengamatan Matahari*, 14.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

3) Deklinasi

Deklinasi atau *al-Mayl* merupakan jarak sepanjang lingkaran deklinasi dimulai dari ekuator hingga ke titik pusat objek langit.[42] Deklinasi yang terletak di bagian utara ekuator bernilai positif dan deklinasi yang terletak di bagian selatan ekuator bernilai negatif. Deklinasi dapat diilustrasikan seperti pada gambar 2.16.



Gambar 2.16. Deklinasi

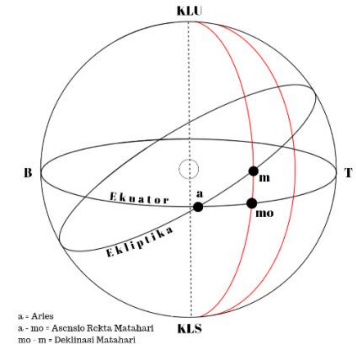
4) Asensio rekta (panjatan tegak)

Asensio rekta dapat disebut dengan *Apparent Right Ascention* atau *al-Matali' al-Baladiyah* (dalam Bahasa Arab) merupakan jarak titik pusat objek langit (dari titik Aries) yang dihitung sejauh lingkaran ekuator.[43] Asensio rekta dapat diilustrasikan dalam gambar 2.17.

[42] Lihat: Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 53.
[43] Abdullah Ibrahim, *Ilmu Falak Antara Fiqih dan Astronomi* (Yogyakarta: Fajar Pustaka Baru, 2016), 17.

UIN SUNAN AMPEL SURABAYA

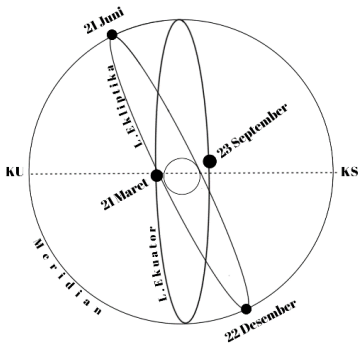
digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id



Gambar 2.17. Asensio Rekta

c. Tata koordinat ekliptika

Pada dasarnya gerak Matahari dibagi menjadi dua, yakni gerak semu harian dari arah timur ke arah barat dan gerak semu tahunan sepanjang lingkaran ekliptika.[44] Gambar 2.18 mengilustrasikan gerak semu tahunan matahari pada lingkaran ekliptika dari arah barat ke arah timur.[45]



Gambar 2.18. Titik Koordinat Ekliptika

Matahari terletak di *vernal equinox* sekitar tanggal 21 Maret dan terletak di *autumal equinox* sekitar tanggal 23 September dengan

[44] Lingkaran besar ekliptika merupakan sumbu acuan untuk menentukan bujur astronomis dan lintang astronomis suatu benda langit.
[45] Umul Maghfuroh, "Uji Akurasi I-Zun Dial dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat," 31.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

harga deklinasi matahari sebesar 0°. Matahari berada paling jauh sebesar 23° 27' dan paling jauh di selatan ekuator pada 22 Desember dengan harga deklinasi sebesar -23° 27'.[46] Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa, harga maksimum deklinasi matahari sebesar 23° 27' dan harga minimun deklinasi matahari sebesar 0 derajat.

2. Tata koordinat geodesi

Pengetahuan tentang sistem koordinat tidak hanya sebatas tentang tata koordinat astronomi saja, melainkan terdapat pula tata koordinat geodesi. Pemahaman tentang tata koordinat geodesi didasarkan pada dua ilmu pengetahuan utama, yakni ilmu geodesi[47] dan ilmu geomatika.[48] Menurut ilmu geodesi dan geomatika, letak suatu titik dijelaskan secara dua atau tiga dimensi koordinat yang berpatokan pada sistem koordinat tertentu. Sistem koordinat tersebut didefinisikan dengan tiga macam parameter diantaranya yakni:[49]

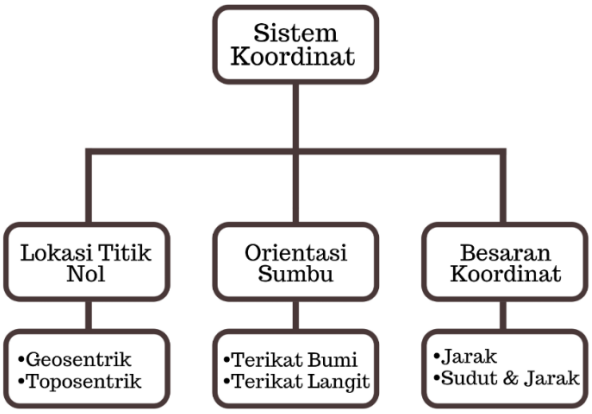
a. Kedukan titik nol dari sistem koordinat,
b. Penyesuaian dari sumbu-sumbu koordinat,

[46] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah*, 41–42.
[47] Menurut ilmu geodesi, pada awalnya bumi dikenal sebagai sebuah piringan pusat dari alam semesta. Sehingga manusia yang berada di daratan tidak mengenal lautan dan menganggap horizon atau cakrawala sebagai bidang datarnya. Sedangkan manusia yang berada di pesisir pantai atau lautan menganggap permukaan laut sebagai bidang datarnya.
[48] Secara umum ilmu geomatika merupakan kegiatan mengumpulkan dan menggabungkan alat dan Teknik yang digunakan untuk pengukuran tanah, penginderaan jauh, GIS, GPS, dan lain-lain yang berkaitan dengan pemetaan permukaan bumi.
[49] Umul Maghfuroh, "Uji Akurasi I-Zun Dial dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat," 33.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

c. Besaran yang dipakai untuk mendeskripsikan kedudukan suatu titik sistem koordinat. Berikut ini bagan ilustrasi terkait sistem koordinat yang dimaksud:



Setiap skala sistem koordinat dapat dijelaskan lebih dalam dan bergantung pada skala yang digunakan. Berikut ini macam-macam sistem koordinat yang dibagi menjadi tiga, diantaranya yakni:

a. Sistem koordinat *terrestrial*

Sistem koordinat terrestrial dideskripsikan dengan titik yang terletak di permukaan bumi. Koordinat terrestrial dibagi menjadi dua jenis, yakni sebagaimana penjelasan berikut ini:[50]

1) Sistem koordinat geosentrik

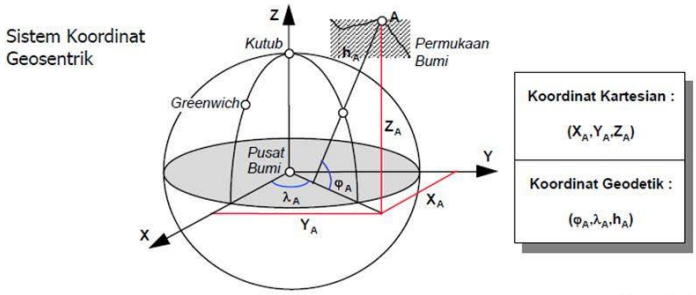
Sistem koordinat geosentrik banyak digunakan dalam penentuan posisi luar angkasa menggunakan satelit dan benda-

[50] Budiwati, "Kajian Tongkat Istiwa' dalam Penentuan Titik Koordinat Bumi (Perbandingan GPS (Global Positoning System) Dan Google Earth)," 23.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

benda langit lainnya.[51] Berikut ini ilustrasi dari sistem koordinat geosentrik sebagaimana pada gambar 2.19.



Gambar 2.19. Sistem Koordinat Geosentrik

Gambar 2.19 menjelaskan bahwa, sistem geosentrik dinyatakan dengan koordinat kartesian dan geodetik. Seperti klasifikasi besaran koordinat yang digunakan, baik sistem koordinat kartesian dalam penentuan kedudukan suatu titik maupun sistem koordinat geodetik dalam penentuan besaran sudut dan jarak.[52]

2) Sistem koordinat toposentrik

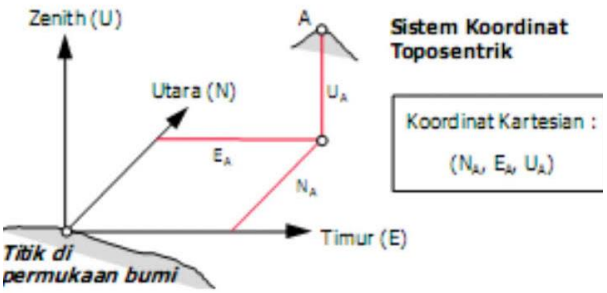
Sistem koordinat toposentrik merupakan penentuan kedudukan berdasarkan titik nol yang terletak di suatu titik permukaan bumi. Koordinat toposentrik dapat diilustrasikan sebagaimana pada gambar 2.20 sebagai berikut:

[51] Umul Maghfuroh, "Uji Akurasi I-Zun Dial Dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat," 34.

[52] Berdasarkan porosnya dilihat dari orientasi sumbunya sistem koordinat dibagi menjadi dua, yakni berotasi atau terikat dengan bumi dan tidak terikat dengan langit.

UIN SUNAN AMPEL SURABAYA

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id



Gambar 2.20. Sistem Koordinat Toposentrik

Berdasarkan gambar 2.20 menjelaskan bahwa kedudukan suatu titik berdasarkan koordinat toposentrik dapat dinyatakan dalam besaran jarak seperti pada koordinat kartesian. Dengan demikian besaran koordinat yang dipakai pada koordinat toposentrik sama dengan koordinat kartesian.[53]

b. Sistem koordinat *celestial*

Sistem koordinat *celestial* dapat disebut dengan koordinat astronomi,[54] hal ini disebabkan sistem koordinat *celestial* beredar di sekeliling bumi. Dalam tatanan referensi koordinat astronomi digunakan untuk menentukan letak objek langit dalam bola langit.

c. Sistem koordinat orbital

Sistem koordinat orbital merupakan sistem koordinat yang menjelaskan tentang perputaran objek yang mengelilingi bumi.

[53] Budiwati, "Kajian Tongkat Istiwa' Dalam Penentuan Titik Koordinat Bumi (Perbandingan GPS (Global Positoning System) Dan Google Earth)," 25.

[54] Sistem koordinat *celestial* atau sistem koordinat langit merupakan sistem koordinat yang digunakan untuk menentukan suatu koordinat dari benda langit seperti, bintang, bulan, dan matahari.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Sistem koordinat orbital digunakan sebagai penjelasan tentang koordinat satelit yang berputar di sekitar bumi.[55]

C. Urgensi Tata Koordinat dalam Praktik Ilmu Falak

Tata koordinat tempat memiliki urgensi yang sangat besar dalam praktik maupun kajian di Ilmu Falak, beberapa hal yang dimaksud yakni:

1. Peenentuan arah kiblat

   Penentuan arah kiblat terletak pada permasalahan azimuth, selain itu permasalahan arah kiblat berkaitan dengan kedudukan geografis suatu lokasi yang diukur berdasarkan jarak dari letak garis khatulistiwa dan berapa derajat letak garis bujur Kota Mekkah.[56] Hubungan tata koordinat dengan arah kiblat adalah keduanya memiliki keterkaitan dengan titik koordinat Kota Mekkah, dengan demikian diperlukan pedoman keputusan Badan Hisab Rukyat Departemen Agama RI tentang koordinat Kota Mekkah yang bernilai 21° 25' Lintang Utara dan bujur Kota Mekkah bernilai 39° 50' Bujur Timur.[57]

2. Penentuan posisi dan ketinggian hilal

   Kedudukan bulan pada lokasi pengataman, ditentukan berdasarkan ketinggian tempat dan letak geografisnya, yakni berdasarkan

[55] Budiwati, "Kajian Tongkat Istiwa' Dalam Penentuan Titik Koordinat Bumi (Perbandingan GPS (Global Positoning System) Dan Google Earth)," 28.
[56] Umul Maghfuroh, "Uji Akurasi I-Zun Dial Dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat," 38.
[57] Referensi lain menyebutkan lintang dan bujur Kota Mekkah bernilai 21° 25' 15" LU dan 39° 49' 40" BT lebih spesifik dari pedoman keputusan Badan Hisab Rukyat Departemen Agama RI.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

titik koordinat lokasi. Perbedaan letak geografis pengamatan hilal sama dengan perbedaan kedudukan hilal saat diamati. Kedudukan hilal tersebut dinamakan dengan azimuth dan ketinggian hilal (bulan).[58] Penentuan azimuth diukur dari arah utara atau dari arah selatan sejajar dengan horizon sampai dengan posisi benda langit yang ditentukan. Lebih mudahnya, penentuan azimuth diukur sesuai dengan gerakan jarum jam.

3. Penentuan waktu salat

Penentuan waktu salat tidak terlepas dari unsur titik koordinat tempat, baik lintang maupun bujur tempat yang mempengaruhi pada pelaksanaan awal waktu salat di suatu tempat. Wilayah yang terletak di sebelah timur akan lebih dulu memulai salat dibandingkan wilayah yang terletak di sebelah barat.[59]

D. Metode Penentuan Titik Koordinat Bumi

Metode penentuan titik koordinat bumi mengalami perkembangan yang cukup teratur, mulai dari cara klasik sampai yang modern. Perkembangan tersebut dapat dilihat dari instrumen yang digunakan diantaranya yakni, tongkat istiwa', *Global Postoning System* (GPS), dan Google Earth. Berikut penjelasan dari masing-masing metode penentuan titik koordinat bumi:

[58] Kemenag RI, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, Cet. I. (Jakarta: Direktorat Jenderal Pendis dan Diktis, 2012), 23.
[59] Umul Maghfuroh, "Uji Akurasi I-Zun Dial dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat," 40.

UIN SUNAN AMPEL S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

1. Menggunakan tongkat istiwa'

Tongkat istiwa' secara etimologi berasal dari dua kata, yakni tongkat dan istiwa' yang memiliki arti sebuah tongkat tegak lurus yang ditancapkan pada bidang datar di tempat terbuka dengan menggunakan bayangan matahari sebagai metode penentuannya.[60] Dalam literature yang lain tongkat dapat disebut dengan tiang, gnomon, dan obelisk (pengganti gnomon menurut Orang Mesir).[61] Menurut Muhyidin Khazin tongkat istiwa' juga dapat disebut sebagai Sundial, yakni seperangkat alat atau instrumen berbahan kayu tegak lurus pada bidang horizontal.[62]

Perbedaan antara tongkat istiwa terletak pada bidang dialnya. Bidang dial pada tongkat istiwa' berbentuk horizontal, bidang dial pada Sundial, khususnya pada Sundial model bencet berbentuk melengkung. Selain itu, pada tongkat istiwa' hanya dapat menampilkan dan mengetahui dua waktu salat saja (zuhur dan asar). Sedangkan pada Sundial model bencet dapat menampilkan dan mengetahui lima waktu salat fardu.[63]

2. Menggunakan *global positoning system* (GPS)

Global Positoning System (GPS) ialah sistem navigasi berbasis radio yang berisikan tentang informasi lokasi, kecepatan, dan waktu kepada pengguna yang dikelola langsung oleh negara Amerika Serikat. Perlu diketahui bahwa, GPS terdiri dari tiga bagian utama meliputi satelit yang

[60] Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 105.
[61] Qulub, *Ilmu Falak Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*, 129.
[62] Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, 27.
[63] Umul Maghfuroh, "Uji Akurasi I-Zun Dial dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat," 41.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

mengorbit pada bumi, stasiun pengendali dan pemantauan di bumi, serta GPS *receiver*. GPS *receiver* tersebutlah yang digunakan pengguna dalam melihat koordinat posisi. Berikut ini merupakan langkah-langkah penggunaan GPS dalam menentukan koordinat tempat:[64]

a. Carilah tempat yang terbuka (tanpa ada benda di sekitar penggunaan GPS) dan arah penglihatan yang cukup supaya sinyal dari satelit tidak terganggu,
b. Nyalakan *receiver* GPS dengan menekan tombol *power* di sebelah kanan sampai muncul tampilan awal,
c. Tekan dan lepaskan tombol *power* satu kali untuk mengatur kecerahan layar, melihat jam, tanggal, status baterai, dan sinyal. Perlu diketahui bahwa jam dan tanggal pada *receiver* GPS sudah sesuai dan akurat,
d. Kemudian tekan bagian *joystick* dan gerakan *joystick* ke atas dan ke bawah untuk menemukan menu "satelit"
e. Kemudian pilih menu tersebut dengan menekan tombol tengah pada *joystick*,
f. Tunggu sampai *receiver* GPS mendapatkan sinyal paling banyak dan akurasi meter paling sedikit. Selanjutnya *receiver* GPS akan menghasilkan data koordinat bumi yang ditampilkan pada bagian atas kiri layar *receiver* GPS,
g. Untuk kembali ke menu utama tekan tombol *back*.

[64] Qulub, *Ilmu Falak dari Sejarah Ke Teori dan Aplikasi*, 257.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

3. Menggunakan *google earth*

Metode penentuan koordinat bumi selanjutnya dapat menggunakan *software google earth*[65] ataupun laman wikimapia.[66] Meskipun terbilang murah dibandingkan GPS *receiver*, penggunaan google earth dan wikimapia memerlukan kemampuan untuk mengenali penanda umum di sekitar lokasi yang akan ditentukan koordinat posisinya. Misalnya penentuan koordinat tempat UIN Sunan Ampel Surabaya. Adapun cara-cara yang harus dilakukan sebagai berikut:[67]

a. Hidupkan komputer dan pastikan komputer tersambung dengan koneksi internet, kemudian aktifkan *software google earth*. Tunggu sampai proses inisiasi selesai,
b. Pastikan panel *sidebar* di sebelah kiri terbuka dengan cara menekan tombol *sidebar* panel atas. Lihat bagian layers di kiri bawah dan pastikan kotak kecil di depan *border and labels* dan *roads* telah dicentang,
c. Pada gambar bumi yang muncul, tekan tombol kiri *mouse* dan gerakkan *mouse* agar bumi tampak dua kali sehingga lokasi Pulau Jawa akan membesar. Lakukan terus hingga nama Surabaya muncul di ujung timur Pulau Jawa, diantara Sidoarjo dan Gresik,

[65] *Software google earth* merupakan perangkat lunak yang disediakan oleh google inc dan digunakan sebagai alat bantu dalam memahami rupa bumi berdasarkan citra-citra visual beresolusi tinggi yang dihasilkan bidikan satelit-satelit penginderaan jauh.
[66] Laman wikimapia merupakan situs yang beralamatkan di https://www.wikimapia.org. Kegunaan lama ini hampir sama dengan *software google earth* dengan beberapa keterbatasan.
[67] Umul Maghfuroh, "Uji Akurasi I-Zun Dial dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat," 64.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

d. *Double* klik di Surabaya hingga wilayah kota muncul secara jelas. Cari nama Jalan Raya Jend. A. Yani dan susuri hingga menemukan Desa Wonocolo yang merupakan kampus UIN Sunan Ampel Surabaya,

e. Kemudian letakkan kursor *mouse* pada lokasi tersebut, selanjutnya baca lintang dan bujur tempat yang tampak di panel bagian bawah.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

BAB III

PROSES PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI INSTRUMEN NON-OPTIK ISTIWA'UZZAMAN

A. Pengumpulan Data

Tahap pertama yang harus dilakukan dalam proses perancangan instrumen non-optik Istiwa'uzzaman adalah mengumpulkan data-data perhitungan berupa rumus perhitungan lintang tempat, bujur tempat, bujur matahari, deklinasi matahari dan rumus dasar pembuatan Sundial (jam matahari), serta *equation of time* sebagai data tambahan dalam komponen instrumen Istiwa'uzzaman. Berikut hasil akumulasi data yang diperoleh peneliti dalam pembahasan proses perancangan instrumen non-optik Istiwa'uzzaman:

1. Lintang tempat

   Data lintang tempat dapat diperoleh dari atlas, almanak, dan berbagai referensi lainnya.[1] Adapun beberapa cara untuk mengetahui harga lintang tempat apabila data yang dimaksud tidak ditemukan dalam sumber-sumber yang telah dijelaskan sebagai berikut ini:

[1] Informasi tentang bujur tempat dapat ditemukan dalam referensi yang lain seperti:
- PR Bos JF Meyer JB, Wolter Groningen
- Atlas Der Gehele Aarde
-Badan Hisab dan Rukyat Depag RI, Almanak Hisab Rukyat
-Almanak Jamiliyah

UIN SUNAN AMPEL S U R A B A Y A
digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

a. Mengkonversi jarak ke tempat terdekat[2]

Cara pertama adalah dengan mengkonversi jarak lokasi terdekat yang memiliki harga lintang. Setiap satu derajat garis bujur bernilai 110 kilometer, maka harga nilai perkilometernya adalah 0° 0' 32.73". Misalkan menentukan lintang tempat Kecamatan B dengan nilai lintang tempat A.

Diketahui lintang tempat A = 7° 15' LS

Jarak antara A ke B = 13 KM (0° 0' 32.73"),

Konversi KM ke satuan derajat 13 KM = 0° 7' 5.45"

Maka lintang tempat B 7° 15' + 0° 7' 5.45" = 7° 22' 5.45" LS

b. Mengnterpolasi garis lintang[3]

Cara kedua adalah dengan menginterpolasi garis lintang pada atlas, yakni dengan mengukur jarak lokasi ke garis lintang yang mengapitnya. Rumus yang digunakan adalah A – (A – B) × C ÷ i, dimana A merupakan lintang I, B merpakan lintang II, C merupakan jarak antara garis lintang I, lintang II, dan i adalah interval. Misalkan menentukan lintang tempat Kecamatan B dengan mengacu pada garis lintang 0° dan 15° LS.

Diketahui garis lintang I = 0° (A)

Garis lintang II = 15° (B)

Jarak B ke garis lintang I = 2.45 cm (C)

[2] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriah*, 30.
[3] Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar-Dasar Hisab Praktis)*, 26.

UIN SUNAN AMPEL S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Jarak garis lintang I ke garis lintang II = 5 cm (i)

Maka lintang tempat B 0° - (0° - 15°) × 2.45 / 5 = -7°21'

c. Menjumlahkan harga zenit matahari (ZM)[4]

Cara ketiga adalah dengan menjumlahkan harga zenit matahari (ZM) saat berkulminasi dengan harga deklinasi matahari.[5] Harga ZM diperoleh melalui rumus tangen ZM = panjang bayangan tongkat saat berkulminasi dibagi dengan panjang tongkat. Sedangkan harga deklinasi diperoleh dari alamanak ephemeris. Misalkan di suatu tempat pada saat matahari sedang berkulminasi menghasilkan bayangan tongkat 0.6 cm dari tongkat aslinya sebesar 9 cm.

Diketahui harga deklinasi matahari = -3° 49' 25"

Maka harga tangen ZM = 0.6 cm / 9 cm = 0.06

Tangen zm = $\tan^{-1}$ 0.22 = 3° 48' 51"

Hasil harga lintang tempat tersebut = tangen ZM ditambah deklinasi matahari = -3° 49' 25" – 3° 48' 51" = -7° 38' 16"

2. Bujur tempat

Data bujur tempat dapat diperoleh melalui atlas, almanak, dan berbagai referensi lainnya.[6] Berikut ini langkah-langkah apabila nilai bujur tempat tidak ditemukan dalam sumber-sumber yang telah tersedia:

---

[4] M. Sayuthi Ali, *Ilmu Falak* (Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 1997), 98.

[5] Apabila bayangan matahari berada di sebelah selatan, harga lintang sama dengan deklinasi matahari dikurangi ZM dan apabila bayangan matahari di sebelah utara, harga lintang sama dengan deklinasi matahari ditmabah harga ZM.

[6] Informasi tentang bujur tempat dapat ditemukan dalam referensi yang lain seperti:
- PR Bos JF Meyer JB, Wolter Groningen
- Atlas Der Gehele Aarde
-Badan Hisab dan Rukyat Depag RI, Almanak Hisab Rukyat

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

a. Mengkonversi jarak ke tempat terdekat[7]

Cara pertama adalah dengan mengkonversi jarak ke tempat terdekat yang memiliki harga bujur. Setiap satu derajat pada arah barat ke timur bernilai 111 kilometer × cosinus lintang atau sama dengan 0° 0' 32.43". Misalkan menentukan bujur tempat suatu daerah dengan nilai lintang tempat 7° 15'.

Maka 111 KM × 7° 15' = 110.112 KM

Jarak lintang tempat ke daerah = 20

Maka jarak bujur tempat yang dicari = 20/110.112×1° = 0° 10' 53.88"

b. Menginterpolasi garis bujur[8]

Cara kedua adalah dengan menginterpolasi garis bujur pada atlas, yakni dengan mengukur jarak lokasi ke garis bujur yang mengapitnya. Rumus yang digunakan yakni A – (A – B) × C ÷ i, dimana A merupakan bujur I, B merpakan bujur II, C merupakan jarak antara garis bujur I, bujur II, dan i adalah interval. Misalkan menentukan bujur tempat suatu daerah dengan mengacu pada garis bujur 115° dan 130° LS.

Diketahui garis bujur I = 115° (A)

Garis bujur II = 130° (B)

Jarak tempat ke garis bujur I = 2.45 cm (C)

- Almanak Jamiliyah

[7] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, Dan Kalender Hijriah*, 32.

[8] Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar-Dasar Hisab Praktis)*, 27.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Jarak garis bujur I ke garis bujur II = 5 cm (i)

Maka bujur tempat 115° - (115° - 130°) × 2.45 / 5 = 112° 21' 0"

c. Mencari selisih waktu lokal (*local mean time* (LMT))[9]

Cara ketiga adalah dengan mencari waktu lokal dengan waktu daerah yang diketahui harga bujurnya. Cara ini memerlukan sebuah tongkat istiwa' untuk mengetahui pukul berapa bayangan tongkat saat mengarah utara ke selatan, kemudian diperlukan daftar almanak untuk mendapatkan waktu saat matahari berkulminasi. Misalkan matahari berkulminasi pada pukul 11.52 WIB pada bujur 105°. Berdasarkan hasil pengamatan bayangan tongkat istiwa' diketahui pada pukul 11.26 WIB mengarah ke utara-selatan.

Maka selisih jam 11.25 – 11.52 = -00.26 menit

Dirubah menjadi satuan derajat -00.26 × 15 = -6° 30'

Harga bujur tempat tersebut adalah 105° - (-6° 30') = 111°30'

3. Bujur ekliptika matahari

Bujur ekliptika matahari adalah jarak matahari dari titik aries (*vernal equinox*) diukur sepanjang lingkaran ekliptika.[10] Dalam penentuan awal bulan hijriyah, apabila nilai bujur ekliptika matahari sama dengan nilai bujur ekliptika bulan dipastikan terjadi ijtimak.

[9] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, Dan Kalender Hijriah*, 33.

[10] Bujur ekliptika matahari dapat disebut dengan *darojatusy syams* atau *muqowwam syams*.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

a. Menjumlahkan tanggal dengan nilai *tafawut* (selisih)[11]

Dalam Kitab *Durusul Falakiyah* harga bujur matahari dapat diketahui dari hasil penjumlahan tanggal yang dikehendaki dengan selisih antara tanggal (*tafawut*) dan *buruj* (zodiak). Berikut ini tabel selisih antara tanggal dan *buruj* dalam menentukan bujur matahari:

No.	Nama Bulan	*Tafawut* (Selesih)	Buruj (Zodiak)	Letak Buruj (Zodiak)	Nilai Buruj
1.	Januari	09	*Jadyu* atau *Capricorn*	Selatan	0
2.	Februari	10	*Dalwu* atau *Aquarius*	Selatan	30
3.	Maret	08	*Khut* atau *Pisces*	Selatan	60
4.	April	10	*Khaml* atau *Aries*	Utara	0
5.	Mei	09	*Tsaur* atau *Taurus*	Utara	30
6.	Juni	09	*Jauza'* atau *Gemini*	Utara	60
7.	Juli	07	*Sarothon* atau *Cancer*	Utara	0
8.	Agustus	07	*Asad* atau *Leo*	Utara	30
9.	September	07	*Sumbulah* atau *Virgo*	Utara	60
10.	Oktober	06	*Mizan* atau *Libra*	Selatan	0
11.	November	07	*Aqrob* atau *Scorpio*	Selatan	30
12.	Desember	07	*Qous* atau *Sagitarius*	Selatan	60

Tabel 3.1. Selisih antara tanggal dan *buruj*

Setelah mengetahui *tafawut*nya (selisihnya) maka tambahkan dengan tanggal yang dikehendaki, maka hasil penjumlahan tersebut adalah harga bujur ekliptika. Dari hasil tersebut geser nilai buruj dari bulan yang diketahui sampai sebesar hasil dari *tafawut* ditambah dengan tanggal. Misalkan menghitung bujur ekliptika pada tanggal 21 Oktober 2021:

Tanggal 21 Oktober = Mizan atau Libra

[11] Muh. Ma'shum bi Ali, *Ad-Durusul Falakiyah* (Jombang: Sa'ad bin Nashir Nabhan, 1992) atau dalam penjabaran kiab al-Durus al-Falakiyah dan Tibyan al-Miqot dengan metode rubu' al-mujayyab dan kalkulator yang diterjemahkan oleh Ali Mustofa.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

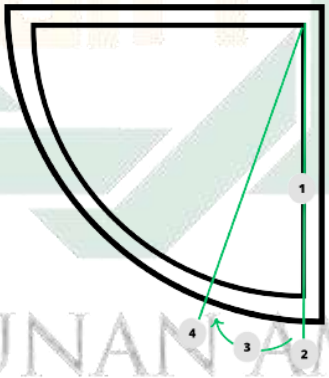
digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Selisih = 06+

Hasil = 27 derajat dari Libra

Langkah perhitungan:

1) Letakkan khoit di atas qous,
2) Geser khoit hingga berada di atas awal Mizan,
3) Geser khoit 27 derajat dari awal Mizan,
4) Posisi khoit dari awal qous menunjukkan angka 207. Itulah nilai bujur ekliptika pada saat itu.



Gambar 3.1. Rubu' Mujayyab

b. Menggunakan teori VSOP87[12]

Teori VSOP87 merupakan teori modern yang digunakan dengan berdasarkan perhitungan posisi 8 planet (termasuk matahari) secara akurat dan efisien. Berikut ini langkah-langkah perhitungan bujur ekliptika dan contoh menggunakan teori VSOP87:

1) Menghitung julian millenia (Ţ) dengan rumus:

[12] Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, 218.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

$$\tau = \frac{\text{JDE} - 2451545}{365250}$$

Menghitung tanggal 7 Juni 2017 pukul 10.30 GMT

$$\tau = \frac{2457912.001 - 2451545}{365250} = 0.0174318987$$

2) Menghitung bujur ekliptika dalam sistem heliosentris (L) dengan rumus:

$$\tau = \frac{(\text{L0} + \text{L1}\,\tau + L2\,\tau 2 + L3\,\tau 3 + L4\,\tau 4 + L5\,\tau 5)}{10}$$

Nilai L0 hingga L5 diperoleh dari menghitung 8 posisi planet dengan pesamaan:

L0 = 176834266.318685

L1 = 628332095152.077

L2 = 46314.2517189939

L3 = -153.136721760254

L4 = -108.20337155484

L5 = -0.999999

$$\text{term} = \text{Acos}\,(\text{B} + \text{C}\,\tau)$$

Nilai A, B, dan C diambil berdasarkan Buku *Astronomical Algorithm* karya Jean Meeus pada bagian Apendix III, kemudian dari masing-masing data tersebut dijumlahkan. Sehingga

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

mendapatkan nilai L0 hingga L5. Berikut tabel nilai dari masing-masing data A, B, dan C:

		A	B	C	A*COS(B+C*t)
L0	1	175347046	0	0	175347046
	2	3341656	4.66926	6283.08	1522121.171
	3	34894	4.6261	12566.2	-28299.66097
	4	3497	2.7441	5753.38	-2813.188783
	5	3418	2.8289	3.5231	-3310.658961
	6	3136	3.6277	77713.8	1257.291358
	7	2676	4.4181	7860.42	-2669.730442
	8	2343	6.1352	3930.21	1711.139896
	9	1324	0.7425	11506.8	1277.63784
	10	1273	2.0371	529.691	345.7351378
	11	1199	1.1096	1577.34	-1133.775959
	12	990	5.233	5884.93	531.3108299
	13	902	2.045	26.298	-724.4756917
	14	857	3.508	398.149	-445.8085463
	15	780	1.179	5223.69	-331.5820831
	16	753	2.533	5507.55	-307.086313
	17	505	4.583	18849.2	499.1764273
	18	492	4.205	775.523	211.8202939
	19	357	2.92	0.067	-348.3622692
	20	317	5.849	11790.6	-198.20446
	21	284	1.899	796.298	-283.2637225
	22	271	0.315	10977.1	-270.8846471
	23	243	0.345	5486.78	-41.44246311
	24	206	4.806	2544.31	92.10580737
	25	205	1.869	5573.14	12.14858845
	26	202	2.458	6069.78	24.02306224
	27	156	0.833	213.299	-25.03572118
	28	132	3.411	2942.46	-35.7367347
	29	126	1.083	20.775	15.79010273
	30	115	0.645	0.98	90.70202212
	31	103	0.636	4694	73.22581563
	32	102	0.976	15720.8	13.29521681
	33	102	4.267	7.114	-32.21922319
	34	99	6.21	2146.17	92.63707262

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

	35	98	0.68	155.42	-95.00957831
	36	86	5.98	161001	-59.7741829
	37	85	1.3	6275.96	-62.41577348
	38	85	3.67	71430.7	5.067526875
	39	80	1.81	17260.2	36.69397102
	40	79	3.04	12036.5	56.71780838
	41	75	1.76	5088.63	-60.08078206
	42	74	3.5	3154.69	-26.95073449
	43	74	4.68	801.82	72.63582425
	44	70	0.83	9437.76	-28.18888175
	45	62	3.98	8827.39	44.14040952
	46	61	1.82	7084.9	57.49894824
	47	57	2.78	6286.6	42.47643951
	48	56	4.39	14143.5	51.80869906
	49	56	3.47	6279.55	55.25902661
	50	52	0.19	12139.6	-12.97063767
	51	52	1.33	1748.02	48.18607065
	52	51	0.28	5856.48	-13.49540111
	53	49	0.49	1194.45	-38.11285909
	54	41	5.37	8429.24	2.441544346
	55	41	2.4	19651.1	33.36717963
	56	39	6.17	10447.4	38.16169038
	57	37	6.04	10213.3	-10.71727134
	58	37	2.57	1059.38	-21.39738162
	59	36	1.71	2352.87	11.10172547
	60	36	1.78	6812.77	14.40934264
	61	33	0.59	17789.9	-31.35774479
	62	30	0.44	83996.9	23.28162209
	63	30	2.74	1349.87	12.58080304
	64	25	3.16	4690.48	-24.87266894
					176834264.6
L1	1	6.28332E+11	0	0	6.28332E+11
	2	206059	2.67824	6283.08	129189.6674
	3	4303	2.6351	12566.2	-874.6964425
	4	425	1.59	3.523	-34.22480819
	5	119	5.796	26.298	118.9507845
	6	109	2.966	1577.34	63.06381022
	7	93	2.59	18849.2	-24.81993947
	8	72	1.14	529.69	-41.95584853

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

	9	68	1.87	398.15	-55.56931951
	10	67	4.41	5507.55	66.56578551
	11	59	2.89	5223.69	56.38323005
	12	56	2.17	155.42	9.301783772
	13	46	0.4	796.3	-6.594487716
	14	36	0.47	775.52	5.322128695
	15	29	2.65	7.11	-27.06204312
	16	21	5.34	0.98	12.62003631
	17	19	1.85	5486.78	-18.89411763
	18	19	4.97	213.3	-14.07496821
	19	17	2.99	6275.96	12.94259216
	20	16	0.03	2544.31	14.73786507
	21	16	1.43	2146.17	6.642141772
	22	15	1.21	10977.1	-9.037150475
	23	12	2.83	1748.02	-3.71306084
	24	12	3.26	5088.63	-7.844732768
	25	12	5.27	1194.45	6.894126654
	26	12	2.08	4694	-7.292079433
	27	11	0.77	553.57	-5.989547891
	28	10	1.3	6286.6	-5.965248798
	29	10	4.24	1349.87	-8.758815128
	30	9	2.7	242.73	7.17531004
	31	9	5.64	951.72	-8.743882315
	32	8	5.3	2352.87	-5.522368908
	33	6	2.65	9437.76	-4.726433543
	34	6	4.67	4690.48	0.240983234
					6.28332E+11
L2	1	52919	0	0	52919
	2	8720	1.0721	6283.08	-6982.28658
	3	309	0.867	12566.2	308.9915302
	4	27	0.05	3.52	26.83275792
	5	16	5.19	26.3	12.88374365
	6	16	3.68	155.42	15.91005997
	7	10	0.76	18849.2	-8.631309733
	8	9	2.06	77713.8	8.256049023
	9	7	0.83	775.52	-1.470302851
	10	5	4.66	1577.34	3.691989761
	11	4	1.03	7.11	1.619549031
	12	4	3.44	5573.14	3.992934065

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

	13	3	5.14	796.3	2.956007527
	14	3	6.05	5507.55	0.134076453
	15	3	1.19	242.73	1.952896912
	16	3	6.12	529.69	-2.813501324
	17	3	0.31	398.15	1.702511738
	18	3	2.28	553.57	2.412374735
	19	2	4.38	5223.69	0.741358986
	20	2	3.75	0.98	-1.621351938
					46314.25479
L3	1	289	5.844	6283.08	-186.579369
	2	35	0	0	35
	3	17	5.49	12566.2	-1.392772252
	4	3	5.2	155.42	-0.165767759
	5	1	4.72	3.52	0.068916633
	6	1	5.3	18849.2	0.645553581
	7	1	5.97	242.73	-0.713393899
					-153.1368327
L4	1	114	3.142	0	-113.9999905
	2	8	4.13	6283.08	6.783647949
	3	1	3.84	12566.2	-0.987031638
					-108.2033742
L5	1	1	3.14	0	-0.999998732

Tabel 3.2 Perhitungan bujur ekliptika

*Ʈ merupakan nilai berdasarkan perhitungan sebelumnya

Dengan mengetahui nilai Ʈ, L0, L1, L2, L3, L4, dan L5 dalam persamaan di atas, maka diketahui nilai L dalam bentuk radian yang kemudian dikonversi menjadi satuan derajat. Maka diperoleh nilai bujur ekliptika matahari dengan rumus:

$$Bujur\ ekliptika = L + 180°$$

Bujur ekliptika = 256° 55’ 48” + 180° - 360° = 76° 55’ 48”

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

c. Menghitung bujur matahari berdasarkan buku ilmu falak antara fiqh dan astronomi karya TGK. H. Abdullah Ibrahim (Abu Tanjung Bungong)[13]

Perhitungan nilai bujur ekliptika matahari menurut TGK. H. Abdullah Ibrahim dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ini:

$$Lo = G + 1.915 \sin B + 0.02 \sin(2 \times B)$$

$$G = 280.46 + 36000.77129 \times T$$

$$B = 357.528 + 35999.05096 \times T$$

$$\mathrm{T} = \frac{\mathrm{n}}{36525}$$

Jadwal Tahun dan Nilai N			
Jadwal Tahun	**Nilai N**	**Jadwal Tahun**	**Nilai N**
1999	-366.29167	2008	2920.70833
2000	-1.29167	2009	3286.70833
2001	364.70833	2010	3651.70833
2002	729.70833	2011	4016.70833
2003	1094.70833	2012	4381.70833
2005	1825.70833	2014	5112.70833

Tabel 3.3 Jadwal tahun dan nilai n

No.	Nama Bulan	Juml. Hari	Nama Bulan	Juml. Hari
1.	Januari	000	Juli	181
2.	Februari	031	Agustus	212
3.	Maret	059	September	243
4.	April	090	Oktober	273
5.	Mei	120	November	304
6.	Juni	151	Desember	334

Tabel 3.4 Bulan dan jumlah hari

[13] Abdullah Ibrahim, *Ilmu Falak Antara Fiqih dan Astronomi* (Yogyakarta: Fajar Pustaka Baru, 2016), 13.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Catatan:

1. Untuk tahun panjang tambah 1 hari sejak Maret
2. "**n**" untuk tahun-tahun berikutnya tambahkan dengan nilai 365 untuk tahun pendek dan tambahkan nilai 366 untuk tahun panjang

Contoh mencari bujur ekliptika tanggal 15 Januari 2001, pukul 12 WIB

Mencari nilai n

2008 = 364.70833

Juni = 000

Tanggal = 15 +

Jumlah = 379.70833

$$T = \frac{n}{36525} = \frac{379.70833}{36525} = 0.0103958475$$

$$G = 280.46 + 36000.77129 \times T = 654.7185282$$

$$B = 357.528 + 35999.05096 \times T = 731.7686439$$

$$Lo = G + 1.915 \sin B + 0.02 \sin(2 \times B) = 295.1170991$$

Maka nilai bujur ekliptika tanggal 15 Januari 2001 adalah 295.1170991 atau 295° 7' 1.56"

4. Deklinasi matahari

Pada dasarnya nilai deklinasi benda langit khususnya matahari memiliki nilai maksimal dan minimum. Deklinasi matahari bernilai

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

positif (+) jika terletak di bagian utara, sedangkan deklinasi matahari bernilai negatif (-) jika terletak di bagian selatan.[14] Menurut Basuki Kartawiharja perubahan nilai deklinasi matahari setiap jam sebesar 20.9" dan dapat dihitung menggunakan rumus interpolasi.

Selain itu, dalam mencari nilai deklinasi dapat dilakukan dengan cara mengalikan nilai deklinasi terjauh dengan harga bujur ekliptika sebagai berikut:

a. Dalam buku Siti Tatmainul Qulub[15]

$$Sin\ Deklinasi = Sin\ Bujur\ Matahari\ \times Sin\ 23°\ 27'$$

Contoh diketahui nilai bujur ekliptika pada 1 Januari 2021 = 281° 02' 56", maka deklinasi matahari pada saat itu adalah -22° 59' 24.4"

b. Menurut Buku Astronomical Algorithm sebagai berikut ini:[16]

$$Sin\ \delta = Sin\ ß \times Cos\ \varepsilon + Cos\ ß\ \times\ Sin\ \varepsilon\ Sin\ \lambda$$

Contoh menghitung nilai deklinasi 7 Juni 2017 dengan diketahui beberapa data sebagai berikut:

$$Sin\ \delta = Sin\ 0°\ 0'\ 21" \times Cos\ 23°\ \ 26'\ \ 5.04"\ \ + Cos\ 0°\ 0'\ 21"\ \times$$

$$Sin\ 23°\ 26'\ 5.04"\ \ Sin\ 76°\ 55'\ 18.08$$

Deklinasi matahari = 22° 47' 31.75" atau 22° 47' 32"

[14] Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, 53.
[15] Qulub, *Ilmu Falak Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*, 91.
[16] Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

c. Berdasarkan buku ilmu falak antara fiqh dan astronomi karya TGK. H. Abdullah Ibrahim (Abu Tanjung Bungong) dengan rumus:[17]

$$Do = \sin -1(\sin Lo \sin\ E)$$

$$e = 23.439 - 0.0000004\ n$$

Contoh menghitung deklinasi matahari tanggal 15 Januari 2001

$$e = 23.439 - 0.0000004\ n = 23.43884812$$

$$Do = \sin -1(\sin Lo \sin\ E) = -21.10988647$$

d. Berdasarkan rumus-rumus yang ditemukan oleh Cooper dan Fletcher sebagai berikut disertai dengan contoh mencari deklinasi matahari pada tanggal 15 januari 2001:[18]

Cooper I:

$$\delta = 23.45° \sin[360° \frac{284 + \mathrm{N}}{365}]$$

$$\delta = 23.45° \sin[360° \frac{284 + 1}{365}] = -21° 16' 12.66"$$

Cooper II:

$$\delta = 23.45° \sin[\frac{360}{365}\ (N - 81)]$$

[17] Abdullah Ibrahim, *Ilmu Falak Antara Fiqih Dan Astronomi*, 16.

[18] http://www.scribd.com/document/78697585/Deklinasi-Matahari-Dan-Equation-iof-Time-As diakses pada tanggal 06 Februari 2023

UIN SUNAN AMPEL S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

$$\delta = 23.45° \sin[\frac{360}{365}(15-81)] = -21° 16' 12.66"$$

Cooper III:

$$\delta = \sin - [\sin(23.45°)\sin(\frac{360}{365}(N-81))]$$

$$\delta = \sin - [\sin(23.45°)\sin(\frac{360}{365}(1-81))] = -21° 16' 12.66"$$

Fletcher I

$$\delta = -23.44° \cos [360° (N+10) : 365]$$

$$\delta = -23.44° \cos [360° (15+10) : 365] = -21° 18' 9.59"$$

Fletcher II

$$\delta = -23.44° \cos [360° (N+284) : 365]$$

$$\delta = -23.44° \cos [360° (N+284) : 365] = -21° 18' 9.59"$$

Nilai N merupakan urutan hari dalam satu tahun dan deklinasi matahari (δ) dinyatakan dengan satuan derajat. Sedangkan untuk mengetahui perubahan nilai deklinasi matahari dalam satu tahun dapat diketahui berdasarkan daftar kasar deklinasi matahari sebagai berikut:[19]

Tanggal	Deklinasi Matahari	Tanggal
22 Desember	-23°30’	22 Desember
21 Januari	-20°	22 November

[19] Abdur Rachim, *Ilmu Falak* (Yogyakarta: Liberty, 1983), 9.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

8 Februari	-15°	3 November
23 Februari	-10°	20 Oktober
8 Maret	-5°	6 Oktober
21 Maret	0°	23 September
4 April	5°	10 September
16 April	10°	28 Agustus
1 Mei	15°	12 Agustus
23 Mei	20°	24 Juli
21 Juni	23°30’	21 uni

Tabel 3.5 Deklinasi matahari

5. Sundial (jam matahari)

Sundial (jam matahari) merupakan alat yang berfungsi sebagai petunjuk waktu menggunakan bayang-bayang tongkat (*gnomon*) yang dimilikinya. Sundial memiliki tiga komponen utama, yakni tongkat (*gonomon*), bidang dial dan garis jam. Dari ketiga komponen tersebut Sundial memiliki berbagai macam konsep dan perhitungannya masing-masing, diantaranya sebagai berikut ini:

a. Sundial ekuatorial[20]

Sundial jenis sekuatorial mempunyai garis jam dengan nilai sudut masing-masing 15° mengelilingi bidang dial. Nilai 15° berasal dari gerak semu harian matahari yang kecepatannya berkisar 15° perjam. Sundial ekuatorial dapat digunakan di tempat manapun dengan meletakkan bidang dial membentuk sudut 90°-lintang tempat dari horizon.

[20] Qulub, *Ilmu Falak Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*, 139.

UIN SUNAN AMPEL S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

b. Sundial vertikal[21]

Sundial vertikal berbeda dengan Sundial ekuatorial, dimana *gonomon* diatur kemiringannya berdasarkan sudut *compliment latitude* yakni sebesar 90° – lintang tempat. Sedangkan untuk setiap garis jam pada Sundial vertikal dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$Tan\ H' = \sin\ \phi\ \times \tan H$$ [22]

c. Sundial horizontal[23]

Sundial horizontal memiliki persamaan dengan Sundial vertikal, yang membedakan antara kedua Sundial tersebut adalah Sundial vertikal digunakan dengan posisi berdiri, sedangkan Sundial horizontal digunakan dengan posisi ditidurkan (secara horizontal di tanah). Garis jam yang dimiliki Sundial vertikal dan Sundial horizontal relatif sama, yakni berdasarkan sudut waktu matahari.

6. *Equation of time*

Penelitian ini menjelaskan satu data tambahan sebagai pendukung penggunaan alat dalam menentukan titik koordinat bumi, yakni data *equation of time* atau perata waktu. *Equation of time* ialah perbedaan

[21] Ibid., 141.
[22] Nilai H yang dimaksud adalah sudut waktu matahari berdasarkan jam diantaranya yakni: nilai 0° pada saat zawal atau pukul 12, nilai 15° untuk pukul 13, nilai 30° untuk pukul 14, nilai 45° untuk pukul 15, nilai 60° untuk pukul 16, 75° untuk pukul 17, nilai -15° untuk pukul 11, nilai -30° untuk pukul 10, nilai -45° untuk pukul 9, nilai -60° untuk pukul 8, -75° untuk pukul 7.
[23] Qulub, *Ilmu Falak Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*, 144.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

antara waktu matahari berkulminasi hakiki dengan waktu kulminasi matahari pertengahan.[24] Pada dasarnya waktu pertengahan dan waktu hakiki tidak sinkron (sama), hal tersebut dikarenakan variasi fakta astronomis.

a. *Equation of time* dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan seperti berikut:[25]

$$E = L_0 - 0.0057183° - a + \Delta\Psi \times \cos \varepsilon$$

Contoh menghitung *equation of time* 7 Juni 2017

$E = 76° \; 5'3.1" - 0.0057183° - 75° \; 47' \; 30.88" + -9.714789699 \times$

$\cos 23° \; 26' \; 5.04" = 1$ menit 8 detik

B. Alat dan Bahan Perancangan Produk Instrumen Istiwa'uzzaman

Dalam pembuatan produk instrumen Istiwa'uzzaman terdapat alat dan bahan yang harus disiapkan diantaranya yakni:[26]

1. *Milimeter book* (sebagai desain perancangan produk secara manual atau tulis tangan),
2. Penggaris 30 cm atau 60 cm,
3. Busur derajat,
4. Gunting atau *cutter*,

[24] Mukarram, *Ilmu Falak (Dasar-Dasar Hisab Praktis)*, 143.
[25] Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*.
[26] Alat dan bahan dapat disesuaikan dengan kondisi, sedangkan pada tahap produk final bahan yang digunakan dapat berupa akrilik atau papan kayu, serta didesain menggunakan aplikasi correl draw atau sejenisnya.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

5. Karton atau kardus,
6. Pensil dan spidol,
7. Jangka sorong,
8. Besi *gnomon* berukuran 9-10cm,
9. Besi lintang,
10. Lem kertas atau *double tape*.

C. Langkah-Langkah Pembuatan Produk Instrumen Istiwa'uzzaman

Pada dasarnya produk instrumen Istiwa'uzzaman melewati beberapa proses dalam pembuatannya. Melalui proses tersebut instrumen Istiwa'uzzaman dapat digunakan dengan keakuratan dan kemiringan lintang yang sesuai dengan berbagai tempat. Berikut ini langkah-langkah dalam pembuatan instrumen Istiwa'uzzaman berdasarkan metode *research and development*:

1. Potensi dan masalah

   Instrumen Istiwa'uzzaman merupakan inovasi pengembangan, penyempurnaan dan penggabungan antara instrumen Rubu' Mujayyab dan Sundial. Dalam praktiknya instrumen Rubu' Mujayyab merupakan salah satu alat hitung bujur ekliptika dan deklinasi matahari, sedangkan Sundial merupakan alat untuk mengetahui jam matahari melalui bayangan tongkat yang dihasilkan. Namun hasil perhitungan dan penggunaan kedua instrumen tersebut dirasa kurang akurat dan perlu adanya pengembangan lebih lanjut. Dengan demikian peneliti berinisiatif

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

menciptkan pengembangan instrumen non-optik yang diberi nama Istiwa'uzzaman.

2. Mengumpulkan informasi

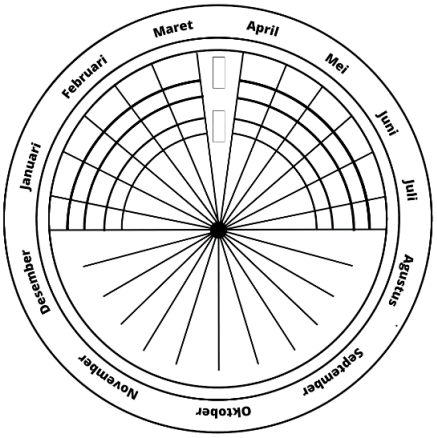
Pengumpulan data dalam pembuatan instrumen Istiwa'uzzaman menggunakan sumber data yang diperoleh melalui teknik dokumentasi dan observasi. Dengan menggunakan metode dokumentasi dapat dikumpulkan beberapa data yang berkesinambungan dengan masalah peneletian yang dikaji, baik dari dokumen, laporan tugas akhir, laporan penelitian, jurnal ilmiah, buku-buku, kitab-kitab dan lain sebagainya. Sedangkan dengan menggunakan metode observasi peneliti akan melakukan pengukuran terhadap kinerja dan penggunaan instrumen Istiwa'uzzaman dalam penentuan lintang tempat, bujur tempat, deklinasi matahari, bujur ekliptika dan jam matahari.

3. Desain produk

Perancangan produk Istiwa'uzzaman merupakan bagian penting dalam pembuatan produk, desain produk yang ditampilkan oleh peneliti berupa hasil desain menggunakan aplikasi canva, sedangkan dalam penerapannya peneliti menggunakan desain tulis tangan untuk mempermudah pembuatan. Dalam perancangan produk instrumen Istiwa'uzzaman peneliti merancang sebagai berikut ini:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id



Gambar 3.1. Perancangan produk

Perancangan produk diwujudkan dalam bentuk gambar atau bagan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar penilaian. Perancangan produk ini bersifat hipotetik karena belum diketahui ektifitasannya dan dapat diketahui setelah melakukan beberapa pengujian. Hasil akhir dari penelitian ini adalah desain produk baru yaitu rancang bangun instrumen yang dilengkapi dengan spesifikasinya.

4. Perbaikan desain

Pada tahap perbaikan desain produk instrumen Istiwa'uzzaman yang dilakukan dengan berdiskusi bersama dosen pembimbing ditemukan beberapa kelemahan diantaranya yakni:

a. Belum dilengkapi dengan waterpass dan kompas,
b. Belum dilengkapi dengan penggaris untuk mengukur bayangan matahari,
c. Belum dilengkapi dengan busur derajat seperti mizwala untuk menentukan arah mata angin,

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

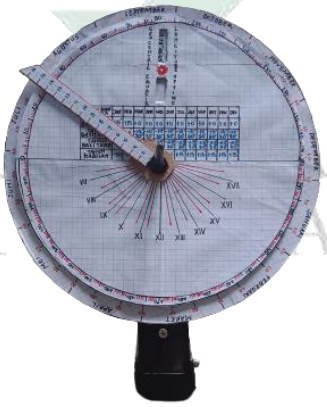
d. *Equation of time* dapat dihitung menggunakan dengan sundial horizontal serta dapat digunakan sebagai penentuan awal salat waktu zuhur,

e. Penggunaan instrumen dapat dispesifikasikan dan dilengkapi lagi,

f. Pada sundial (jam matahari) dapat diperbarui lagi dengan menambahkan garis jam pada setiap setengah jamnya,

g. Tambahkan koreksi lainnya, baik koreksi bujur ekliptika dan equation perjam maupun pertahunnya.

Sehingga dari kelemahan-kelemahan tersebut kemudian oleh peneliti dikurangi dengan cara memperbaiki desain. Berikut ini desain produk terbaru yang telah rancang oleh peneliti:



Gambar 3.2. Perbaikan desain

5. Uji coba produk

Setelah perbaikan desain kemudian dilakukan uji coba produk untuk pertama kalinya untuk mengetahui tingkat keakuratan instrumen. Dengan demikian maka didapatkan hasil uji coba produk diantaranya yakni:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

a. Nilai bujur ekliptika matahari dan *equation of time* kurang akurat disebabkan oleh nilai yang dihitung persepuluh hari dalam satu bulan,
b. Dibutuhkan kalkulator untuk alat bantu hitung,
c. Bahan yang digunakan adalah karton sehingga mudah rusak,
d. Desain produk diketahui belum akurat dikarenakan desain dibuat secara manual (gambar tangan),
e. Instrumen Istiwa'uzzaman dapat digunakan di ruang terbuka (terkena sinar matahari yang cukup).

6. Revisi produk I

Kemudian instrumen Istiwa'uzzaman dilakukan perbaikan ulang dengan memperbaiki data bujur ekliptika dan *equation of time* perlima hari untuk menghasilkan nilai yang lebih akurat dari sebelumnya. Selain itu, penggunaan sundial ekuatorial diberikan alat bantu berupa busur kemiringan lintang. Berikut ini hasil revisi produk:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Gambar 3.3. Perbaikan produk I

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

7. Uji coba pemakaian

Setelah dilakukan perbaikan produk I maka perlu dilakukan uji coba pemakaian untuk mengetahui tingkat keakuratan produk yang telah diperbaiki. Dengan demikian maka didapatkan hasil uji coba pemakaian diantaranya sebagai berikut:

a. Dibutuhkan kalkulator untuk alat bantu hitung,
b. Bahan yang digunakan adalah karton sehingga mudah rusak,
c. Desain produk diketahui belum akurat dikarenakan desain dibuat secara manual (gambar tangan),
d. Instrumen Istiwa'uzzaman dapat digunakan di ruang terbuka (terkena sinar matahari yang cukup).

8. Revisi produk II

Pada tahap revisi produk kedua dilakukan perbaikan desain menggunakan aplikasi *correl draw* untuk mendapatkan hasil desain gambar yang akurat dan bagus. Selain itu, dalam revisi produk kedua dilakukan pengecekan ulang terhadap fungsi dan uji coba pemakaian instrumen Istiwa'uzzaman. Sehingga ditemukan beberapa hasil perbaikan instrumen diantaranya yakni:

a. Dibutuhkan kalkulator untuk alat bantu hitung,
b. Bahan yang digunakan adalah karton sehingga mudah rusak,
c. Instrumen Istiwa'uzzaman dapat digunakan di ruang terbuka (terkena sinar matahari yang cukup).

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Gambar 3.4. Perbaikan produk II

9. Produk final

Tahap terakhir merupakan penyempurnaan instrumen berupa produk yang terbuat dari akrilik dilengkapi dengan komponen penunjang, diantaranya kalkulator *scientific*, kompas, *waterpass* dan buku perhitungan yang berisikan data-data koreksi terkait, baik koreksi bujur ekliptika matahari maupun koreksi *equation of time*.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Gambar 3.5. Produk final

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

D. Komponen-komponen Instrumen Istiwa'uzzaman

Sebelum melakukan implementasi produk perlu diketahui beberapa komponen yang dimiliki instrumen Istiwa'uzzaman diantaranya yakni:

1. Bidang dial satu (bagian atas)

   Bidang dial satu merupakan bidang dial bulat berlubang yang berada di bagian paling atas. Bidang dial atas ini didesain dapat berputar bebas 360° sehingga dapat menentukan hasil bujur ekliptika matahari dan *equation of time* selama satu tahun penuh.

Gambar 3.6. Bidang Dial Atas

2. Bidang dial dua (bagian bawah)

   Bidang dial dua merupakan bidang dial paling bawah (dasar) yang berfungsi sebagai alas dari bidang dial satu. Bidang dial dua berisikan hasil perhitungan bujur ekliptika dan *equation of time* selama setahun penuh. Pada bidang dial ini dilengkapi dengan 12 nama-nama bulan dan tanggal sebagai penunjuk waktu.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Gambar 3.7. Bidang Dial Bawah

3. *Ruler* (penggaris)

Ruler atau penggaris merupakan alat bantu yang digunakan untuk mengukur panjang bayangan *gnomon* dalam menentukan lintang tempat dan koordinat tempat. Selain itu, ruler juga dapat digunakan sebagai alat ukur dalam mencari utara sejati. Panjang ruler yang dimiliki instrumen Istiwa'uzzaman sekitar 16 cm dengan titik pusat 0 cm yang diletakkan pada titik tengah bidang dial.

Gambar 3.8. *Ruler*

4. Tongkat istiwa' (*gnomon*)

Tongkat istiwa' atau dapat disebut dengan *gnomon* atau *miqyas* merupakan komponen yang berfungsi sebagai petunjuk jam pada bidang

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

dial yang menghasilkan bayangan matahari. Bayangan (panjang bayangan) yang dihasilkan oleh tongkat istiwa' pada instrumen Istiwa'uzzaman dimodifikasi dengan menambahkan fungsi di dalamnya, yakni dapat digunakan sebagai data untuk menghitung lintang tempat dan bujur tempat.

Gambar 3.9. *Gnomon*

5. Sundial (jam matahari)

Sundial (jam matahari) merupakan instrument tambahan yang diletakkan di bidang dial satu dalam instrumen Istiwa'uzzaman. Sundial diproyeksikan sebagaimana fungsinya, yakni untuk penunjuk waktu melalui bayangan tongkat yang dihasilkan. Sundial pada instrumen Istiwa'zzaman menggunakan sundial ekuatorial dengan agar Istiwa'uzzaman dapat digunakan di tempat manapun tanpa mengganti besar sudut garis jam.

Gambar 3.10. Sundial

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

6. *Results*

Results perhitungan merupakan lubang pada lingkaran bidang dial satu yang berfungsi untuk menunjukkan hasil bujur ekliptika, deklinasi matahari dan *equation of time*. Hasil tersebut kemudian ditambahkan dengan koreksi bujur eklitika matahari atau *equation of time* persiklus, pertahun, perhari dan perjamnya untuk mendapatklan nilai yang dicari sesuai dengan jadwal yang diinginkan.

Gambar 3.11. *Results*

7. *Latitude field*

Latitude field merupakan bidang penyangga kemiringan lintang yang terbuat dari besi dengan panjang sekitar 35 cm. *Latitude field* dapat membantu fungsi kerja dari sundial ekuatorial yang dmiliki instrumen Istiwa'uzzaman yaitu dengan meletakkan bidang dial membentuk sudut (90° - lintang tempat) dari horizon.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

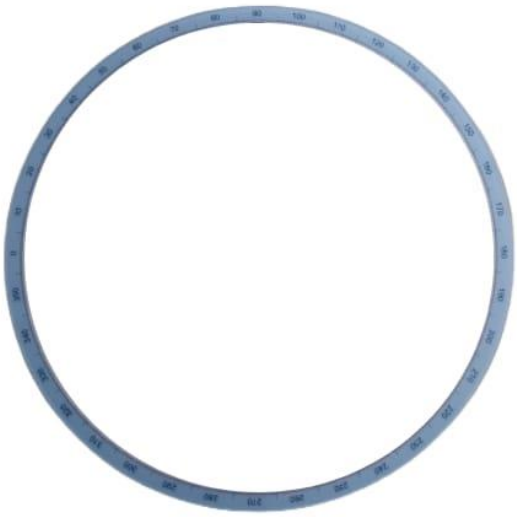
digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Gambar 3.12. *Latitude Field*

8. *Direction finder*

Direction finder atau bisa disebut dengan petunjuk arah merupakan bagian yang terletak di bidang dial atas berbentuk lingkaran dan di dalamnya terdapat angka dari 0 hingga 350 (kelipatan 10). *Direction finder* digunakan sebagai petunjuk arah, sehingga pada saat penggunaannya titik utara sejati dapat diberi tanda dengan cara mengarahkan titik 0 ke arah utara sejati seperti penggunaan pada kompas.

UIN SUNAN AMPEL
S U A

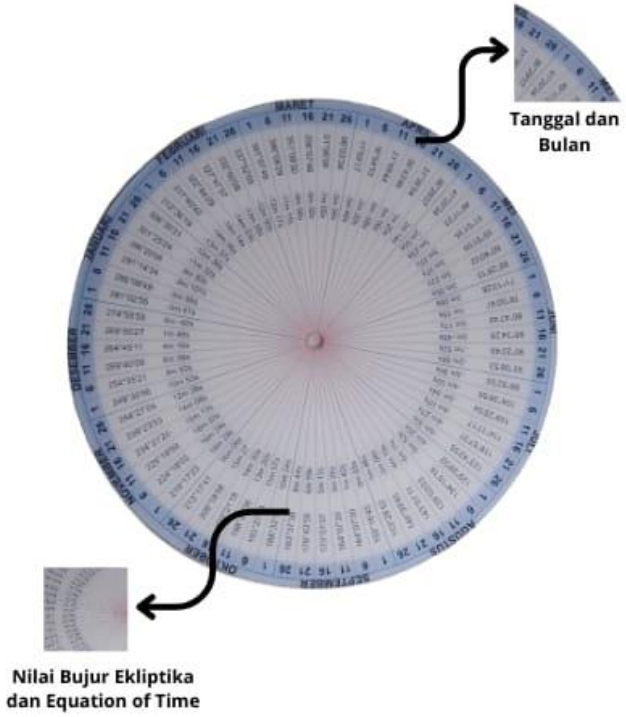


Gambar 3.13. *Direction finder*

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

9. *Time tables*

Time tables atau jadwal waktu merupakan bagian yang terletak di bidang dial bawah berbentuk lingkaran dan di dalamnya berisikan nama-nama bulan dan tanggal. Pada bagian tanggal dicantumkan sekitar 6 tanggal utama yang menjadi patokan, yakni 1, 6, 11, 16, 21 dan 26. Pada dasarnya *time tables* digunakan sebagai patokan tanggal dicarinya data oleh pengguna instrumen Istiwa'uzzaman.



Gambar 3.14. *Time tables*

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Gambar 3.15. Istiwa'uzzaman

E. Cara Penggunaan Instrumen Istiwa'uzzaman

Cara penggunaan Istiwa'uzzaman bergantung pada orang yang menggunakannya, karena Istiwa'uzzaman dibutuhkan ketelitian dan kecermatan dalam mengambil data-data yang ada. Berikut ini langkah-langkah penggunaan Istiwa'uzzaman berdasarkan kegunaannya:

1. Mengetahui utara sejati

   Penentuan utara sejati merupakan langkah pertama yang dilakukan sebelum mengetahui lintang dan bujur tempat.[27] Berikut ini langkah-langkah dalam menentukan utara sejati:

[27] Pada dasarnya penentuan utara sejati menggunakan tongkat istiwa' adalah untuk menentukan titik barat dan timur sejati.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

a. Pasang seluruh komponen instrumen Istiwa'uzzaman, mulai dari bidang dial, bidang lintang dan gnomon,
b. Kemudian tempatkan instrumen Istiwa'uzzaman di tempat terbuka dan terkena sinar matahari yang cukup sehingga dapat menghasilkan bayangan tongkat,
c. Beri tanda titik saat bayangan menyentuh bidang dial sebelum dan setelah kulminasi,
d. Tarik garis dari titik sebelum kulminasi ke titik setelah kulminasi dengan spidol,
e. Garis yang terbentuk merupakan arah barat dan timur,
f. Terakhir buatlah garis tegak lurus antara garis barat dan timur, maka garis tersebut merupakan arah utara dan selatan sejati.

2. Mengetahui bujur ekliptika matahari

Untuk mengetahui bujur ekliptika pada Istiwa'uzzaman, hanya dengan memutar bidang dial atas ke tanggal dan bulan yang diinginkan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dapat dilakukan penambahan nilai berdasarkan koreksi bujur ekliptika tahunan dan koreksi tabel siklus. Contoh menentukan bujur ekliptika tanggal 21 Oktober 2024:

a. Putar bidang dial atas hingga pada tanggal 21 Oktober,
b. Lihat hasilnya dan catat, yakni 208°18'58,
c. Kemudian tambahkan dengan koreksi tahunan +1' (2024),
d. Tambahkan hasil pada huruf c dengan koreksi tabel siklus sebesar 15' (tahun 2024 merupakan tahun kabisah menurut table koreksi siklus),

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

e. Tambahkan dengan nilai koreksi bujur ekliptika matahari perhari pada tanggal 21, yakni sebesar 0°0'.

f. Dari hasil penjumlahan tersebut diperoleh nilai akhir dari bujur ekliptika matahari yakni 208°34'58".[28]

3. Mengetahui deklinasi matahari

Untuk mendapatkan nilai deklinasi matahari dapat menggunakan rumus sin δ = sin bujur ekliptika matahari × sin terjauh deklinasi matahari. Nilai deklinasi terjauh matahari adalah 23°27', contoh menghitung deklinasi matahari pada tanggal 21 Oktober 2024 maka:

Sin δ = sin bujur ekliptika matahari × sin terjauh deklinasi matahari

= sin 208°34'58" × sin 23°27'

= -10°58'31.91"

4. Mengetahui *equation of time*

Untuk mendapatkan nilai *equation of time* pada Istiwa'uzzaman, hanya dengan memutar bidang dial atas ke tanggal dan bulan yang diinginkan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dapat dilakukan penambahan nilai berdasarkan koreksi *equation of time* tahunan dan koreksi tabel siklus. Contoh menentukan bujur ekliptika tanggal 21 Oktober 2024:

a. Putar bidang dial atas hingga pada tanggal 21 Oktober,

b. Lihat hasilnya dan catat, yakni 15m 27d,

[28] Hasil yang ditunjukkan oleh perhitungan tersebut merupakan nilai bujur ekliptika matahari pada pukul 12 GMT.

UIN SUNAN AMPEL S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

c. Kemudian tambahkan dengan koreksi tahunan +0’ (2021-2032),

d. Tambahkan hasil pada huruf c dengan koreksi tabel siklus sebesar 21” (tahun 2024 merupakan tahun kabisah menurut table koreksi siklus),

e. Tambahkan dengan nilai koreksi equation of time perhari pada tanggal 21, yakni sebesar 0”

f. Dari hasil penjumlahan tersebut diperoleh nilai akhir dari equation of time yakni 15m 48d.[29]

5. Mengetahui lintang dan bujur tempat

Untuk mengetahui lintang tempat dapat dilakukan dengan pengamatan bayangan gnomon saat matahari berkulminasi. Misalkan di suatu tempat pada tanggal 12 Maret 2023 matahari sedang berkulminasi menghasilkan bayangan tongkat 0.6 cm dari tongkat aslinya sebesar 9 cm.

Diketahui harga deklinasi matahari = -3° 25’ 50”

Maka harga tangen ZM = 0.6 cm / 9 cm = 0.06

Tangen zm = $\tan^{-1}$ 0.06 = 3° 48’ 50.67”

Hasil harga lintang tempat tersebut = tangen ZM ditambah deklinasi matahari = (-3° 25’ 50”) - 3° 48’ 50.67” – = -7° 37’ 41.97”

Seangkan bujur tempat dapat diketahui dengan cara berikut: misalkan matahari berkulminasi pada pukul 12.9.40 WIB pada bujur 105°. Berdasarkan hasil pengamatan bayangan tongkat istiwa’ terpendek diketahui jatuh pada pukul 11.38 WIB mengarah ke utara-selatan.

[29] Hasil yang ditunjukkan oleh perhitungan tersebut merupakan nilai equation of time pada pukul 12 GMT.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Maka selisih jam 11.38 – 12.9.40 = -0.527 menit

Dirubah menjadi satuan derajat -0.527 × 15 = -7° 55’

Harga bujur tempat tersebut adalah 105° - (-7° 55’) = 112°55’

6. Mengetahui waktu (jam matahari)

Setelah mendapatkan arah utara sejati, maka penggunaan sundial ekuatorial pada instrumen Istiwa’uzzaman cukuplah sederhana. Berikut ini langkah-langkah penggunaan sundial ekuatorial:

a. Letakkan sundial ekuatorial di bidang datar dengan cara meletakkan waterpas di bidang dial instrumen,
b. Atur kemiringan sundial ekuatorial dengan nilai 90 – lintang tempat,
c. Bagian depan permukaan bidang dial yang mengarah ke atas arahkan dan luruskan pada titik utara sejati yang telah dibuat,
d. Bagian kanan sundial ekuatorial merupakan arah timur dan bagian kiri sundial ekuatorial merupakan arah barat,
e. Setelah disesuaikan dengan arahnya, maka sundial ekuatorial sudah dapat digunakan.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

BAB IV

UJI EVALUASI DAN ANALISIS PRODUK ISTIWA'UZZAMAN

A. Uji Evaluasi Produk Istiwa'uzzaman

Proses evaluasi dapat ditinjau dari dua sisi, yakni evaluasi proses dan evaluasi produk. Maka dari itu model evaluasi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah model CIPP *evaluation model* dengan memperhitungkan komponen-komponen suatu produk tertentu. Berikut ini penjelasannya:

1. Evaluasi konteks (*context evaluation*)

   Evaluasi konteks didasarkan pada penentuan analisis kebutuhan produk yang selanjutnya menjadi kebaruan ide atau gagasan inovasi produk. Pada instrumen Istiwa'uzzaman diperoleh dua bagian analisis kebutuhan, yakni analisis kebutuhan secara fungsional dan analisis kebutuhan secara peforma. Berikut ini masing-masing penjelasan dari analisis kebutuhan:

   a. Analisis kebutuhan fungsional

      Analisis kebutuhan fungsional merupakan penjabaran terkait fungsi yang dimasukkan dalam produk instrumen Istiwa'uzzaman. Fungsi-fungsi yang dimaksud adalah diantaranya:

      1) Mampu menunjukkan hasil perhitungan bujur ekliptika, *equation of time* dan jam matahari,
      2) Mampu menunjukkan bayangan matahari sebagai data perhitungan lintang dan bujur,

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

3) Mampu mempermudah pencarian data bujur ekliptika dan *equation of time* setiap tahunnya dilengkapi dengan tanggal dan bulan yang dicari,
4) Mampu menghitung bujur ekliptika dan *equation of time* dalam kurun waktu 80 tahun dari tahun 2021 hingga tahun 2100,
5) Terdapat tampilan nilai koreksi bujur ekliptika, baik tahun basitah maupun kabisah,
6) Terdapat nilai busur 0° hingga 360° sebagai petunjuk arah mata angin (khususnya arah utara sejati),
7) Terdapat *ruler* (penggaris) dengan dilengkapi angka sebagai alat ukur panjang bayangan matahari.

b. Analisis kebutuhan peforma

Produk instrumen Istiwa'uzzaman merupakan instrumen non-optik pengembangan dan penggabungan antara instrumen Rubu' Mujayyab dan Sundial (jam matahari). Pembuatan instrumen Istiwa'uzzaman tidak terlepas dari beberapa keterbatasan penggunaan, diantaranya yakni:

1) Tampilan produk Istiwa'uzzaman berukuran 30 cm (dengan ketelitian perlima hari) berpengaruh terhadap akurasi nilai yang didapatkan. Semakin besar ukuran produk maka akan semakin besar nilai akurasinya. Oleh sebab itu, peneliti mendesain produk Istiwa'uzzaman secara sederhana namun tetap mudah dalam penggunaannya.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

2) Bisa atau tidaknya produk bergantung pada kondisi di lapangan saat digunakan, khususnya dalam penggunaan Sundial. Produk akan dapat digunakan di kondisi lapangan terbuka dan terkena sinar matahari yang cukup.

3) Cepat atau lambatnya proses perhitungan bujur ekliptika matahari, deklinasi matahari, *equation of time* dan koordinat tempat serta hasil perhitungan yang akurat bergantung pada ketelitian pengguna, sebab setiap perhitungannya masih dibutuhkan koreksi untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

2. Evaluasi input (*input evaluation*)

Evaluasi input berfokus pada pengumpulan informasi dan data penting yang dibutuhkan dalam penelitian. Sasaran evaluasi mencakup sejumlah data perhitungan yang akan digunakan serta model instrumen atau rancangan inovasi produk baru sebagai bentuk keaslian kreasi. Beikut ini penjelasan terkait hasil pengumpulan data yang peneliti gunakan dalam instrumen Istiwa'uzzaman:

a. Lintang dan bujur tempat

Dari beberapa macam data (rumus) yang telah diperoleh, rumus lintang tempat yang digunakan peneliti adalah dengan cara menjumlahkan harga zenit matahari (ZM).[1] Dengan menjumlahkan harga ZM pengguna dapat menentukan lintang tempat dengan mudah tanpa harus mengkonversi jarak terdekat dan menginterpolasi lintang

[1] M. Sayuthi Ali, *Ilmu Falak*, 98.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

yang belum diketahui harga lintang pembandingnya. Dengan rumus menjumlahkan harga ZM pengguna hanya membutuhkan panjang bayangan tongkat saat kulminasi dan data deklinasi matahari yang diperoleh dari hasil perkalian bujur ekliptika dengan deklinasi matahari terjauh.

Sedangkan rumus yang digunakan dalam menentukan bujur tempat, peneliti menggunakan rumus mencari selisih waktu local (*local mean time* (LMT)).[2] Penggunaan rumus tersebut dapat digunakan dengan mudah tanpa harus mengetahui harga bujur pembanding baik dengan cara mengkonversi ke jarak bujur terdekat maupun dengan cara menginterpolasi garis bujur. Penggunaan tongkat istiwa' dan dilengkapi dengan nilai deklinasi matahari pada instrumen Istiwa'uzzaman menjadi kebaruan inovasi yang dapat memudahkan pengguna tanpa harus mencari data di alamanak hisab rukyat.

b. Bujur ekliptika matahari

Penentuan rumus bujur ekliptika matahari pada awalnya menggunakan rumus yang dimiliki oleh instrumen Rubu' Mujayyab dalam Kitab *ad-Durus al-Falakiyah* maupun dalam buku ilmu falak antara fiqh dan astronomi karya TGK. H. Abdullah Ibrahim (Abu Tanjung Bungong). Namun penggunaan rumus tersebut dirasa kurang akurat sehingga diperlukan rumus baru yang dapat menghasilkan nilai

[2] Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, Dan Kalender Hijriah*, 33.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

yang akurat. Dengan demikian dalam instrumen Istiwa'uzzaman peneliti menggunakan teori VSOP87 sebagai dasar perhitungan bujur ekliptika matahari.

Rumus bujur ekliptika berdasarkan teori VSOP87 merupakan teori modern berdasarkan koreksi perhitungan posisi 8 planet termasuk matahari yang terbilang akurat dan efisien dibandingkan dengan rumus lainnya.[3] Nilai bujur ekliptika yang ditampilkan di instrumen Istiwa'uzzaman merujuk pada tahun 2021 dilengkapi dengan koreksi-koreksi setiap penambahan tahunnya. Tujuan dari adanya penambahan nilai koreksi adalah sebagai penyempurna hasil akhir bujur ekliptika. Nilai koreksi tersebut juga menjadi inovasi baru yang dihasilkan oleh instrumen Istiwa'uzzaman sehingga berbeda dari instrumen-instrumen non-optik lainnya.

c. Deklinasi matahari

Sebagaimana pada bab sebelumnya dijelaskan bahwa rumus perhitungan deklinasi matahari memiliki beragam variasi. Mulai dari rumus perhitungan menurut Jean Meeus, rumus perhitungan menurut TGK H. Abdullah Ibrahim, rumus perhitungan menurut buku *ad-Durus al-Falakiyah* hingga rumus yang ditemukan oleh Cooper dan Fletcher. Dari keempat rumus tersebut peneliti menggunakan rumus

[3] Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, 218.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

menurut kitab *ad-Durus al-Falakiyah*, yakni dengan mengkalikan nilai bujur ekliptika matahari dengan nilai deklinasi matahari terjauh.[4]

Dengan menggunakan rumus tersebut dapat memudahkan pengguna instrumen Istiwa'uzzaman dalam menentukan deklinasi matahari. Selain itu, nilai akhir yang dihasilkan memiliki tingkat keakuratan yang baik daripada menggunakan instrumen Rubu' Mujayyab ataupun teori yang dikemukakan oleh Cooper dan Fletcher. Namun untuk mendapatkan nilai tersebut pengguna harus menggunakan alat bantu berupa kalkulator *scientific*.

d. Jam matahari

Pemilihan Sundial didasarkan pada kemudahan pengguna dalam mengoperasikan instrumen Istiwa'uzzaman. Kemudahan yang dimaksud adalah Sundial dapat digunakan di lintang manapun, baik yang berada di lintang utara maupun lintang selatan. Dengan demikian Sundial yang digunakan peneliti berupa Sundial ekuatorial yang memiliki sudut garis jam sebesar 15° perjamnya dengan kemiringan berdasarkan lintang lokasi. Keunggulan Sundial jenis ekuatorial selain dapat digunakan di lintang manapun pengguna berada, Sundial ekuatorial tidak perlu mengganti besar sudut perjam yang dihasilkan. Sehingga pengguna tidak perlu repot mengganti bidang dial sesuai dengan lintang.

[4] Dalam buku: Qulub, *Ilmu Falak Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*, 91.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

e. *Equation of time*

Equation of time pada penelitian ini merupakan data tambahan yang disajikan peneliti dalam menentukan titik koordinat tempat dengan cara mengetahui waktu matahari berkulminasi. Dengan demikian data equation of time ini ditambahkan untuk memudahkan pengguna instrumen Istiwa'uzzaman. Pada instrumen Istiwa'uzzaman rumus perhitungan menurut Jean Meeus digunakan dalam menentukan *equation of time*. Berdasarkan koreksi bujur rata-rata geometris matahari dapat menghasilkan nilai *equation of time* yang akurat.

3. Evaluasi proses (*process evaluation*)

Evaluasi proses atau monitoring ialah kegiatan proses pelaksanaan produk baru, dalam hal ini mencakup tentang proses pembuatan instrumen (produk baru) mulai dari uji coba produk hingga produksi produk baru. Sebelum mencapai produk final, instrumen Istiwa'uzzaman telah melakukan berbagai uji coba dan revisi produk. Revisi produk pertama memuat tentang perbaikan desain yang dilakukan dengan berdiskusi bersama dosen pembimbing dan menghasilkan beberapa kelemahan yang ditemukan.

Setelah perbaikan desain kemudian dilakukan uji coba pertama produk yang menghasilkan beberapa kelemahan salah satunya yakni, kurang akuratnya nilai nujur ekliptika dan equation yang dihasilkan. Kemudian dilakukan revisi produk pertama oleh peneliti untuk

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

menyempurnakan instrumen dengan memperbaiki data bujur ekliptika matahari dan equation of time menjadi perlima hari. Selanjunya dilakukan uji coba pemakaian untuk mengetahui tingkat keakuratan produk dan didapatkan hasil bahwa nilai Sundial yang dihasilkan belum akurat. Hal ini dikarenakan desain yang dibuat masih menggunakan gambar tangan.

Tahap selanjutnya yakni revisi produk kedua dengan melakukan perbaikan menggunakan aplikasi correl draw untuk menghasilkan desain gambar yang akurat dan bagus. Pada proses perbaikan produk kedua peneliti melakukan pengecekan ulang terhadap fungsi dan uji coba pemakaian untuk mendapatkan kelayakan instrumen. Kemudian pada tahap final instrumen Istiwa'uzzaman disempurnakan lagi dengan bahan dasar produk yang lebih baik, yakni dengan menggunakan akrilik dilengkapi dengan komponen penunjang diantaranya kalkulator scientific, kompas, waterpass dan buku perhitungan yang berisikan data-data koreksi terkait, baik koreksi bujur ekliptika maupun koreksi equation of time.

4. Evaluasi produk (*product evaluation*)

Evaluasi produk merupakan evaluasi keluaran (output) yang mengarah pada perubahan kinerja produk baru dengan produk lama. Selain itu, evaluasi produk dapat ditinjau berdasarkan keunggulan produk, kebermanfaatan produk dan dampak adanya produk. Perubahan kinerja produk baru dengan produk lama dapat dilihat berdasarkan tingkat keakuratan instrumen Istiwa'uzzaman dari produk final dengan produk

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

saat uji coba. Selain itu, jika dibandingkan dengan instrumen Rubu' Mujayyab dan Sundial, instrumen Istiwa'uzzaman telah memiliki fungsi yang lengkap sebagaimana Rubu' Mujayyab dan Sundial.

Kelengkapan fungsi yang dimiliki instrumen Istiwa'uzzaman menjadi keunggulan produk yang berbeda dari produk sebelumnya. Fungsi yang dimiliki instrumen Istiwa'uzzaman diantaranya yakni, dapat digunakan sebagai petunjuk utara sejati, dapat menentukan bujur ekliptika matahari, deklinasi matahari, *equation of time*, jam matahari dan koordinat tempat. Selain itu, instrumen Istiwa'uzzaman memiliki fungsi tambahan lainnya, yakni dapat digunakan sebagai penentuan arah kiblat dan dapat digunakan sebagai penentuan awal waktu solat asar dan zuhur.

Dari berbagai fungsi tersebut instrumen Istiwa'uzzaman memiliki kebermanfaatan yang luas karena fungsi yang dimilikinya cukup banyak dan lengkap. Kebermanfaatan tersebut tidak terlepas bagi penulis, mahasiswa ilmu falak dan bagi ahli di bidang ilmu falak. Adanya instrumen Istiwa'uzzaman dapat menjadi tambahan ilmu pengetahuan dan sumbangsih pikiran terhadap instrumen non-optik di era modern saat ini, serta dapat menjadi bahan kajian khazanah keilmuan baru dalam bidang instrumen atau perankat non-optik Ilmu Falak. Kebermanfaatan tersebut dapat menjadi dampak besar bagi kemajuan instrumen non-optik dan sebagai wujud pelestarian instrumen non-optik dalam bidang Ilmu Falak.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

B. Analisis Produk Istiwa'uzzaman

Pada pembahasan ini peneliti akan menganalisis konsep-konsep yang sudah dibahas pada bab sebelumnya untuk menghasilkan beberapa kesimpulan. Analisis tersebut meliputi analisis perhitungan, analisis praktik penggunaan dan analisis konstruksi instrumen. Berikut ini uraian dari masing-masing analisis:

1. Analisis perhitungan yang digunakan Istiwa'uzzaman

   Istiwa'uzzaman merupakan instrumen yang memiliki banyak fungsi, diantaranya adalah dapat digunakan sebagai penentuan koordinat bumi, menentukan bujur ekliptika, deklinasi matahari, *equation of time*, utara sejati dan jam matahari. Seluruh fungsi tersebut tidak terlepas oleh posisi matahari, hal ini dikarenakan sistem kerja instrumen Istiwa'uzzaman memanfaatkan bayangan matahari meskipun tidak semua fungsi membutuhkan cahaya matahari. Menurut peredarannya matahari membentuk sebuah lingkaran dengan pengamat sebagai pusatnya, akibat peredaran tersebut menyebabkan panjang bayangan berubah-ubah setiap waktunya. Fenomena tersebut dijelaskan sebagaimana dalam Q.S. al-Furqon ayat 45 yang berbunyi:

   أَلَمْ تَرَ إِلَىٰ رَبِّكَ كَيْفَ مَدَّ ٱلظِّلَّ وَلَوْ شَآءَ لَجَعَلَهُۥ سَاكِنًا ثُمَّ جَعَلْنَا ٱلشَّمْسَ عَلَيْهِ دَلِيلًا

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

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

(bayang-bayang itu) tetap, kemudian Kamu jadikan matahari sebagai petunjuk."[5]

Perubahan panjang bayangan matahari dapat ditandai dengan datangnya waktu pagi ke waktu siang dan terakhir ke waktu petang. Panjang bayangan waktu pagi akan terlihat begitu panjang, sedangkan bayangan waktu siang hari akan menjadi lebih pendek dari sebelumnya, kemudian di waktu petang panjangan bayangan akan berubah menjadi panjang kembali. Selain panjang bayangan yang berubah-ubah, arah letaknya akan mengalami perubahan pula, apabila matahari terletak di timur, maka bayangan matahari terletak di barat. Sedangkan apabila matahari terletak di barat, maka bayangan matahari terletak di timur.

Perbedaan kedudukan matahari setiap tahunnya bergantung pada gerak semu matahari harian yang terlihat dari bumi. Posisi matahari inilah yang disebut dengan deklinasi matahari. Deklinasi matahari memiliki pengaruh besar terhadap panjang bayangan matahari, yakni terjadi akibat perubahan pada jarak zenit matahari saat berkulminasi setiap waktunya. Nilai deklinasi matahari dapat membantu menemukan harga koordinat tempat berdasarkan harga jarak zenit matahari ketika berkulminasi. Jarak zenit matahari ditentukan dengan cara yang cukup sederhana, yakni dengan mendirikan sebuah tongkat secara tegak lurus di bidang datar, kemudian membagi panjang bayangan matahari dengan panjang tongkat yang menghasilkan cotangen tinggi matahari.

[5] *Al-Qur'an Dan Terjemahnya.*

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Selanjutnya untuk mengetahui letak posisi lintang saat dilakukan observasi, instrumen Istiwa'uzzaman mengacu pada konsep apabila bayangan matahari di sebelah selatan, maka nilai lintang tempatnya sama dengan deklinasi matahari dikurangi zenit matahari (ZM). Sedangkan apabila bayangan matahari di sebelah utara, maka nilai lintang sama dengan deklinasi matahari ditambah zenit matahari (ZM). Hal ini selaras dalam penjelasan Abd. Rachim dalam bukunya yang berjudul Ilmu Falak tentang dua kemungkinan yang harus diperhatikan setelah mengetahui nilai dari jarak zenit matahari.[6] Namun hal ini menjadi sebuah permasalahan apabila observer tidak mengetahui nilai koordinat tempat yang diobservasi.

Sedangkan harga bujur tempat juga dapat diketahui dengan mencari selisih waktu lokat setempat atau *local mean time* dengan waktu daerah bujur tempatnya. Selanjutnya selisih nilai tersebut kalikan dengan 15 untuk memperoleh nilai dengan satuan derajat, menit dan detik busur. Kemudian tambahkan hasil nilai perkalian tersebut dengan nlai waktu daerah, maka akan didapatkan harga bujur tempat daerah yang diobservasi. Namun cara ini juga dapat menjadi persoalan apabila observer tidak mengetahui waktu daerah yang diobservasi.

Peredaran matahari juga tidak terlepas dari gerak semu tahunan pada koordinat ekliptika. Dalam koordinat ekliptika dikenal istilah bujur ekliptika yang menjadi salah satu pembahasan utama fungsi dari

[6] Abdur Rachim, *Ilmu Falak*, 76.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

instrumen Istiwa'uzzaman. Bujur ekliptika merupakan panjang sudut yang diukur dari titik aries ke lingkaran bujur ekliptika kea rah timur dari titik 0° sampai titik 360°. Sedangkan lingkaran bujur ekliptika merupakan lingkaran besar yang menghubungkan antara kutub utara ekliptika dan kutub selatan ekliptika.

Pada koordinat ekliptika inilah matahari melakukan perederannya, akibatnya dari peredaran tersebut menghasilkan beberapa koreksi dalam konsep perhitungan instrumen Istiwa'uzzaman. Koreksi nilai bujur ekliptika tidak terlepas dari faktor gerak semu tahunan matahari pada bidang ekliptika yang ditempuh dengan waktu 365.242197 hari dalam satu kali putaran (satu tahun sideris). Sehingga dari lama perputaran tersebut dapat dirinci dan ditemukan koreksi pergerakan matahari setiap tahun, siklus, hari dan jamnya. Berikut ini masing-masing koreksi yang dimaksud:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Koreksi Nilai Siklus Bujur Ekliptika Matahari						
Koreksi Bujur Ekliptika	**Jan**	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**Mei**	**Jun**
Tahun Basitah I	+15'	+15'	+0'	+0'	+0'	+0'
Tahun Basitah II	+0'	+0'	-14' 30"	-14' 30"	-14' 30"	-14' 30"
Tahun Basitah III	-15'	-15'	-29' 30"	-29' 30"	-29' 30"	-29' 30"
Tahun Kabisah	-30'	-30'	+14' 30"	+14' 30"	+14' 30"	+14' 30"
Koreksi Bujur Ekliptika	**Jul**	**Ags**	**Sep**	**Okt**	**Nov**	**Des**
Tahun Basitah I	+0'	+0'	+0'	+0'	+0'	+0'
Tahun Basitah II	-14' 30"	-14' 30"	-14' 30"	-14' 30"	-14' 30"	-14' 30"
Tahun Basitah III	-29' 30"	-29' 30"	-29' 30"	-29' 30"	-29' 30"	-29' 30"
Tahun Kabisah	+14' 30"	+14' 30"	+14' 30"	+14' 30"	+14' 30"	+14' 30"

Tabel 4.1 Koreksi Persiklus Bujur Ekliptika Matahari

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Koreksi Nilai Pertahun Bujur Ekliptika Matahari			
2021-2022	+0'	2023-2024	+1'
2025-2026	+2'	2027-2028	+3'
2029-2030	+4'	2031-2032	+5'
2033-2034	+6'	2035-2036	+7'
2037-2038	+8'	2039-2040	+9'
2041-2042	+10'	2043-2044	+11'
2045-2046	+12'	2047-2048	+13'
2049-2050	+14'	2051-2052	+15'
2053-2054	+16'	2055-2056	+17'
2057-2058	+18'	2059-2060	+19'
2061-2062	+20'	2063-2064	+21'
2065-2066	+22'	2067-2068	+23'
2069-2070	+24'	2071-2072	+25'
2073-2074	+26'	2075-2076	+27'
2077-2078	+28'	2079-2080	+29'
2081-2082	+30'	2083-2084	+31'
2085-2086	+32'	2087-2088	+33'
2089-2090	+34'	2091-2092	+35'
2093-2094	+36'	2095-2096	+37'
2097-2098	+38'	2099-2100	+39'

Tabel 4.2 Koreksi Pertahun Bujur Ekliptika Matahari

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Nilai Koreksi BEM Perhari	
1, 6, 11, 16, 21, 26	+0°0'
2, 7, 12, 17, 22, 26	+1°1'
3, 8, 13, 18, 23, 28	+2°2'
4, 9, 14, 19, 24, 29	+3°3'
5, 10, 15, 20, 25, 30	+4°4'

Tabel 4.3 Koreksi Perhari Bujur Ekliptika Matahari

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Koreksi Nilai Bujur Ekliptika Perjam					
0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
-3	-2	-3	-2	-3	-2
6	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
-3	-2	-3	-2	-3	-2
13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
+3	+2	+3	+2	+3	+2
19	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
+3	+2	+3	+2	+3	+2
***Pukul 12 GMT adalah hasil dari nilai akhir setelah ditambah dengan koreksi siklus dan koreksi pertahun**					

Tabel 4.4 Koreksi Pejam Bujur Ekliptika Matahari

Peredaran matahari tidak hanya mempengaruhi harga bujur ekliptika matahari saja, melainkan juga memiliki pengaruh terhadap harga *equation of time* (perata waktu). Meskipun pengaruh yang terjadi tidaklah begitu besar seperti pada bujur ekliptika matahari. Terdapat empat koreksi yang ditemukan peneliti untuk menghasilkan equation of time yang akurat dan sesuai, yakni koreksi persiklus, koreksi pertahun, koreksi perhari dan koreksi perjam dengan tahun acuan 2021 hingga tahun 2100. Berikut ini masing-masing koreksi yang dimaksud:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Nilai Koreksi Siklus *Equation of Time*			
Basitah I	+0”	**Basitah II**	+7”
Basitah III	+14”	**Kabisah**	+21”

Tabel 4.5 Koreksi Persiklus *Equation of Time*

Nilai Koreksi Tahunan *Equation of Time*	
2021-2032	+0”
2033-2048	+1”
2049-2068	+2”
2069-2084	+3”
2085-2100	+4”

Tabel 4.6 Koreksi Pertahun *Equation of Time*

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Koreksi Nilai *Equation of Time* Perjam					
0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
-1”	-1”	-1”	-1”	-1”	-1”
6	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
-1”	-1”	-1”	-1”	-1”	-1”
13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
+1”	+1”	+1”	+1”	+1”	+1”

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

19	20	21	22	23	24
+1”	+1”	+1”	+1”	+1”	+1”
***Pukul 12 adalah hasil dari nilai akhir setelah ditambah dengan koreksi siklus dan koreksi pertahun**					

Tabel 4.7 Koreksi Perjam *Equation of Time*

Nilai Koreksi EoT Perhari	
1, 6, 11, 16, 21, 26	+0”
2, 7, 12, 17, 22, 26	+1”
3, 8, 13, 18, 23, 28	+2”
4, 9, 14, 19, 24, 29	+3”
5, 10, 15, 20, 25, 30	+4”

Tabel 4.8 Koreksi Perhari *Equation of Time*

2. Analisis praktik penggunaan Istiwa’uzzaman

Kegiatan pengukuran adalah observasi terhadap suatu kuantitas yang dilaksanakan dengan menggunakan instrumen dalam suatu tempat dengan keterbatasan tertentu. Dalam kegiatan pengamatan menggunakan Istiwa’uzzaman ada beberapa hal yang perlu diperhatikan oleh penggunanya. Mengingat bahwa instrumen Istiwa’uzzaman adalah instrumen non-optik yang tidak terlepas dari kesalahan saat menggunakannya. Berikut ini beberapa faktor yang perlu diperhatikan saat menggunakan instrumen Istiwa’uzzaman:

UIN SUNAN AMPEL SURABAYA

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

a. Kedataran tempat

Instrumen Istiwa'uzzaman dapat digunakan dengan baik apabila telah terpasang dan diletakkan di tempat yang datar, sehingga dalam penggunaan Istiwa'uzzaman dibutuhkan komponen penunjang berupa waterpass untuk memverifikasi kedataran tempat. Apabila Istiwa'uzzaman tidak ditempatkan di posisi datar akan mempengaruhi gnomon sebagai petunjuk panjang bayangan matahari dan bidang dial sebagai penanda panjang bayangan yang ditunjukkan oleh gnomon.

b. Sinar matahari yang cukup

Perlu diingat kembali bahwa instrumen Istiwa'uzzaman merupakan instrumen non-optik yang membutuhkan sinar matahari dalam sistem kerjanya. Maka dari itu, diperlukan tempat pengamatan yang terbuka dan terjangkau oleh sinar matahari, seperti lapangan atau pelataran.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

c. Komponen penujang

Sebelum melakukan pengamatan, perlu dilakukan pengecekan ulang terhadap komponen penunjang instrumen Istiwa'uzzaman. Karena tanpa komponen penunjang instrumen Istiwa'uzzaman tidak dapat dioperasikan secara maksimal. Komponen penunjang yang dimaksud antara lain, yakni kalkulator *scientific, waterpass*, kompas, jam tangan dan buku panduan instrumen Istiwa'uzzaman.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

d. Hasil perhitungan

Hasil perhitungan pada instrumen Istiwa'uzzaman adalah salah satu kegiatan pengamatan yang harus diperhatikan. Sebab hasil pengamatan dapat mempengaruhi hasil perhitungan yang dilakukan oleh pengamat. Berikut ini merupakan hasil komparasi antara hasil perhitungan instrumen Istiwa'uzzaman dan ephemeris hisab rukyat dan *google earth* (untuk penentuan koordinat tempat).

Jenis Data	**Instrumen Istiwa'uzzaman**	**Ephemeris Hisab Rukyat dan *Google Earth***
Panjang bayangan gbomon = 0.6		
Lintang Tempat	-7° 38' 16"	-7° 25' 44"
Bujur Tempat	113° 12' 15"	112° 40' 53"
Bujur Ekliptika	350° 23' 00"	350° 21' 28"
Deklinasi Matahari	-3° 48' 43"	-3° 49' 25"
Equation of Time	-9m 49s	-10m 08s

Tabel 4.9 Perbandingan Hasil pada Tanggal 11 Maret 2023

Jenis Data	**Instrumen Istiwa'uzzaman**	**Ephemeris Hisab Rukyat dan *Google Earth***
Panjang bayangan gnomon = 0.7		
Lintang Tempat	-7° 3' 52"	-7° 19' 18"

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Bujur Tempat	113° 56’ 30”	112° 44’ 33”
Bujur Ekliptika	353° 23’ 00”	353° 21’ 07”
Deklinasi Matahari	-2° 37’ 04”	-2° 38’ 34”
Equation of Time	-9m 46s	-9m 19s

Tabel 4.10 Perbandingan Hasil Perhitungan Instrumen Istiwa’uzzaman dan Ephemeris Hisab Rukyat dan *Google Earth* pada tanggal 14 Maret 2023

3. Analisis konstruksi Istiwa’uzzaman

Rancang bangun instrumen Istiwa’uzzaman memiliki beberapa komponen utama, diantaranya yakni:

a. Bidang dial

Bidang dial pada instrumen Istiwa’uzzaman memiliki bentuk lingkatan dengan diameter 30 cm (untuk bidang dial bagian bawah) dan diameter 28 cm (untuk bidang dial bagian atas). Selain itu, instrumen Istiwa’uzzaman juga dilengkapi dengan gnomon yang panjangnya sekitar 9 cm dan terbuat dari besi. Berdasarkan perancangannya alat ini didesain berbentuk lingkaran karena pada dasarnya instrumen Istiwa’uzzaman bertujuan untuk menyempurnakan Rubu’ Mujayyab dari seperempat lingkaran menjadi lingkaran 360 derajat.

b. Berbahan akrilik

Bahan dasar yang dipilih dan digunakan dalam instrumen Istiwa’uzzaman menggunakan bahan dasar akrilik. Selain murah, akrilik juga dapat diatur ketebalannya setiap bidang dial ketika

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

pembuatan. Kelebihan dari akrilik adalah tidak mudah tergores, mudah perawatannya dan praktis untuk dibawa kemanapun.

c. Bidang lintang

Konstruksi yang tidak kalah penting adalah bidang lintang dengan bahan dasar besi sepanjang 35 cm. Bahan dasar besi pada idang lintang memiliki keunggulan yakni tahan banting dan tidak mudah rusak dibandingkan dengan bahan dasar lainnya.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Menurut hasil penelitian yang dikaji oleh peneliti dengan judul Rancang Bangun Instrumen Non-Optik Istiwa'uzzaman dapat diambil beberap kesimpulan, diantaranya yakni:

1. Seacara garis besar instrumen Istiwa'uzzaman dimulai dengan pengumpulan informasi dan perbaikan desain. Setelah itu dilakukan pembuatan produk dan revisi untuk mendapatkan keakuratan terhadap instrumen. Setelah diuji dan direvisi tahap selanjutnya dilakukan pembuatan produk final yang siap dipublikasikan dan digunakan.
2. Istiwa'uzzaman memiliki berbagai fungsi, diantaranya yakni untuk penentuan titik koordinat bumi, penentuan bujur ekliptika, penentuan deklinasi matahari, penentuan equation of time, dan jam matahari. Kelebihan dari instrumen Istiwa'uzzaman adalah dapat digunakan hingga 80 tahun kedepan (tahun 2021 hingga tahun 2100).
3. Evaluasi proses pada rancang bangun instrumen Istiwa'uzzaman menghasilkan kesimpulan bahwa proses pembuatan instrumen Istiwa'uzzaman berdasarkan metode reseach and development sehingga dibutuhkan beberapa waktu dan uji coba untuk menghasilkan alat yang baik dan akurat. Evaluasi produk pada rancang bangun instrumen Istiwa'uzzaman menghasilkan kesimpulan yakni instrumen

UIN SUNAN AMPEL S U R A B A Y A
digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Istiwa'uzzaman menjadi alat yang memiliki keunggulan dari produk-produk sebelumnya.

B. Saran

Setelah melakukan penelitian tentang Rancang Bangun Instrumen Non-Optik Istiwa'uzzaman peneliti merasa bahwa dalam menulis terdapat kekurangan baik dalam isi maupun penulisan, karena peneliti juga manusia biasa yang tidak luput dari luput dan kesalahan. Oleh karena itu peneliti memiliki beberapa saran, diantaranya:

1. Instrumen Istiwa'uzzaman merupakan instrumen non-optik yang masih baru dan belum dikenali oleh banyak masyarakat luas.
2. Belum diketahui dasar penemuan nilai koreksi yang dicantumkan, seperti koreksi persiklus, koreksi pertahun, koreksi perhari dan koreksi perjam, baik data bujur ekliptika matahari dan *equation of time*.
3. Dalam instrumen Istiwa'uzzaman yang dibahas dalam penelitian ini belum dijelaskan tentang dua fungsi tambahan Istiwa'uzzaman, yakni sebagai penentuan awal waktu solat zuhur dan asar serta sebagai penentuan arah kiblat.
4. Terakhir, instrumen Istiwa'uzzaman dapat dilakukan uji akurasi dan uji komparasi lebih mendalam terhadap satu persatu fungsi yang dimiliki instrumen Istiwa'uzzaman sebagai tugas akhir, jurnal atau penelitian yang lain berkaitan dengan Ilmu Falak.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Abd. Salam Nawawi. *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, Dan Kalender Hijriah*. Cet. I. Surabaya: Imtiyaz, 2016.

Abdullah Ibrahim. *Ilmu Falak Antara Fiqih Dan Astronomi*. Yogyakarta: Fajar Pustaka Baru, 2016.

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

Arikunto, Suharsimi. *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta, 1990.

Azhari, Susiknan. *Ensiklopedia Hisab Rukyat*. Cetakan III. Yogyakarta: Pustaka Belajar, 2012.

Bisri, K.H. Adib. *Kamus Al-Bisri*. Surabaya: Pustaka Progresif, 1999.

Budiwati, Anisah. "Kajian Tongkat Istiwa' Dalam Penentuan Titik Koordinat Bumi (Perbandingan GPS (Global Positoning System) Dan Google Earth)." UIN Walisongo, 2013.

Butar-Butar, Arwin Juli Rakhmadi. *Khazanah Astronomi Islam Abad Pertengahan*. Purwokerto: UM Purwokerto, 2016.

Departemen Agama RI. *Al-Qur'an Dan Terjemahnya*. Tahun 2002. Semarang: PT Karya Toha Putra Semarang, 2002.

Djam'an Satori, and Aan Komariah. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta, 2009.

Fauzi Kurniawan. "Evaluasi Pelaksanaan Praktik Kerja Industri Jurusan Akuntansi Di SMK Dewantara Candipuro Lampung Selatan." Universitas Lampung, 2014.

Gunawan, Rahmat, Arif Maulana Yusuf, and Lysa Nopitasari. "Rancang Bangun Sistem Presensi Mahasiswa Dengan Menggunakan Qr Code Berbasis Android" 14, no. 1 (July 2021).

Izzuddin, Ahmad. *Ilmu Falak Praktis (Metode Hisab-Rukyat Praktis Dan Solusi Permasalahannya)*. Cetakan III. Semarang: PT Pustaka Rizki Putera, 2017.

Jean Meeus. *Astronomical Algorithms*. edisi kedua. Virginia: Willman-Bell Inc, 1998.

Kemenag RI. *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*. Cet. I. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendis dan Diktis, 2012.

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Kohar, Abdul. "Inovasi Instrumen Thabaq Al-Manatiq Al-Kashi Sebagai Hisab Awal Bulan Kamariah." UIN Walisongo, 2019.

M. Sayuthi Ali. *Ilmu Falak*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 1997.

Muh. Ma'shum bi Ali. *Ad-Durusul Falakiyah*. Jombang: Sa'ad bin Nashir Nabhan, 1992.

Muhammad Hidayat. *Pengembangan Media Rubu' al-Mujayyab (Instrumen Astronomi Klasik) Dalam Pendidikan Matematika*. Cetakan I. Yogyakarta: Bildung, 2020.

Muhyidin Khazin. *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 20008.

Mukarram, Akh. *Ilmu Falak (Dasar-Dasar Hisab Praktis)*. Cetakan IV. Sidoarjo: Grafika Media, 2017.

Mustofa, Ali. *Astronomi Dasar Penjabaran Kitab Al-Durus al-Falakiyah Dan Tibyan al-Miqot*. Kediri: Astro Sun3 Kediri, n.d.

Qulub, Siti Tatmainul. "Desain Pengembangan Kurikulum Program Studi Ilmu Falak UIN Sunan Ampel Surabaya Berbasis Integrated Twin Towers." *Prodi Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya* 1, no. 1. Journal of Islamic Astronomy (January 2020).

———. *Ilmu Falak Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*. Depok: PT Raja Grafindo Persada, 2017.

Rinto Anugraha. *Mekanika Benda Langit*. Yogyakarta: Lab FMIPA UGM Yogyakarta, 2012.

S. Basuki Kartawiharja. *Penentuan Asimut Dengan Pengamatan Matahari*. Yogyakarta: Kansius, 1998.

Sakirman. "Spirit Budaya Islam Nusantara Dalam Konstruks "Rubu' Mujayyab"," no. Jurnal Ilmiah Kajian antropologi (n.d.).

Slamet Hambali. *Pengantar Ilmu Falak*. Semarang: Etose Digital Publishing, 2012.

Soekanto, Soerjono. *Pengantar Penelitian Hukum*. Jakarta: UI Press, 2006.

Sugiyono, Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Cet. ke-14. Bandung: Alfabeta, 2011.

Suryani. "Metodologi Penelitian Model Praktis Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif." UPI, 2010.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id

Umul Maghfuroh. “Uji Akurasi I-Zun Dial Dalam Penentuan Titik Koordinat Suatu Tempat.” UIN Walisongo, 2016.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id digilib.uinsa.ac.id