

**MODIFIKASI *GUNTER'S QUADRANT* SEBAGAI
INSTRUMEN HISAB AWAL WAKTU SALAT**

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Magister
dalam Ilmu Falak



Oleh:

Muhammad Syaoqi Nahwandi

NIM. 1702048013

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

2019

MOTTO

إِضَاعَةُ الْوَقْتِ أَشَدُّ مِنَ الْمَوْتِ^١

"Menyia-nyiakan waktu lebih berbahaya daripada mati"
–Ibn Qayyim al-Jauziyah

^١ Abū ‘Abdillāh Muhammad bin Abī Bakr bin Ayyūb bin Qayyim al-Jauziyah, *al-Fawā'id*, Riyad: Dar ‘Ālam al-Fawā'id, tt., hal. 45

PERSEMBAHAN

“Saya persembahkan tulisan sederhana ini untuk
Almarhum Mbah H. Mansur Mu'thy al-Kaff
Almarhum Mbah H. Abdul Mudhorr
Mbah Hj. Ma'munah al-Kahfi
Bapak H. Ma'mun al-Kahfi
Ibu Siti Markhamah
dan Semua Keluarga Tercinta”



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

Jalan Prof. Dr. H. Hamka, Ngaliyan, Telp/Fax (024) 760129,
Semarang, 50189

PENGESAHAN TESIS

Tesis yang ditulis oleh:

Nama : **Muhammad Syaoqi Nahwandi**
NIM : 1702048013
Prodi : S2 Ilmu Falak
Judul Penelitian : **Modifikasi *Gunter's Quadrant* sebagai
Instrumen Hisab Awal Waktu Salat**

telah dilakukan revisi sesuai saran dalam Sidang Ujian Tesis pada tanggal 23 Juli 2019 dan layak dijadikan syarat memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Falak.

Disahkan oleh:

Nama Tanggal Tanda tangan

Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag
Ketua Sidang

29/7/2019

Dr. H. Tholkhatul Khoir M.Ag
Sekretaris Sidang

29-7-2019

Drs. H. Slamet Hambali, M.SI
Penguji I

29/7/2019

Dr. H. Agus Nurhadi, MA.
Penguji II

29/7/2019

NOTA DINAS

Semarang, 15 Juli 2019

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

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

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

Nama : **Muhammad Syaofi Nahwandi**
NIM : 1720048013
Program Studi : S2 Ilmu Falak
Judul : **Modifikasi *Gunter's Quadrant* sebagai
Instrumen Hisab Awal Waktu Salat**

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

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing I,


Dr. Akhmad Arif Junaidi, M.Ag
NIP: 19701208 199603 1 002

NOTA DINAS

Semarang, 12 Juli 2019

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

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

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

Nama : **Muhammad Syaofi Nahwandi**
NIM : 1720048013
Program Studi : S2 Ilmu Falak
Judul : **Modifikasi *Gunter's Quadrant* sebagai
Instrumen Hisab Awal Waktu Salat**

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

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing II,



Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag
NIP. 19720512 199903 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Syaogi Nahwandi
NIM : 1702048013
Judul penelitian : **MODIFIKASI GUNTER'S QUADRANT
SEBAGAI INSTRUMEN HISAB AWAL
WAKTU SALAT**

menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

MODIFIKASI GUNTER'S QUADRANT SEBAGAI INSTRUMEN HISAB AWAL WAKTU SALAT

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

Semarang, 15 Juli 2019

Pembuat Pernyataan,



ABSTRAK

Judul : **Modifikasi *Gunter's Quadrant* sebagai Instrumen Hisab Awal Waktu Salat**
Penulis : Muhammad Syaoqi Nahwandi
NIM : 1702048013

Gunter's Quadrant merupakan buah karya Edmund Gunter dalam memodifikasi *Horary Quadrant*. Meskipun hasil modifikasi, *Gunter's Quadrant* tidak dapat digunakan untuk menghitung waktu salat umat Islam. Padahal pada model sebelumnya buatan astronom Muslim, instrumen *Horary Quadrant* dapat digunakan untuk mengakomodir kebutuhan umat Islam dalam mengetahui waktu-waktu ibadah. Studi ini dimaksudkan untuk menjawab permasalahan: (1) Bagaimana modifikasi *Gunter's Quadrant* agar dapat digunakan sebagai instrumen hisab awal waktu salat ? (2) Bagaimana keakurasian hasil hisab awal waktu salat menggunakan *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi ? Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan atau *Development Research*. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah dokumentasi, wawancara, dan observasi. Sedangkan teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif, verifikatif, dan komparatif.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa (1) modifikasi *Gunter's Quadrant* sebagai instrumen hisab awal waktu salat dapat dilakukan dengan cara memperbaiki desain dasar *Gunter's Quadrant*. Selanjutnya dilakukan penambahan kurva waktu Asar berdasarkan tinggi Matahari, skala *equation of time*, dan kurva koreksi waktu terbit dan terbenam. (2) Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa *Gunter's Quadrant* termodifikasi belum cukup layak untuk dapat dijadikan salah satu alat pedoman untuk menentukan awal waktu salat dengan galat maksimal sebesar 4 menit. Namun dalam keperluan praktis, *Gunter's Quadrant* masih layak untuk difungsikan sebagai instrumen alternatif hisab awal waktu salat dengan basis data ephemeris Matahari rata-rata tahun 2019.

Kata kunci: Modifikasi, *Gunter's Quadrant*, waktu salat

ABSTRACT

Title : **Gunter's Quadrant Modification as An Instrument in Reckoning Prayer Times**
Author : Muhammad Syaoqi Nahwandi
NIM : 1702048013

Gunter's Quadrant is the work of Edmund Gunter in modifying the Horary Quadrant. Despite of the modification, Gunter's Quadrant cannot be used to calculate the Muslims' prayer times. Whereas in previous models that made by Muslim astronomers, the Horary Quadrant can be used to accommodate the needs of Muslims in reckoning prayer times. This study is intended to answer the problem: (1) How is the modification of Gunter's Quadrant to be used as an instrument in reckoning prayer times ? (2) How is the accuracy of the modified Gunter's Quadrant in reckoning Muslims' prayer times? This research is the kind of Development Research. Data collection techniques used are documentation, interviews, and observation. While the data analysis techniques used are descriptive, verification, and comparative.

The results in this study indicate that (1) modification of Gunter's Quadrant as an instrument in reckoning prayer times can be done by improving the basic design of Gunter's Quadrant. Next is the addition of the Asar time curve based on the Sun's altitude, the scale of the equation of time, and the correction curve for sunrise and sunset times. (2) The result of accuracy test shows that the modified Gunter's Quadrant is not sufficiently feasible to be used as a guideline in reckoning prayer times with maximum error 4 minutes. However, in practical terms, Gunter's Quadrant is still feasible to be used as an alternative instrument in reckoning prayer times with Sun's mean ephemeris data in year 2019 as reference.

Keywords: Modification, Gunter's Quadrant, prayer times

ملخص

الموضوع : تعديل ربع غونتر ليكون أداة حساب أوقات الصلاة

باحث : محمد شوقي هوندي

رقم الطالب : ١٧٠٢٠٤٨٠١٣

ربع غونتر هو حاصل عمل لإدمون غونتر في تعديل آلة ربع الساعات. مهما كان ربع غونتر نوعا من تعديل آلة ربع الساعات، لا يمكن استخدام ربع غونتر في حساب أوقات صلاة المسلمين. بينما في النماذج السابقة التي صنعها الفلكيون المسلمون، يمكن استخدام آلة ربع الساعات لتلبية احتياجات المسلمين في حساب أوقات الصلاة. تهدف هذه الدراسة إلى الإجابة عن المشكلة: (١) كيف تعديل ربع غونتر في حساب أوقات الصلاة؟ (٢) كيف مستوى دقة حساب أوقات الصلاة باستخدام ربع غونتر المعدل؟ هذا البحث هو نوع بحث التنمية. والطريقة المستخدمة لجمع البيانات هي الوثائق والمقابلات والمراقبات. والطريقة المستخدمة لتحليل البيانات هي الوصفية والتحقق والمقارنة.

تدلّ نتائج هذه الدراسة على: (١) يمكن إجراء تعديل ربع غونتر كأداة حساب أوقات الصلاة بتحسين التصميم الأساسي لربع غونتر. والتالي هو إضافة منحني الساعات باعتبار ارتفاع الشمس، ومقياس تعديل الوقت، ومنحنى التصحيح لشروق الشمس وغروبها. (٢) تدلّ نتائج اختبار الدقة على أن استخدام ربع غونتر المعدل ليس بكا في الدقة لتحديد بداية أوقات الصلاة بأقصى الخطيئات ٤ دقائق. ومع ذلك، في الاحتياجات العملية، لا يزال ربع غونتر صالح الاستخدام كأداة بديلة لحساب أوقات لصلاة باستخدام بيانات التقويم الفلكي غير المعدل للشمس سنة ٢٠١٩ ميلادية كمرجع.

الكلمات الرئيسية: تعديل، ربع غونتر، أوقات الصلاة

TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan
Kebudayaan RI

Nomor: 158 Tahun 1987 – Nomor: 0543 b/u/1987

1. Konsonan

Arab	Latin	هـ	H
ا	Tidak dilambangkan	ء'
ب	B	ي	Y
ت	T		
ث	Ṣ		
ج	J		
ح	ḥ		
خ	Kh		
د	D		
ذ	Ḍ		
ر	R		
ز	Z		
س	S		
ش	Sy		
ص	ṣ		
ض	ḍ		
ط	ṭ		
ظ	ẓ		
ع	'...		
غ	G		
ف	F		
ق	Q		
ك	K		
ل	L		
م	M		
ن	N		
و	W		

2. Vokal Pendek

Contoh:

Kataba	كَتَبَ	-	yažhabu	يَذْهَبُ
Fa'ala	فَعَلَ	-	su'ila	سُعِلَ
Žukira	ذُكِرَ	-	kaifa	كَيْفَ

3. Vokal Panjang

Contoh:

Qāla	-	قَالَ
Ramā	-	رَمَى
Qīla	-	قِيلَ
Yaqūlu	-	يَقُولُ

4. Ta Marbutah

Contoh :	رَوْضَةٌ	rauḍatu
	رَوْضَةٌ	rauḍah

5. Syaddah (tasydid)

Contoh :	رَبَّنَا	rabbanā
	الْبِرِّ	al-Birr
	نَعَمَّ	na"ama

6. Kata sandang

Contoh :	الرَّجُلِ	al-Rajul
	الشَّمْسِ	al-Syams
	القَلَمِ	al-Qalam

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, dengan taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul **Modifikasi *Gunter's Quadrant* sebagai Instrumen Hisab Awal Waktu Salat** ini dengan baik. Salawat dan salam, semoga senantiasa Allah curahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW beserta seluruh keluarga dan para sahabat yang senantiasa kita harapkan barokah syafa'atnya pada hari akhir. Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat terselesaikan berkat adanya usaha dan bantuan baik berupa moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada :

1. Dr. Akhmad Arif Junaidi, M.Ag., selaku Pembimbing I dan Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M.Ag., selaku Pembimbing II yang telah waktu, tenaga dan pikiran dengan sabar dan tulus ikhlas untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tesis ini.
2. Kedua orang tua dan segenap keluarga penulis, atas segala doa, perhatian, dukungan, dan curahan kasih sayangnya yang sangat besar sekali, sehingga penulis mempunyai semangat untuk menyelesaikan tesis ini.
3. Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang dan Wakil-wakil Dekan yang telah memberikan izin kepada penulis untuk menulis tesis tersebut dan memberikan fasilitas untuk belajar dari awal hingga akhir.

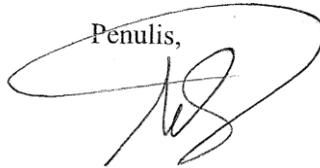
4. Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag. dan seluruh jajaran pengelola S2 Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang, atas segala didikan, bantuan dan kerjasamanya yang tiada henti.
5. Dosen-dosen Ilmu Falak Fakultas Syari'ah dan Hukum semoga ilmu yang diajarkan berkah dan bermanfaat bagi penulis.
6. Seluruh guru penulis yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan serta didikan yang tak ternilai harganya.
7. Keluarga Besar Pondok Pesantren YPMI Al-Firdaus beserta seluruh pengurusnya khususnya kepada Bapak KH. Ali Munir, Bapak Sugeng, dan Bapak Muhtasith selaku pengasuh pondok yang selalu memberikan nasihat dan bimbingannya.
8. Teman-teman santri santri YPMI Al-Firdaus yang penulis tidak bisa sebutkan semuanya, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan pengerjaan tesis ini.
9. Ehsan dan Kohar yang telah banyak membantu penulis dalam proses pengerjaan tesis ini.
10. Teman-teman Padepokan al-Biruni (Ehsan, Farabi, Kohar, Rido, Alamul, Unggul, Rizal, Munir, Gus Isom, Thobroni, Jumal, dan Rofiq) yang membantu dan memotvasi penulis dalam menyelesaikan tesis ini
11. Teman-teman KOPDAR S2 IF 17 (Ehsan, Farabi, Rizal, Unggul, Masruhan, Alamul, Ainul, Farid, Mas Imam, Mursyid, Mas Heri, Halim, Indras, Asih, Ela, dan Iqna) atas kebersamaan yang telah kita lalui bersama sungguh berkesan hingga akhir maut memisahkan.

12. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang secara langsung maupun tidak langsung selalu memberi bantuan, dorongan dan do'a kepada penulis selama melaksanakan studi di S2 Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang.

Pada akhirnya penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini belum mencapai kesempurnaan dalam arti sebenarnya, untuk itu penulis mengharap saran dan kritik konstruktif dari pembaca demi kesempurnaan tesis ini. Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Semarang, 15 Juli 2019

Penulis,



Muhammad Syaogi Nahwandi

NIM. 1702048013

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
MOTTO	ii
PERSEMBAHAN	iii
PENGESAHAN	iv
NOTA PEMBIMBING	v
PERNYATAAN KEASLIAN	vii
ABSTRAK	viii
TRANSLITRASI	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	9
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	9
D. Spesifikasi Produk	10

E. Asumsi Pengembangan.....	11
F. Kajian Pustaka	12
G. Metodologi Penelitian.....	17
H. Sistematika Penulisan	23

BAB II INSTRUMENTASI HISAB AWAL WAKTU SALAT

A. Landasan Hukum Hisab Awal Waktu Salat.....	25
B. Metode Hisab Awal Waktu Salat.....	34
C. Proyeksi Stereografik dalam Instrumentasi Hisab Awal Waktu Salat.....	48
D. Pendapat Ulama tentang Penggunaan Instrumen dalam Hisab Awal Waktu Salat.....	62

BAB III KONSTRUKSI DAN PENGAPLIKASIAN *GUNTER'S QUADRANT*

A. Biografi Intelektual Edmund Gunter.....	65
B. Deskripsi Bagian-Bagian <i>Gunter's Quadrant</i>	72
C. Deskripsi Konstruksi <i>Gunter's Quadrant</i>	77
D. Pengaplikasian <i>Gunter's Quadrant</i> dalam Penentuan Waktu dan Posisi Matahari	88

BAB IV MODIFIKASI *GUNTER'S QUADRANT* UNTUK HISAB AWAL WAKTU SALAT

A. Analisis Kekurangan <i>Gunter's Quadrant</i>	97
B. Modifikasi Desain Dasar <i>Gunter's Quadrant</i>	103
C. Penambahan Fungsi Hisab Awal Waktu Salat pada <i>Gunter's Quadrant</i>	111

D. Deskripsi Penggunaan Hasil Modifikasi <i>Gunter's Quadrant</i> dalam Hisab Awal Waktu Salat.	119
E. Uji Akurasi <i>Gunter's Quadrant</i> Termodifikasi dalam Hisab Awal Waktu Salat.....	128
F. Hasil Penilaian Ahli dan Pengembang Instrumen Falak terhadap <i>Gunter's Quadrant</i> Termodifikasi....	140

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	143
B. Saran-Saran	144

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

- Tabel 1. Posisi titik awal zodiak pada *Gunter's Quadrant*
- Tabel 2. Nilai asensio rekta Matahari untuk masing-masing zodiak
- Tabel 3. Posisi dan pembagian zodiak pada busur ekliptika
- Tabel 4. Posisi awal bulan Masehi pada skala kalender *Gunter's Quadrant*
- Tabel 5. Hasil hisab awal waktu salat menggunakan *Gunter's Quadrant* termodifikasi
- Tabel 6. Perbandingan perhitungan tinggi Matahari antara *Gunter's Quadrant* dan perhitungan tanggal 7 Juli 2019
- Tabel 7. Perbandingan perhitungan tinggi Matahari antara *Gunter's Quadrant* dan perhitungan tanggal 8 Agustus 2019
- Tabel 8. Perbandingan perhitungan tinggi Matahari antara *Gunter's Quadrant* dan perhitungan tanggal 10 Oktober 2019
- Tabel 9. Perbandingan perhitungan tinggi Matahari antara *Gunter's Quadrant* dan perhitungan tanggal 11 November 2019
- Tabel 10. Perbandingan hasil perhitungan waktu salat antara *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan Ephemeris pada tanggal 2 Februari 2019
- Tabel 11. Perbandingan hasil perhitungan waktu salat antara *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan Ephemeris pada tanggal 4 April 2019
- Tabel 12. Perbandingan hasil perhitungan waktu salat antara *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan Ephemeris pada tanggal 5 Mei 2019

Tabel 13. Perbandingan hasil perhitungan waktu salat antara *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan Ephemeris pada tanggal 12 Desember 2019

Tabel 14. Rekapitulasi selisih hisab awal waktu salat antara *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan Ephemeris

Tabel 15. Skala minimal dalam bagian *Gunter's Quadrant* termodifikasi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. *Gunter's Quadrant*

Gambar 2. Ilustrasi Posisi Matahari saat berkulminasi

Gambar 3. Ilustrasi Posisi Matahari setelah penambahan 1 menit dari waktu kulminasi

Gambar 4. Proyeksi Stereografik lingkaran ekliptika, ekuator, dan tropik

Gambar 5. *Horary Quadrant*

Gambar 6. Dua desain *Horary Quadrant* rancangan al-Marrākusyī

Gambar 7. Proyeksi ortogonal pada *Equatorial Sundial*

Gambar 8. Kurva waktu Asar pada *Sundial* yang didesain oleh al-Marrākusyī

Gambar 9. Rancangan kurva waktu salat pada *Astrolabe plate* oleh Ibrāhīm bin Sa'īd al-Sahfī

Gambar 10. Tabel logaritma sinus dan tangen pada buku *Triangulorum Canon*

Gambar 11. *Gunter's Sector*

Gambar 12. *Gunter's Cross Staff*

Gambar 13. *Gunter's Quadrant*

Gambar 14. Detail bagian-bagian *Gunter's Quadrant*

Gambar 15. Tabel skala deklinasi pada *Gunter's Quadrant*

Gambar 16. Pembuatan busur ekliptika

Gambar 17. Tabel nilai asensiorekta sebagai acuan skala bujur Matahari pada *Gunter's Quadrant*

Gambar 18. Tabel nilai kulminasi Matahari di lintang $51^{\circ} 30'$

- Gambar 19. Tabel nilai kulminasi Matahari di lintang $51^{\circ} 30'$ dengan acuan posisi Matahari pada zodiak
- Gambar 20. Tabel tinggi Matahari pada azimuth $0^{\circ} - 90^{\circ}$ untuk lintang tempat $50^{\circ} - 52^{\circ}$
- Gambar 21. Tabel tinggi Matahari pada azimuth $0^{\circ} - 120^{\circ}$ untuk lintang tempat $51^{\circ} 30'$
- Gambar 22. Cara menentukan asensioirekta Matahari dan posisi Matahari pada ekliptika menggunakan *Gunter's Quadrant*
- Gambar 23. Cara menentukan deklinasi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*
- Gambar 24. Cara menentukan tinggi kulminasi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*
- Gambar 25. Cara menentukan tinggi kulminasi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*
- Gambar 26. Cara menentukan tinggi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*
- Gambar 27. Cara menentukan azimuth Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*
- Gambar 28. Cara menentukan waktu Matahari terbit dan terbenam menggunakan *Gunter's Quadrant*
- Gambar 29. Skala kalender pada *Gunter's Quadrant*
- Gambar 30. Skala deklinasi dan busur ekliptika pada *Gunter's Quadrant*
- Gambar 31. Tata koordinat ekuatorial
- Gambar 32. Busur pembantu pada segitiga bola dalam tata koordinat ekuatorial

Gambar 33. Kurva tinggi Matahari saat Asar dengan acuan deklinasi
Matahari untuk lintang $6^{\circ} 59'$ LS

Gambar 34. Kurva koreksi waktu terbit dan terbenam Matahari

Gambar 35. *Gunter's Quadrant* termodifikasi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gunter's Quadrant merupakan pengembangan dari *Horary Quadrant*¹ yang dibuat oleh Edmund Gunter pada tahun 1623.² Modifikasi yang dilakukan oleh Gunter menghasilkan *Horary Quadrant* jenis baru yang memiliki fungsi lebih banyak dari *Horary Quadrant*. *Gunter's Quadrant* tidak hanya dapat menentukan waktu berdasarkan ketinggian Matahari tetapi juga dapat menentukan data ephemeris³ Matahari dan posisi Matahari pada setiap jam di suatu lokasi. Meskipun hasil dimodifikasi, *Gunter's Quadrant* memiliki kekurangan berupa tidak adanya garis-garis ketinggian Matahari yang dapat digunakan untuk menghitung waktu salat umat Islam, tidak seperti *Horary Quadrant* model sebelumnya yang dibuat oleh astronom muslim.

¹ *Horary Quadrant* adalah instrumen berbentuk *quadrant* yang digunakan untuk mencari waktu berdasarkan pembidikan ketinggian Matahari. Waktu yang didapatkan dari hasil pembidikan Matahari ini adalah *equal hour* dan *unequal hour*. Lihat David A. King, David A. King, *Islamic Astronomy*, London: British Museum Press, 1999, hal. 167

² Edmund Gunter, *the Description and Use of the Sector, Cross-Staff, and other Instruments*, London: William Iones, 1636, hal. 250

³ Ephemeris adalah sekumpulan data tentang prediksi posisi atau posisi yang nampak dari benda langit yang dihitung secara teratur sepanjang periode. Lihat Joseph A. Angelo, *Encyclopedia of Space and Astronomy*, New York: Fact On File, inc., 2006, hal. 215

Pada awalnya, instrumen berbentuk *quadrant*⁴ dirancang pertama kali oleh Claudius Ptolemy untuk mengetahui ketinggian benda langit yang diamati. Instrumen tersebut dinamakan *Plinth* atau *Plaque*.⁵ Model *Quadrant* tersebut dikembangkan dan dilengkapi oleh Abū Ja'far al-Khawārizmī menjadi instrumen yang disebut *Rub' Mujayyab (Sine Quadrant)*.⁶ *Rub' Mujayyab* tidak hanya dapat difungsikan untuk mengetahui ketinggian benda langit saja, tetapi juga dapat digunakan sebagai instrumen untuk perhitungan astronomi yang menggunakan rumus-rumus trigonometri.

Instrumen berbentuk *quadrant* terus bermunculan dengan model-model yang berbeda sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. David A. King mengklasifikasikan instrumen *quadrant* yang dibuat

⁴ *Quadrant* adalah instrumen atau alat berbentuk seperempat lingkaran yang digunakan untuk mengukur sudut ketinggian benda dan sebagai alat hitung untuk perhitungan astronomi. Lihat Helaine Selin, *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*, Berlin: Springer Science & Business Media, 2008, Hal 837

⁵ *Plinth* atau *Plaque* adalah batu atau kayu yang diukir dengan gambar *quadrant*. Skala yang ada pada *quadrant* adalah sudut ketinggian dari $0^{\circ} - 90^{\circ}$. Titik pusat *quadrant* ditandai dengan tongkat yang tegak lurus dengan bidang *quadrant*. Dalam penggunaannya, *Plinth* diposisikan tegak lurus dengan bidang horizon. Lihat Claudius Ptolemy, *Almagest*, (terj.) G. J. Toomer, *Ptolemy Almagest*, New Jersey: Princeton University Press, 1998, hal. 62

⁶ *Sine Quadrant* atau *Rub' Mujayyab* adalah instrument *quadrant* yang biasa digunakan oleh astronom muslim pada abad pertengahan untuk mengamati posisi dan ketinggian benda langit, serta untuk mengitung fungsi – fungsi trigonometri. Ciri khas *Sine Quadrant* adalah adanya *grid* pada dua sisi *quadrant* yang terbagi menjadi enam puluh bagian yang sama besar dan dibatasi oleh busur 90° . Lihat David A. King, *Islamic...*, hal. 167

oleh astronom muslim menjadi empat⁷, yaitu: *Sine Quadrant*, *Universal Quadrant*⁸, *Horary Quadrant*, dan *Astrolabe Quadrant*⁹.

Kemunculan *Horary Quadrant* erat kaitannya dengan kebutuhan manusia pada masa tersebut yang mulai menyadari urgensi penentuan waktu dalam kehidupan sehari-harinya.¹⁰ Matahari yang memiliki keteraturan pergerakan mengilhami manusia untuk menjadikannya sebagai penanda waktu. Sehingga dibuatkanlah instrumen untuk dapat membantu manusia dalam penentuan waktu dengan acuan Matahari. Salah satu instrumen yang dirancang untuk kebutuhan ini adalah *Horary Quadrant*.

David A. King mengatakan bahwa belum diketahui secara pasti astronom Muslim yang merancang model *Horary Quadrant* untuk pertama kalinya. Ia menyebutkan beberapa nama astronom Muslim yang kemungkinan menjadi penemu *Horary Quadrant* diantaranya adalah Abū Ja'far al-Khawārizmī, Ḥabasy al-Ḥāsib,

⁷ David A. King, *Islamic Astronomy*, London: British Museum Press, 1999, hal. 167-168.

⁸ *Universal Quadrant* atau *Rubu' Syakkazi* adalah instrument berbentuk quadrant yang digunakan untuk perhitungan astronomi yang dapat digunakan di setiap nilai lintang. Quadrant jenis ini memiliki satu atau dua grid *syakkazi* (universal). Astronom muslim yang terkenal dalam pembuatan model *quadrant* ini adalah Ibn al-Sarraj. Lihat Francois Charette, *Instrumentation in Fourteenth Century Egypt and Syria*, Leiden: Koninklijke Brill NV, 2003, hal. 111. Lihat pula David A. King, *Islamic...*, hal. 167

⁹ *Astrolabe Quadrant* adalah instrument berbentuk *quadrant* yang dikembangkan dari *Astrolabe*. *Quadrant* ini ditandai dengan garis – garis atau kurva yang terdapat pada setengah *Astrolabe*. Tali yang terpasang dari tengah *quadrant* menunjukkan ketinggian benda langit dan dapat digerakkan secara manual untuk kalkulasi posisi benda langit. Lihat David A. King, *Islamic...*, hal. 167

¹⁰ Helaine Selin, *Encyclopaedia...*, hal. 837

dan Šābit bin Qurrah.¹¹ Namun beberapa referensi menyebutkan al-Khawārizmī sebagai penemu *Horary Quadrant*. Pendapat tersebut dikuatkan dengan pernyataan Abū ‘Alī al-Marakusyī yang menyebutkan tentang instrumen bernama *al-zill al-Khawārizmī* yang dapat mengetahui waktu berdasarkan panjang bayangan.¹²

Model dan desain *Horary Quadrant* terus berkembang sesuai dengan kebutuhan manusia. Salah satu yang mengembangkannya adalah Edmund Gunter, seorang pendeta Inggris, ahli matematika, geometri, dan astronom dari keturunan Welsh.¹³ Pengembangan yang dilakukan oleh Gunter berupa adanya penambahan garis-garis azimuth dan modifikasi desain dasar *Horary Quadrant*. Sehingga data Ephemeris Matahari dapat dihitung dengan instrumen *quadrant* miliknya, yang kemudian disebut sebagai *Gunter’s Quadrant*.

Dalam buku *the Description and Use of the Sector, Cross-Staff, and other Instruments*, Gunter mengatakan bahwa acuan yang digunakan dalam *quadrant* miliknya untuk mencari waktu adalah dengan membidik Matahari. Hasil pembidikan Matahari berupa ketinggian Matahari dapat pula digunakan untuk menyelesaikan perhitungan lainnya yang berkaitan dengan waktu dan posisi

¹¹ David A. King, “A Vetustissimus Arabic Treatise on the Quadrant Vetus”, *Journal for the History of Astronomy*, Vol. 33, No. 12, (2002): 237-255

¹² Syaraf al-Dīn Abū ‘Alī al-Ḥasan ibn ‘Alī bin ‘Umar al-Marrākusyī, *Jāmi’ al-Mabādi’ wa al-Ghāyāt fi ilm al-Miqāt*, terj. Fuat Seizgn, *Comprehensive Collection of Principles and Objectives in the Science of Timekeeping*, Frankfurt: Johan Goethe University Press, 1984, Vol. 2, hal. 229

¹³ Guy O. Stenstrom, *Surveying Ready Reference Manual*, New York: McGraw-Hill, 1987, hal. 7

Matahari.¹⁴ Fungsi ini memungkinkan jika suatu instrumen memiliki busur atau kurva yang merupakan proyeksi stereografik¹⁵ pada lingkaran equator.

Pada *Gunter's Quadrant* terdapat busur lingkaran ekliptika¹⁶, equator, meridian, jam, horizon¹⁷, veritkal¹⁸ dan azimuth. Namun karena *Gunter's Quadrant* dirancang untuk dapat menghitung posisi Matahari perjam dalam waktu satu tahun, maka instrumen tersebut hanya dapat digunakan pada satu lintang. Hal ini disebabkan karena garis jam 12 harus selalu bertepatan dengan ketinggian Matahari saat kulminasi yang nilainya berbeda – beda di lokasi yang nilai lintangnya berbeda.¹⁹

¹⁴ Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 250

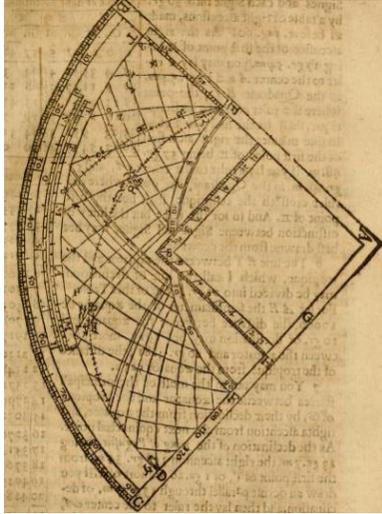
¹⁵ Proyeksi Stereografik adalah gambaran dua dimensi yang merupakan proyeksi dari permukaan sebuah bola sebagai tempat orientasi geometri bidang dan garis. Lihat Donald M. Ragan, *Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques*, Mennesota: Wiley, hal. 59

¹⁶ Lingkaran ekliptika adalah lingkaran besar pada bola langit yang menjadi peredaran semu tahunan Matahari. Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012, Cet. II, hal. 132

¹⁷ Lingkaran horizon atau ufuk adalah lingkaran besar pada bola langit yang membagi bola langit menjadi dua bagian: bagian yang menuju ke zenit dan yang ke nadir. Pada lingkaran horizon terdapat titik arah mata angin. Susiknan Azhari, *Ensiklopedi...*, hal. 132

¹⁸ Lingkaran vertikal adalah lingkaran pada bola langit yang menghubungkan titik zenit dengan titik nadir. Susiknan Azhari, *Ensiklopedi...*, hal. 132

¹⁹ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 230



Gambar 1. *Gunter's Quadrant*²⁰

Gunter mengatakan bahwa *quadrant* hasil modifikasinya dapat digunakan untuk satu lokasi tanpa terkecuali.²¹ Namun James E. Morrison mengatakan bahwa desain yang dirancang oleh Gunter hanya dapat digunakan untuk daerah yang memiliki lintang yang tinggi karena saat dibuat untuk lintang yang mendekati equator, garis – garis azimuth pada *Gunter's quadrant* akan berhimpit rapat dengan garis-garis jam. Sehingga untuk daerah yang mendekati equator, garis – garis azimuth harus dihilangkan. Solusi tersebut akan mengakibatkan berkurangnya fungsi *Gunter's Quadrant*.²²

²⁰ Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 231

²¹ Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 230

²² Fungsi yang berkurang adalah *Gunter's Quadrant* menjadi tidak dapat menghitung nilai azimuth untuk lokasi yang mendekati equator. Lihat James E. Morrison, *The Astrolabe*, Cambridge: Janus Publishing Company, 2007, hal. 242

Dalam pembuatan *quadrant* miliknya, Gunter telah menggambarkan proyeksi lingkaran horizon agar *quadrant* miliknya dapat menghitung waktu saat Matahari terbit dan terbenam. Namun secara astronomi, saat Matahari berada pada lingkaran horizon bukanlah waktu Matahari terbit atau terbenam karena saat itu setengah piringan atas Matahari masih berada di atas ufuk atau nilai ketinggian Matahari adalah 0° .²³ Waktu terbit Matahari yang menjadi akhir waktu salat subuh dan saat Matahari terbenam yang menjadi awal waktu salat Magrib adalah saat semua piringan Matahari berada di bawah ufuk atau nilai ketinggian Matahari yang telah terkoreksi dengan refraksi²⁴ adalah $-0^{\circ}50'30''$ dibulatkan menjadi -1° .²⁵

Busur dan kurva hasil proyeksi stereografik pada *Gunter's Quadrant* menjadikannya instrument yang memiliki fungsi - fungsi yang sama seperti *Sundial*²⁶ dan *Astrolabe*²⁷ dalam perhitungan

²³ Menurut Jean Meeus, tinggi Matahari saat terbit dan terbenam adalah $-0^{\circ}50'$. Lihat Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, Virginia: Willmann-Bell Inc., Edisi II, 1998, hal. 101

²⁴ Refraksi adalah pembiasan cahaya yang disebabkan oleh perbedaan ketebalan atmosfer yang dilalui oleh cahaya benda langit hingga ke pengamat. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi...*, hal. 180

²⁵ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta: Buana Pustaka, hal. 90

²⁶ *Sundial* atau bencet adalah instrumen yang dapat digunakan untuk mengetahui waktu berdasarkan bayangan *gonomon* atau tongkat *istiwa* yang tersinari oleh Matahari. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi...*, hal. 247

²⁷ *Astrolabe* adalah Astrolabe adalah instrumen astronomi klasik yang biasa digunakan untuk mengejawantahkan fenomena langit. Secara bahasa, Astrolabe berasal dari bahasa Yunani, astron dan labio. Astron artinya bintang, sedangkan labion artinya pengintai atau pengukur. David A. King, "The Origin of the Astrolabe According to the Medieval Islamic Sources", *Journal for the History of Arabic Science*, Vol. 5, 1981, hal. 43

waktu dan posisi Matahari. Namun *Gunter's Quadrant* belum memuat semua fungsi *Astrolabe*. Kekurangan tersebut adalah tidak adanya kurva ketinggian Matahari di bawah horizon berikut skala jam saat tersebut. Bagi orang Islam, ketiadaan kurva dan skala tersebut menyebabkan *Gunter's Quadrant* tidak dapat menghitung awal waktu salat Maghrib, Isya', dan Subuh.

Dengan demikian, meskipun *Gunter's Quadrant* merupakan pengembangan dari *Horary Quadrant* yang dibuat pertama kali oleh astronom muslim, *Gunter's Quadrant* belum dapat difungsikan sebagai instrumen hisab awal waktu salat. Padahal pada desain sebelum pengembangannya, *Horary Quadrant* dan instrumen lainnya buatan astronom muslim dapat digunakan untuk hisab waktu salat untuk mengakomodir kebutuhan umat Islam dalam mengetahui waktu-waktu ibadahnya.

Mengetahui masuknya waktu shalat menjadi salah satu syarat wajib salat.²⁸ Dalam pembuatan instrumen falak untuk penentuan waktu, para astronom muslim selalu menyertakan fungsi perhitungan awal waktu ibadah umat Islam pada instrumen tersebut. Hal ini mengindikasikan adanya keinginan kuat para astronom muslim untuk menjadikan astronomi atau ilmu falak sebagai solusi mempermudah pelaksanaan ibadah umat Islam. Begitu pula dengan adanya *Gunter's Quadrant* yang merupakan pengembangan dari *Islamic Horary Quadrant*.

²⁸ Lihat Muhammad Jawād Mughniyah, *Fiqh al-Imām Ja'far al-Ṣādiq 'Ardh wa Istidlāl*, (terj.) Samsuri Rifa'i, dkk., Jakarta: Lentera, 2009, hal. 211

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini mengkaji konsep pembuatan *Gunter's Quadrant* dan memodifikasinya menjadi sebuah instrumen yang dapat digunakan instrumen yang dapat digunakan untuk hisab awal waktu salat di suatu lokasi dengan model baru yang dapat dirancang tanpa pengecualian nilai lintang tempat.

B. Rumusan Masalah

Pada dasarnya penelitian ini menitikberatkan pada upaya mengungkap konsep pembuatan *Gunter's quadrant* dan modifikasinya untuk melengkapi kekurangan *Gunter's quadrant* sehingga dapat digunakan sebagai instrumen hisab awal waktu salat yang sederhana di suatu lintang tempat tanpa terkecuali. Secara kongkrit permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana modifikasi *Gunter's Quadrant* agar dapat digunakan sebagai instrumen hisab awal waktu salat ?
2. Bagaimana keakurasian hasil hisab awal waktu salat menggunakan *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi ?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui modifikasi *Gunter's Quadrant* agar dapat digunakan sebagai instrumen hisab awal waktu salat
2. Mengetahui keakurasian hasil hisab awal waktu salat menggunakan *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan sumbangan kajian instrumen Falak klasik buatan astronom Barat yang dikenal dengan nama *Gunter's Quadrant*
2. Memberikan sumbangan pemikiran untuk melengkapi kekurangan *Gunter's Quadrant* agar dapat digunakan sebagai instrumen hisab awal waktu salat di suatu lintang tempat tanpa terkecuali, khususnya di lokasi yang memiliki lintang tempat kecil karena mendekati equator seperti Indonesia.

D. Spesifikasi Produk

Spesifikasi Produk yang diharapkan dalam penelitian pengembangan ini adalah:

1. Instrumen *Gunter's Quadrant* dengan modifikasi untuk hisab awal waktu salat di suatu lokasi
2. Instrumen *Gunter's Quadrant* dimodifikasi tanpa mengurangi elemen baik berupa garis atau kurva yang telah ada pada desain awal
3. Adanya penambahan garis atau kurva ketinggian Matahari saat awal waktu salat yang telah dihitung selama satu tahun di suatu lokasi.
4. Data lokasi yang dijadikan contoh dalam pembuatan modifikasi *Gunter's Quadrant* adalah lintang Semarang, yaitu $6^{\circ} 59'$ LS.
5. Adanya penambahan berupa kurva atau skala *equation of time*²⁹ untuk mengkonversi sistem waktu *unequal hour*³⁰ pada

²⁹ *Equation of time* atau perata waktu adalah selisih antara waktu kulminasi Matahari hakiki dengan waktu Matahari rata – rata. Data ini

Gunter's Quadrant menjadi sistem waktu pertengahan agar hasil hisab awal waktu salat dapat digunakan di masa sekarang.

6. Pembuatan desain modifikasi *Gunter's Quadrant* menggunakan Corel Draw 5X yang akan dicetak dan ditempelkan pada kayu berbentuk kuadran.
7. Adanya lubang pada kayu untuk pembidikan Matahari serta benang dan bandul yang ditambahkan pada *Gunter's Quadrant* untuk mengetahui ketinggian Matahari pada saat pembidikan dan juga hisab awal waktu salat secara manual.

E. Asumsi Pengembangan

Asumsi dalam penelitian dan pengembangan *Gunter's Quadrant* sebagai instrumen hisab awal waktu salat adalah sebagai berikut:

1. *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi dapat digunakan sebagai instrumen untuk hisab awal waktu salat dengan sistem waktu pertengahan yang digunakan pada masa ini.
2. Desain *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi dapat melengkapi kekurangan desain awal yang tidak dapat diterapkan di lokasi yang mendekati equator

diperlukan dalam hisab awal waktu salat. Susiknan Azhari, *Ensiklopedi...*, hal. 62

³⁰ *Unequal hours* adalah sistem waktu yang digunakan di Eropa pada abad pertengahan yang durasi satu jamnya berbeda – beda. Perbedaan durasi satu jamnya disebabkan karena sistem waktu ini mengacu pada durasi siang hari dan malam hari yang berbeda – beda tergantung musim. Lihat Joseph A. Angelo, *Encyclopedia...*, hal. 478

3. Uji keakurasian hasil hisab awal waktu salat menggunakan *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi dilakukan dengan metode observasi dan kalkulasi pada lokasi yang memiliki nilai lintang tempat $6^{\circ}59'$ LS.

F. Kajian Pustaka

Penulis telah melakukan penelusuran terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Di antara penelitian-penelitian terdahulu tersebut adalah sebagai berikut:

R. Darren Stanley dalam tesisnya *Quadrant Constructions and Applications in Western Europe during the Early Renaissance* membahas tentang jenis-jenis *quadrant*, pembuatan, dan penggunaannya di Eropa Barat pada awal *Renaissance* dari awal abad ke-16 hingga pertengahan abad ke-17. Darren juga memaparkan beberapa modifikasi *quadrant* yang dilakukan oleh orang Eropa untuk kepentingan astronomi, navigasi, survey, kartografi, dan militer. Namun pada tesis Darren belum terdapat penjelasan mengenai modifikasi *Gunter's Quadrant* untuk kepentingan penentuan waktu ibadah umat Islam serta belum terdapat penjelasan mengenai modifikasinya agar dapat digunakan di satu lintang tanpa terkecuali. Hal ini dikarenakan fokus penelitian Darren adalah pada pembuatan, penggunaan, dan

modifikasi *quadrant* yang dilakukan di Eropa pada awal *Renaissance*.³¹

M. Viladrich dalam artikelnya *Medieval Islamic Horary Quadrants for Specific Latitudes and Their Influence on European Tradition*, mengemukakan tentang model – model *Horary Quadrant* yang pernah dirancang oleh astronom muslim dan pengaruhnya terhadap model yang ada di Eropa. Viladrich menyatakan ada 3 buah model kurva jam yang pernah dirancang oleh astronom muslim yaitu kurva *sigmoid*, bentuk yang tergantung letak skala bujur Matahari, dan berbentuk layar. Desain – desain tersebut menurut Viladrich mempengaruhi desain *Horary Quadrant* yang ada di Eropa, seperti *Gunter's Quadrant*. Viladrich menilai *Gunter's Quadrant* merupakan inovasi yang *genuine* terhadap pengembangan *Horary Quadrant*. Namun gagasan proyeksi stereografik dari equator dan *solstice* telah dirancang oleh astronom muslim dan Eropa sebelumnya.³²

Perbedaan dengan penelitian ini adalah fokus penelitian. Dalam artikelnya, M. Viladrich mengemukakan pengaruh *Horary Quadrant* karya astronom muslim terhadap desain *quadrant* yang dikembangkan di Eropa, seperti *Gunter's Quadrant*. Sedangkan penelitian ini berfokus pada pengembangan desain *Gunter's*

³¹ R. Darren Stanley, *Quadrant Constructions and Applications in Western Europe during the Early Renaissance*, Tesis Magister Sains Departemen Matematika dan Statistika, Simon Fraser University, Wellington, 1994

³² M. Viladrich, "Medieval Islamic Horary Quadrants for Specific Latitudes and Their Influence on the European Tradition", *Suhayl -Journal for the history of the exact and natural sciences in Islamic Civilisation*, Vol I (2000), 273-355

Quadrant agar dapat dijadikan instrumen hisab awal waktu salat di lintang tempat yang spesifik tanpa pengecualian.

David A. King dalam artikelnya *A Vetustissimus Arabic Treatise on The Quadrants Vetus* mendeskripsikan manuskrip berbahasa Arab milik astronom muslim mengenai model – model *Horary Quadrant* dan penggunaannya dalam penentuan waktu salat Zuhur, dan Asar.³³ Artikel King berfokus kepada pendeskripsian konstruksi model – model *Horary Quadrant* pada manuskrip milik seorang astronom muslim dari Baghdad dan penggunaannya dalam penentuan waktu salat Zuhur dan Asar yang cukup berbeda dengan penelitian ini, karena *Gunter's Quadrant* merupakan pengembangan dari *Horary Quadrant* sebelumnya. Sehingga perancangan desain garis ketinggian Matahari maupun bayangan saat waktu salat pada *Gunter's Quadrant* akan berbeda dengan model – model yang dijelaskan oleh David A. King.

James E. Morrison dalam bukunya *The Astrolabe* mengatakan bahwa desain *Gunter's Quadrant* tidak dapat diterapkan untuk lokasi dengan lintang tempat yang kecil. Hal ini disebabkan karena hasil pembuatan kurva azimuth pada lokasi dengan nilai lintang yang kecil akan bertumbukan dengan garis – garis jam. Sehingga Morrison menyarankan untuk membuang kurva

³³ David A. King, “A Vetustissimus Arabic Treatise on the Quadrant Vetus”, *Journal for the History of Astronomy*, Vol. 33, No. 12, (2002): 237-255

azimuth pada *Gunter's Quadrant* jika instrumen tersebut dirancang untuk nilai lintang yang kecil.³⁴

Ahmad Fadholi dalam tesisnya *Analisis Komparasi Perhitungan Waktu Salat dalam Teori Geosentrik dan Geodetik* menemukan bahwa hasil pengamatan tinggi Matahari dengan menggunakan lintang geodetik sesuai dengan kenyataan di lapangan dan pengujian dengan lintang geosentrik tidak tepat di tengah, serta masih ada kekurangan lima sampai enam detik untuk mencapai ke-tengah lingkaran penuh pada lensa *Theodolite*, ini disebabkan adanya pengaruh lintang dan deklinasi yang berubah setiap waktu. Kemudian dalam perhitungan awal waktu salat tidak terjadi perbedaan yang signifikan untuk wilayah di Indonesia, berkisar satu sampai tujuh menit, karena Indonesia berada dekat khatulistiwa.³⁵

Dede Romli Tri Putra dalam tesisnya *Perhitungan pengaruh lintang dan perubahan ufuk dalam konversi jadwal waktu salat kalender PBNU tahun 2014* menemukan bahwa selisih beda lintang 2° mencapai 5 menit waktu. Sedangkan beda ketinggian dari 100 hingga 1600 meter bervariasi 1 hingga 4 menit. Dede juga mengusulkan solusi permasalahan tersebut dengan menambahkan selisih waktu yang diakibatkan dari beda lintang dan perubahan ufuk sesuai ketinggian tempat. Perubahan ufuk bisa digunakan

³⁴ James E. Morrison, *The Astrolabe*, Cambridge: Janus Publishing Company, 2007

³⁵ Ahmad Fadholi, *Analisis Komparasi Perhitungan Waktu Salat dalam Teori Geosentrik dan Geodetik*, Tesis Magister Ilmu Falak IAIN Walisongo Semarang, 2013

ketika ketinggian tempat lebih dari 30, karena waktu salat PBNU menggunakan standar -1° yang mana nilai tersebut didapat ketika ketinggian tempat sekitar 30m perubahan ufuk.³⁶

Encep Abdul Rojak, Amrullah Hayatuddin, dan Muhammad Yunus dalam artikelnya *Koreksi Ketinggian Tempat terhadap Fikih Waktu Salat: Analisis Jadwal Waktu Salat Kota Bandung* menemukan bahwa salah satu jadwal waktu salat yang beredar di Bandung dari sistem online Kementerian Agama Pusat belum menggunakan koreksi ketinggian tempat. Berdasarkan perbandingan hasil perhitungan, ditemukan bahwa jika hisab awal waktu salat yang tidak menggunakan koreksi ketinggian tempat digunakan di Bandung yang rata-rata memiliki ketinggian tempat 600 mdpl, maka awal waktu maghrib akan terlampaui 3 menit lebih cepat dibandingkan dengan perhitungan yang menggunakan data real di lokasi Bandung.³⁷

Sejauh penelusuran penulis, belum ditemukan penelitian ataupun tulisan yang secara detail membahas modifikasi *Gunter's Quadrant* agar dapat digunakan sebagai instrumen hisab awal waktu salat di satu lintang tempat tanpa terkecuali dengan tanpa mengurangi kurva yang ada pada desain *Gunter's Quadrant*. Beberapa penelitian telah membahas tentang *Horary Quadrant* dan

³⁶ Dede Romli Tri Putra, *Perhitungan pengaruh lintang dan perubahan ufuk dalam konversi jadwal waktu salat kalender PBNU tahun 2014*, Tesis Magister Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang, 2014

³⁷ Encep Abdul Rojak, dkk., "Koreksi Ketinggian Tempat terhadap Fikih Waktu Salat: Analisis Jadwal Waktu Salat Kota Bandung", *Al-Ahkam*, Vol. 27, No. 2 (2017): 241-266

Gunter's Quadrant serta penggunaan kedua instrumen klasik tersebut untuk mengetahui jam, posisi Matahari, dan data ephemeris Matahari. Namun penelitian – penelitian tersebut belum membahas secara langsung penggunaan *Gunter's Quadrant* sebagai instrumen untuk hisab awal waktu ibadah umat Islam.

G. Metodologi Penelitian

Jenis penelitian yang penulis ambil adalah penelitian pengembangan atau *Development Research*³⁸. Dalam penelitian pengembangan ini, peneliti berupaya melakukan pengkajian sistematis terhadap pendesainan, pengembangan dan evaluasi terhadap instrumen *Gunter's Quadrant* untuk dapat difungsikan dalam hisab awal waktu salat yang harus memenuhi kriteria validitas, kepraktisan dan efektifitas. Rincian metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Model Pengembangan

Model pengembangan yang akan peneliti lakukan adalah mengembangkan *Gunter's Quadrant* agar dapat difungsikan sebagai instrumen hisab awal waktu salat dengan melengkapi kekurangan desain awalnya. Pada penelitian terdahulu telah disebutkan kekurangan desain *Gunter's*

³⁸ *Development Research* adalah riset yang ditujukan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk yang efektif dan adaptabel. Produk hasil dari model penelitian ini diharapkan dapat dipakai untuk meningkatkan dan mengembangkan ilmu dan pengetahuan. Tim Perumus, *Panduan Penulisan Karya Tulis Ilmiah Pascasarjana UIN Walisongo*, Semarang: Pascasarjana UIN Walisongo, 2017, hal. 23

Quadrant saat dirancang untuk tempat yang memiliki nilai lintang yang kecil.

Pengembangan instrumen ini meliputi modifikasi desain dasar *Gunter's Quadrant* yang meliputi kurva dan skala, serta penyesuaian posisi masing-masing bagian untuk melengkapi kekurangan yang ada pada *Gunter's Quadrant*. Modifikasi juga dilakukan dengan menambahkan kurva dan skala yang dibutuhkan agar *Gunter's Quadrant* termodifikasi dapat difungsikan sebagai instrumen hisab awal waktu salat.

2. Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu sumber data primer dan sekunder. Data primer yaitu data yang langsung dikumpulkan oleh peneliti dari sumber pertamanya.³⁹ Data primer tersebut adalah buku *The Description and Use of the Sector, Cross-Staff, and other Instruments*⁴⁰ karya Edmund Gunter yang berisi tentang deskripsi pembuatan dan penggunaan bermacam-macam instrumen yang karya Edmund Gunter, salah satunya adalah *Gunter's Quadrant*. Serta buku-buku tentang perhitungan astronomi dan koordinat bola langit yang akan dijadikan dasar pembuatan kurva jam waktu salat pada *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi. Kemudian data yang digunakan untuk

³⁹ Sumadi Suryabrata, *Metodologi Penelitian*, Jakarta : RajaGrafindo Persada, 2004, hal. 39

⁴⁰ Edmund Gunter, *the Description and Use of the Sector, Cross-Staff, and other Instruments*, London: William Iones, 1636

verifikasi hasil hisab awal waktu salat pada *Gunter's Quadrant* didapatkan dari perhitungan awal waktu salat yang ditulis dalam buku *Ilmu Falak 1* karya Slamet Hambali⁴¹ dan buku *Ephemeris Hisab Rukyat 2019*⁴². Sedangkan data sekunder berupa makalah, artikel, dokumen, berita, dan laporan – laporan yang terkait dengan *Gunter's Quadrant* dan hisab awal waktu salat.

3. Prosedur Pengembangan

Langkah awal dalam penelitian ini adalah tahap penelitian dan pengumpulan informasi awal. Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan literatur mengenai perancangan *Gunter's Quadrant* dan pengaplikasiannya dalam penentuan waktu berdasarkan posisi Matahari. selain itu, peneliti juga mengumpulkan literatur mengenai model – model proyeksi stereografik dan algoritma astronomi terkait dengan transformasi koordinat. Kemudian meneliti kekurangan *Gunter's Quadrant* dalam penerapannya untuk kebutuhan hisab awal waktu salat dan lokasi penelitian.

Tahap kedua adalah perancangan. Pada tahap ini, peneliti merancang model modifikasi kurva – kurva pada *Gunter's Quadrant* dan penambahan beberapa skala dan kurva yang baru untuk kebutuhan hisab awal waktu salat.

⁴¹ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 : Penentuan Awal Waktu Salat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, cet. I, 2011.

⁴² Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah, *Ephemeris Hisab Rukyat 2019*, Jakarta: Kementerian Agama RI, 2019

Perancangan modifikasi instrumen ini mengacu pada hasil perhitungan data bujur, deklinasi, *altitude*, dan azimuth Matahari rata-rata dalam satu tahun dengan nilai lintang tempat $6^{\circ} 59'$ LS.

Tahap ketiga adalah pembuatan instrumen *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi. Pada tahap ini, peneliti membuat desain *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi menggunakan *software* Corel Draw 5x dan kemudian dicetak dan ditempelkan pada kayu berbentuk *quadrant*. Untuk melengkapinya, benang dan bandul juga ditautkan pada instrumen tersebut.

Tahap keempat adalah uji akurasi. Pada tahap ini peneliti melakukan perhitungan awal waktu salat dengan menggunakan *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan perhitungan falak dengan rumus-rumus yang terdapat pada buku *Ilmu Falak 1* karya Slamet Hambali. Perhitungan dengan dua metode ini dimaksudkan untuk menguji kesesuaian hasil hisab awal waktu salat antara *Gunter's Quadrant* termodifikasi dengan hisab awal waktu salat menggunakan rumus – rumus yang digunakan di masa sekarang, sekaligus mendapatkan selisih hasil hisab antara dua metode tersebut. Dengan membandingkan hasil hisab awal waktu salat ini dapat diketahui tingkat akurasi hasil hisab awal waktu salat dengan menggunakan *Gunter's Quadrant*.

Tahap kelima adalah revisi produk. Tahap revisi produk kedua dilakukan apabila ditemukan kesalahan hasil yang ditunjukkan oleh *Gunter's Quadrant* dalam uji akurasi.

Tahap keenam adalah sosialisasi. Pada tahap ini peneliti menyampaikan hasil pengembangan berupa *Gunter's Quadrant* termodifikasi kepada para ahli falak dan pegiat ilmu falak.

4. Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data penelitian yang dapat dipertanggungjawabkan, peneliti menggunakan beberapa metode pengumpulan data. Beberapa metode pengumpulan data yang digunakan adalah :

a. Dokumentasi

Metode dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan dan menelaah dokumen-dokumen tertulis berupa buku maupun artikel penelitian yang memiliki relevansi dengan tema penelitian ini. Dalam hal ini, dokumen yang berkaitan dengan *Gunter's Quadrant* dijadikan sebagai sumber data primer

b. Metode Wawancara

Metode wawancara adalah salah satu metode atau cara untuk menggali data dari para informan atau orang yang diwawancarai.⁴³ Dalam hal ini, peneliti melakukan wawancara dengan Slamet Hambali dan Mutoha

⁴³ Andi Prastowo, *Metode Penelitian Kualitatif, Dalam Prespektif Rancangan Penelitian*, Yogyakarta: ar-Ruzz Media, 2012, hal. 212.

Arkanudin untuk mendapatkan kritik dan saran terhadap instrumen yang peneliti kembangkan.

c. Observasi

Observasi yang peneliti lakukan adalah observasi tidak langsung dalam mengumpulkan data ketinggian dan waktu salat yang ditunjukkan oleh *Gunter's Quadrant* sebagai data yang dikomparasikan dengan hisab awal waktu salat pada buku *Ilmu Falak I* karya Slamet Hambali.

5. Teknik Analisis Data

Analisis data penelitian dilakukan untuk dapat menjawab rumusan masalah yang telah disusun. Teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif analitis.⁴⁴ Dalam hal ini, peneliti berupaya menggambarkan sebuah pemahaman secara deskriptif mengenai konstruksi dan pengaplikasian *Gunter's Quadrant*. Kemudian dilakukan proses pengembangan dari intepretasi terhadap konsep dan kebutuhan dalam penggunaan *Gunter's Quadrant* untuk hisab awal waktu salat.

Peneliti juga menggunakan metode verifikasi analitis untuk membuktikan kesesuaian hasil hisab awal waktu salat menggunakan *Gunter's Quadrant* dengan perhitungan. Penelitian ini juga menggunakan teori analisis komparatif atau

⁴⁴ Suatu teknik analisis data dengan menggambarkan suatu peristiwa atau suatu hal yang berkenaan dengan data yang didapatkan. Lihat Saifuddin Azwar, *Metode Penelitian*, Pustaka Pelajar: Yogyakarta. Cet-I, Ed I, 1998, hal. 35.

perbandingan. Analisis komparatif ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil hisab awal waktu salat dengan menggunakan *Gunter's Quadrant* dengan hasil hisab awal waktu salat menggunakan rumus-rumus ilmu falak. Dengan analisis komparatif ini akan didapatkan keakurasian hasil hisab awal waktu salat menggunakan *Gunter's Quadrant*. Tolak ukur dalam tingkat akurasi ini adalah selisih hasil hisab awal waktu salat kedua metode tersebut.

H. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini dibagi menjadi lima bab sebagai berikut:

BAB I merupakan pendahuluan yang berisi tentang uraian latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, spesifikasi produk, asumsi pengembangan, kajian pustaka, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II merupakan landasan teori instrumentasi hisab awal waktu salat yang berisi tentang landasan hukum hisab awal waktu salat, metode hisab awal waktu salat, teori stereografik dalam instrumentasi hisab awal waktu salat, dan pendapat ulama mengenai penggunaan instrumen dalam penentuan awal waktu salat.

BAB III merupakan konstruksi dan pengaplikasian *Gunter's Quadrant* yang berisi tentang biografi intelektual Edmund Gunter, deskripsi bagian-bagian *Gunter's Quadrant*, deskripsi konstruksi

Gunter's Quadrant, dan pengaplikasian *Gunter's Quadrant* dalam penentuan waktu dan posisi Matahari.

BAB IV merupakan modifikasi *Gunter's Quadrant* untuk hisab awal waktu salat dan uji akurasinya yang berisi tentang analisis kekurangan *Gunter's Quadrant*, modifikasi desain dasar *Gunter's Quadrant*, penambahan fungsi hisab awal waktu salat pada *Gunter's Quadrant*, uji akurasi *Gunter's Quadrant* dalam hisab awal waktu salat, dan hasil penilaian ahli dan pengembang instrumen falak terhadap *Gunter's Quadrant* termodifikasi.

BAB V merupakan bab terakhir dalam penelitian ini yang berisi kesimpulan dan saran-saran

BAB II

INSTRUMENTASI HISAB AWAL WAKTU SALAT

A. Landasan Hukum Hisab Awal Waktu Salat

Kata waktu dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia memiliki beberapa arti, diantaranya: (1) seluruh rangkaian saat ketika, proses, perbuatan atau keadaan berada atau berlangsung, (2) lamanya saat tertentu, (3) saat yang tertentu untuk melakukan sesuatu.¹ Dengan demikian, waktu salat dapat diartikan sebagai seluruh rangkaian saat yang telah ditentukan mengenai awal dan akhir serta lamanya waktu diperbolehkan atau diwajibkan untuk melaksanakan salat.

Mengetahui awal waktu salat dengan *yaqīn* atau *ẓann* merupakan salah satu syarat sah salat. Jika seseorang melaksanakan salat tanpa mengetahui awal masuk salat dengan *yaqīn* atau *ẓann*, meski ia salat pada waktunya, maka salatnya tidak sah.² Sahnya pelaksanaan ibadah salat tidak cukup hanya berdasarkan keyakinan telah masuknya waktu salat, tetapi salat tersebut juga harus dilaksanakan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan oleh *nash* al-Qur'an dan Hadis.

¹ Tim Penyusun Kamus Besar Bahasa Indonesia, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2008, hal. 1554

² Ahmad Zainuddin bin Abd al-'Aziz al-Ma'bari al-Malibari, *Fath al-Mu'in bi syarh Qurrah al-'Ain bi Muhimmāt al-Dīn*, Beirut: Dār Ibn Hazm, 2004, hal 87

1. Surat al-Nisā' ayat 103:

إِنَّ الصَّلَاةَ كَانَتْ عَلَى الْمُؤْمِنِينَ كِتَابًا مَّوْقُوتًا

Artinya: “Sesungguhnya shalat itu adalah fardu yang ditentukan waktunya atas orang-orang yang beriman.”(QS. al-Nisā' :103)³

M. Quraisy Syihab menafsirkan lafadz *كِتَابًا مَّوْقُوتًا* dengan makna kewajiban yang tidak berubah. Maksudnya adalah salat merupakan salah satu kewajiban yang harus selalu dilaksanakan, dan kewajiban melaksanakan salat tidak pernah gugur oleh sebab apa pun.⁴

Al-Marāgī mengatakan bahwa salat adalah ibadah yang dihukumi *farḍu mu'akkad*, memiliki waktu-waktu tertentu dan wajib dilaksanakan di waktu-waktu yang telah ditentukan. Melaksanakan salat pada waktunya meski dengan *qasr* saat syarat-syaratnya terpenuhi, lebih utama daripada mengakhirkannya meski dilaksanakan dengan raka'at yang sempurna.⁵

³ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, Bandung: Jabal, 2010, hal. 125

⁴ M. Quraisy Syihab, *Tafsir Al-Misbah*, Jakarta: Lentera Hati, vol. 2, 2005, hal. 570

⁵ Aḥmad Muṣṭafā al-Marāgī, *Tafsīr al-Marāgī*, Kairo: Maktabah Muṣṭafā al-Bābī al-Halabī, tth, Juz 5, hal. 143

2. Surat Hūd ayat 114:

وَأَقِمِ الصَّلَاةَ طَرَفِي النَّهَارِ وَزُلْفًا مِنَ اللَّيْلِ ۚ إِنَّ الْحَسَنَاتِ يُذْهِبُنَ السَّيِّئَاتِ ۚ
ذَلِكَ ذِكْرِي لِلذَّاكِرِينَ

Artinya: “Dan dirikanlah sembahyang itu pada kedua tepi siang (pagi dan petang) dan pada bahagian permulaan daripada malam. Sesungguhnya perbuatan-perbuatan yang baik itu menghapuskan (dosa) perbuatan-perbuatan yang buruk. Itulah peringatan bagi orang-orang yang ingat.” (QS. Hūd: 114)⁶

Kata زُلْفًا merupakan bentuk jamak dari kata زلفة yang memiliki makna waktu-waktu yang saling berdekatan, bagian dari malam (dalam arti awal waktu setelah terbenamnya Matahari). Ayat tersebut mengandung perintah untuk melaksanakan salat dengan teratur dan benar sesuai dengan ketentuan rukun, syarat dan sunah. Adapun yang di maksud dengan ”pada kedua tepi siang” yakni pagi dan petang, Subuh, Zuhur, dan Asar. Sedangkan yang dimaksud dengan ”pada bagian permulaan dari malam” yaitu Magrib dan Isya.⁷

3. Surat al-Isrā’ ayat 78:

أَقِمِ الصَّلَاةَ لِدُلُوكِ الشَّمْسِ إِلَىٰ عَسَقِ اللَّيْلِ وَقُرْآنَ الْفَجْرِ ۚ إِنَّ قُرْآنَ الْفَجْرِ كَانَ
مَشْهُودًا

⁶ Kementerian Agama RI, *Al-Qur’an* ..., hal. 315

⁷ Abu al-Qāsim Jārullāh Muhammad bin ‘Umar bin Muhammad al-Zamakhsyary, *al-Kasysyāf ‘an Haqāiq Gawāmid al-Tanzīl wa ‘Uyūn al-Aqāwīl fī Wajh al-Ta’wīl*, Jilid II, Beirut: Dar al-Kutub al-Ālamiah, tt, hal. 418.

Artinya: “Dirikanlah shalat dari sesudah matahari tergelincir sampai gelap malam dan (dirikanlah pula shalat) subuh. Sesungguhnya shalat subuh itu disaksikan (oleh malaikat).” (QS. al-Isra: 78)⁸

Al-Rāzī dalam kitabnya *Mafātīḥ al-Gaib* mengatakan bahwa para ahli bahasa dan *mufasssir* berbeda pendapat mengenai makna lafadz ذُلُوكِ الشَّمْسِ. Dua pendapat tentang makna tersebut adalah:

- a. *Dulūk al-Syams* bermakna terbenamnya Matahari. Pendapat ini diriwayatkan oleh beberapa sahabat Nabi, di antaranya: Ibn Mas’ūd dan Ibn ‘Abbās. Pendapat ini juga diikuti oleh al-Farrā’ dan ibn Qutaibah.
- b. *Dulūk al-Syams* bermakna tergelincirnya Matahari dari tengah langit. Pendapat ini diriwayatkan oleh mayoritas sahabat Nabi dan tabi’in.⁹

Al-Rāzī memilih pendapat kedua dengan argument jika makna lafadz *Dulūk al-Syams* adalah terbenamnya Matahari, maka ayat tersebut hanyalah menyebutkan tentang tiga salat saja yaitu Magrib, Isya dan Subuh. Sedangkan salat yang diwajibkan atas umat Islam berjumlah lima salat. Sehingga

⁸ Kementerian Agama RI, *Al-Qur’an ...*, hal. 395

⁹ Muhammad al-Rāzī Fakhrudīn bin Diyā’ al-Dīn Umar, *Mafātīḥ al-Gaib*, Beirut: Dar al-Fikr, tt., Juz 21, hal. 26

pemaknaan yang lebih baik dari lafaz *Dulūk al-Syams* adalah tergelincirnya Matahari dari tengah langit.¹⁰

Surat al-Isra ayat 78 ini mengandung perintah untuk terus melaksanakan lima salat sejak tergelincirnya Matahari dari tengah langit hingga waktu gelapnya malam dan ditambahkan dengan salat saat terbitnya fajar. Salat yang dilaksanakan sejak Matahari tergelincir hingga gelapnya malam ialah salat Zuhur, Asar, Magrib dan Isya. Sedangkan salat di waktu fajar ialah salat Subuh.¹¹

4. Hadis riwayat Muslim:

وحدثني أحمد بن إبراهيم الدورقي، حدثنا عبد الصمد، حدثنا همام، حدثنا قتادة، عن أبي أيوب، عن عبد الله بن عمرو، أن رسول الله صلى الله عليه وسلم، قال : وقت الظهر إذا زالت الشمس، وكان ظل الرجل كطوله، ما لم يحضر العصر، ووقت العصر ما لم تصفر الشمس. ووقت صلاة المغرب ما لم يغب الشفق، ووقت صلاة العشاء إلى نصف الليل الأوسط. ووقت صلاة الصبح من طلوع الفجر ما لم تطلع الشمس، فإذا طلعت الشمس فأمسك عن الصلاة؟ فإنها بين قرني الشيطان (رواه مسلم)¹²

Artinya: Ahmad bin Ibrāhīm al-Dauraqī telah menceritakan kepadaku, Abd al-Şamad telah menceritakan kepada

¹⁰ Muhammad al-Rāzī Fakhrudīn bin Diyā' al-Dīn Umar, *Mafātīh ...*, hal. 27

¹¹ Muhammad al-Rāzī Fakhrudīn bin Diyā' al-Dīn Umar, *Mafātīh ...*, hal. 27

¹² Abū al-Husain Muslim bin al-Hajjāj al-Qusyairī al-Naisābūrī, *Şaḥīḥ Muslim*, Beirut: Dār Ihyā al-Turās al-Arabiyyah, 2010, Juz 1, no hadis: 173, hal. 427

kami, Hamām telah menceritakan kepada kami, Qatādah telah menceritakan kepada kami, dari Abū Ayyūb, dari Abdullāh bin ‘Amr, bahwa Rasūlullāh saw. Bersabda: ”Waktu salat Zuhur adalah ketika Matahari tergelincir hingga panjang bayangan seseorang sebagaimana tingginya selama belum masuk waktu salat Asar. Waktu salat Asar adalah selagi Matahari belum menguning. waktu salat Maghrib adalah selagi *syafaq* belum hilang, dan waktu shalat Isyā hingga tengah malam, dan waktu salat Subuh semenjak terbit fajar selama matahari belum terbit. Jika matahari terbit, maka tahanlah diri dari shalat karena ketika itu matahari terbit antara dua tanduk setan.” (HR Muslim)

Dalam hadis yang diriwayatkan oleh Muslim di atas, telah dipaparkan cukup jelas tentang cara mengetahui masuk dan berakhirnya waktu-waktu salat dengan melihat tanda-tanda alam seperti: tergelincirnya Matahari dari tengah langit ke Barat, panjang bayangan benda yang tersinari oleh Matahari, terbenamnya Matahari, hilangnya *syafaq*¹³, dan terbitnya fajar¹⁴.

¹³ *Syafaq* adalah sisa sinar Matahari dan kemerah-merahannya yang terlihat di awal malam saat Matahari terbenam hingga datangnya waktu Isya. Lihat Jamāl al-Dīn Muhammad bin Mukrim bin Manzūr al-Ifrīqī al-Miṣrī, *Lisān al-‘Arab*, Beirut: Dār Ṣādir, 2010, Jilid 10, hal. 180

¹⁴ Fajar yang dimaksudkan adalah fajar kedua yang ditandai dengan munculnya sinar putih yang melintang di ufuk timur. Lihat Syaraf al-Dīn Abū al-Najā Mūsā bin Ahmad al-Hajāwī, *Zād al-Mustaqni’ fi ikhtiṣār al-Muqni’*, Riyadl: Madar al-Wathn, tt., hal. 40

5. Hadis riwayat Abū Dawūd

حدثنا عبيد الله بن عمر، حدثنا يزيد بن زريع، حدثنا محمد بن إسحاق، حدثني يزيد بن أبي حبيب، عن مرثد بن عبد الله، قال: لما قدم علينا أبو أيوب غازيا وعقبة بن عامر يومئذ على مصر فأخبر المغرب فقام إليه أبو أيوب، فقال: له ما هذه الصلاة يا عقبة، فقال: شغلنا، قال: أما سمعت رسول الله صلى الله عليه وسلم يقول: لا تزال أمتي بخير - أو قال: على الفطرة - ما لم يؤخروا المغرب إلى أن تشتبك النجوم (رواه أبو داود)¹⁵

Artinya: ‘Ubaidullāh bin ‘Umar telah menceritakan kepada kami, Yazīd bin Zurai’ telah menceritakan kepada kami, Muhammad bin Ishāq telah menceritakan kepada kami, Yazīd bin Abī Ḥabīb telah menceritakan kepadaku, dari Maršad bin Abdillah, dia berkata: Ketika Abū Ayyūb datang kepada kami berperang dan ‘Uqbah bin ‘Āmir ketika itu menjadi penguasa Mesir lalu ia mengakhirkan salat Magrib maka Abū Ayyūb bertanya kepadanya: Salat apakah ini, wahai ‘Uqbah ? Maka ‘Uqbah menjawab, Kami sangat sibuk. Abū Ayyūb berkata: Apakah kamu tidak mendengar Rasūlullāh saw bersabda: “Umatku senantiasa dalam kebaikan -atau fitrah- selagi mereka tidak mengakhirkan salat Magrib sampai bintang-bintang gemerlapan. (HR. Abū Dāwūd)

Dalam kitab *Syarḥ Misykāh al-Maṣābīḥ* disebutkan bahwa hadis tersebut merupakan anjuran untuk menyegerakan melaksanakan salat Magrib. sebelum nampak jelasnya

¹⁵ Abū Dāwūd Sulaimān bin al-Asy’as al-Sijistānī, *Sunan Abī Dāwūd*, Riyad: Maktabah al-Ma’ārif li al-Nasyr wa al-Tauzī’, 1988, hal. 29

bintang-bintang di langit, sebagaimana yang dijelaskan dan dilakukan oleh para Sahabat Nabi dan Tābi⁷in. Kata *tasytabik al-Nujūm* menurut Ibn Malik bermakna terlihatnya banyak bintang di langit dan saling terangkai sehingga dapat diumpamakan seperti jaring (*syabakah*). Hadis ini menunjukkan bahwa tidak adanya kemakruhan dalam melaksakan salat Magrib di saat bintang mulai muncul dan dihukumi makruh saat bintang-bintang telah tampak banyak seperti jaring.¹⁶

Menurut Ibn Khuzaimah, batas akhir pelaksanaan salat Magrib adalah hilangnya *syafaq*. Fenomena *isytibāk al-Nujūm* terjadi sebelum hilangnya *syafaq* dan terdapat jeda waktu yang cukup panjang. Sesaat setelah *isytibāk al-Nujūm*, seseorang dapat melaksanakan salat lebih dari empat raka'at sebelum *syafaq* menghilang.¹⁷

Nash dari al-Qur'an dan Hadis yang telah dipaparkan sebelumnya memberikan penjelasan mengenai waktu-waktu salat berdasarkan dengan tanda-tanda alam yang disebabkan oleh posisi Matahari. Adanya ketentuan waktu pelaksanaan salat ini memberikan kemudahan bagi umat Islam untuk menjalankan ibadahnya sesuai waktu-waktu salat yang telah ditentukan. Dengan ketentuan waktu ibadah itu pula, umat Islam dapat mengetahuinya

¹⁶ Muhammad bin Abdullah al-Khaṭīb al-Tibrīzī, *Syarḥ Misykāh al-Maṣābīḥ*, Beirut: Dar al-Kutub al-Ilmiyah, 2001, Juz 2, hal. 291

¹⁷ Abū Bakr Muhammad bin Ishāq bin Khuzaimah, *Ṣaḥīḥ Ibn Khuzaimah*, Riyad: al-Maktabah al-Islami, 1980, Juz 1, hal. 2017

dengan mengamati Matahari dan tanda-tanda alam lainnya atau menggunakan hisab (perhitungan). Allah berfirman dalam surat al-Isrā' ayat 12:

وَجَعَلْنَا اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ آيَاتَيْنِ ۖ فَمَحْوُونا آيَةَ اللَّيْلِ وَجَعَلْنَا آيَةَ النَّهَارِ مُبْصِرَةً لِّتَبْتَغُوا فَضْلًا
مِّن رَّبِّكُمْ وَلِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ ۗ وَكُلَّ شَيْءٍ فَصَّلَنَاهُ تَفْصِيلًا

Artinya: Dan Kami jadikan malam dan siang sebagai dua tanda, lalu Kami hapuskan tanda malam dan Kami jadikan tanda siang itu terang, agar kamu mencari kurnia dari Tuhanmu, dan supaya kamu mengetahui bilangan tahun-tahun dan perhitungan. Dan segala sesuatu telah Kami terangkan dengan jelas. (QS. al-Isrā': 12)¹⁸

Al-Sya'rāwī mengatakan bahwa Allah, melalui ayat ini, mengajak manusia memahami pentingnya pergerakan Matahari dan Bulan dalam penentuan waktu. Dengan mengetahui hitungan waktu dengan acuan pergerakan Matahari, manusia dapat mengerti waktu salat, batas waktu bercocok tanam, waktu musim hujan dan lainnya. Karena bulan Syamsiah yang jatuh pada musim semi maka seterusnya akan jatuh pada musim semi. Dan bulan Syamsiah yang jatuh pada musim gugur maka seterusnya akan jatuh pada musim gugur. Sedangkan dengan mengetahui pergerakan Bulan, umat Islam dapat mengetahui masuknya bulan puasa, hari – hari haji dan lain – lain.¹⁹

¹⁸ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an ...*, hal. 388

¹⁹ Muhammad Mutawallī Al-Sya'rāwī, *Tafsīr Al-Sya'rāwī*, Mesir: Ahbar al-Yaum, 1997, Juz 14, hal. 495.

Kedudukan hisab awal waktu salat adalah sebagai *wasīlah* yang memberikan informasi posisi Matahari. Sehingga dengan hisab, mengetahui masuknya waktu salat yang menjadi syarat sah salat terpenuhi. Syihāb al-Dīn al-Ṣanhājī al-Qarafī mengatakan bahwa fungsi penting dari ilmu hisab adalah untuk mengetahui waktu-waktu salat. Maka hukum mempelajari ilmu hisab adalah *farḍ kifāyah*, bukan *farḍ ‘ain* karena dibolehkannya *taqlīd* dalam penentuan waktu salat. Dengan demikian, hukum mengetahui waktu salat adalah wajib dan mempelajari cara mengetahuinya dengan ilmu hisab adalah *farḍ kifāyah*.²⁰

B. Metode Hisab Awal Waktu Salat

Di masa modern ini, telah banyak ditemukan literatur yang menyajikan metode hisab awal waktu salat, baik metode klasik maupun modern. Metode-metode hisab awal waktu salat yang berkembang saat ini memiliki persamaan dan perbedaan. Persamaan metode-metode hisab awal waktu salat terdapat dalam data-data yang diperlukan dan rumus-rumus yang digunakan hisab awal waktu salat. Sedangkan perbedaannya terdapat dalam menentukan ketinggian Matahari dan nilai ihtiyat yang digunakan dalam hisab awal waktu salat.

²⁰ Syihāb al-Dīn Ahmad bin Idrīs bin abd al-Rahmān al-Sanhājī al-Qarafī, *Anwār al-Burūq fī anwā al-Furūq*, Kairo: Dar Ihya al-Kutub al-‘Arabiyah, 2010, Juz 4, hal. 258-259

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode hisab awal waktu salat yang terdapat dalam buku *Ilmu Falak 1* karya Slamet Hambali²¹. Data-data yang diperlukan dalam hisab awal waktu salat metode *Ephemeris Hisab Rukyat 2019* adalah sebagai berikut:

1. Lintang Tempat

Lintang tempat atau *'ard al-balad* adalah lingkaran kecil pada bola Bumi yang sejajar dengan khatulistiwa bumi dan diukur dari khatulistiwa (ekuator) sampai tempat yang dicari²², atau dapat pula didefinisikan sebagai sudut yang terbentuk dari dua garis: garis yang menghubungkan pusat Bumi hingga ekuator dan garis yang menghubungkan pusat Bumi hingga suatu tempat.

Nilai lintang tempat berkisar antara $0^{\circ} - 90^{\circ}$ dan bernilai positif untuk lokasi yang berada di utara ekuator dan negatif untuk lokasi yang berada di selatan ekuator. Daerah-daerah yang memiliki lintang tempat yang sama akan mengalami perbandingan durasi waktu siang dan malam yang sama.²³

2. Bujur Tempat

Bujur tempat atau *tūl al-balad* merupakan lingkaran besar pada bola bumi yang melalui kutub utara dan

²¹Slamet hambali, *Ilmu Falak 1 : Penentuan Awal Waktu Salat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, cet. I, 2011.

²² Slamet hambali, *Ilmu Falak 1...*, hal. 94.

²³ Slamet hambali, *Ilmu Falak...*, hal. 94

kutub selatan. Bujur 0° adalah garis bujur yang melintasi Greenwich. Adapun garis bujur yang berada di sebelah Barat Greenwich disebut bujur Barat. Sedangkan garis bujur yang berada di sebelah Timur Greenwich disebut bujur Timur. Garis batas bujur Barat dan Timur merupakan batas garis batas hari internasional (*International Date Line*) yang berada pada bujur 180° . Daerah-daerah yang memiliki nilai bujur tempat yang sama akan mempunyai waktu yang sama.²⁴

3. Bujur Daerah

Bujur Daerah adalah bujur kelipatan 15° yang menjadi acuan sistem waktu untuk tempat-tempat lainnya. Bumi berotasi pada porosnya sebanyak satu kali putaran atau sebesar 360° membutuhkan waktu 24 jam. Untuk berotasi sebesar 15° , Bumi memerlukan waktu satu jam. Sedangkan rotasi Bumi sebesar 1° memerlukan waktu 4 menit. Dengan demikian, tempat-tempat yang memiliki beda bujur sebesar 1° akan memiliki perbedaan waktu sebesar 4 menit. Maka untuk mengatasi kesulitan dalam penentuan waktu karena adanya perbedaan waktu di setiap wilayah di dunia, maka dibentuklah sistem waktu daerah dengan acuan bujur daerah.

²⁴ Slamet hambali, *Ilmu Falak...*, hal. 94

4. Deklinasi Matahari (δ)

Deklinasi matahari atau *mail al-awwal* adalah busur pada lingkaran waktu yang diukur mulai titik perpotongan antara lingkaran waktu dengan lingkaran ekuator ke arah utara atau selatan sampai ke titik pusat matahari.²⁵

Deklinasi di belahan langit bagian utara adalah positif, sedang di bagian selatan adalah negatif. Ketika Matahari melintasi khatulistiwa deklinasinya 0° . Hal ini terjadi sekitar tanggal 21 Maret dan tanggal 23 September.²⁶

Deklinasi Matahari dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\sin \delta_o = \sin \beta_o \times \cos \varepsilon + \cos \beta_o \times \sin \varepsilon \times \sin \lambda_o$$

Keterangan:

δ = Deklinasi Matahari

β = Lintang ekliptika Matahari²⁷

ε = *True obliquity*²⁸

λ = Bujur ekliptika Matahari²⁹

²⁵ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005, hal. 51

²⁶ Susiknan Azhari, *Ilmu Falak perjumpaan Khazanah dan Sains Modern*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2007, hal. 53.

²⁷ Lintang Matahari atau *apparent ecliptic latitude* adalah jarak titik pusat Matahari dari lingkaran ekliptika. Lihat D. McNally, *Positional Astronomy*, London: Frederic Muller Limited, 1974, hal.. 36

²⁸ *True Obliquity* adalah sudut kemiringan lingkaran ekliptika dengan lingkaran ekuator langit yang sudah terkoreksi dengan efek nutasi. Lihat Joseph A. Angelo, *Encyclopedia of Space and Astronomy*, New York: Facts on File, inc., 2006, hal.215

²⁹ Bujur Ekliptika Matahari atau *apparent ecliptic longitude* adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika yang dihitung dari titik *vernal equinox* (perpotongan lingkaran ekliptika dengan lingkaran ekuator langit yang

Nilai lintang ekliptika Matahari sangat kecil, yaitu kurang dari 1 detik busur.³⁰ Sehingga banyak rumus perhitungan deklinasi Matahari yang menganggap lintang ekliptika Matahari bernilai 0° , maka rumus menghitung deklinasi Matahari yang digunakan adalah:

$$\sin \delta_0 = \sin \varepsilon \times \sin \lambda_0$$

5. Equation of Time

Equation of time atau perata waktu adalah selisih antara waktu hakiki dengan waktu matahari rata-rata. Dalam bahasa Arab, *equation of time* disebut *ta'dfil al-waqt*.

6. Ketinggian Matahari

Dalam buku *Ephemeris Hisab Rukyat 2019*, disebutkan bahwa data ketinggian Matahari yang digunakan dalam hisab awal waktu salat adalah sebagai berikut:

a. Tinggi Matahari Asar

Tinggi Matahari Asar yang digunakan adalah ketinggian Matahari saat bayangan benda sepanjang bendanya ditambah bayangan saat kulminasi. Rumus yang digunakan untuk menghitung tinggi Matahari saat Asar adalah:

$$\text{cotan } h_{\text{asar}} = \tan [\delta - \varphi] + 1^{31}$$

merupakan titik awal musim semi) sampai posisi Matahari. Lihat D. McNally, *Positional...*, hal. 36

³⁰ Lihat data *apparent ecliptic latitude* pada Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah, *Ephemeris Hisab Rukyat 2019*, Jakarta: Kementerian Agama RI, 2019

³¹ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1...*, hal. 144

Rumus di atas dapat dipahami bahwa nilai *Cotangen* tinggi Asar sama besarnya dengan tangen jarak zenith titik pusat Matahari sewaktu berkulminasi, ditambah dengan bilangan satu yang merupakan nilai dari tangen 45° atau tinggi Matahari di saat tinggi tongkat dan panjang bayangannya bernilai sama.³²

b. Tinggi Matahari Maghrib :

Secara astronomi, waktu Maghrib atau terbenamnya matahari di sini mempunyai arti telah masuknya seluruh "piringan" matahari di bawah ufuk (cakrawala). Artinya, bulatan atau piringan matahari sudah tidak tampak lagi. Perhitungan posisi benda-benda langit, termasuk didalamnya matahari adalah berdasar pada titik pusat lingkaran benda langit tersebut. Jika ketinggian Matahari bernilai 0° , maka akan tampak separuh lingkaran Matahari yang masih berada di atas ufuk dan itu bukanlah saat Matahari terbenam. Posisi saat terbenamnya Matahari adalah saat ketinggiannya lebih kecil dari 0° atau bernilai negatif dan telah terkoreksi dengan nilai refraksi.³³

Menurut Slamet Hambali, perhitungan ketinggian Matahar saat Magrib tidak hanya terkoreksi dengan refraksi saja tetapi juga dengan kerendahan ufuk (KU).

³² Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2012, hal. 84.

³³ Muchtar Salimi, *Ilmu Falak (Penetapan Awal Waktu Sholat dan Arah Kiblat)*, Surakarta: Universitas Muhammadiyah, 1997, hal. 38

Karena ufuk yang dilihat oleh pengamat itu dipengaruhi oleh ketinggian tempat pengamat. Semakin tinggi lokasi pengamat dari permukaan air laut, maka akan semakin rendah ufuk yang dilihatnya. Rumus kerendahan ufuk yang digunakan adalah:

$$KU = 0^{\circ} 1,76' \times \sqrt{tt}^{34}$$

Sedangkan rumus untuk menghitung tinggi Matahari saat Magrib adalah sebagai berikut:

$$h_m = -(SD + Ref + KU)^{35}$$

Keterangan:

SD = Semi Diameter Matahari ($0^{\circ} 16'$)³⁶

Ref = Refraksi ($0^{\circ} 34'$)³⁷

KU = Kerendahan Ufuk

c. Tinggi Matahari Isya' :

Secara astronomis, setelah matahari terbenam di ufuk barat, permukaan Bumi tidak otomatis menjadi gelap. Hal tersebut disebabkan karena di angkasa terdapat partikel-partikel yang membiaskan sinar matahari. Sehingga walaupun sinar matahari sudah tidak mengenai Bumi, masih ada bias cahaya dari partikel-partikel tersebut, yang dikenal dengan cahaya senja atau *twilight*. Dengan kata

³⁴ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1...*, hal. 143

³⁵ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1...*, hal. 141

³⁶ Semi diameter atau Nisfu al-Qutr atau Radius yaitu jarak titik pusat Matahari dengan piringan luarnya yang terlihat dari Bumi dan dinyatakan dalam satuan busur atau sudut. Lihat Susiknan Azhari, *Ilmu Falak...*, hal.191

³⁷ Refraksi terbesar adalah saat benda langit berada di ufuk yaitu sebesar $0^{\circ} 34'$. Lihat Slamet Hambali, *Ilmu Falak ...*, hal. 145

lain, cahaya di langit yang terdapat setelah terbenamnya Matahari dan sebelum terbitnya Matahari dinamakan *twilight*, yang secara harfiah artinya cahaya di antara dua, yakni antara siang dan malam. Dalam bahasa Arab *twilight* disebut *syafaq*.³⁸

Bagi penentuan awal waktu salat Isya', terdapat variasi penentuan ketinggian Matahari saat hilangnya *syafaq* oleh berbagai pemahaman. Banyak di antara umat Islam menggunakan *Astronomical Twilight*, yaitu saat matahari berada 18° di bawah horizon sebagai waktu hilangnya *syafaq*. Sebagian yang lain menetapkan kriteria tersebut terjadi ketika Matahari berada 17°, 19°, 20°, dan bahkan 21° di bawah ufuk.³⁹

Menurut Slamet Hambali, ketinggian Matahari saat awal waktu Isya dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_{\text{Isya}} = -17^{\circ} - (\text{KU} + \text{SD} + 0^{\circ} 3')$$

³⁸ Abd Rachim, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberti, 1983, hal. 38-39

³⁹ Siti Muslifah, "Telaah Kritis *Syafaqul Ahmar* dan *Syafaqul Abyadl* Terhadap Akhir Maghrib dan Awal Isya", *Elfalaky Jurnal Ilmu Falak*, Vol. 1, No. 1, (2007): 25-45

⁴⁰ 0° 3' adalah nilai refraksi yang saat ketinggian Matahari bernilai -17°. Rumus ketinggian waktu Isya ini adalah formula terbaru yang dirumuskan oleh Slamet Hambali dan disampaikan dalam Lokakarya Jadwal Imsakiyah Ramadhan 1439 H yang diadakan oleh LPPM UIN Walisongo Semarang pada tanggal 20 April 2018

d. Tinggi Matahari Subuh :

Dalam perspektif astronomi Islam, posisi matahari saat awal Subuh agak menjadi masalah. Fajar *ṣādiq* dalam astronomi diyakini sebagai *Astronomical Twilight* saat cahaya Matahari mulai terlihat di Cakrawala timur tepat sebelum matahari terbit, yaitu pada saat tinggi Matahari 18° di bawah ufuk (jarak zenith Matahari = 108°). Ini diikuti oleh al-Tabataba'i, Mohammad Ilyas, Salih Muhammad al-Ujairy, Muhammad Ahmad Sulaiman, Moslem World League, dan Universitas Sains Karachi.

Pendapat lain mengatakan bahwa fajar *ṣādiq* dimulai ketika ketinggian matahari 19° atau 20° di bawah ufuk atau saat jarak zenith Matahari adalah 109° atau 20° . Teori ini didukung oleh Ummul Qurra dan Al-Marrakushi.⁴¹

Menurut Slamet Hambali, ketinggian Matahari saat awal waktu Isya dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_{\text{Isya}} = -19^\circ - (\text{KU} + \text{SD} + 0^\circ 3')$$

⁴¹ Susiknan Azhari, "Tracing the Concept of Fajr in Islam Mosaic and Modern Science", *Ahkam Jurnal Ilmu Syariah*, Vol. 18, No. 1, (2018): 219-232

⁴² $0^\circ 3'$ adalah nilai refraksi yang saat ketinggian Matahari bernilai -19° . Rumus ketinggian waktu Subuh ini adalah formula terbaru yang dirumuskan oleh Slamet Hambali dan disampaikan dalam Lokakarya Jadwal Imsakiyah Ramadhan 1439 H yang diadakan oleh LPPM UIN Walisongo Semarang pada tanggal 20 April 2018

7. *Iḥtiyāṭ*

Iḥtiyāṭ adalah langkah pengamanan dalam perhitungan awal waktu salat dengan cara menambah 1 hingga 3 menit dari hasil perhitungan yang sebenarnya.⁴³

Apabila hasil perhitungan hendak digunakan untuk keperluan ibadah, maka hendaknya dilakukan *Iḥtiyāṭ* dengan cara sebagai berikut:

- a. Bilangan detik berapapun hendaknya dibulatkan menjadi satu menit, kecuali untuk terbit detik berapapun harus dibuang.
- b. Menambahkan bilangan 2 menit, kecuali untuk terbit kurangi 2 menit, sedangkan untuk Zuhur ditambahkan 3 menit.⁴⁴

Adapun langkah-langkah hisab awal waktu salat dalam buku *Ilmu Falak 1* karya Slamet Hambali adalah sebagai berikut:

1. Menghitung waktu Kulminasi Matahari

Waktu kulminasi Matahari atau *meridian pass* adalah waktu ketika Matahari tepat berada di titik kulminasi atasnya atau di lingkaran meridian langit menurut waktu pertengahan. Waktu kulminasi Matahari menurut waktu hakiki adalah selalu pada pukul 12.00. Waktu kulminasi Matahari merupakan

⁴³ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2001, hal. 82

⁴⁴ Disampaikan oleh Slamet Hambali dalam Lokakarya Jadwal Imsakiyah Ramadhan 1439 H yang diadakan oleh LPPM UIN Walisongo Semarang pada tanggal 20 April 2018

acuan dari perhitungan untuk waktu-waktu salat karena sudut waktu Matahari awal waktu salat adalah berdasarkan waktu dan posisi Matahari saat kulminasi. Mencari nilai waktu kulminasi Matahari dalam sistem waktu daerah dapat dihitung dengan rumus:

$$WD = 12 - e + (\lambda_d - \lambda_t) : 15^{45}$$

Keterangan:

e = *Equation of Time*

λ_d = Bujur daerah

λ_t = Bujur tempat

2. Menghitung sudut waktu Matahari (t)

Sudut waktu Matahari adalah sudut yang dibentuk oleh lingkaran meridian langit dengan lingkaran waktu Matahari. Nilai sudut waktu adalah antara 0° - 180° . Jika benda langit sedang berkulminasi, maka nilai sudut waktu Matahari adalah 0° . Nilai sudut waktu Matahari selalu berubah $\pm 15^\circ/\text{jam}$, karena efek dari rotasi Bumi. Sudut waktu akan bernilai positif (+) ketika Matahari berada di sebelah barat meridian atau ketika telah melewati titik kulminasinya. Sebaliknya ketika Matahari berada di sebelah timur meridian, maka sudut waktu Matahari akan bernilai negatif (-) dan karena belum melewati titik kulminasinya.⁴⁶

⁴⁵ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1...*, hal. 144

⁴⁶ Susikhnan Azhari, *Ilmu Falak ...*, hal. 195-196

Sudut waktu Matahari dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\cos t = -\tan \varphi \times \tan \delta + \sin h : \cos \varphi : \cos \delta^{47}$$

Keterangan:

t = sudut waktu Matahari

φ = lintang tempat

δ = deklinasi Matahari

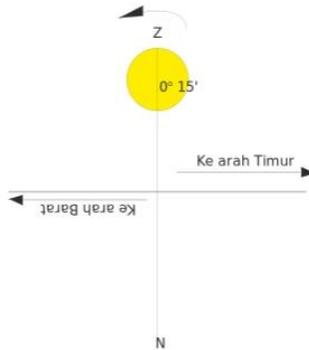
h = tinggi Matahari

3. Menghitung awal waktu-waktu salat

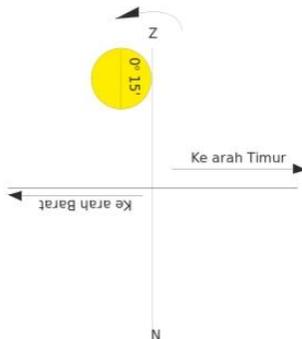
a. Awal waktu salat Zuhur

Perhitungan awal waktu Zuhur menurut Slamet Hambali adalah dengan menambahkan waktu kulminasi Matahari dengan 3 menit. Nilai 3 menit tersebut merupakan ihtiyat khusus untuk waktu Zuhur. Saat Matahari berkulminasi, titik tengah Matahari berada di lingkaran meridian. Maka untuk menghitung awal *zawal* atau saat seluruh piringan Matahari keluar dari lingkaran meridian menuju ke barat adalah dengan menambahkan waktu kulminasi Matahari dengan nilai semi diameter Matahari dibagi 15, $0^{\circ}15' : 15 = 0^j 1^m$. Pembagian semi diameter Matahari dengan 15 adalah untuk merubah satuan derajat semi diameter menjadi satuan waktu. Sehingga 1 menit tersebut dapat dikatakan sebagai durasi waktu yang dibutuhkan Matahari untuk keluar dari titik kulminasinya dan bergerak ke barat.

⁴⁷ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1...*, hal. 142



Gambar 2. Ilustrasi Posisi Matahari saat berkulminasi



Gambar 3. Ilustrasi Posisi Matahari setelah penambahan 1 menit dari waktu kulminasi

Dengan demikian, rumus untuk menghitung waktu Zuhur adalah sebagai berikut:

$$\text{Zuhur} = 12 - e + (\lambda_d - \lambda_t) : 15 + 0^{\circ} 1'$$

Hasil perhitungan awal waktu salat Zuhur di atas kemudian ditambahkan dengan ihtiyat 2 menit. Sehingga total nilai ihtiyat yang ditambahkan untuk waktu Zuhur adalah 3 menit.

b. Awal waktu salat Asar

Perhitungan awal waktu salat Asar menurut Slamet Hambali adalah dengan menambahkan waktu kulminasi Matahari menurut waktu daerah ditambah dengan sudut waktu Matahari saat Asar dibagi 15 lalu hasilnya ditambahkan dengan ihtiyat 2 menit. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Asar} = \text{WD} + t_{\text{asar}} : 15 + 0^j 2^m$$

c. Awal waktu salat Magrib

Perhitungan awal waktu salat Magrib menurut Slamet Hambali menggunakan rumus berikut:

$$\text{Magrib} = \text{WD} + t_{\text{magrib}} : 15 + 0^j 2^m$$

d. Awal waktu salat Isya

Perhitungan awal waktu salat Isya menurut Slamet Hambali adalah sebagai berikut:

$$\text{Isya} = \text{WD} + t_{\text{isya}} : 15 + 0^j 2^m$$

e. Awal waktu salat Subuh

Perhitungan awal waktu salat Subuh menurut Slamet Hambali adalah sebagai berikut:

$$\text{Subuh} = \text{WD} - t_{\text{subuh}} : 15 + 0^j 2^m$$

f. Waktu terbit Matahari

Perhitungan waktu terbit Matahari menurut Slamet Hambali adalah sebagai berikut:

$$\text{Terbit} = \text{WD} - t_{\text{terbit}} : 15 - 0^j 2^m$$

C. Proyeksi Stereografik dalam Instrumentasi Hisab Awal Waktu Salat

Sejak dahulu kala, sebagian besar para astronom peduli dengan penentuan lokasi benda-benda di langit, seperti benda langit apa yang terlihat pada waktu dan lokasi tertentu di dunia. Ini adalah salah satu cabang ilmu astronomi tertua yang disebut *Positional Astronomy*. Cabang ilmu astronomi inilah yang memainkan peran penting dalam pembuatan kalender dan menentukan waktu untuk upacara keagamaan.⁴⁸

Mengetahui posisi benda langit dalam sistem koordinat bola langit dan mampu mengukur posisinya dari ufuk memungkinkan seseorang untuk menentukan waktu, dalam satuan pembagian dari interval siang dan malam, yang didefinisikan sebagai 24 jam atau 360° . Di zaman dahulu dan abad pertengahan Islam, waktu juga diukur dalam *seasonal hours*, yaitu pembagian waktu panjang siang atau malam ke dalam dua belas jam. *Seasonal hours* ini memiliki kelemahan yaitu garis jam akan bervariasi untuk tempat yang memiliki nilai lintang yang berbeda dan panjangnya berubah sepanjang tahun. Seseorang juga dapat menentukan dengan mudah posisi benda langit dalam ekliptika lalu mengkonversinya menjadi

⁴⁸ Biman Basu, *Tool of Astronomy: How They Transform our View of the Univers*, New Delhi: Vigyan Prasar Departmen of Science and Technology, hal.

posisinya dari horizon. Hal itu semua sangat bermanfaat bagi manusia dalam kegiatan sehari-harinya.⁴⁹

Untuk menentukan posisi benda-benda langit di langit seakurat mungkin, para astronom awal telah merancang alat-alat yang memungkinkan mereka untuk menyusun katalog bintang dan tabel pergerakan planet yang akurat di masanya. Dengan menggunakan alat-alat ini mereka memetakan bintang-bintang dan membuat tabel untuk memprediksi posisi Matahari, Bulan, dan planet. Pengetahuan ini penting, karena langit berfungsi sebagai jam, kalender, dan bantuan navigasi untuk para pelaut.⁵⁰

Instrumen astronomi adalah ikon sains yang cukup terkenal dan disukai oleh manusia di setiap masanya. Dalam sejarah seni Timur dan Barat, instrumen astronomi hampir selalu menemani representasi para astronom dan astrolog, yang sering digambarkan memegang astrolabe, berdiri di samping *Armillary Sphere*, atau melakukan pengukuran ketinggian melalui sebuah *Quadrant*. Dalam seni dan sastra Islam, *Astrolabe* memiliki status unggul, karena melambangkan perkembangan ilmu astronomi, atau mungkin sekaligus juga astrologi.⁵¹

⁴⁹ David A. King, in *Synchrony with the Heavens: Studies in Astronomical Time Keeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*, Boston: Brill Leiden, 2005, hal. 12

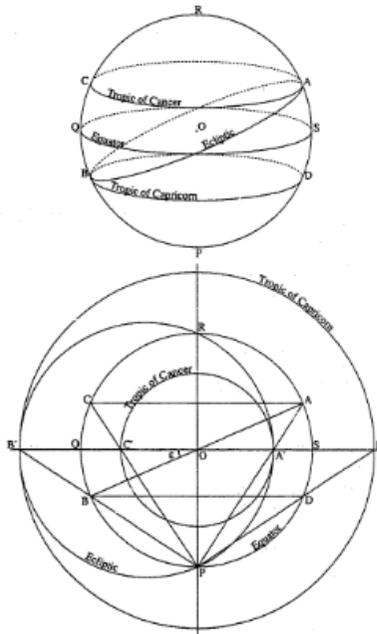
⁵⁰ Biman Basu, *Tool of...*, hal. 1

⁵¹ Francois Charette, *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria: The Illustrated Treatise of Najm al-Din al-Misri*, Boston: Brill Leiden, 2003, hal. 3

Tujuan dari pembuatan instrumen-instrumen astronomi tidak lain adalah untuk memudahkan manusia dalam mengetahui posisi benda langit dan waktu dalam kehidupan sehari-harinya. Kemunculan instrumen-instrumen astronomi merupakan buah dari kreatifitas para astronom dalam melukiskan koordinat bola langit pada bidang datar. Dalam pembuatan instrumen astronomi, para astronom menggunakan metode untuk memproyeksikan koordinat bola langit pada instrumen dua dimensi yang disebut proyeksi stereografik.

Proyeksi stereografik memiliki dua karakteristik penting yang membedakannya dari jenis proyeksi lainnya, yaitu: Proyeksi Stereografik mempertahankan lingkaran, Proyeksi Stereografik mempertahankan sudut. Dengan dua karakteristik tersebut, lingkaran pada sebuah bola diproyeksikan sebagai lingkaran pada sebuah bidang dan besar sudut antara garis juga dipertahankan ketika garis diproyeksikan.⁵²

⁵²<http://www.math.ubc.ca/~cass/courses/m30901a/montero/math309project.html> diakses pada tanggal 21 Juni 2019



Gambar 4 Proyeksi Stereografik lingkaran ekuator, dan tropik⁵³

Pada gambar di atas, lingkaran ekuator, ekuator dan tropik pada bola langit diproyeksikan secara stereografis ke bidang datar dengan mempertahankan bentuk lingkaran masing-masing. Besar sudut perpotongan antara masing-masing lingkaran pada bola langit dan hasil proyeksinya juga sama. Dengan model proyeksi stereografik inilah, instrumen-instrumen astronomi dapat menghitung posisi benda langit yang dinyatakan dalam satuan sudut dengan baik.

Instrumen astronomi hasil proyeksi bola langit karya para astronom Muslim dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu:

⁵³ R. Darren Stanley, *Quadrant...*, hal. 68

1. Instrumen untuk observasi

Instrumen-instrumen yang digunakan oleh para astronom Muslim untuk pengamatan merupakan pengembangan dari instrumen yang pernah dirancang oleh Ptolemy dari Alexandria (sekitar tahun 140 M): *Armillary Sphere*⁵⁴, *Mural Quadrant*⁵⁵, dan *Parallactic Ruller*⁵⁶.

2. Instrumen untuk non observasi.

Instrumen-instrumen yang fungsi utamanya bukan sebagai alat bantu pengamatan, adalah instrumen yang digunakan untuk memecahkan masalah astronomi bola, mengilustrasikan posisi benda langit di lokasi pengamat dan memudahkan perhitungan transformasi koordinat. Fungsi utama dari instrumen ini adalah untuk penentuan waktu, menentukan waktu terbit dan terbenamnya matahari serta bintang-bintang di suatu lokasi, sekaligus waktu kulminasi matahari dan bintang-bintang melintasi meridian lokal. Instrumen-instrumen tersebut di

⁵⁴ *Armillary Sphere* merupakan instrumen yang memproyeksikan bola langit. Pada *Armillary Sphere* terdapat cincin-cincin penanda posisi lingkaran horizon (ufuk), lingkaran equator langit, lingkaran meridian, dan lingkaran ekliptika. Lihat Joseph A. Angelo, *Encyclopedia...* hal. 27

⁵⁵ *Mural Quadrant* adalah alat pengukur sudut yang dipasang atau dibangun di dinding. Dinding-dinding ini dibuat berbentuk kuadran dan diorientasikan sehingga letaknya persis di meridian. Pada *Mural Quadrant* terdapat skala sudut $0^\circ - 90^\circ$ untuk pengukuran ketinggian benda langit. Lihat David A. King, *in Synchrony ...*, hal. 12

⁵⁶ *Parallactic Ruller* adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur jarak zenith benda langit. Lihat David A. King, *in Synchrony ...*, hal. 12

antaranya: *Astrolabe*, *Sine Quadrant*, *Sundial*, dan *Equatorium*.

57

Berdasarkan penelitian David A. King tentang instrumen-instrumen astronomi Islam, dapat diketahui bahwa para astronom Muslim menggunakan teknik khusus dalam pembuatan instrumennya. Sehingga instrumen hasil karya mereka dapat menentukan posisi dan waktu dengan mudah dan cukup akurat. Dalam pembuatan instrumen tersebut, proyeksi stereografik memiliki peran penting dalam menjaga kesesuaian lingkaran, busur, maupun jarak sudut pada instrumen tersebut dengan sistem tata koordinat bola langit. Hasil akurasi yang cukup memuaskan pun bisa didapatkan, jika model proyeksi tersebut didukung dengan penggunaan data posisi benda langit yang akurat.

Dengan hasil akurasi yang cukup memuaskan tersebut, para astronom Muslim atau ahli falak di masa lalu mengembangkan instrumen yang dapat difungsikan untuk mengakomodir kebutuhan umat Islam dalam mengetahui waktu-waktu salat. Pengembangan tersebut berupa penambahan bagian tertentu dari instrumen astronomi yang telah ada atau dengan konsep yang telah ada agar dapat digunakan untuk menghitung atau menentukan waktu salat. Berikut ini adalah model instrumentasi hisab awal waktu salat yang dirancang oleh para astronom Muslim:

1. Penambahan kurva waktu Asar pada *Horary Quadrant*

Horary Quadrant merupakan instrumen berbentuk kuadran yang digunakan sebagai alat bantu dalam penentuan

⁵⁷ Lihat David A. King, *in Synchrony ...*, hal. 13

waktu berdasarkan tinggi Matahari. Dalam literatur klasik berbahasa Arab, *Horary Quadrant* disebutkan dengan beberapa istilah *Rub' al-Sā'āt*, *al-Sā'āt al-Makḥṣūṣah*, *Sā'āt al-Tis'īn*, *Sā'āt al-Zāwiyah* dan lain sebagainya. Dalam pembuatan *Horary Quadrant*, para astronom Muslim sering menambahkan kurva jam untuk penentuan waktu salat di siang hari, yaitu: Zuhur dan Asar.⁵⁸



Gambar 5. *Horary Quadrant*⁵⁹

Horary Quadrant merupakan instrumen yang bersifat lokal atau hanya dapat digunakan untuk satu lokasi saja. Hal ini disebabkan karena dalam pembuatan kurva jam, harus disesuaikan dengan tinggi Matahari berdasarkan nilai deklinasi pada masing-masing jam. Kurva jam yang terbentuk akan berbeda-beda sesuai dengan lintang tempat yang dijadikan acuan dalam perhitungan tinggi Matahari. Meskipun bersifat

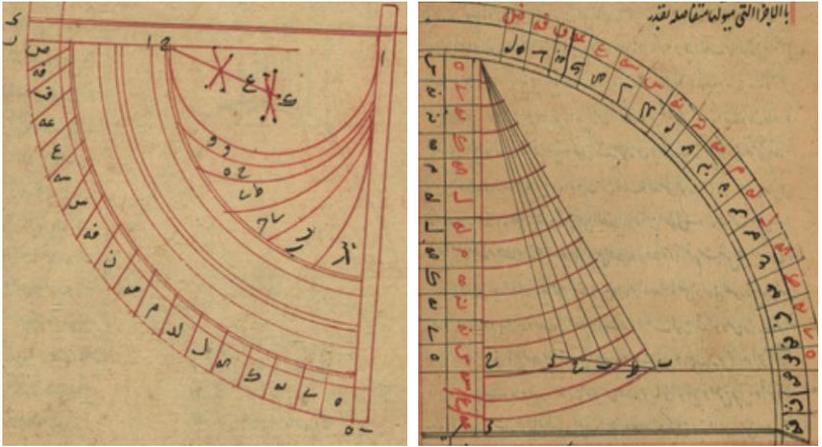
⁵⁸ M. Viladrich, "Medieval...", hal. 341

⁵⁹ M. Viladrich, "Medieval...", hal. 341

lokal, *Horary Quadrant* pernah dijadikan sebagai instrumen penentuan waktu yang populer di kalangan umat Islam pada abad ke-9. Pada masa itu, kurva jam pada *Horary Quadrant* memiliki 3 bentuk utama, yaitu: *Sigmoid*, tergantung skala dan posisi proyeksi bujur ekliptika Matahari, dan berbentuk layar.⁶⁰

Perkembangan instrumen *Horary Quadrant* di kalangan umat Islam tak lepas dari peran al-Marākusyī, seorang tokoh ahli falak yang fokus mengkaji instrumentasi hisab untuk penentuan waktu. Dalam kitab *Jāmi' al-Mabādi' wa al-Ghāyāt fī ilm al-Miqāt*, al-Marrākusyī mendeskripsikan pembuatan berbagai macam jenis instrumen berbentuk kuadran yang dapat difungsikan dalam penentuan waktu. Masing-masing instrumen kuadran rancangan al-Marrākusyī memiliki kurva jam yang berbeda berdasarkan acuan yang digunakan.

⁶⁰ M. Viladrich, "Medieval...", hal. 341



Gambar 6. Dua desain *Horary Quadrant* rancangan al-Marrākusyī⁶¹

Pada gambar di atas, terdapat dua desain instrumen penentu waktu karya al-Marrākusyī. Kedua desain instrumen menggunakan konsep yang sama dalam pembuatan kurva jam, yaitu berdasarkan tinggi Matahari. Hanya saja pada gambar sebelah kiri, posisi skala tinggi Matahari yang digunakan untuk acuan pembuatan kurva jam berada pada sisi kuadran bukan pada busurnya. Busur kuadran digunakan untuk mengetahui tinggi Matahari dengan pembidikan dan acuan nilai bujur Matahari.⁶²

Para astronom Muslim tidak jarang memfungsikan *Horary Quadrant* sebagai alat bantu untuk mengetahui waktu

⁶¹ Syaraf al-Dīn Abū ‘Alī al-Ḥasan ibn ‘Alī bin ‘Umar al-Marrākusyī, *Jāmi’ al-Mabādi’ wa al-Ghāyāt fi ilm al-Miqāt*, Manuskrip, discan oleh Library of Congress, 1831, hal. 116 dan 147.

⁶² Syaraf al-Dīn Abū ‘Alī al-Ḥasan ibn ‘Alī bin ‘Umar al-Marrākusyī, *Jāmi’...*, hal. 147

salat. Agar dapat difungsikan sebagai instrumen hisab awal waktu salat, *Horary Quadrant* perlu ditambahkan dengan kurva waktu salat. Kurva yang sering ditambahkan adalah kurva waktu Asar. Kurva waktu Asar pada *Horary Quadrant* dibuat sesuai dengan prinsip dasar *Horary Quadrant*, yaitu menentukan waktu berdasarkan tinggi Matahari. Sehingga kurva waktu Asar yang terbentuk adalah berdasarkan nilai tinggi Matahari waktu Asar di lokasi tersebut dalam satu tahun.

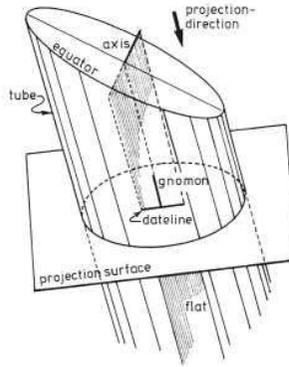
2. Penambahan kurva waktu salat Asar pada *Sundial*

Sundial atau jam Matahari adalah sebuah perangkat sederhana yang menunjukkan waktu berdasarkan pergerakan Matahari di meridian. Rancangan *Sundial* yang paling umum dikenal memanfaatkan bayangan yang menimpa permukaan datar yang ditandai dengan jam-jam dalam suatu hari. Seiring pada perubahan pada posisi Matahari, waktu yang ditunjukkan oleh bayangan tersebut pun turut berubah⁶³

Model proyeksi bola langit yang diterapkan pada *Sundial* berbeda-beda tergantung jenis *Sundial*. Pada *Equatorial Sundial*, jenis proyeksi yang digunakan adalah proyeksi ortogonal dengan acuan lingkaran ekuator langit. Proyeksi ortogonal adalah proyeksi bola langit pada bidang dua dimensi dengan model paralel dalam satu sudut pandang. Penerapan model proyeksi ortogonal ini akan menjadikan bidang *dial*

⁶³ Rene R. J. Rohr, *Sundial: History, Theory, and Practice*, New York: Dover Publications, Inc., 1996, hal. 5

sejajar dengan posisi lingkaran ekuator langit dengan posisi *gnomon* yang tegak lurus dengan bidang *dial*. Hal ini akan menyebabkan sudut pada masing-masing jam pada *Equatorial Sundial* bernilai 15° atau senilai dengan rata-rata kecepatan pergerakan semu Matahari pada ekuator.⁶⁴



Gambar 7 Proyeksi ortogonal pada *Equatorial Sundial*⁶⁵

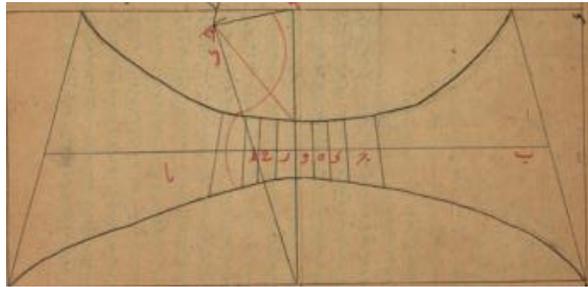
Sedangkan pada *Horizontal Sundial*, jenis proyeksi yang digunakan adalah proyeksi Stereografik pada bidang horizon. Teknik proyeksi ini adalah dengan menghubungkan titik yang menggambarkan pergerakan Matahari pada masing-masing hari (nilai deklinasi). Posisi titik tersebut adalah berdasarkan panjang bayangan *gnomon* dan nilai arah Matahari. Dengan menghubungkan masing-masing titik berdasarkan nilai deklinasi Matahari yang sama, akan didapatkan kurva pergerakan harian Matahari. Sedangkan garis jam akan

⁶⁴ Bruno Ernst, "Equator Projection Sundials", *Journal British Association*, Vol. 1, No. 97, (1986), hal. 9

⁶⁵ Bruno Ernst, "Equator...", hal. 9

didapatkan dengan menghubungkan masing-masing titik berdasarkan nilai sudut waktu yang sama.⁶⁶

Salah seorang astronom muslim yang pernah merancang kurva waktu Asar pada *Sundial* adalah al-Marrākusyī. Dalam kitab *Jāmi' al-Mabādi' wa al-Ghāyāt fi ilm al-Miqāt*, al-Marrākusyī menggunakan tinggi dan azimuth Matahari saat Asar di markaz *Sundial* (Baghdad), sebagai acuan pembuatan kurva waktu Asar pada *Sundial*.⁶⁷



Gambar 8. Kurva waktu Asar pada *Sundial* yang didesain oleh al-Marrākusyī⁶⁸

Teknik pembuatan kurva waktu Asar pada *Sundial* rancangan al-Marrākusyī adalah dengan *plotting* data panjang

⁶⁶ Hutton, “Celestial Navigation with Stereographic Projection”, *Physics Education Journal*, Vol. 12, (1997), hal. 58-61

⁶⁷ Syaraf al-Dīn Abū ‘Alī al-Ḥasan ibn ‘Alī bin ‘Umar al-Marrākusyī, *Jāmi' al-Mabādi' wa al-Ghāyāt fi ilm al-Miqāt*, Manuskrip, discan oleh Library of Congress, 1831, hal. 105

⁶⁸ Syaraf al-Dīn Abū ‘Alī al-Ḥasan ibn ‘Alī bin ‘Umar al-Marrākusyī, *Jāmi'...*, hal. 106

bayangan tongkat *Sundial*, sebagai pengganti tinggi Matahari saat Asar yang disesuaikan dengan arah bayangan tongkat di timur saat Asar.⁶⁹

3. Penambahan kurva waktu salat pada *Astrolabe*

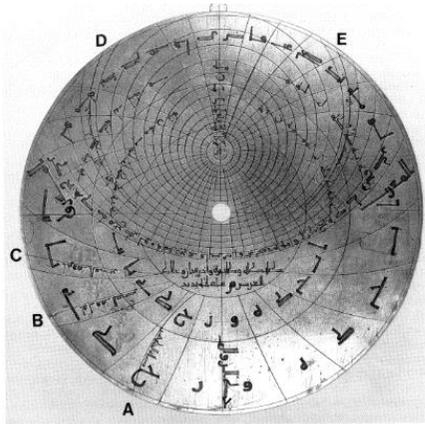
Astrolabe adalah sebuah instrumen astronomi klasik yang merupakan penggambaran dua dimensi dari bola langit yang dapat digunakan untuk menghitung posisi benda langit, lama siang hari, lama satu tahun, menghitung jarak sudut antara dua benda langit, mencari arah mata angin sejati dan menghitung ketinggian dan azimuth bintang di langit suatu lokasi.⁷⁰

Rancangan kurva waktu salat pada *Astrolabe* pernah dibuat oleh para astronom Muslim, salah satunya adalah Ibrāhīm bin Saʿīd al-Sahfī. Ia merancang kurva waktu salat pada *Astrolabe* dengan markaz Toledo. Rancangan kurva tersebut tidak hanya berdasarkan jam waktu salat. Kurva waktu Zuhur dibuat dengan acuan waktu. Sedangkan waktu salat lainnya dibuat dengan menggunakan kurva yang dibuat berdasarkan sudut waktu Matahari untuk masing-masing waktu salat yang dihubungkan dengan posisi lingkaran deklinasi Matahari.⁷¹

⁶⁹ Syaraf al-Dīn Abū ʿAlī al-Ḥasan ibn ʿAlī bin ʿUmar al-Marrākusyī, *Jāmiʿ*..., hal. 106

⁷⁰ David A. King, "The Origin of the Astrolabe According to the Medieval Islamic Sources", *Journal for the History of Arabic Science*, Vol. 5, (1981):

⁷¹ Lihat David A. King, *in Synchrony* ..., hal. 584



Gambar 9. Rancangan kurva waktu salat pada *Astrolabe plate* oleh Ibrāhīm bin Saʿīd al-Sahfī⁷²

4. Penambahan kurva tinggi Asar pada *Sine Quadrant*

Sine Quadrant atau *Rub' Mujayyab* adalah instrument *quadrant* yang biasa digunakan oleh astronom muslim pada abad pertengahan untuk mengamati posisi dan ketinggian benda langit, serta untuk mengitung fungsi – fungsi trigonometri. Ciri khas *Sine Quadrant* adalah adanya *grid* pada dua sisi *quadrant* yang terbagi menjadi enam puluh bagian yang sama besar dan dibatasi oleh busur 90° .⁷³

Pada desain *Sine Quadrant* yang di masa sekarang banyak digunakan, terdapat kurva *qaus al-ʿAsr* yang merupakan kurva ketinggian Matahari pad waktu Asar. Adanya penambahan khusus kurva tinggi Matahari waktu Asar ini adalah karena tinggi Matahari saat Asar di suatu markaz

⁷² Lihat David A. King, *in Synchrony ...*, hal. 584

⁷³ David A. King, *Islamic...*, hal. 167

akan selalu bervariasi dari hari ke hari seiring dengan perubahan nilai deklinasi Matahari. Sejauh penelusuran penulis, belum penulis dapatkan literatur yang menyebutkan tokoh ahli astronomi atau falak yang pertama kali menambahkan kurva tinggi Matahari waktu Asar pada *Sine Quadrant*.

D. Pendapat Ulama tentang Penggunaan Instrumen dalam Hisab awal waktu salat

Secara garis besarnya, metode penentuan awal waktu salat dapat dibagi menjadi dua, yaitu: metode hisab dan metode rukyat. Metode hisab berarti melakukan perhitungan datangnya waktu salat dengan menggunakan rumus-rumus astronomi pergerakan Matahari untuk mendapatkan waktu saat posisi Matahari sebagaimana yang dijelaskan dalam hadis-hadis nabi tentang waktu salat.⁷⁴

Dalam kitab *Kifāyah al-Akhyār* disebutkan bahwa mengetahui waktu salat merupakan salah satu syarat sah salat. Penggunaan hisab (perhitungan) dalam penentuan awal waktu salat diperbolehkan dengan syarat hasil hisab awal waktu salat tersebut hanya boleh digunakan bagi yang melakukan hisab dan tidak untuk orang lain.⁷⁵

⁷⁴ Ahmad Izzuddin, *Fiqh Hisab Rukyat*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2007, hal: 38

⁷⁵ Taqiy al-Dīn Abū Bakr bin Muhammad al-Ḥusainī al-Ḥisnī, *Kifāyah al-Akhyār fī Ḥall Ghāyah al-Ikhtiṣār*, Libanon: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 2001, hal: 144

Sedangkan metode rukyat dalam penentuan awal waktu salat adalah melihat secara langsung tanda-tanda alam sebagaimana yang disebutkan secara tekstual dalam hadis-hadis nabi.⁷⁶ Tidak jarang para pengguna metode rukyat dalam penentuan awal waktu salat menggunakan instrumen untuk membantu dalam observasi posisi Matahari saat datangnya waktu salat. Instrumen klasik yang biasa digunakan diantaranya: tongkat *istiwa'* atau *bencet*.

Penggunaan instrumen falak sebagai alat bantu dalam pengamatan tanda-tanda alam masuknya waktu salat ini diperbolehkan karena terdapat teks hadis yang menyebutkan tentang masuknya waktu salat Asar bukan berdasarkan posisi Matahari tetapi panjang bayangan.:

حدثنا مسدد، حدثنا يحيى، عن سفيان، حدثني عبد الرحمن بن فلان بن أبي ربيعة، عن حكيم بن حكيم، عن نافع بن جبير بن مطعم، عن ابن عباس قال: قال رسول الله صلى الله عليه وسلم: «أمني جبريل عليه السلام عند البيت مرتين... وصلى بي العصر حين كان ظله مثله...»⁷⁷

Artinya: Musaddad telah menceritakan kepada kami, Yahyā telah menceritakan kepada kami, dari Sufyān, Abd al-Rahmān bin Fulān bin Abī Rabī'ah telah menceritakan kepadaku, dari Nāfi' bin Jubair bin Mut'im, dari Ibn Abbās, dia berkata: Rasūlullāh saw. Telah bersabda: “Jibrīl mengimami salat bersamaku di rumah sebanyak dua kali...

⁷⁶ Ahmad Izzuddin, *Fiqih...*, hal: 38

⁷⁷ Abu Dawūd Sulaimān ibn al-Asy'aṣ al-Azdī al-Sijistānī, *Sunan Abū Dāwūd*, Riyad: Maktabah Dār al-Ma'ārif, 2003, no. hadis: 393, hal. 75

Jibrīl melakukan salat Asar bersamaku saat bayangan benda sepanjang bendanya...”

Dalam hal ini, penggunaan alat bantu sangat diperlukan. Agar mendapatkan awal waktu Asar yang tepat, benda yang dilihat bayangannya haruslah benda yang tegak di atas bidang yang lurus. Jika tidak, maka akan terjadi kesalahan dalam penentuan waktu Asar. Dengan demikian, penggunaan alat bantu ini merupakan *wasīlah* (perantara) untuk penentuan awal waktu salat yang tepat karena tanpa alat bantu bisa menyebabkan kesalahan dalam penentuan awal waktu salat. Dalam salah satu *Qawā'id uṣul al-Fiqh* disebutkan:

78 ما لا يتم الواجب إلا به فهو واجب

Artinya: “Selama suatu kewajiban tidak akan sempurna kecuali dengan adanya sesuatu, maka sesuatu (perantara) itu hukumnya menjadi wajib.”

⁷⁸ Jalāl al-Dīn Abd al-Rahmān al-Suyūfī, *Al-Asybah wa al-Nadāir*, Riyad: Maktabah Nizār al-Bāz, 1997, hal. 207

BAB III

KONSTRUKSI DAN PENGAPLIKASIAN *GUNTER'S* *QUADRANT*

A. Biografi Intelektual Edmund Gunter

Edmund Gunter adalah seorang pendeta Inggris, ahli matematika, geometer dan astronom keturunan Welsh. Ia sangat dikenang karena kontribusi matematikanya seperti penemuan *Gunter's Chain*, *Gunter's Quadrant*, dan *Gunter's Scale*. Gunter lahir di Hertfordshire pada 1581. Ia dididik di Westminster School, dan pada tahun 1599 M ia diterima sebagai mahasiswa di Christ Church, Oxford. Selama masa kuliahnya di Oxford, minatnya dalam matematika sudah berkembang. Ia tertarik dalam penelitian tentang model-model jam matahari (*Sundial*), lalu ia mulai menyusun instrumen matematika sendiri. Ia memperoleh gelar BA pada 12 Desember 1603 dan MA pada 2 Juli 1606. Pada bulan Maret 1619, ia menjadi profesor astronomi di Gresham College, London, mempertahankan posisi ini sampai kematian mendadak pada usia empat puluh lima.¹

Kontribusi Gunter pada sains pada dasarnya bersifat praktis. Sebagai ahli matematika yang kompeten, ia memiliki bakat untuk merancang instrumen yang menyederhanakan perhitungan dalam astronomi, navigasi, dan survei. Gunter memiliki peranan penting dalam tradisi Inggris yang menempatkan teori navigasi ke dalam

¹ Guy O. Stenstrom, *Surveying Ready Reference Manual*, New York: McGraw-Hill, 1987, hal. 7

model-model instrumen yang cocok dan mudah digunakan di laut. Karya-karya Gunter yang terpublikasi, ditulis dengan bahasa yang sederhana dan mengaplikasikan teori-teori matematis dengan kebutuhan sehari-hari. Berbagai macam instrumen karya Gunter memiliki fungsi yang penting di masanya dan bertahan lama.² Berikut ini adalah karya-karya Edmund Gunter:

1. *Canon Triangulorum*

Karya matematika Gunter yang pertama kali diterbitkan pada tahun 1620 adalah *Canon Triangulorum*, sebuah buku yang memuat tabel logaritma³ sinus dan tangen untuk setiap sudut dengan keakurasian 1 menit busur. Pada buku ini, Gunter tidak memaparkan cara yang ia gunakan untuk mendapatkan nilai logaritma sinus dan tangen. Namun beberapa tahun kemudian Henry Briggs, rekannya, menuliskan detail metode yang digunakan oleh Gunter dalam pembuatan tabel tersebut.⁴

Dalam pembuatan tabel ini, Gunter menghitung nilai logaritma sinus dari $45^\circ - 90^\circ$. Sehingga dengan akurasi tabel 1 menit busur, ia harus menghitung dengan manual $45 \times 60 = 2700$ logaritma yang memerlukan waktu satu tahun. Gunter

² Guy O. Stenstrom, *Surveying...*, hal. 7

³ Logaritma adalah operasi matematika yang merupakan kebalikan dari pemangkatan. Logaritma memindahkan fokus penghitungan dari bilangan normal ke pangkat bilang tersebut. Jika basis logaritmanya sama, maka beberapa jenis penghitungan menjadi lebih mudah menggunakan logaritma. https://www.encyclopediaofmath.org/index.php/Logarithmic_function diakses pada tanggal 20 Juni 2019

⁴ Denis Roegel, "A Construction of Gunter's Canon Triangulorum", *Research Report INRIA*, No: 005439382010, hal. 3

menggunakan persamaan $\log \sin \alpha = \log \sin 2\alpha + \log \sin 30 - \log \sin (90 - \alpha)$ untuk nilai sudut $\alpha < 45^\circ$.⁵

M	Sin. O	Tan. O		
30	7940 8418	9999 9834	7940 8418	12059 1416
31	81 0819	9822	51 0996	44 9004
32	82 3638	9812	68 8886	31 1112
33	84 1333	9800	82 2533	17 7466
34	85 4979	9787	95 3192	04 7807
35	87 3666	9774	80 07 8021	11921 1908
36	89 2406	9761	20 0445	79 9554
37	91 1204	9748	31 9446	68 0553
38	93 0068	9734	43 3274	56 4725
39	94 8999	9720	54 8192	45 1806
40	96 7996	9706	65 8057	34 1941
41	98 7059	9691	76 5305	23 4024
42	100 6188	9675	86 9970	12 0019
43	102 5383	9660	97 1172	01 7827
44	104 4644	9644	107 2021	11 892
45	106 3971	9628	116 9634	81 0265
46	108 3364	9611	126 5098	71 4901
47	110 2824	9594	135 8410	64 1489
48	112 2351	9576	144 9954	57 0044
49	114 1944	9558	153 9936	49 0483
50	116 1604	9540	162 7367	37 2631
51	118 1331	9521	171 3281	28 6718
52	120 1124	9503	179 7626	20 2374
53	122 0984	9484	188 0363	11 9637
54	124 0911	9464	196 1553	03 8444
55	126 0904	9444	204 1245	11791 8741
56	128 0964	9423	112 9345	88 0474
57	130 1091	9403	119 6407	80 2592
58	132 1284	9382	127 1952	72 8046
59	134 1544	9360	134 6207	65 3793
60	136 1871	9338	141 9314	58 0785

Sin. 89. Tan. 89 M

A 4

Gambar 10. Tabel logaritma sinus dan tangen pada buku *Triangulorum Canon*⁶

2. *The Description and Use of Sector, the Cross-Staffe, and Other Instruments for such as are Studios of Mathematical Practise*

Pada tahun 1623 Gunter menerbitkan buku *The Description and Use of Sector, the Cross-Staff, and Other Instruments for such as are Studios of Mathematical Practises.* yang menjelaskan koleksi karya matematika, kegunaan dan cara

⁵ Denis Roegel, "A Construction ...", hal. 4

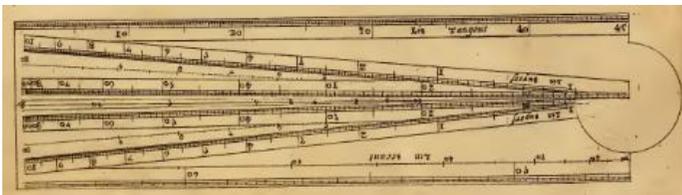
⁶ Edmund Gunter, *Canon Triangulorum, Sive Tabulae Sinuum et Tangentium Artificialium ad Radium 10000,0000.& ad Scrupula Prima Quadrantis*, London: William Jones, 1620, hal. 4

menggunakannya. Dalam buku itu pula, Gunter menuliskan cara pembuatan masing-masing instrumen karyanya. Tidak seperti buku sebelumnya, buku ini ditulis, dan diterbitkan, dalam bahasa Inggris bukan bahasa Latin.⁷ Beberapa instrumen karya Gunter yang dijelaskan dalam buku ini adalah:

a. *Gunter's Sector*

Sector adalah instrumen matematika yang terdiri dari dua penggaris berengsel yang memiliki skala terukir. Skala kedua penggaris tersebut memungkinkan untuk menjawab berbagai pertanyaan dalam trigonometri, karena instrumen *Sector* memiliki dua segitiga sama sisi dalam rasio konstan.⁸

Gunter bukanlah penemu instrumen *Sector*. Namun ia merancang instrumen *Sector* model dan skala baru. Yang menarik dari *Gunter's Sector* adalah instrumen *Sector* buatannya menjadi instrumen matematika pertama yang dituliskan dengan skala logaritma untuk mempermudah penyelesaian masalah numerik.⁹



Gambar 11. *Gunter's Sector*¹⁰

⁷ Denis Roegel, "A Construction . . .", hal. 4

⁸ C. J. Sangwin, *Edmund Gunter and The Sector*, Oxford: Oxford University Press., 2001, hal. 3

⁹ C. J. Sangwin, *Edmund...*, hal. 5

¹⁰ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 8

Dalam bukunya, Gunter juga mendeskripsikan cara penggunaan instrumen *Sector* karyanya untuk keperluan navigasi dengan bantuan kompas. J. F. Heather mengatakan bahwa *Gunter's Sector* dengan panjang dua kaki menjadi alat standar navigasi di masanya.¹¹

b. *Gunter's Cross Staff*

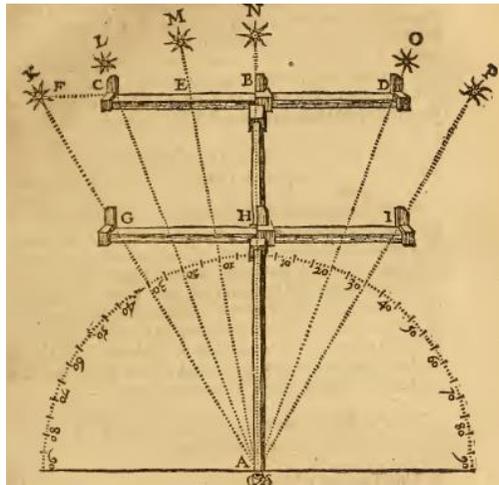
Cross Staff adalah instrumen yang sering digunakan oleh para pelaut Inggris, dan banyak digunakan oleh para Astronom kuno untuk pengamatan ketinggian dan jarak sudut benda-benda langit. *Cross Staff* juga dapat digunakan untuk mengukur ketinggian objek-objek di Bumi dan jarak di darat dan laut.¹²

Gunter memodifikasi model *Cross Staff* yang ada pada masanya agar lebih mudah digunakan dalam pengukuran jarak dan ketinggian. Modifikasi yang ia lakukan berupa penambahan garis-garis dan skala pada *Cross Staff* dalam satuan *Yard*. Gunter mengatakan bahwa *Cross Staff* hasil modifikasinya tersebut akan menggunakan cara penggunaan yang sedikit berbeda namun dapat juga diaplikasikan dengan cara dan metode yang sama dengan *Cross Staff* yang lama.¹³

¹¹ J. F. Heather, *A Treatise on Mathematical Instruments*, London: George Woodfall and Son, 1849, hal. 36

¹² Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 195

¹³ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 203



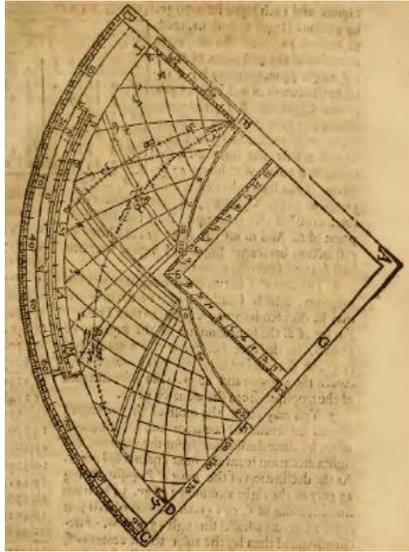
Gambar 12. *Gunter's Cross Staff*¹⁴

c. *Gunter's Quadrant*

Gunter's Quadrant merupakan jenis instrumen berukuran saku yang merupakan hasil modifikasi Gunter terhadap model instrumen *Horary Quadrant* yang ada di masanya. Seperti halnya *Horary Quadrant*, fungsi utama *Gunter's Quadrant* adalah untuk menentukan waktu di sepanjang hari dengan membidik ketinggian matahari. Saat sinar matahari melewati dua lubang pengintai di tepi atas instrumen, seutas benang dengan pemberat di ujungnya akan menunjukkan ketinggian kemudian perpotongan benang dan kurva jam akan menunjukkan waktu saat itu.¹⁵

¹⁴ Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 203

¹⁵ J. A. Bennett, *The Divided Circle: A History of Instruments for Astronomy Navigation and Surveying*, Oxford: Phaidon Inc. Ltd, 1987, hal. 80



Gambar 13. *Gunter's Quadrant*¹⁶

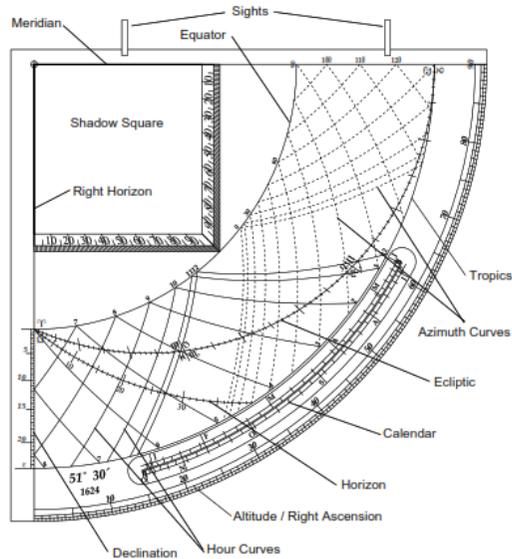
Gunter's Quadrant termasuk instrumen yang unik karena instrumen tersebut juga dirancang dengan menggambarkan proyeksi tropis, ekuator, ekliptika, dan horizon. Dengan menggunakan *Gunter's Quadrant* bersama dengan tabel data benda-benda langit, pelaut atau surveyor dapat melihat matahari, bulan, atau bintang untuk menemukan waktu siang atau malam, tanggal, panjang hari, waktu matahari terbenam dan matahari terbit, dan meridian. *Gunter's Quadrant* termasuk instrumen yang *portable*. Namun karena skala dan garisnya hanya diterapkan pada

¹⁶ Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 231

satu garis lintang tertentu, instrumen ini sering digunakan di darat.¹⁷

B. Deskripsi Bagian-Bagian *Gunter's Quadrant*

Gunter's Quadrant merupakan instrumen yang dapat digunakan sebagai alat bantu untuk observasi dan kalkulasi (perhitungan) posisi benda langit serta ketinggian dan jarak objek-objek yang ada di Bumi. Berikut ini bagian-bagian dari *Gunter's Quadrant* yang mendukung setiap fungsi tersebut:



Gambar 14. Detail bagian-bagian *Gunter's Quadrant*¹⁸

¹⁷ David W. Waters, *The Art of Navigation in England in Elizabethan and Early Stuart Times*, New Haven: Yale University Press, 1958, hal. 438.

¹⁸ James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 241

1. Busur lingkaran ekuator langit

Ekuator langit adalah lingkaran besar pada bola langit yang merupakan perluasan ekuator Bumi hingga ke langit.¹⁹ Pada *Gunter's Quadrant*, hasil proyeksi lingkaran ekuator langit berupa busur 90° yang berada di dalam *Gunter's Quadrant*. Pada busur lingkaran ekuator langit, terdapat angka-angka yang menunjukkan jam dan azimuth Matahari. Hal ini disebabkan karena model proyeksi *Gunter's Quadrant* adalah menggunakan acuan lingkaran ekuator langit. Sehingga kurva-kurva jam dan azimuth bermula dari lingkaran ekuator.

2. Busur lingkaran ekliptika

Lingkaran ekliptika adalah lingkaran besar pada bola langit yang menjadi lingkaran gerak semu tahunan Matahari.²⁰ Pada *Gunter's Quadrant*, hasil proyeksi lingkaran ekliptika berupa busur 90° yang melintang dari tepi kiri busur ekuator langit hingga tepi kanan lingkaran tropis. pada busur lingkaran ekliptika, terdapat skala bujur Matahari dan titik awal zodiak. 12 zodiak terbagi ke dalam busur 90° ekliptika. Sehingga ada 2 titik yang menjadi titik awal bagi 4 zodiak dan dua titik yang menjadi titik awal bagi 2 zodiak. Busur ekliptika pada *Gunter's Quadrant* digunakan untuk mengetahui posisi Matahari dari zodiak dan juga dapat digunakan untuk mengetahui bujur Matahari.²¹

¹⁹ A. E. Roy dan D. Clarke, *Astronomy: Principles and Practices*, Bristol: Adam Hilger Ltd., 1977, hal. 48

²⁰ Slamet Hambali, *Ilmu Falak...*, hal. 83

²¹ Lihat James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 240

3. Busur lingkaran tropis

Lingkaran tropis adalah lingkaran kecil pada bola langit yang merupakan lingkaran gerak semu harian Matahari saat Matahari berada di titik balik utara dan selatan.²² pada *Gunter's Quadrant*, hasil proyeksi lingkaran tropis berupa busur 90° yang berada di antara busur ekuator dan busur *Gunter's Quadrant*. Busur lingkaran tropis menjadi ujung dari busur ekliptika, kurva jam, dan kurva azimuth.

4. Busur lingkaran horizon

Lingkaran horizon atau lingkaran ufuk adalah lingkaran besar pada bola langit yang membelah bola Bumi menjadi dua bagian sama besar, separuh di atas ufuk dan separuh berada di bawah ufuk. Sehingga jarak ufuk sampai titik zenith adalah 90° dan jarak ufuk sampai titik nadir 90° pula.²³ Pada *Gunter's Quadrant*, hasil proyeksi lingkaran horizon berupa busur yang melintang dari ujung kiri busur ekuator langit hingga busur lingkaran tropis. Busur lingkaran horizon digunakan untuk mengetahui waktu Matahari terbit dan terbenam.

5. Skala kalender

Skala kalender adalah skala yang digunakan sebagai acuan tanggal pengamatan benda langit dengan *Gunter's Quadrant*. Posisi skala kalender berada di antara busur *Gunter's Quadrant* dan busur lingkaran tropis.

²² A. E. Roy dan D. Clarke, *Astronomy...*, hal. 60

²³ Slamet Hambali, *Ilmu Falak...*, hal. 76

6. Skala deklinasi

Deklinasi adalah busur sepanjang lingkaran waktu yang dihitung dari ekuator hingga posisi Matahari.²⁴ Pada *Gunter's Quadrant*, posisi skala deklinasi berada di margin kiri dengan posisi 0° skala deklinasi berhimpit dengan ujung kiri busur lingkaran ekuator.²⁵ Sedangkan posisi 23°30' skala deklinasi berada pada ujung kiri busur lingkaran tropis. Skala deklinasi pada *Gunter's Quadrant* hanya ada satu. Sehingga perhitungan nilai deklinasi Matahari utara dan selatan menggunakan skala yang sama.²⁶

7. Busur *Gunter's Quadrant*

Busur *Gunter's Quadrant* merupakan busur yang digunakan untuk menghitung tinggi benda langit yang dibidik dan nilai asensioekta Matahari. Busur *Gunter's Quadrant*

8. Skala bayangan

Skala bayangan pada *Gunter's Quadrant* adalah skala yang dapat digunakan untuk menghitung jarak dan ketinggian benda yang ada di Bumi dari pengamat. Skala yang digunakan adalah nilai 0 – 10.

9. Kurva jam

Kurva jam adalah kurva yang digunakan untuk mengetahui jam di siang hari melalui metode perhitungan maupun pengamatan Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*. Kurva

²⁴ Slamet Hambali, *Ilmu Falak...*, hal. 55

²⁵ James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 242

²⁶ Lihat James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 241

jam pada *Gunter's Quadrant* membentang dari busur lingkaran ekuator hingga busur lingkaran tropis. Kurva jam pada *Gunter's Quadrant* dibuat untuk masing-masing jam.²⁷

10. Kurva azimuth

Azimuth adalah busur sepanjang lingkaran horizon yang dihitung dari titik Utara sejati searah jarum hingga lingkaran vertical yang dilalui benda langit tersebut.²⁸ Kurva azimuth digunakan untuk mengetahui nilai azimuth Matahari melalui metode perhitungan maupun pengamatan Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*. Kurva azimuth pada *Gunter's Quadrant* membentang dari busur lingkaran ekuator hingga busur lingkaran tropis. Masing-masing sudut azimuth memiliki dua kurva. Kurva azimuth yang melintang dari busur ekuator ke kiri digunakan untuk menghitung azimuth di musim semi dan panas. Sedangkan azimuth yang melintang ke kanan digunakan untuk menghitung azimuth di musim gugur dan dingin.²⁹

11. Lubang pembidik

Lubang pembidik merupakan lubang pada *Gunter's Quadrant* yang digunakan untuk pembidik Matahari dan objek-objek yang ada di Bumi untuk dicari ketinggiannya. Untuk mengetahui tinggi Matahari dapat dilakukan dengan mengarahkan lubang pembidik ke Matahari tanpa melihatnya

²⁷ James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 242

²⁸ Slamet Hambali, *Ilmu Falak...*, hal. 52

²⁹ James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 242

dari lubang pengintai. Tanda bahwa Matahari telah terbidik adalah saat sinar Matahari terlihat masuk ke dalam lubang pembidik. Benang yang telah dilengkapi dengan pemberat akan menunjukkan ketinggian Matahari pada saat tersebut.³⁰

12. Benang
13. simpul benang
14. Pemberat

C. Deskripsi Konstruksi *Gunter's Quadrant*

Dalam buku *The Description and Use of Sector, the Cross-Staffe, and Other Instruments for such as are Studios of Mathematical Practise*, Gunter menuliskan rancangan sebuah instrumen berbentuk kuadran yang merupakan penerapan dari persamaan-persamaan trigonometri bola langit. Desain instrumen kuadran yang ia rancang dapat diterapkan di semua lintang tempat, namun instrumen tersebut hanya dapat digunakan untuk satu lintang tempat.³¹ Meski desain instrumen kuadrannya orisinal, Gunter tidak memberi nama untuk instrumen kuadran karyanya. Sehingga para astronom setelahnya menamai instrumen kuadran karya Gunter ini dengan nama *Gunter's Quadrant*.³²

Gunter's Quadrant memiliki kesamaan fungsi dengan *Astrolabe* dalam menghitung posisi Matahari dan jam berdasarkan posisi Matahari. Hanya saja penentuan waktu berdasarkan posisi

³⁰ James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 245

³¹ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 250

³² David W. Waters, *The Art...*, hal. 438

Matahari pada *Gunter's Quadrant* dapat dilakukan dengan metode kalkulasi dan observasi. Sedangkan *Astrolabe* hanya dapat menggunakan metode kalkulasi. Hal ini yang menjadi keunggulan *Gunter's Quadrant* dibandingkan dengan *Astrolabe*. Selain itu, S Beberapa bintang juga dapat dimasukkan pada *Gunter's Quadrant* sehingga *Gunter's Quadrant* juga dapat digunakan pada malam hari. Gunter merancang instrumen kuadran miliknya dengan dasar proyeksi stereografik ke ekuator, yang memungkinkan kuadran miliknya menentukan waktu berdasarkan pengamatan ketinggian Matahari.³³

Dalam bukunya, Gunter membuat ilustrasi dan rancangan *Gunter's Quadrant* untuk London dengan lintang tempat senilai $51^{\circ} 30'$ LU. Berikut ini pemaparan Gunter tentang konstruksi instrumen kuadran miliknya:

1. Penentuan ukuran *Gunter's Quadrant*

Gunter tidak memberikan standar ukuran *Gunter's Quadrant*. Ia hanya mengatakan bahwa hal paling dasar dari *Gunter's Quadrant* adalah instrumen tersebut harus benar-benar berbentuk kuadrannya, yaitu dua sisi kuadran harus memiliki ukuran panjang yang sama serta busur yang menghubungkan dua sisi tersebut haruslah memiliki sudut 90° .³⁴ James E. Morrison mengatakan bahwa kebanyakan *Gunter's Quadrant* yang pernah dibuat menggunakan ukuran sisi sepanjang 15 cm.

³³ James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 243

³⁴ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 250

Ia juga mengatakan bahwa ukuran yang lebih besar dari akan menambah tingkat akurasinya.³⁵

2. Skala busur *Gunter's Quadrant*

Skala busur *Gunter's Quadrant* merupakan skala untuk pengukuran ketinggian dan asensio rekta Matahari yang dibuat dengan skala sudut dari $0^{\circ} - 90^{\circ}$. Pada ilustrasi kuadrannya, Gunter menggunakan skala busur dengan desain kotak dan akurasi $0^{\circ}30'$.³⁶

3. Penentuan margin *Gunter's Quadrant*

Gunter mensyaratkan adanya sedikit ruang kosong dari posisi skala busur *Gunter's Quadrant* dengan busur tropis. Ruang kosong tersebut akan digunakan untuk skala kalender. Ia juga mengharuskan adanya ruang kosong dari tepi sisi *Gunter's Quadrant*. Ruang kosong di salah satu sisi *Gunter's Quadrant* yang akan digunakan untuk skala deklinasi. Sedangkan ruang kosong di sisi lainnya hanya sebagai penyeimbang margin. Margin pada dua sisi *Gunter's Quadrant* harus memiliki ukuran yang sama agar skala busur tepat bernilai 90° .³⁷

James E. Morrison mengatakan bahwa garis batas margin *Gunter's Quadrant* menjadi acuan awal pembuatan busur ekuator dan tropis dan pertemuan garis batas margin dua sisinya menjadi posisi lubang tali.³⁸

³⁵ James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 246

³⁶ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 231

³⁷ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 230

³⁸ James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 246

4. Pembuatan busur ekuator dan tropis

Gunter tidak memberikan rumus khusus untuk menentukan jarak antara busur ekuator hingga lubang tali dan jarak antara busur ekuator hingga busur tropis. Namun Gunter memberikan skala perbandingan kedua jarak tersebut. Jarak lubang tali dengan busur tropis adalah sebesar 10.000 bagian. Lalu jarak lubang tali dengan busur ekuator adalah sebesar 6556 bagian. Atau dapat juga dengan menggunakan skala jarak lubang tali hingga busur ekuator sebesar 10.000 bagian dan skala jarak busur ekuator hingga busur tropis sebesar 5253.³⁹

Berdasarkan perbandingan skala yang dipaparkan oleh Gunter dapat disimpulkan bahwa jarak lubang tali hingga busur ekuator adalah sebesar 1.525320317 kali jarak busur ekuator hingga busur tropis.

5. Skala deklinasi Matahari

Skala deklinasi Matahari berada di margin kiri *Gunter's Quadrant*. Panjang garis skala deklinasi menyesuaikan panjang ruang antara busur ekuator dan tropis. Panjang garis skala deklinasi tersebut kemudian dibagi dengan nilai *obliquity* sebesar $23^{\circ} 30'$ Gunter juga menetapkan besar skala masing-masing derajat deklinasi dengan skala jari-jari ekuator sebesar 10000 bagian. Berikut ini skala deklinasi yang dibuat oleh Gunter untuk masing-masing derajat:

³⁹ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 230

Gr. Part	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	176	355	537	723	913	1106	1301	1503	1708	1917	2130	2348	2571	2799	3032	3270	3514	3763	4019	4281	4550	4825	5108	5392	5672

Gambar 15. Tabel skala deklinasi pada *Gunter's Quadrant*⁴⁰

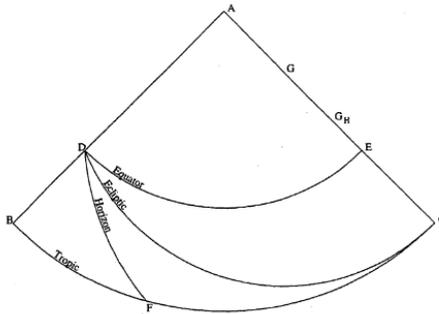
6. Pembuatan busur ekliptika

Pembuatan busur ekliptika pada *Gunter's Quadrant* memerlukan titik bantu yang terletak pada margin kanan. Titik bantu ini Gunter anotasikan sebagai titik G. Dalam menjelaskan posisi titik G dari lubang tali, Gunter menggunakan skala. Jika skala jarak lubang tali hingga busur ekuator adalah 10.000 bagian, maka jarak lubang tali hingga titik G adalah 4343 bagian. Kemudian untuk menggambar busur ekliptika ini adalah dengan membuat busur dari posisi ekuator di margin kiri *Gunter's Quadrant* hingga posisi tropis di margin kanan *Gunter's Quadrant*. Adapun titik pusat dari busur ekliptika ini adalah titik G.⁴¹

Dengan perbandingan skala tersebut, dapat disimpulkan bahwa jarak lubang tali hingga titik bantu G adalah 0.4343 kali panjang lubang tali hingga posisi ekliptika pada margin *Gunter's Quadrant*.

⁴⁰ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 232

⁴¹ R. Darren Stanley, *Quadrant...*, hal. 70



Gambar 16. Pembuatan busur ekliptika⁴²

7. Pembuatan skala bujur

Kurva ekliptika pada *Gunter's Quadrant* ini akan digunakan untuk menghitung bujur Matahari. Maka, kurva tersebut harus dibuatkan skala bujur. Caranya adalah dengan membagi kurva ekliptika menjadi 3 bagian. Masing-masing bagian bernilai 30° bujur yang merupakan titik awal zodiak. Dengan demikian, masing-masing 3 titik tersebut mewakili 4 titik awal zodiak.⁴³

Pada *Gunter's Quadrant*, Kurva ekliptika tidak dibuat sejajar dengan skala busur. Sehingga dalam pembuatan skala bujurnya, skala masing-masing derajat bujur pada ekliptika adalah berdasarkan nilai asensioirektanya. Pada bukunya, Gunter membuat tabel nilai asensioirekta berdasarkan bujur Matahari:

⁴² R. Darren Stanley, *Quadrant...*, hal. 70

⁴³ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 232

A Table of right Ascensions.						
G	Υ		♄		♃	
	Gr.	M.	Gr.	M.	Gr.	M.
0	0	0	27	54	57	48
5	4	35	32	42	63	3
10	9	11	37	35	68	21
15	13	48	42	31	73	43
20	18	27	47	33	79	7
25	23	952	52	38	84	32
30	27	54	57	48	90	0

Gambar 17. Tabel nilai asensio rekta sebagai acuan skala bujur Matahari pada *Gunter's Quadrant*⁴⁴

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa posisi skala bujur 5° adalah 4° 35' dari awal busur *Gunter's Quadrant*.

8. Pembuatan skala kalender

Skala kalender pada *Gunter's Quadrant* terletak di antara skala busur untuk pengukuran ketinggian dan busur tropis. Pembuatan skala kalender ini adalah berdasarkan tinggi kulminasi Matahari pada tanggal tersebut. Gunter membuatkan tabel tinggi kulminasi Matahari di lintang 51° 30' untuk satu tahun:

⁴⁴ Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 232

Dies or	0		5		10		15		20		25		30	
	Gr.	M.												
January	16	31	17	24	18	26	19	37	20	57	21	24	23	58
February	24	17	25	59	27	45	29	35	31	29	33	25		
March	34	35	36	33	38	32	40	30	42	27	44	22	46	15
April	46	37	48	26	50	11	51	50	53	25	54	53	56	15
May	56	15	57	29	58	35	59	33	60	22	61	26	1	31
June	61	36	61	54	62	0	61	58	61	45	61	22	60	49
July	60	49	60	6	59	14	58	13	57	45	55	48	54	24
August	54	7	52	36	50	59	49	17	47	31	45	41	43	49
September	43	26	41	30	39	33	37	36	35	38	33	41	31	46
October	31	46	29	53	28	3	26	16	24	35	22	59	21	29
November	21	12	19	51	18	39	17	36	16	43	16	0	15	28
December	15	28	15	5	17	0	15	2	15	17	15	4	16	22

Gambar 18. Tabel nilai kulminasi Matahari di lintang $51^{\circ} 30'$ ⁴⁵

Berdasarkan tabel di atas, posisi awal bulan Januari adalah $16^{\circ} 31'$ dari awal busur *Gunter's Quadrant*. Kemudian posisi tanggal 5 bulan Januari adalah $17^{\circ} 24'$ dari awal busur *Gunter's Quadrant*. Pembuatan skala kalender adalah dengan menentukan posisi masing-masing tanggal dari awal busur *Gunter's Quadrant* berdasarkan nilai ketinggian kulminasi pada tanggal tersebut.

9. Pembuatan kurva jam

Kurva jam pada *Gunter's Quadrant* merupakan kurva untuk menunjukkan jam dengan sistem waktu *unequal hours*. Kurva jam pada *Gunter's Quadrant* digambar dengan acuan ketinggian Matahari pada saat jam-jam tersebut.⁴⁶ Kurva jam tersebut bukan merupakan busur lingkaran. Sehingga dalam pembuatannya diperlukan data ketinggian Matahari perjam di

⁴⁵ Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 250

⁴⁶ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 238

suatu lokasi. Pada bukunya, Gunter mencantumkan tabel ketinggian Matahari perjam dalam satu tahun yang dapat dijadikan acuan dalam pembuatan kurva jam pada *Gunter's Quadrant* untuk lintang $51^{\circ} 30'$.

Hor	♈		♉		♊		♋		♌		♍		♎			
	Gr.	M.														
12	62	0	58	42	50	0	38	30	27	0	18	18	15	0		
11	1	59	43	56	34	48	12	36	58	25	40	17	6	13	52	
10	2	53	45	50	55	43	12	32	37	21	51	13	38	10	30	
9	3	45	42	43	6	36	0	26	7	15	58	8	12	5	15	
8	4	36	41	34	13	27	31	18	8	8	33	1	15			
7	5	27	17	24	56	18	18	9	17	0	6					
6	6	18	11	15	40	9	0	0								
5	7	9	32	6	50										11	37
4	8	1	32												21	40

Gambar 19. Tabel nilai kulminasi Matahari di lintang $51^{\circ} 30'$ dengan acuan posisi Matahari pada zodiak⁴⁷

Berdasarkan tabel di atas, titik jam 12 saat Matahari berada di Aries adalah $38^{\circ} 30'$ dari awal busur *Gunter's Quadrant*. Kemudian titik jam 12 saat Matahari berada di Taurus adalah 50° dari awal busur *Gunter's Quadrant*. Pembuatan kurva jam ini adalah dengan menghubungkan titik posisi masing-masing jam sesuai dengan nilai yang telah ditentukan berdasarkan tabel di atas. Adapun jarak masing-masing titik tersebut dari busur ekuator adalah menyesuaikan skala deklinasinya.

⁴⁷ Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 240

10. Pembuatan kurva azimuth

Kurva azimuth Matahari pada *Gunter's Quadrant* harus disesuaikan dengan tinggi Matahari pada tiap-tiap nilai azimuth. Sehingga diperlukan data tinggi Matahari pada tiap-tiap nilai azimuth di sepanjang tahun untuk suatu lokasi. Pada bukunya, Gunter mencantumkan tabel tinggi Matahari pada tiap-tiap nilai azimuth Matahari di lintang tempat $50^{\circ} - 52^{\circ}$ untuk satu tahun berdasarkan posisi Matahari pada ekliptika.⁴⁸

Lat. 50 Gr. 0 M										
Merid.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
♈	63 30	63 14	62 23	60 54	58 42	55 32	51 25	46 23	39 17	31 22
♉	60 12	59 54	59 0	57 23	55 1	51 43	47 18	41 40	34 47	26 48
♊	41 30	41 9	40 50	38 10	35 23	31 34	26 38	20 30	13 23	5 15
♋	40 0	39 34	38 15	36 0	32 44	28 20	22 45	16 0	8 17	0 0
♌	28 30	28 0	26 27	23 50	20 5	15 6	8 52	1 30	6 38	
♍	10 48	10 14	17 31	14 37	10 27	4 57	1 48	9 40	18 13	
♎	16 30	14 54	14 7	11 6	6 46	1 8	5 55	14 2	22 43	
Lat. 51 Gr.										
♈	62 30	62 14	61 22	59 54	57 40	54 35	50 27	45 8	38 33	30 53
♉	59 12	58 54	57 59	56 23	54 0	50 43	46 22	41 51	34 6	26 23
♊	50 30	50 7	49 3	47 11	44 25	40 40	35 47	29 48	22 43	14 52
♋	39 0	38 34	37 16	35 3	31 49	27 30	22 2	15 29	8 0	0 0
♌	27 30	27 1	25 29	22 55	19 13	14 20	8 17	1 10	6 43	
♍	18 48	18 14	16 33	13 43	9 38	4 17	3 18	9 53	18 6	
♎	15 30	14 54	13 10	10 12	5 58	0 25	6 23	14 10	22 33	
Lat. 52 Gr.										
♈	61 30	61 14	60 22	58 52	56 38	53 33	49 29	44 14	37 58	30 24
♉	58 12	58 54	56 28	56 22	53 0	49 43	44 25	40 0	33 28	26 0
♊	49 30	49 9	48 3	46 11	43 26	40 44	34 58	29 6	22 15	14 40
♋	38 0	37 34	36 17	34 5	30 54	26 40	21 20	14 57	7 44	0 0
♌	26 30	26 1	24 31	22 0	18 21	13 26	7 42	0 48	6 46	
♍	17 48	17 16	15 36	12 48	8 49	3 37	2 45	10 6	18 0	
♎	14 30	14 56	12 12	9 18	5 10	0 13	6 46	14 16	22 30	

Gambar 20. Tabel tinggi Matahari pada azimuth $0^{\circ} - 90^{\circ}$ untuk lintang tempat $50^{\circ} - 52^{\circ}$ ⁴⁹

⁴⁸ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 243

⁴⁹ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 243

Az.	☾	♌	♍	♎	♏	♐	♑	♒	♓	♈	♉	♊	♋
	Gr. M.												
0	62	058	42	50	0	38	30	27	0	18	18	15	0
10	61	4358	24	47	38	38	4	26	30	17	45	14	25
20	60	5157	28	48	33	36	46	25	0	16	5	12	41
30	59	5255	52	46	40	34	34	22	27	13	15	9	45
40	57	1053	29	43	55	31	21	18	48	9	14	5	34
50	54	350	12	40	11	27	5	11	58	3	57	0	6
60	49	5645	53	35	23	21	41	8	0				
70	44	4040	25	29	27	15	13	1	0				
80	38	1133	46	21	29	7	52						
90	30	3826	10	14	25	0	0						
100	23	2718	2	6	45							6	12
110	14	14	9	58								12	18
120	6	34	2	30								18	8

Gambar 21 Tabel tinggi Matahari pada azimuth 0°– 120° untuk lintang tempat 51° 30' ⁵⁰

Pembuatan kurva azimuth Matahari adalah dengan menghubungkan titik posisi masing-masing azimuth sesuai dengan nilai jarak zenith Matahari. Maka nilai tinggi Matahari pada tabel di atas harus dihitung dari akhir busur *Gunter's Quadrant*.⁵¹ Sebagai contoh, posisi titik azimuth Matahari 0° saat Matahari berada di Aries adalah 38° 30' dihitung dari akhir busur *Gunter's Quadrant* atau 51° 30' dihitung dari awal busur *Gunter's Quadrant*. Kemudian titik azimuth Matahari 0° saat Matahari berada di Taurus adalah 50° dari akhir busur *Gunter's Quadrant* atau 40° dihitung dari awal busur *Gunter's Quadrant*.

11. Pembuatan skala bayangan

Skala bayangan adalah skala yang dapat digunakan untuk menghitung jarak seorang pengamat hingga benda yang diamatinya atau ketinggian benda yang diamati. Skala bayangan

⁵⁰ Lihat Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 243

⁵¹ Lihat James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 248

pada *Gunter's Quadrant* berbentuk persegi. Gunter tidak memberikan panjang sisi skala bayangan dari lubang tali. Ia hanya menyebutkan skala yang ia gunakan adalah 100 bagian untuk sisi skala bayangan yang ia buat, yang mewakili sudut 45° . Tiap-tiap 10 bagian ditandai dengan nomor 1 hingga 10.

D. Pengaplikasian *Gunter's Quadrant* dalam Penentuan Waktu dan Posisi Matahari

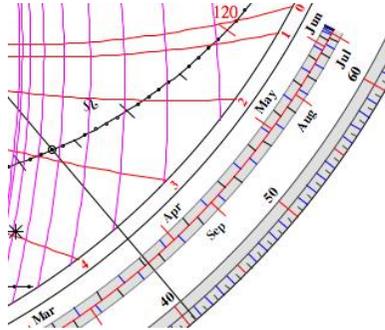
Gunter's Quadrant merupakan instrumen yang dapat digunakan untuk menyederhanakan perhitungan astronomi dan untuk melakukan pengamatan. *Gunter's Quadrant* juga memproyeksikan gambar tata koordinat langit, dan dapat dipahami sebagai cara untuk mendapatkan pengetahuan praktis tentang geometri dan astronomi.⁵² Fungsi utama *Gunter's Quadrant* adalah untuk menentukan waktu berdasarkan posisi Matahari dan untuk menyederhanakan perhitungan astronomi untuk Matahari, berupa: ketinggian, azimuth, deklinasi, asensiorekta, dan posisi Matahari di zodiak.

Berikut ini cara pengaplikasian *Gunter's Quadrant* dalam menentukan waktu dan posisi Matahari:

⁵²<http://www.sites.hps.cam.ac.uk/whipple/explore/astronomy/mapsoftheheavens/thegunterquadrant/> diakses pada tanggal 20 Juni 2019

1. Menentukan asensioirekta Matahari dan posisi Matahari pada ekliptika

Dengan menggunakan *Gunter's Quadrant*, posisi Matahari pada ekliptika dapat dinyatakan dengan posisinya pada zodiak dan nilai bujur Matahari. Berikut ini langkah-langkahnya:



Gambar 22. Cara menentukan asensioirekta Matahari dan posisi Matahari pada ekliptika menggunakan *Gunter's Quadrant*⁵³

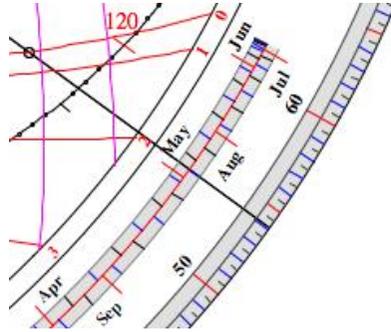
Letakkan benang pada tanggal yang diinginkan. Lihat skala busur *Gunter's Quadrant*. Maka nilai yang ditunjukkan oleh skala busur *Gunter's Quadrant* adalah nilai asensioirekta Matahari. Kemudian lihat perpotongan benang dengan busur ekliptika. Maka nilai yang ditunjukkan oleh skala pada busur ekliptika itu adalah posisi Matahari pada ekliptika.⁵⁴

2. Menentukan deklinasi Matahari

Adapun cara menentukan nilai deklinasi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant* adalah sebagai berikut:

⁵³ <http://www.geoastro.de/gunter/> diakses pada tanggal 20 Juni 2019

⁵⁴ Lihat James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 245



Gambar 23. Cara menentukan deklinasi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*⁵⁵

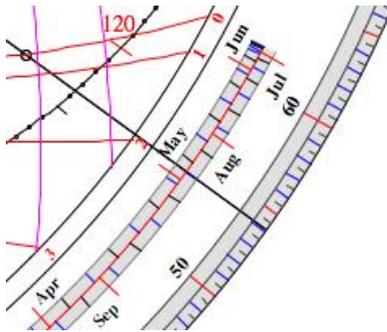
Letakkan benang pada tanggal yang diinginkan. Tandai dengan simpul benang pada perpotongan benang dengan kurva jam 12. Lalu geser benang hingga berada pada skala deklinasi. Maka nilai yang ditunjukkan oleh simpul benang pada skala deklinasi adalah nilai deklinasi Matahari.⁵⁶

3. Menentukan tinggi kulminasi Matahari

Adapun cara menentukan tinggi kulminasi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant* adalah sebagai berikut:

⁵⁵ <http://www.geoastro.de/gunter/> diakses pada tanggal 20 Juni 2019

⁵⁶ Lihat James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 245



Gambar 24. Cara menentukan tinggi kulminasi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*⁵⁷

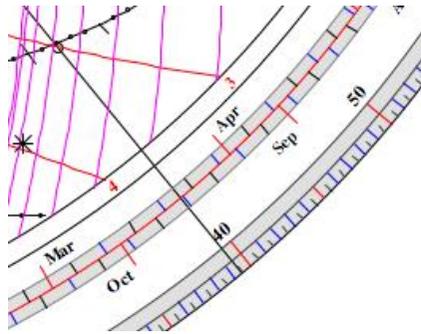
Letakkan benang pada tanggal yang diinginkan. Kemudian lihat posisi benang pada skala busur *Gunter's Quadrant*. Maka nilai yang ditunjukkan oleh posisi benang pada skala busur *Gunter's Quadrant* adalah tinggi kulminasi Matahari di tanggal tersebut.⁵⁸

4. Menentukan waktu berdasarkan tinggi Matahari

Adapun cara menentukan waktu berdasarkan tinggi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant* adalah sebagai berikut:

⁵⁷ <http://www.geoastro.de/gunter/> diakses pada tanggal 20 Juni 2019

⁵⁸ Lihat James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 244



Gambar 25. Cara menentukan tinggi kulminasi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*⁵⁹

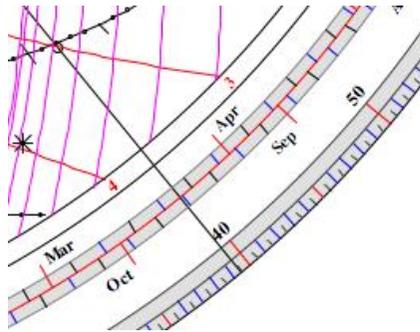
Letakkan benang pada tanggal yang diinginkan. Tandai dengan simpul benang pada perpotongan benang dengan kurva jam 12. Lalu lakukan pembidikan Matahari. Lihat posisi simpul benang pada kurva jam. Maka kurva jam yang ditunjukkan oleh simpul benang adalah waktu saat itu.⁶⁰

5. Menentukan tinggi dan azimuth Matahari berdasarkan jam

Adapun cara menentukan tinggi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant* adalah sebagai berikut:

⁵⁹ <http://www.geoastro.de/gunter/> diakses pada tanggal 20 Juni 2019

⁶⁰ Lihat James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 245



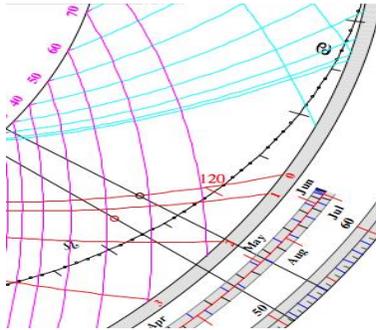
Gambar 26. Cara menentukan tinggi Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*⁶¹

Letakkan benang pada tanggal yang diinginkan. Tandai dengan simpul benang pada perpotongan benang dengan kurva jam 12. Lalu geser benang hingga simpul benang berada pada kurva jam yang diinginkan. Lihat skala busur *Gunter's Quadrant*. Maka nilai yang ditunjukkan oleh posisi benang pada skala busur *Gunter's Quadrant* adalah tinggi Matahari di tanggal dan jam tersebut.⁶²

Sedangkan cara menentukan azimuth Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant* adalah sebagai berikut:

⁶¹ <http://www.geoastro.de/gunter/> diakses pada tanggal 20 Juni 2019

⁶² Lihat James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 245



Gambar 27. Cara menentukan azimuth Matahari menggunakan *Gunter's Quadrant*⁶³

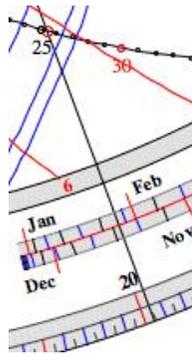
Letakkan benang pada tanggal yang diinginkan. Tandai dengan simpul benang pada perpotongan benang dengan kurva jam 12. Lalu geser benang hingga simpul benang berada pada kurva jam yang diinginkan. Lihat nilai tinggi Matahari pada skala busur *Gunter's Quadrant* yang ditunjukkan oleh benang. Kemudian geser benang sebesar jarak zenith Matahari ($90 -$ tinggi Matahari). Lalu lihat posisi simpul benang pada kurva azimuth. Maka kurva azimuth yang ditunjukkan oleh simpul benang adalah azimuth Matahari saat itu.⁶⁴

6. Menentukan waktu Matahari terbit dan terbenam

Adapun cara menentukan waktu Matahari terbit menggunakan *Gunter's Quadrant* adalah sebagai berikut:

⁶³ <http://www.geoastro.de/gunter/> diakses pada tanggal 20 Juni 2019

⁶⁴ Lihat James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 245



Gambar 28. Cara menentukan waktu Matahari terbit dan terbenam menggunakan *Gunter's Quadrant*⁶⁵

Letakkan benang pada tanggal yang diinginkan. Tandai dengan simpul benang pada perpotongan benang dengan kurva jam 12. Lalu geser benang hingga simpul benang berada pada kurva busur horizon. Lihat skala busur *Gunter's Quadrant* yang ditunjukkan oleh benang. Kemudian kalikan nilai tersebut dengan $0^{\circ} 4'$. Tambahkan atau kurangkan jam 6 atau 18 dengan hasil perkalian tersebut. Maka itulah waktu terbit dan terbenam Matahari.

Ketentuan penambahan atau pengurangan jam 6 atau 18 dengan hasil perkalian tersebut adalah sesuai dengan arah deklinasi:

- a. Jika deklinasi memiliki arah yang sama dengan lintang tempat, maka waktu Matahari terbit adalah jam 6 dikurangi hasil perkalian tersebut. Sedangkan waktu matahari terbenam adalah jam 18 ditambah hasil perkalian tersebut.

⁶⁵ <http://www.geoastro.de/gunter/> diakses pada tanggal 20 Juni 2019

- b. Jika deklinasi memiliki arah yang berbeda dengan lintang tempat, maka waktu Matahari terbit adalah jam 6 ditambah hasil perkalian tersebut. Sedangkan waktu matahari terbenam adalah jam 18 dikurangi hasil perkalian tersebut.⁶⁶

⁶⁶ Lihat James E. Morrison, *The Astrolabe...*, hal. 246

BAB IV

MODIFIKASI *GUNTER'S QUADRANT* UNTUK HISAB AWAL WAKTU SALAT

A. Analisis Kekurangan *Gunter's Quadrant*

Gunter's Quadrant merupakan hasil kreasi Edmund Gunter dalam memodifikasi model instrumen *Horary Quadrant* yang ada di masanya. Seperti halnya *Horary Quadrant*, fungsi utama *Gunter's Quadrant* adalah untuk menentukan waktu di sepanjang hari dengan membidik ketinggian Matahari.¹ Namun dengan modifikasi yang dilakukan oleh Gunter, instrumen berbentuk kuadran tersebut dapat juga digunakan untuk menghitung azimuth Matahari serta data ephemeris Matahari seperti bujur, asensioekta, dan deklinasi Matahari.

Gunter's Quadrant termasuk instrumen yang unik karena instrumen tersebut menggunakan proyeksi stereografik dengan acuan ekuator langit. Meski demikian, desain *Gunter's Quadrant* bukanlah *final design* dari sebuah instrumen yang menggunakan jenis proyeksi tersebut. Ada beberapa kekurangan dari desain dasar *Gunter's Quadrant*. Beberapa kekurangan tersebut adalah:

¹ J. A. Bennett, *The Divided Circle: A History of Instruments for Astronomy Navigation and Surveying*, Oxford: Phaidon Inc. Ltd, 1987, hal. 80

1. Model pembuatan skala kalender

Pembuatan skala kalender pada *Gunter's Quadrant* menggunakan acuan nilai tinggi kulminasi Matahari² di lokasi dan tanggal tersebut. atau dengan kata lain pembuatan skala kalender adalah dengan menentukan posisi masing-masing tanggal dari awal busur *Gunter's Quadrant* berdasarkan nilai ketinggian kulminasi pada tanggal tersebut di suatu lintang tempat.

Pembuatan skala kalender dengan model tersebut akan mengakibatkan jarak masing-masing tanggal akan sangat kecil. Dalam bukunya, Gunter menggunakan lintang $51^{\circ} 30'$ LU sebagai contoh gambar desain *Gunter's Quadrant*. Dengan model pembuatan skala kalender menggunakan acuan nilai tinggi kulminasi Matahari, skala kalender untuk lintang $51^{\circ} 30'$ hanya berkisar antara tinggi $15^{\circ} 3'$ hingga $61^{\circ} 57'$ atau sebesar $46^{\circ} 54'$ untuk setengah tahun.



Gambar 29 Skala kalender pada *Gunter's Quadrant*³

Pada gambar di atas, ruang untuk bulan Juni sangatlah sempit. Hal ini disebabkan karena tinggi kulminasi saat 1 juni adalah $60^{\circ} 40'$ sedangkan tanggal 22 Juni saat deklinasi

² Tinggi kulminasi Matahari dapat dihitung dengan rumus: $90 - [\delta - \phi]$

³ Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 231

maksimal Matahari, tinggi kulminasi adalah $61^{\circ} 57'$. Sehingga ruang untuk tanggal 1 hingga 22 Juni hanyalah $1^{\circ} 17'$.

Pembuatan skala kalender untuk lintang 7° LS dengan acuan tinggi kulminasi akan menghasilkan ruang untuk kalender lebih sempit lagi, yaitu sebesar $30^{\circ} 27'$. Hal ini disebabkan karena tinggi kulminasi Matahari paling rendah di lintang 7° LS adalah $59^{\circ} 33'$ sedangkan tinggi kulminasi Matahari paling tingginya adalah 90° . Tidak hanya itu saja, penerapan model ini dalam pembuatan skala kalender akan mengakibatkan ruang yang terisi untuk kalender hanya berada pada busur $59^{\circ} 33' - 90^{\circ}$. Sedangkan ruang dari $0^{\circ} - 59^{\circ} 33'$ kosong tidak terisi.

2. Model pembuatan busur ekliptika

Busur ekliptika pada *Gunter's Quadrant* hanyalah seperempat dari lingkaran ekliptika. Busur 90° dari lingkaran ekliptika ini didesain untuk mewakili 360° lingkaran ekliptika dalam penggunaan untuk menghitung posisi Matahari dari zodiak. Konsekuensi dari model ini adalah 2 titik awal zodiak pada busur ekliptika *Gunter's Quadrant* menjadi 4 titik awal zodiak. Sedangkan 2 titik lainnya menjadi titik awal untuk 2 zodiak. Berikut ini rinciannya:

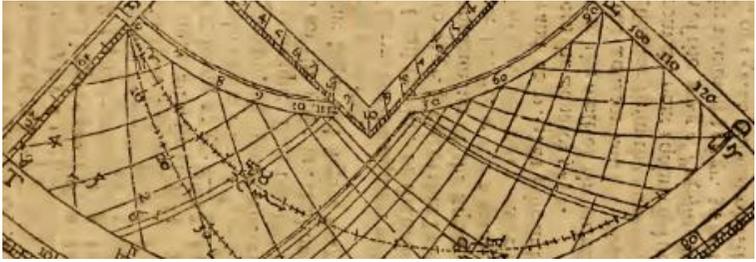
Urutan titik	Bujur Matahari	Awal Zodiak
1	0 dan 180	Aries, Libra
2	30, 150, 210, 330	Taurus, Virgo, Scorpio dan Pisces
3	60, 120, 240, 300	Gemini, Leo, Sagitarius, dan Aquarius
4	90 dan 270	Cancer dan Capricorn

Tabel 1 Posisi titik awal zodiak pada *Gunter's Quadrant*

Pembuatan busur ekliptika dengan model ini akan mempersulit dalam penggunaannya untuk pencarian posisi Matahari dari zodiak serta nilai bujur Matahari. Hal ini karena bertumpuknya titik awal zodiak pada *Gunter's Quadrant*.

3. Model pembuatan skala deklinasi Matahari

Skala deklinasi Matahari pada *Gunter's Quadrant* hanya ada satu yang digunakan untuk menghitung nilai deklinasi Matahari utara (positif) dan selatan (negatif). Pembuatan skala deklinasi Matahari dengan model ini merupakan konsekuensi dari pembuatan busur ekliptika yang hanya sebesar 90° . Untuk mengetahui nilai deklinasi Matahari positif atau negatif sebenarnya mudah, yaitu dengan melihat posisi Matahari pada zodiaknya. Jika posisi Matahari berada di awal Aries hingga akhir Virgo, maka deklinasi Matahari bernilai positif. Sedangkan jika posisi Matahari berada di 1° dari Libra hingga akhir Pisces, maka deklinasi Matahari bernilai negatif. Namun karena bertumpuknya simbol-simbol zodiak di busur ekliptika, membedakan nilai deklinasi positif dan negatif dengan menggunakan *Gunter's Quadrant* akan menjadi cukup sulit.



Gambar 30 Skala deklinasi dan busur ekuatorial pada *Gunter's Quadrant*⁴

Skala deklinasi Matahari yang hanya berjumlah satu buah ini juga akan mempengaruhi bentuk kurva jam dan azimuth Matahari pada *Gunter's Quadrant*. Seperti yang telah dikatakan oleh James E. Morrison bahwa dengan model skala deklinasi yang demikian akan menjadikan kurva azimuth pada lokasi dengan nilai lintang yang kecil akan bertumbukan dengan garis – garis jam.⁵ Hal ini akan membuat tampilan kurva jam dan azimuth pada *Gunter's Quadrant* sangat kompleks dan menyulitkan penggunaannya untuk menentukan jam dan azimuth Matahari.

4. Model penempatan kurva jam dan azimuth Matahari

Pada model instrumen kuadrannya, Gunter membuat kurva jam dan azimuth Matahari untuk deklinasi utara dan selatan pada ruang yang sama. Gunter membedakan dua jenis tersebut dengan membedakan arah melintangnya kurva-kurva tersebut. Kurva yang melintang dari busur ekuator ke kanan

⁴ Edmund Gunter, *the Description...*, hal. 231

⁵ James E. Morrison, *The Astrolabe*, Cambridge: Janus Publishing Company, 2007

adalah kurva jam dan azimuth Matahari saat deklinasi positif sedangkan kurva yang melintang ke kiri adalah kurva jam dan azimuth Matahari saat deklinasi negatif. Kurva azimuth yang dimaksudkan Gunter dalam instrumennya bukanlah kurva azimuth yang sebenarnya melainkan kurva arah Matahari.

Pengaplikasian model pembuatan kurva jam dan azimuth Matahari untuk lintang tempat yang kecil akan menambah kerumitan tampilan kurva-kurva tersebut. Kerumitan tampilan kurva jam dan azimuth pada *Gunter's Quadrant* akan bertambah pada lokasi yang memiliki lintang di antara $-23^{\circ}30'$ hingga $23^{\circ}30'$. Hal ini disebabkan oleh variasi ketinggian Matahari pada masing-masing jam di lokasi tersebut. Pada lintang $51^{\circ}30'$ LU, semakin kecil nilai deklinasi Matahari maka semakin rendah tinggi Matahari pada masing-masing jam. Sedangkan pada lintang $-6^{\circ} 59'$, hal tersebut tidak berlaku. Pada lintang $-6^{\circ} 59'$, jika deklinasi Matahari semakin mendekati nilai $-6^{\circ} 59'$ maka tinggi Matahari tinggi pada beberapa jam.⁶ Sehingga model penempatan kurva jam dan azimuth Matahari pada *Gunter's Quadrant* harus dirubah untuk mengurangi kompleksitas tampilan instrumen ini.

⁶ Data ketinggian Matahari pada masing-masing jam di lintang $6^{\circ}59'$ terlampir

B. Modifikasi Desain Dasar *Gunter's Quadrant*

Berdasarkan pemaparan tentang kekurangan desain dasar *Gunter's Quadrant*, peneliti berupaya untuk memodifikasi *Gunter's Quadrant* agar instrumen karya Edmund Gunter ini dapat difungsikan sebagaimana mestinya dan mengurangi kompleksitas kurva-kurva jam dan azimuth saat didesain untuk tempat yang memiliki nilai lintang yang kecil. Dalam pembuatan desain baru untuk *Gunter's Quadrant*, peneliti menggunakan lintang tempat $6^{\circ} 59'$ LS sebagai acuan pembuatan kurva jam dan azimuth Matahari. Beberapa modifikasi desain *Gunter's Quadrant* yang peneliti lakukan adalah sebagai berikut:

1. Modifikasi model busur ekliptika dan skala deklinasi

Busur ekliptika pada desain awal *Gunter's Quadrant* hanya sebesar 90° dari lingkaran ekliptika. Peneliti memandang bahwa hal inilah yang menjadi penyebab awal timbulnya kesulitan dalam penentuan posisi Matahari. Sehingga peneliti berupaya memproyeksikan ulang lingkaran ekliptika pada *Gunter's Quadrant* dan menjadikan hasil proyeksi busur ekliptika tersebut bernilai 180° .

Konsekuensi dari model proyeksi busur ekliptika 180° adalah busur lingkaran tropis pada *Gunter's Quadrant* berjumlah dua buah, yang menjadi hasil dari proyeksi lingkaran tropis Cancer dan lingkaran tropis Capricorn. Dengan demikian, skala deklinasi pada *Gunter's Quadrant* juga berjumlah dua buah, yaitu skala deklinasi yang dihitung dari busur ekuator langit hingga busur tropis Cancer untuk

deklinasi positif (utara). Sedangkan skala deklinasi yang dihitung dari busur ekuator langit hingga busur tropis Capricorn untuk deklinasi negatif (selatan).

Model proyeksi busur ekliptika sebesar 180° pada *Gunter's Quadrant* ini juga akan membuat ruang untuk proyeksi kurva jam dan azimuth Matahari berjumlah dua, yaitu kurva jam dan azimuth Matahari saat deklinasi utara melintang dari busur ekuator langit hingga busur tropis Cancer. Sedangkan kurva jam dan azimuth Matahari saat deklinasi selatan melintang dari busur ekuator langit hingga busur tropis Capricorn.

Model proyeksi busur ekliptika sebesar 180° bukanlah hal baru karena beberapa instrumen astronomi lainnya yang berbentuk kuadran menggunakan model proyeksi tersebut, seperti *Quadrant Novus* dan *Astrolabe*. Hanya saja pembuatan skala bujur Matahari dan titik awal zodiak pada modifikasi *Gunter's Quadrant* ini menggunakan konsep yang dirumuskan oleh Gunter, yaitu menggunakan acuan nilai asensiorekta Matahari. Sehingga skala bujur Matahari ditentukan dengan nilai asensiorekta Matahari yang dihitung dari busur *Gunter's Quadrant*. Posisi bujur Matahari dari awal busur *Gunter's Quadrant* dihitung dengan rumus untuk mendapatkan nilai asensiorekta Matahari:

$$\tan \alpha = \cos \varepsilon \times \tan \lambda^7$$

⁷ Jean Meeus, *Astronomical...*, hal. 165

Keterangan:

α = Asensiorekta Matahari

ε = *Obliquity*

λ = Bujur Matahari

Nilai *obliquity* atau kemiringan ekliptika dari ekuator langit yang digunakan oleh Gunter adalah $23^{\circ} 30'$. Sedangkan yang peneliti gunakan adalah berdasarkan rumus Jean Meeus untuk menghitung *obliquity* rata-rata⁸:

$$U = T : 100$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_o = & 23^{\circ} 26' 21,448'' - 4680,93 \times U - 1,55 \times U^2 \\ & + 1999,25 \times U^3 - 51,38 \times U^4 - 249,67 \times U^5 \\ & - 39,05 \times U^6 + 7,12 \times U^7 + 27,87 \times U^8 + 5,79 \\ & \times U^9 + 2,45 \times U^{10} \end{aligned}$$

Keterangan:

T = abad yang terhitung dari 1 januari 2000

Dengan menggunakan rumus di atas, nilai *obliquity* rata-rata di awal tahun 2019 adalah $23^{\circ} 26' 12''$. Berdasarkan nilai tersebut, nilai asensiorekta Matahari masing-masing zodiak yang peneliti gunakan akan berbeda dengan yang digunakan oleh Gunter. Berikut ini tabel nilai asensiorekta Matahari pada masing-masing zodiak pada *Gunter's Quadrant* yang dimodifikasi:

No	Nama Zodiak	Bujur Matahari	Asensiorekta Matahari
0	Aries	0°	$0^{\circ}0'0''$
1	Taurus	30°	$27^{\circ}54'40''$
2	Gemini	60°	$57^{\circ}49'10''$
3	Cancer	90°	$90^{\circ}0'0''$

⁸ Jean Meeus, *Astronomical...*, hal. 147

4	Leo	120 ^o	122°10'50"
5	Virgo	150 ^o	152°5'20"
6	Libra	180 ^o	180°0'0"
7	Scorpio	210 ^o	207°54'40"
8	Sagitarious	240 ^o	237°49'10"
9	Capricorn	270 ^o	270°0'0"
10	Aquarius	300 ^o	302°10'50"
11	Pisces	330 ^o	332°5'20"

Tabel 2. Nilai asensiorekta Matahari untuk masing-masing zodiak

Berdasarkan tabel di atas dan proyeksi busur ekliptika yang akan peneliti gunakan, posisi awal zodiak pada *Gunter's Quadrant* yang peneliti modifikasi adalah sebagai berikut:

Urutan titik	Nama Zodiak	Posisi dari busur <i>Gunter's Quadrant</i>	Penempatan zodiak
1	Aries	0°0'0"	Bagian atas busur ekuator
2	Taurus dan Virgo	27°54'40"	
3	Gemini dan Leo	57°49'10"	
4	Cancer	90°0'0"	
1	Libra	0°0'0"	Bagian bawah busur ekuator
2	Scorpio dan Pisces	27°54'40"	
3	Sagitarious dan Aquarius	57°49'10"	
4	Capricorn	90°0'0"	

Tabel 3. Posisi dan pembagian zodiak pada busur ekliptika

2. Modifikasi model skala kalender

Skala kalender yang peneliti buat tidak lagi berdasarkan tinggi kulminasi Matahari pada tanggal tersebut tetapi berdasarkan nilai asensiorekta Matahari pada tanggal tersebut. Berikut ini tabel asensiorekta Matahari rata-rata pada awal bulan Masehi:

No	Bulan	Bujur Matahari	Asensiorekta Matahari
1	Januari	281°	281°57'42"
2	Februari	313°	314°57'48"
3	Maret	341°	342°28'3"
4	April	12°	10°34'25"
5	Mei	41°	38°34'30"
6	Juni	71°	69°25'46"
7	Juli	100°	100°20'11"
8	Agustus	129°	131°25'53"
9	September	159°	160°35'53"
10	Oktober	188°	187°20'51"
11	November	219°	216°36'42"
12	Desember	249°	247°17'48"

Tabel 4 Posisi awal bulan Masehi pada skala kalender

Gunter's Quadrant

Pada desain modifikasi *Gunter's Quadrant*, posisi skala kalender berada di dua tempat, yaitu di atas dan di bawah busur ekuator. Skala kalender yang berada di atas busur ekuator ditempati oleh tanggal-tanggal saat bujur Matahari bernilai 0° – 180° dan deklinasi Matahari bernilai positif (utara). Sedangkan Skala kalender yang berada di bawah busur ekuator adalah untuk tanggal-tanggal saat bujur Matahari

bernilai $180^\circ - 360^\circ$ dan deklinasi Matahari bernilai negatif (selatan).

3. Modifikasi penempatan kurva jam dan azimuth Matahari

Peneliti memodifikasi model kurva jam dan azimuth pada *Gunter's Quadrant* dengan menempatkan posisi kurva jam dan azimuth Matahari saat deklinasi Matahari bernilai positif (utara) di atas busur ekuator sedangkan kurva jam dan azimuth Matahari saat deklinasi Matahari bernilai negatif (selatan) di atas busur ekuator. Penempatan dua jenis kurva pada modifikasi *Gunter's Quadrant* di posisi yang berbeda ini adalah sebagai konsekuensi dari pemisahan busur tropis Cancer dan Capricorn. Di samping itu, dengan membedakan penempatan dua jenis kurva berdasarkan positif dan negatif nilai deklinasi Matahari akan mengurangi kerumitan tampilan kurva-kurva pada *Gunter's Quadrant*.

Peneliti tetap menggunakan konsep pembuatan kurva jam yang sama dengan apa yang dibuatkan oleh Gunter, yaitu dengan cara *plotting* titik pertemuan antara deklinasi Matahari dengan tinggi Matahari pada masing-masing jam. kemudian menghubungkan titik tersebut untuk menjadikannya kurva jam. Rumus perhitungan tinggi Matahari yang digunakan adalah:

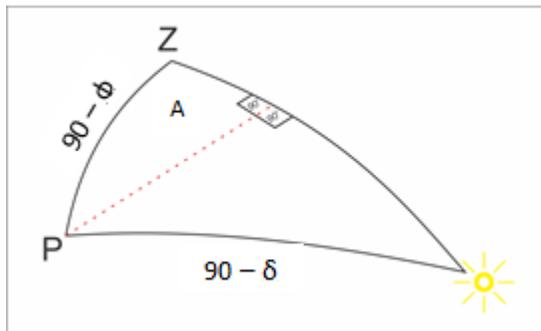
$$\sin h = \sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos t^9$$

Keterangan:

h = tinggi Matahari

⁹ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1...*, hal. 37

Berdasarkan gambar segitiga bola di atas, untuk menghitung arah Matahari diperlukan data sudut waktu Matahari atau tinggi Matahari. Padahal dalam pembuatan kurva arah Matahari, data tinggi Matahari dan sudut waktu Matahari belum diketahui. Dengan demikian diperlukan busur pembantu untuk dapat menghitung sudut waktu Matahari dengan tanpa mengetahui nilai tinggi Matahari. Busur pembantu tersebut dibuat tegak lurus dengan lingkaran vertikal dan membagi segitiga bola tersebut menjadi dua bagian yang dapat digunakan untuk menghitung sudut waktu Matahari tanpa mengetahui nilai tinggi Matahari pada busur lingkaran vertikal.



Gambar 32. Busur pembantu pada segitiga bola dalam tata koordinat ekuatorial

Berdasarkan gambar di atas, rumus untuk menghitung jarak zenith pada masing-masing arah Matahari adalah sebagai berikut:

$$\text{Cotan } U = \sin \varphi \times \tan A_0$$

$$\begin{aligned} \cos t-U &= \tan \delta \times \cos U : \tan \varphi^{11} \\ t &= t-U + U^{12} \\ \cos Z_m &= \sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos t^{13} \end{aligned}$$

Keterangan:

- U = Sudut pembantu 1
- t-U = Sudut pembantu 2
- t = Sudut Waktu Matahari
- A_o = arah Matahari
- Z_m = Jarak zenith Matahari

Rumus menghitung sudut waktu Matahari di atas biasa digunakan untuk menghitung sudut waktu Matahari saat *Raʿd al-Qiblah*. Alasan peneliti menggunakan rumus tersebut adalah karena adanya kesamaan analogi dari rumus menghitung sudut waktu Matahari saat *Raʿd al-Qiblah* dengan yang diperlukan dalam pembuatan kurva azimuth, yaitu menghitung nilai sudut waktu Matahari dengan data arah Matahari, lintang tempat dan deklinasi Matahari, tanpa memerlukan data tinggi Matahari.

C. Penambahan Fungsi Hisab Awal Waktu Salat pada *Gunter's Quadrant*

Desain awal *Gunter's Quadrant* telah memungkinkan instrumen tersebut untuk digunakan dalam penentuan waktu dengan menggunakan observasi ketinggian Matahari maupun kalkulasi. Namun desain tersebut belum dapat diterapkan dalam

¹¹ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1...*, hal. 192

¹² Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1...*, hal. 195

¹³ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1...*, hal. 37

pembuatan *Gunter's Quadrant* untuk tempat yang berdekatan dengan ekuator (lintang tempat kecil). Pada pembahasan sebelumnya, peneliti telah melakukan modifikasi desain dasar *Gunter's Quadrant* agar dapat dibuat untuk tempat dengan nilai lintang yang kecil. Hasil dari modifikasi tersebut belum mencukupi untuk menjadikan *Gunter's Quadrant* sebagai instrumen yang dapat difungsikan dalam hisab awal waktu salat dan diperlukan adanya penambahan lain. Penambahan yang diperlukan untuk menjadikan *Gunter's Quadrant* sebagai instrumen yang dapat difungsikan dalam hisab awal waktu salat adalah:

1. Penambahan waktu salat Asar

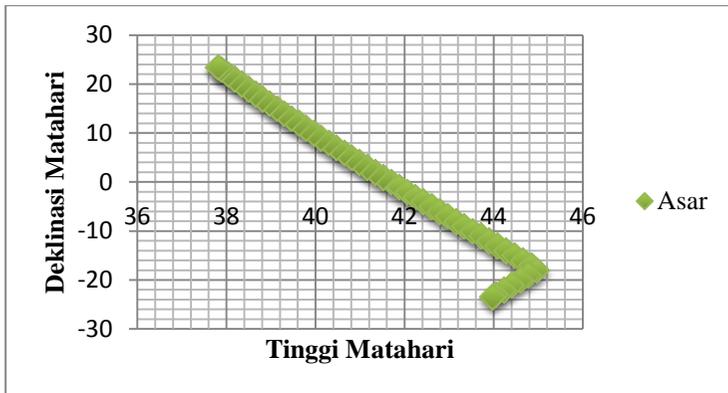
Kurva waktu salat Asar adalah penambahan yang perlu diterapkan pada *Gunter's Quadrant*. Meski *Gunter's Quadrant* adalah instrumen yang dapat digunakan untuk menunjukkan waktu berdasarkan ketinggian Matahari. Instrumen ini belum dapat digunakan untuk mengetahui waktu salat Asar. Hal ini disebabkan karena meski berada di satu lintang tempat, tinggi Matahari saat Asar selalu berubah-ubah seiring dengan perubahan nilai deklinasi Matahari pada tanggal tersebut. Sehingga diperlukan kurva khusus untuk mengetahui waktu Asar. Para tokoh ahli falak juga menambahkan kurva waktu salat Asar pada instrumen mereka agar instrumen tersebut dapat difungsikan untuk mengetahui waktu salat Asar.

Teknik penambahan waktu salat Asar pada *Gunter's Quadrant* berbeda dengan instrumen falak lainnya. Pada *Gunter's Quadrant*, pembuatan kurva waktu salat Asar adalah

dengan *plotting* data tinggi Matahari saat Asar dengan deklinasi Matahari pada masing-masing tanggal. Rumus yang digunakan untuk menghitung tinggi Matahari saat Asar adalah sebagai berikut:

$$\text{Cotan } h_{\text{Asar}} = \text{Tan } [\delta - \varphi] + 1^{14}$$

Data lintang tempat yang peneliti gunakan adalah lintang $6^{\circ} 59'$ LS. Dengan menggunakan rumus di atas, peneliti mendapatkan nilai tinggi Matahari saat Asar dalam satu tahun untuk lintang $6^{\circ} 59'$ LS.¹⁵ Hasil kurva yang terbentuk dari *plotting* dua data tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 33. Kurva tinggi Matahari saat Asar dengan acuan deklinasi Matahari untuk lintang $6^{\circ} 59'$ LS

Berdasarkan gambar di atas, dapat dipahami bahwa ketinggian Matahari saat Asar untuk lintang $6^{\circ} 59'$ LS yang paling tinggi adalah saat deklinasi Matahari senilai dengan

¹⁴ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1...*, hal. 144

¹⁵ Data tinggi Matahari saat Asar dengan acuan deklinasi Matahari untuk lintang $6^{\circ} 59'$ terlampir

lintang tempat ($-6^{\circ}59'$). Semakin dekat nilai deklinasi Matahari dengan lintang tempat, maka ketinggian Matahari saat Asar semakin tinggi. Dan jika sebaliknya, maka ketinggian Matahari saat Asar semakin rendah.

2. Penambahan skala *equation of time*

Sistem waktu yang digunakan pada hampir semua instrumen klasik falak adalah sistem waktu Matahari atau waktu hakiki. Hal ini dapat dimaklumi karena sistem waktu yang digunakan oleh orang-orang pada masa tersebut adalah sistem waktu hakiki atau waktu yang didasarkan pada pergerakan harian Matahari. Pada sistem waktu hakiki, melintasnya Matahari pada meridian langit selalu terjadi pada pukul 12. Sedangkan waktu terbit dan terbenamnya Matahari adalah pukul 6. Sistem waktu hakiki tidak lagi digunakan oleh orang-orang di masa sekarang karena penggunaan sistem waktu hakiki akan menyebabkan perbedaan waktu antara satu daerah dengan daerah lain yang memiliki bujur tempat yang berbeda. Sistem waktu yang digunakan pada masa sekarang adalah sistem waktu daerah yang merupakan sistem zonasi dari waktu pertengahan.

Waktu hakiki yang ditunjukkan oleh instrumen klasik harus dikonversi menjadi waktu pertengahan dengan koreksi yang disebut *equation of time*. Beberapa instrumen klasik falak telah dilengkapi dengan kurva maupun tabel *equation of time*, contohnya adalah *Astrolabe* dan *Sundial* yang dibuat di masa sekarang telah dilengkapi dengan kurva *equation of time*.

Penambahan kurva maupun tabel *equation of time* pada instrumen klasik falak dimaksudkan agar waktu hakiki yang ditunjukkan oleh instrumen tersebut dapat dengan mudah dikonversi menjadi waktu pertengahan yang digunakan di masa modern ini. Dengan maksud yang sama, Peneliti pun berupaya untuk menambahkan koreksi *equation of time* pada instrumen *Gunter's Quadrant* yang dimodifikasi.

Penambahan koreksi *equation of time* pada *Gunter's Quadrant* akan menjadikan instrumen ini mampu mengkonversi waktu hakiki yang ditunjukkan oleh kurva-kurva jam. Sehingga pengguna *Gunter's Quadrant* dapat mengkonversi waktu hakiki menjadi waktu pertengahan tanpa harus menggunakan tabel *equation of time* pada buku atau *software* ilmu falak. Penambahan koreksi *equation of time* pada *Gunter's Quadrant* adalah dengan model skala *equation of time* yang berada di antara skala bayangan. Alasan penggunaan model skala *equation of time* ini adalah karena bagian *Gunter's Quadrant* telah cukup penuh dengan kurva-kurva jam dan azimuth Matahari. Sehingga penambahan koreksi *equation of time* dengan model kurva harus dihindari karena akan menambah kerumitan tampilan *Gunter's Quadrant*. Nilai *equation of time* yang dicantumkan pada skala *Gunter's Quadrant* dihitung menggunakan rumus yang terdapat dalam buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus. Rumus yang digunakan untuk menghitung *equation of time* adalah sebagai berikut:

$$L_0 = 280,4664567 + 360007,6982779 \times T - 0,03032028 \times T^2 + T^3 : 49931$$

$$e = L_0 - 0,0057183 - \alpha + \Delta\psi \times \text{Cos } \varepsilon$$

Keterangan:

$$L_0 = \text{Bujur rata-rata Matahari}$$

$$T = \text{abad yang terhitung dari 1 Januari 2000}$$

$$e = \text{equation of time}$$

$$\alpha = \text{asensio rekta Matahari}$$

$$\Delta\psi = \text{koreksi nutasi}$$

$$\varepsilon = \text{obliquity}$$

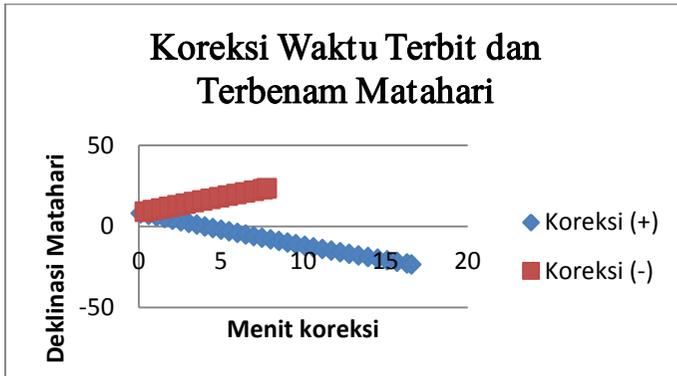
Dengan menggunakan rumus di atas, Peneliti membuat tabel *equation of time* pada tahun 2019 lalu menjadikannya skala *equation of time* pada *Gunter's Quadrant*.

3. Penambahan kurva koreksi waktu terbit dan terbenam Matahari

Pada model sebelumnya, Gunter memproyeksikan lingkaran horizon pada instrumen kuadran buatannya yang digunakan sebagai komponen dalam perhitungan waktu terbit dan terbenam Matahari. Jika busur hasil proyeksi lingkaran horizon ini digunakan untuk menghitung waktu terbit dan terbenam Matahari, maka sebenarnya ketinggian Matahari saat itu bernilai 0° . Dengan kata lain, Matahari belum benar-benar terbit atau terbenam karena saat ketinggian Matahari bernilai 0° separuh piringan atas Matahari masih berada di atas ufuk. Sehingga sistem perhitungan waktu terbit dan terbenam Matahari pada *Gunter's Quadrant* perlu dimodifikasi agar dapat menghasilkan waktu di saat seluruh piringan Matahari berada di bawah ufuk.

Modifikasi sistem perhitungan waktu terbit dan terbenam Matahari ini berupa meniadakan proyeksi busur lingkaran horizon pada *Gunter's Quadrant* dan menambahkan kurva koreksi waktu terbit dan terbenam Matahari. Peneliti memilih meniadakan busur lingkaran horizon dengan dua alasan. *Pertama*, busur lingkaran horizon belum dapat mendefinisikan waktu terbit dan terbenam Matahari atau saat seluruh piringan Matahari berada di ufuk. *Kedua*, peniadaan busur lingkaran horizon tidak mengurangi fungsi *Gunter's Quadrant* karena waktu saat Matahari berada di ketinggian 0° dari ufuk, dapat diketahui dari posisi simpul benang pada kurva jam saat meletakkan benang pada busur 0° . Dengan demikian, peniadaan busur horizon akan mengurangi kerumitan tampilan kurva-kurva pada *Gunter's Quadrant* tanpa mengurangi fungsinya.

Adapun model pembuatan kurva koreksi waktu terbit dan terbenam Matahari adalah dengan cara *plotting* nilai menit selisih jam 6 dengan waktu hakiki saat ketinggian Matahari bernilai -1° pada masing-masing nilai deklinasi Matahari. Dengan model ini, busur *Gunter's Quadrant* difungsikan untuk menyatakan nilai menit koreksi waktu terbit dan terbenam Matahari. Kurva yang terbentuk dari teknik *plotting* data ini adalah sebagai berikut:

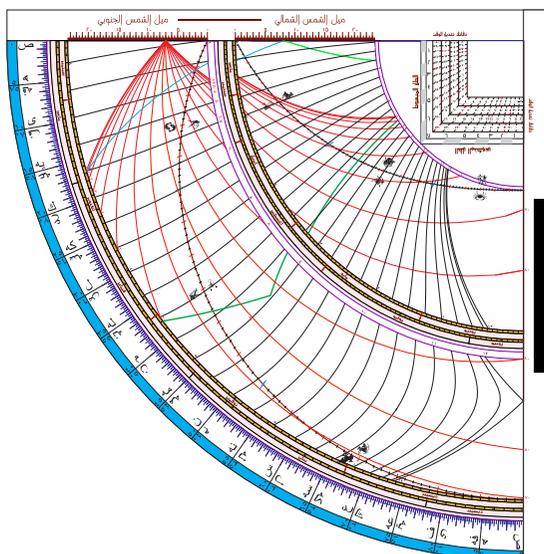


Gambar 34. Kurva koreksi waktu terbit dan terbenam Matahari

Menit koreksi waktu pada gambar di atas menggunakan acuan nilai waktu hakiki saat tinggi Matahari bernilai -1° dikurangi jam 6. Sehingga waktu hakiki Matahari saat terbenam merupakan penjumlahan jam 6 dengan menit koreksi. Sedangkan waktu terbit Matahari dapat dihitung dengan mengurangi jam 6 dengan menit koreksi tersebut. Dengan melihat gambar di atas, dapat diketahui bahwa koreksi waktu terbit dan terbenam Matahari tidak hanya bernilai positif. Saat menit koreksi bernilai positif, menandakan bahwa siang hari lebih lama daripada malam hari. Sebaliknya, saat menit koreksi bernilai negatif, menandakan bahwa siang hari lebih pendek daripada malam hari. Pembuatan kurva koreksi waktu terbit dan terbenam Matahari menggunakan acuan lokasi dengan nilai lintang $6^{\circ}59'$ LS.

D. Deskripsi Penggunaan Hasil Modifikasi *Gunter's Quadrant* dalam Hisab Awal Waktu Salat

Pada pembahasan sebelumnya, telah dipaparkan analisis kekurangan desain dasar *Gunter's Quadrant* dan komponen tambahan yang diperlukan untuk menambahkan fungsi hisab awal waktu salat pada *Gunter's Quadrant*. Perbaikan desain dasar dan penambahan komponen berupa kurva tidak hanya merubah tampilan *Gunter's Quadrant*, tetapi juga cara penggunaan *Gunter's Quadrant* untuk menentukan waktu.



Gambar 35. *Gunter's Quadrant* termodifikasi

Berikut ini cara penggunaan hasil modifikasi *Gunter's Quadrant* dalam menentukan posisi Matahari:

1. Menentukan deklinasi Matahari

Letakkan benang pada tanggal yang diinginkan. Skala kalender pada *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi ada dua buah, yaitu di bagian atas dan bawah busur ekuator. Skala kalender untuk tanggal 21 Maret hingga 23 September berada pada bagian atas busur ekuator. Sedangkan skala kalender untuk tanggal 23 Maret hingga 21 Maret berada pada bagian bawah busur ekuator. Tandai dengan simpul benang pada perpotongan benang dengan busur ekliptika. Lalu geser benang hingga berada pada skala deklinasi. Maka nilai yang ditunjukkan oleh simpul benang pada skala deklinasi adalah nilai deklinasi Matahari. Jika skala deklinasi yang digunakan adalah *mail al-Syams al-Syimālī*, maka deklinasi Matahari bernilai positif. Jika skala deklinasi yang digunakan adalah *mail al-Syams al-Janūbī*, maka deklinasi Matahari bernilai negatif.

2. Menentukan tinggi kulminasi Matahari

Letakkan benang pada tanggal yang diinginkan. Tandai dengan simpul benang pada perpotongan benang dengan busur ekliptika. Kemudian geser benang hingga simpul benang terletak pada jam 12. Lihat posisi benang pada skala busur *Gunter's Quadrant*. Maka nilai yang ditunjukkan oleh posisi benang pada skala busur *Gunter's*

Quadrant adalah tinggi kulminasi Matahari di tanggal tersebut.

Berikut ini cara penggunaan hasil modifikasi *Gunter's Quadrant* dalam hisab awal waktu salat:

1. Data yang dibutuhkan:

- a. Tanggal = 5 Juli
- b. Lintang tempat = $6^{\circ} 59' \text{ LS}$
- c. Bujur Tempat = $110^{\circ} 19' 29'' \text{ BT}$
- d. Bujur Daerah = 105°
- e. Koreksi waktu daerah = $(\text{BD} - \text{BT}) : 15$
 $= (105^{\circ} - 110^{\circ} 19' 29'') : 15$
 $= -0^{\text{j}} 21^{\text{m}} 17,93^{\text{dt}}$

2. Menghitung waktu salat Zuhur

Langkah-langkah penggunaan *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi dalam menghitung awal waktu Zuhur adalah sebagai berikut:

- a. Letakkan benang pada skala kalender hingga benang berada di posisi tanggal yang diinginkan. Contoh: tanggal 5 Juli
- b. Lihat posisi benang pada skala *equation of time*. Nilai *equation of time* pada tanggal tersebut adalah yang ditunjukkan oleh posisi benang pada skala *equation of time*. Maka nilai *equation of time* pada tanggal 5 Juli adalah -5 menit.
- c. Waktu kulminasi Matahari dalam sistem waktu daerah dapat dihitung secara manual dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{WK} &= 12 - e + \text{KWD} \\ &= 12 - 0^{\text{j}} 5^{\text{m}} + -0^{\text{j}} 21^{\text{m}} 18^{\text{dt}} \end{aligned}$$

$$= 11:43:42 \text{ WIB}$$

- d. Awal waktu salat Zuhur dapat dihitung dengan menambahkan waktu kulminasi Matahari dengan *ihiyat* sebesar 3 menit. Sehingga awal waktu Zuhur pada tanggal 5 Juli adalah pukul 11:46:42 WIB

3. Menghitung waktu salat Asar

Langkah-langkah penggunaan *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi dalam menghitung awal waktu Asar adalah sebagai berikut:

- a. Letakkan benang pada skala kalender hingga benang berada di posisi tanggal yang diinginkan. Contoh: tanggal 5 Juli
- b. Tandai dengan simpul benang pada perpotongan benang dengan busur ekliptika. Posisi simpul benang adalah pada 13° dari Cancer atau pada bujur 113°
- c. Geser benang hingga posisi simpul benang tepat pada kurva Asar yang berwarna hijau.
- d. Lihat posisi benang pada skala derajat busur *Gunter's Quadrant*. Maka nilai yang ditunjukkan benang adalah tinggi Matahari saat Asar, yaitu $32^\circ 15'$
- e. Lihat posisi simpul benang pada baris kurva-kurva jam. Maka itulah waktu hakiki salat Asar, yaitu pukul 3:20
- f. Waktu daerah salat Asar dapat dihitung dengan dengan menjumlahkan waktu hakiki salat Asar dengan waktu daerah kulminasi Matahari:

$$WD \text{ Asar} = WK + WH_{\text{Asar}}$$

$$\begin{aligned} &= 11:43:42 + 3:20 \\ &= 15:3:42 \text{ WIB} \end{aligned}$$

- g. Tambahkan waktu daerah tersebut dengan *ihityat* sebesar 2 menit. Sehingga awal waktu Asar pada tanggal 5 Juli adalah pukul 15:5:42 WIB
4. Menghitung waktu salat Magrib dan terbitnya Matahari
- Langkah-langkah penggunaan *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi dalam menghitung awal waktu Magrib adalah sebagai berikut:
- Letakkan benang pada skala kalender hingga benang berada di posisi tanggal yang diinginkan. Contoh: tanggal 5 Juli
 - Tandai dengan simpul benang pada perpotongan benang dengan busur ekliptika. Posisi simpul benang adalah pada 13° dari Cancer atau pada bujur 103°
 - Geser benang hingga posisi simpul benang tepat pada busur waktu terbit dan terbenam Matahari yang berwarna biru atau hijau muda.
 - Lihat posisi benang pada skala derajat busur *Gunter's Quadrant*. Maka nilai yang ditunjukkan benang adalah menit koreksi waktu hakiki Magrib dan terbit Matahari, yaitu 7 menit 30 detik. Namun perlu diingat, jika posisi simpul benang berada pada kurva koreksi Magrib berwarna hijau muda, maka koreksi tersebut bernilai negatif. Jika posisi simpul benang berada pada kurva

koreksi Magrib berwarna biru, maka koreksi tersebut bernilai positif.

- e. Waktu hakiki salat Magrib dapat dihitung dengan menjumlahkan menit koreksi tersebut dengan waktu hakiki pukul 6

$$\begin{aligned}\text{WH Magrib} &= 6 + \text{koreksi waktu Magrib} \\ &= 6 + - 0^j 7^m 30^{dt} \\ &= 5:52:30\end{aligned}$$

- f. Rubah waktu hakiki salat Magrib menjadi waktu daerah dengan menjumlahkan waktu hakiki dengan waktu daerah kulminasi Matahari:

$$\begin{aligned}\text{WD Magrib} &= \text{WK} + \text{WH Magrib} \\ &= 11:43:42 + 5:52:30 \\ &= 17:36:12 \text{ WIB}\end{aligned}$$

- g. Tambahkan waktu daerah awal salat Magrib tersebut dengan *ihiyat* sebesar 2 menit. Sehingga awal waktu Magrib pada tanggal 5 Juli adalah pukul 17:38:12 WIB

- h. Waktu terbit Matahari dapat dihitung dengan mengurangkan waktu kulminasi Matahari dengan waktu hakiki awal salat Magrib:

$$\begin{aligned}\text{WD terbit} &= \text{WK} - \text{WH Magrib} \\ &= 11:43:42 - 5:52:30 \\ &= 5:51:12 \text{ WIB}\end{aligned}$$

- h. Kurangkan waktu daerah terbit Matahari dengan *ihiyat* sebesar 2 menit. Sehingga waktu terbit Matahari pada tanggal 5 Juli adalah pukul 5:49:12 WIB

5. Menghitung waktu salat Isya

Langkah-langkah penggunaan *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi dalam menghitung awal waktu salat Isya adalah sebagai berikut:

- a. Letakkan benang pada skala kalender hingga benang berada di posisi tanggal yang diinginkan. Contoh: tanggal 5 Juli
- b. Tandai dengan simpul benang pada perpotongan benang dengan busur ekliptika. Posisi simpul benang adalah pada 13° dari Cancer atau pada bujur 103°
- c. Geser benang hingga berada pada skala deklinasi Matahari. Nilai yang ditunjukkan oleh posisi simpul benang adalah nilai deklinasi Matahari pada tanggal 5 Juli, yaitu $22^\circ 45'$ *mail al-Syams al-Syimālī*.
- d. Pindahkan simpul benang pada skala deklinasi sebaliknya. Jika simpul benang berada pada skala *mail al-Syams al-Syimālī*, maka pindahkan simpul benang pada skala *mail al-Syams al-Janūbī*. Begitu pula sebaliknya, jika simpul benang berada pada skala *mail al-Syams al-Janūbī*, maka pindahkan simpul benang pada skala *mail al-Syams al-Syimālī*. Pada tanggal 5 Juli, posisi simpul benang berada pada $22^\circ 45'$ *mail al-Syams al-Syimālī* maka harus dipindahkan pada $22^\circ 45'$ *mail al-Syams al-Janūbī*.

- e. Geser benang hingga posisi benang pada skala busur *Gunter's Quadrant* tepat menunjukkan tinggi absolut Matahari saat Isya, yaitu 18°
- f. Lihat posisi simpul benang pada baris kurva-kurva jam. Maka itulah waktu hakiki salat Isya, yaitu pukul 7:7
- g. Rubah waktu hakiki salat Isya menjadi waktu daerah dengan menjumlahkan waktu hakiki tersebut dengan waktu daerah kulminasi Matahari.

$$\begin{aligned}
 \text{WD Isya} &= \text{WK} - \text{WH Isya} \\
 &= 11:43:42 - 7:7 \\
 &= 18:50:42 \text{ WIB}
 \end{aligned}$$

- h. Tambahkan waktu daerah tersebut dengan *ihiyat* sebesar 2 menit. Sehingga awal waktu Isya pada tanggal 5 Juli adalah pukul 18:52:42 WIB

6. Menghitung waktu salat Subuh

Langkah-langkah penggunaan *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi dalam menghitung awal waktu salat Subuh adalah sebagai berikut:

- a. Letakkan benang pada skala kalender hingga benang berada di posisi tanggal yang diinginkan. Contoh: tanggal 5 Juli
- b. Tandai dengan simpul benang pada perpotongan benang dengan busur ekliptika. Posisi simpul benang adalah pada 13° dari Cancer atau pada bujur 103°
- c. Geser benang hingga berada pada skala deklinasi Matahari. Nilai yang ditunjukkan oleh posisi simpul

benang adalah nilai deklinasi Matahari pada tanggal 5 Juli, yaitu $22^{\circ} 45'$ *mail al-Syams al-Syimālī*.

- d. Pindahkan simpul benang pada skala deklinasi sebaliknya. Jika simpul benang berada pada skala *mail al-Syams al-Syimālī*, maka pindahkan simpul benang pada skala *mail al-Syams al-Janūbī*. Begitu pula sebaliknya, jika simpul benang berada pada skala *mail al-Syams al-Janūbī*, maka pindahkan simpul benang pada skala *mail al-Syams al-Syimālī*. Pada tanggal 5 Juli, posisi simpul benang berada pada $22^{\circ} 45'$ *mail al-Syams al-Syimālī* maka harus dipindahkan pada $22^{\circ} 45'$ *mail al-Syams al-Janūbī*.
- e. Geser benang hingga posisi benang pada skala busur *Gunter's Quadrant* tepat menunjukkan tinggi absolut Matahari saat Subuh, yaitu 20°
- f. Lihat posisi simpul benang pada baris kurva-kurva jam. Maka itulah waktu hakiki salat Subuh, yaitu pukul 4:45
- g. Rubah waktu hakiki salat Subuh menjadi waktu daerah dengan rumus sebagai berikut:
- $$\begin{aligned} \text{WD Subuh} &= \text{WH Subuh} - e + \text{KWD} \\ &= 4:45 - 0^j 5^m + -0^j 21^m 18^{\text{dt}} \\ &= 4:28:42 \text{ WIB} \end{aligned}$$
- h. Tambahkan waktu daerah tersebut dengan *ihiyat* sebesar 2 menit. Sehingga awal waktu Subuh pada tanggal 5 Juli adalah pukul 4:30:42 WIB

- f. Berdasarkan contoh penggunaan hasil modifikasi *Gunter's Quadrant* dalam hisab awal waktu salat di atas, dapat disimpulkan bahwa hasil hisab awal waktu salat pada tanggal 5 Juli untuk lokasi dengan lintang tempat Lintang tempat $6^{\circ} 59'$ LS dan Bujur Tempat $110^{\circ} 19' 29''$ BT adalah sebagai berikut

Waktu	Zuhur	Asar	Magrib	Isya	Subuh
Waktu Hakiki	12:3	3:20	5:52:30	7:7	4:45
Waktu Daerah ¹⁶	11:46:42	15:5:42	17:38:12	18:52:42	4:30:42

Tabel 5. Hasil hisab awal waktu salat menggunakan *Gunter's Quadrant* termodifikasi

E. Uji Akurasi *Gunter's Quadrant* Termodifikasi dalam Hisab Awal Waktu Salat

Gunter's Quadrant yang telah temodifikasi memerlukan pengujian untuk mengetahui tingkat keakurasiannya. Uji akurasi ini dilakukan dengan dua model, yaitu uji akurasi ketinggian Matahari yang ditunjukkan oleh *Gunter's Quadrant* termodifikasi serta uji akurasi hasil hisab waktu salat dengan menggunakan *Gunter's Quadrant* termodifikasi. Dengan dua model pengujian ini, akan didapatkan kesimpulan mengenai tingkat akurasi *Gunter's Quadrant* yang termodifikasi dalam penentuan waktu di siang hari dan juga perhitungan waktu salat.

¹⁶ Dengan penambahan *ihhtiyat*

1. Uji akurasi tinggi Matahari yang ditunjukkan oleh *Gunter's Quadrant* termodifikasi

Metode uji akurasi yang pertama ini adalah membandingkan tinggi Matahari yang ditunjukkan oleh *Gunter's Quadrant* dengan perhitungan. Pengujian ini perlu dilakukan karena modifikasi yang peneliti lakukan tidak hanya berupa penambahan bagian *Gunter's Quadrant* agar dapat difungsikan sebagai alat bantu hisab waktu salat saja, tetapi juga modifikasi desain dasar *Gunter's Quadrant* agar dapat digunakan pada lintang yang kecil. Selain itu, data Matahari untuk pembuatan kurva yang peneliti gunakan juga berbeda dengan yang digunakan oleh Edmund Gunter. Sehingga hasil modifikasi pembuatan kurva-kurva ini pada *Gunter's Quadrant* perlu diuji kelayakan dan akurasinya dengan hasil pengamatan.

Peneliti telah menguji akurasi tinggi Matahari yang ditunjukkan oleh *Gunter's Quadrant* dengan perhitungan untuk tanggal 7 Juli, 8 Agustus, 10 Oktober, dan 11 November 2019. Pemilihan bulan-bulan tersebut adalah untuk menguji akurasi hasil perhitungan *Gunter's Quadrant* saat posisi Matahari di utara dan selatan. Meskipun pengujian ini belum dapat mewakili perhitungan dalam satu tahun, namun hal ini cukup dapat memberikan gambaran mengenai keakurasian *Gunter's Quadrant*.

Pengujian pertama dilakukan dengan perhitungan tinggi Matahari tanggal 7 Juli 2019 dengan koordinat lokasi $6^{\circ} 59'$

43" LS 110° 19' 29" BT. Sebagai pembanding keakurasian *Gunter's Quadrant*, peneliti menggunakan data ephemeris Matahari pada buku *Ephemeris Hisab Rukyat 2019* dan rumus-rumus perhitungan diambil dari buku *Ilmu Falak 1* karya Slamet Hambali. Berikut ini perbandingan hasil perhitungan tinggi Matahari tersebut:

No	Acuan Waktu		Hasil tinggi Matahari		Selisih
	Waktu Hakiki	Waktu Daerah	<i>Gunter's Quadrant</i>	Perhitungan	
1	7	6:43:33	11°0'	10°58'35"	0°01'25"
2	8	7:43:33	24°15'	24°17'33"	0°02'33"
3	9	8:43:33	37°0'	36°57'12"	0°02'48"
4	10	9:43:33	48°15'	48°18'44"	0°03'44"
5	11	10:43:33	57°0'	56°57'46"	0°02'14"
6	12	11:43:33	60°30'	60°24'18"	0°05'42"

Tabel 6. Perbandingan perhitungan tinggi Matahari antara *Gunter's Quadrant* dan perhitungan tanggal 7 Juli 2019

Pengujian kedua dilakukan dengan perhitungan tinggi Matahari tanggal 8 Agustus 2019 dengan koordinat lokasi 6° 59' 43" LS 110° 19' 29" BT. Berikut ini perbandingan hasil perhitungan tinggi Matahari tersebut:

No	Acuan Waktu		Hasil tinggi Matahari		Selisih
	Waktu Hakiki	Waktu Daerah	<i>Gunter's Quadrant</i>	Perhitungan	
1	7	6:44:26	12°15'	12°16'53"	0°01'53"
2	8	7:44:26	26°30'	26°16'7"	0°13'53"
3	9	8:44:26	39°45'	39°47'22"	0°02'22"
4	10	9:44:26	52°30'	52°19'9"	0°10'51"
5	11	10:44:26	62°15'	62°27'15"	0°12'15"
6	12	11:44:26	67°0'	66°47'50"	0°12'10"

Tabel 7. Perbandingan perhitungan tinggi Matahari antara *Gunter's Quadrant* dan perhitungan tanggal 8 Agustus 2019

Pengujian ketiga dilakukan dengan perhitungan tinggi Matahari tanggal 10 Oktober 2019 dengan koordinat lokasi $6^{\circ} 59' 43''$ LS $110^{\circ} 19' 29''$ BT. Berikut ini perbandingan hasil perhitungan tinggi Matahari tersebut:

No	Acuan Waktu		Hasil tinggi Matahari		Selisih
	Waktu Hakiki	Waktu Daerah	<i>Gunter's Quadrant</i>	Perhitungan	
1	12	11:25:51	89°45'	89°32'28"	0°12'32"
2	13	12:25:51	75°0'	75°5'52"	0°05'52"
3	14	13:25:51	60°15'	60°12'34"	0°02'26"
4	15	14:25:51	45°15'	45°19'37"	0°04'37"
5	16	15:25:51	30°30'	30°27'25"	0°02'35"
6	17	16:25:51	15°45'	15°36'29"	0°08'32"

Tabel 8. Perbandingan perhitungan tinggi Matahari antara *Gunter's Quadrant* dan perhitungan tanggal 10 Oktober 2019

Pengujian keempat dilakukan dengan perhitungan tinggi Matahari tanggal 11 November 2019 dengan koordinat lokasi $6^{\circ} 59' 43''$ LS $110^{\circ} 19' 29''$ BT. Berikut ini perbandingan hasil perhitungan tinggi Matahari tersebut:

No	Acuan Waktu		Hasil tinggi Matahari		Selisih
	Waktu Hakiki	Waktu Daerah	<i>Gunter's Quadrant</i>	Perhitungan	
1	12	11:22:37	79°30'	79°39'14"	0°09'14"
2	13	12:22:37	72°0'	72°4'26.28"	0°04'26"
3	14	13:22:37	58°45'	58°57'31.54"	0°12'32"
4	15	14:22:37	45°0'	44°55'40.56"	0°04'19"
5	16	15:22:37	30°30'	30°39'44.45"	0°09'44"
6	17	16:22:37	16°30'	16°20'48.89"	0°09'11"

Tabel 9. Perbandingan perhitungan tinggi Matahari antara *Gunter's Quadrant* dan perhitungan tanggal 11 November 2019

Berdasarkan empat pengujian di atas, dapat dikatakan bahwa hasil ketinggian Matahari yang didapatkan dari *Gunter's Quadrant* selalu memiliki selisih dengan hasil perhitungan. Selisih tersebut bervariasi dari masing-masing jam dan tanggal perhitungan. Selisih terbesar antara ketinggian Matahari antara yang ditunjukkan oleh *Gunter's Quadrant* dengan perhitungan adalah $0^{\circ}13'53''$. Selisih tersebut masih lebih kecil dari pada $0^{\circ}15'$ yang merupakan ketelitian skala ketinggian *Gunter's Quadrant*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *Gunter's Quadrant* cukup akurat untuk digunakan dalam perhitungan tinggi Matahari dengan ketelitian skala busur $0^{\circ}15'$ dan galat tersebar dalam proses pengujian sebesar $0^{\circ}13'55''$.

2. Uji akurasi hisab awal waktu salat *Gunter's Quadrant* termodifikasi

Gunter's Quadrant yang termodifikasi ini merupakan model baru dari *Gunter's Quadrant* yang dapat dibuat dengan acuan nilai lintang tempat yang kecil dan dapat difungsikan dalam hisab awal waktu salat. Namun untuk dapat digunakan dalam hisab awal waktu salat, diperlukan pengujian hasil hisab awal waktu salat *Gunter's Quadrant* termodifikasi untuk mengetahui kelayakan dan akurasi hasil hisab. Pada tahap ini, uji akurasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil ketinggian Matahari dan waktu salat yang didapatkan dari *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan perhitungan awal waktu salat metode Slamet Hambali dalam buku *Ilmu Falak 1*.

Adapun data ephemeris Matahari yang digunakan dalam perhitungan ini diambil dari buku *Ephemeris Hisab Rukyat 2019* dan alat hitung yang digunakan adalah *Microsoft Excel*.

Adapun data lokasi yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Lintang Tempat : $6^{\circ} 59' \text{ LS}$
- b. Bujur tempat : $110^{\circ} 19' 29'' \text{ BT}$
- c. Tinggi Tempat : 108 mdpl
- d. Bujur Daerah : 105°
- e. Koreksi waktu daerah : $-0^{\text{j}} 21^{\text{m}} 18^{\text{dt}}$
- f. Kerendahan ufuk : $0^{\circ} 1,76' \times \sqrt{tt}$
: $0^{\circ} 18' 17,43''$

Dengan menggunakan data lokasi di atas, peneliti menguji akurasi hisab awal waktu salat yang ditunjukkan oleh *Gunter's Quadrant* dengan perhitungan untuk tanggal 2 Februari, 4 April, 5 Mei, dan 12 Desember 2019. Pemilihan bulan-bulan tersebut adalah untuk menguji akurasi hasil perhitungan *Gunter's Quadrant* saat posisi Matahari di utara dan selatan. Adapun hasil perbandingan hisab awal waktu salat dengan menggunakan *Gunter's Quadrant* dan perhitungan dengan alat hitung modern adalah sebagai berikut:

- a. Hisab awal waktu salat 2 Februari 2019

No	Data yang dibandingkan	Hasil hisab		Selisih
		<i>Gunter's Quadrant</i>	Ephemeris	
1	Deklinasi Matahari	-17°	$-16^{\circ} 53' 52''$	$0^{\circ} 06' 08''$
2	<i>Equation of time</i>	$-0^{\circ} 14'$	$-0^{\circ} 13' 39''$	$0^{\circ} 00' 21''$
3	Waktu salat Zuhur	11:55:42 WIB	11:55:21 WIB	00:00:21

4	Tinggi Matahari saat Asar	40°15'	40°24'18"	0°09'18"
5	Waktu salat Asar	15:12:42 WIB	15:11:36 WIB	00:01:06
6	Tinggi Matahari saat Magrib	-1°	-1°8'17"	0°08'17"
7	Waktu salat Magrib	18:02:21 WIB	18:05:41 WIB	00:03:20
8	Tinggi Matahari saat Isya	-17°30'	-17°37'17"	0°07'17"
9	Waktu salat Isya	19:12:21 WIB	19:15:46 WIB	00:03:25
10	Tinggi Matahari saat Subuh	-19°30'	-19°37'17"	0°07'17"
11	Waktu salat Subuh	4:22:21 WIB	4:20:20 WIB	00:02:01

Tabel 10 Perbandingan hasil perhitungan waktu salat antara *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan Ephemeris pada tanggal 2 Februari 2019

b. Hisab awal waktu salat 4 April 2019

No	Data yang dibandingkan	Hasil hisab		Selisih
		<i>Gunter's Quadrant</i>	Ephemeris	
1	Deklinasi Matahari	5°30'	5°34'36"	0°04'36"
2	<i>Equation of time</i>	-0°3'	-0°3'8"	0°00'08"
3	Waktu salat Zuhur	11:44:42 WIB	11:44:50 WIB	00:00:08
4	Tinggi Matahari saat Asar	39°15'	39°16'35"	0°01'35"
5	Waktu salat Asar	14:56:42 WIB	14:58:50 WIB	00:02:08
6	Tinggi	-1°0'	-1°8'17"	0°08'17"

	Matahari saat Magrib			
7	Waktu salat Magrib	17:41:50 WIB	17:43:42 WIB	00:01:52
8	Tinggi Matahari saat Isya	-17°30'	-17°37'17"	0°07'17"
9	Waktu salat Isya	18:46:50 WIB	18:50:20 WIB	00:03:30
10	Tinggi Matahari saat Subuh	-19°30'	-19°37'17"	0°07'17"
11	Waktu salat Subuh	4:26:50 WIB	4:25:15 WIB	00:01:35

Tabel 11. Perbandingan hasil perhitungan waktu salat antara *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan Ephemeris pada tanggal 4 April 2019

c. Hisab awal waktu salat 5 Mei 2019

No	Data yang dibandingkan	Hasil hisab		Selisih
		<i>Gunter's Quadrant</i>	Ephemeris	
1	Deklinasi Matahari	16°15'	16°9'59"	0°05'01"
2	<i>Equation of time</i>	0°3'	0°3'15"	0°00'15"
3	Waktu salat Zuhur	11:38:42 WIB	11:38:27 WIB	00:00:15
4	Tinggi Matahari saat Asar	35°15'	35°0'40"	0°14'20"
5	Waktu salat Asar	15:00:42 WIB	14:57:05 WIB	00:03:37
6	Tinggi Matahari saat Magrib	-1°	-1°8'17"	0°08'17"
7	Waktu salat Magrib	17:35:27 WIB	17:32:05 WIB	00:03:22
8	Tinggi Matahari saat	-17°30'	-17°37'17"	0°07'17"

	Isya			
9	Waktu salat Isya	18:40:27 WIB	18:40:59	00:00:32
10	Tinggi Matahari saat Subuh	-19°30'	-19°37'17"	0°07'17"
11	Waktu salat Subuh	4:20:27 WIB	4:21:35 WIB	00:01:08

Tabel 12. Perbandingan hasil perhitungan waktu salat antara *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan Ephemeris pada tanggal 5 Mei 2019

d. Hisab awal waktu salat 12 Desember 2019

No	Data yang dibandingkan	Hasil hisab		Selisih
		<i>Gunter's Quadrant</i>	Ephemeris	
1	Deklinasi Matahari	-23°	-23°2'54"	0°02'54"
2	<i>Equation of time</i>	0°7'	0°6'33"	0°00'27"
3	Waktu salat Zuhur	11:34:42 WIB	11:35:09 WIB	00:00:27
4	Tinggi Matahari saat Asar	37°45'	37°49'34"	0°04'34"
5	Waktu salat Asar	14:56:42 WIB	14:59:05 WIB	00:02:23
6	Tinggi Matahari saat Magrib	-1°	-1°8'17"	0°08'17"
7	Waktu salat Magrib	17:52:09 WIB	17:49:06 WIB	00:03:03
8	Tinggi Matahari saat Isya	-17°30'	-17°37'17"	0°07'17"
9	Waktu salat Isya	19:02:09 WIB	19:02:22 WIB	00:00:13
10	Tinggi Matahari saat Subuh	-19°30'	-19°37'17"	0°07'17"

11	Waktu salat Subuh	3:52:09 WIB	3:52:52 WIB	00:00:43
----	-------------------	-------------	-------------	----------

Tabel 13. Perbandingan hasil perhitungan waktu salat antara *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan Ephemeris pada tanggal 12 Desember 2019

Berdasarkan empat pengujian tersebut, dapat dikatakan bahwa hasil hisab awal waktu salat yang didapatkan dari *Gunter's Quadrant* selalu memiliki selisih dengan hasil perhitungan. Selisih tersebut bervariasi dari masing-masing jam dan tanggal perhitungan. Berikut ini rekapitulasi selisih maksimal dan minimal dari pengujian di atas:

No	Data yang dibandingkan	Selisih	
		Maksimum	Minimal
1	Deklinasi Matahari	0°06'08"	0°02'54"
2	<i>Equation of time</i>	0°00'27"	0°00'08"
3	Waktu salat Zuhur	00:00:27	00:00:08
4	Tinggi Matahari saat Asar	0°14'20"	0°01'35"
5	Waktu salat Asar	00:03:37	00:01:06
6	Tinggi Matahari saat Magrib	0°08'17"	0°08'17"
7	Waktu salat Magrib	00:03:22	00:01:52
8	Tinggi Matahari saat Isya	0°07'17"	0°07'17"
9	Waktu salat Isya	00:03:30	00:00:13
10	Tinggi Matahari saat Subuh	0°07'17"	0°07'17"
11	Waktu salat Subuh	00:02:01	00:00:43

Tabel 14. Rekapitulasi selisih hisab awal waktu salat antara *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan Ephemeris

Berdasarkan tabel rekapitulasi selisih hasil hisab awal waktu salat yang dihasilkan oleh *Gunter's Quadrant* termodifikasi dan ephemeris, dapat disimpulkan bahwa tingkat

keakurasian *Gunter's Quadrant* termodifikasi dalam hisab awal waktu salat cukup bagus untuk instrumen yang dapat menyederhanakan hisab awal waktu salat. Hal ini dapat diketahui dari selisih minimum hasil hisab awal waktu salat *Gunter's Quadrant* termodifikasi yang bisa mencapai kurang dari 1 menit dibandingkan hasil perhitungan dengan data ephemeris Matahari dan alat hitung modern. Dari 20 perbandingan waktu salat, hanya 7 waktu salat yang memiliki selisih lebih dari 2 menit dengan selisih maksimal sebesar 3 menit 37 detik.

Hasil uji akurasi *Gunter's Quadrant* termodifikasi dalam hisab awal waktu salat ini hanya dapat memberikan gambaran tentang akurasi instrumen tersebut dalam hisab awal waktu salat. Hasil uji akurasi ini menunjukkan bahwa *Gunter's Quadrant* termodifikasi belum cukup layak untuk dapat dijadikan salah satu alat pedoman untuk menentukan awal waktu salat. Hal ini disebabkan karena data-data Matahari pada *Gunter's Quadrant* bersifat tetap dan tanpa disertai koreksi. Sehingga penggunaannya untuk tahun-tahun yang akan datang berpotensi untuk menyebabkan galat yang lebih besar. Di samping itu, tingkat ketelitian *Gunter's Quadrant* sangatlah terbatas tergantung skala minimal yang digunakan. Berikut ini skala minimal yang digunakan dalam bagian *Gunter's Quadrant*:

No	Bagian <i>Gunter's Quadrant</i> termodifikasi	Skala minimal ketelitian
1	Busur derajat (tinggi dan Asensioekta Matahari)	0° 15'
2	Skala deklinasi	0° 15'
3	Kurva jam	0' 15 ^m
4	Skala ekliptika (zodiak dan bujur Matahari)	1°
5	Kurva azimuth	10°

Tabel 15. Skala minimal dalam bagian *Gunter's Quadrant* termodifikasi

Skala minimal yang cukup besar pada bagian *Gunter's Quadrant* ini tidak hanya akan mempengaruhi keakurasian hasil perhitungan, tetapi juga akan menyebabkan ketidakbakuan hasil perhitungan yang didapatkan antar pengguna *Gunter's Quadrant* termodifikasi. Misalnya saat simpul benang berada di antara kurva jam 4:15 dan jam 4:30, pengguna harus memperkirakan waktu yang ditunjukkan oleh simpul benang tersebut. Sehingga akan menyebabkan hasil yang didapatkan oleh antar pengguna *Gunter's Quadrant* berbeda-beda. Hal ini menjadi kekurangan yang umum dimiliki oleh instrumen-instrumen falak lainnya, seperti *Horary Quadrant*, *Astrolabe*, *Sundial*, dan lain sebagainya. Namun dalam keperluan praktis, *Gunter's Quadrant* masih layak untuk difungsikan sebagai instrumen alternatif hisab awal waktu salat.

Basis data ephemeris yang digunakan dalam pembuatan *Gunter's Quadrant* adalah data ephemeris rata-rata tahun 2019. Sehingga keakurasian *Gunter's Quadrant* termodifikasi

ini lebih baik jika dibandingkan model awalnya yang menggunakan data Matahari untuk tahun 1623. Desain *Gunter's Quadrant* termodifikasi juga mampu menutupi kekurangan desain awalnya yang tidak dapat difungsikan sebagai instrumen hisab awal waktu salat dan kurang cocok untuk diterapkan dengan nilai lintang tempat yang kecil. Di samping itu, *Gunter's Quadrant* termodifikasi juga mampu menyederhanakan perhitungan posisi Matahari, penentuan waktu di siang hari, dan hisab awal waktu salat. Hal ini merupakan tujuan utama dari pembuatan instrumen falak sejak dahulu kala

F. Hasil Penilaian Ahli dan Pengembang Instrumen Falak terhadap *Gunter's Quadrant* Termodifikasi

Pada tahap ini, peneliti meminta kritik dan saran dari dua ahli dan pengembang instrumen falak terhadap hasil modifikasi *Gunter's Quadrant* yang peneliti lakukan. Dalam hal ini, peneliti memilih Slamet Hambali dan Mutoha Arkanudin karena keahlian dan pengalaman keduanya dalam mendesain instrumen astronomi dan falak. Sehingga masukan dari keduanya dapat dijadikan sebagai bahan rujukan untuk revisi produk pengembangan peneliti.

Secara garis besarnya, Slamet Hambali memberikan apresiasi yang cukup baik terhadap hasil modifikasi *Gunter's Quadrant*. Bagi Slamet Hambali, kreasi dalam pembuatan kurva jam dan azimuth berdasarkan *plotting* data perdeklinasi dalam satu tahun di suatu lokasi itu adalah kreasi dari para ahli falak dan astronom di

masa lalu yang tidak boleh dilupakan. Slamet Hambali juga mengapresiasi terhadap model pembuatan skala *equation of time* pada *Gunter's Quadrant* termodifikasi yang dapat merubah waktu hakiki yang ditunjukkan oleh instrumen ini menjadi waktu pertengahan. Hanya saja menurut Slamet Hambali, instrumen termodifikasi ini masih memiliki kekurangan. Kekurangan tersebut adalah tidak adanya kurva atau skala yang dapat digunakan untuk menghitung koreksi waktu daerah. Sehingga pengguna masih harus menghitung secara manual selisih bujur tempatnya dengan bujur daerah dan membagnya dengan 15.

Slamet Hambali juga menilai bahwa keakurasian *Gunter's Quadrant* termodifikasi ini masih belum cukup bagus jika dijadikan pedoman pembuatan jadwal waktu salat. Selain karena data Matahari yang digunakan acuan pembuatannya terskala, juga karena skala minimal tinggi Matahari dan jam hanya 15 menit. Dengan skala tersebut, keakurasian hasil hisab waktu salat yang didapatkan dari *Gunter's Quadrant* berada di bawah level keakurasian jadwal waktu salat abadi. Namun Slamet Hambali tetap menilai kreasi dalam modifikasi *Gunter's Quadrant* baik.

Sedangkan menurut Mutoha Arkanuddin, keakurasian *Gunter's Quadrant* termodifikasi ini masih cukup untuk menjadikannya sebagai instrumen alternatif untuk hisab awal waktu salat. Di samping itu, Mutoha Arkanuddin juga menilai bahwa meski model pengaplikasian *Gunter's Quadrant* termodifikasi dalam hisab awal waktu salat mudah, hasil hisab awal waktu salat cukup bagus. Ia juga menilai bahwa keakurasian

tersebut jauh lebih baik dibandingkan model awalnya yang masih menggunakan basis data ephemeris rata-rata Matahari yang lama, yaitu tahun 1623.

Mutoha Arkanuddin menyarankan agar benang yang digunakan sebagai komponen penunjuk waktu pada *Gunter's Quadrant* haruslah benang yang tidak elastis atau *mulur*. Benang yang elastis akan mengurangi keakurasian hasil *Gunter's Quadrant* termodifikasi. Ia juga menyarankan agar instrumen hasil modifikasi ini dipasang dengan alas yang datar. Tidak boleh hanya berupa kertas yang terlaminating, tetapi ditempelkan pada kayu maupun acrylic, agar lebih mudah digunakan dan juga terjaga keawetannya. Ia juga menyarankan agar desain *Gunter's Quadrant* termodifikasi ini perlu ditambahkan dengan paduan warna yang lebih banyak lagi. Sehingga desainnya tidak terlihat terlalu polos. Namun demikian, Mutoha Arkanuddin menilai cukup untuk pilihan warna yang telah digunakan pada masing-masing komponen *Gunter's Quadrant* termodifikasi yang dibedakan berdasarkan jenis dan kegunaan komponen tersebut.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Modifikasi *Gunter's Quadrant* sebagai instrumen hisab awal waktu salat merupakan upaya untuk melengkapi kekurangan *Gunter's Quadrant* dengan menambahkan kurva dan bagian-bagian lainnya yang diperlukan dalam hisab awal waktu salat. Modifikasi *Gunter's Quadrant* juga tidak sebatas penambahan fungsi hisab waktu salat saja, karena instrumen karya Edmund Gunter ini juga memiliki kekurangan dalam desain dasarnya yang tidak dapat diterapkan untuk lintang tempat yang kecil atau lokasi yang mendekati ekuator. Modifikasi desain dasar *Gunter's Quadrant* berupa perubahan proyeksi busur lingkaran ekliptika yang semula hanya sebesar 90° menjadi 180° , penambahan proyeksi lingkaran tropik yang semula satu menjadi dua buah, pembagian kurva jam dan azimuth Matahari berdasarkan deklinasi utara dan selatan, perubahan basis data ephemeris Matahari, perubahan sistem pembuatan skala kalender, serta penghalusan skala minimal masing-masing bagian *Gunter's Quadrant*. Adapun modifikasi *Gunter's Quadrant* untuk fungsi hisab awal waktu salat berupa penambahan kurva waktu Asar berdasarkan tinggi Matahari, skala *equation of time*, dan kurva koreksi waktu terbit dan terbenam.

2. Hasil uji akurasi penggunaan *Gunter's Quadrant* termodifikasi dalam hisab awal waktu salat menunjukkan bahwa hasil waktu salat yang didapatkan dari *Gunter's Quadrant* termodifikasi berbeda jika dibandingkan dengan perhitungan modern. Dari 20 perbandingan waktu salat, terdapat 7 waktu salat yang memiliki selisih lebih dari 2 menit dengan selisih maksimal sebesar 3 menit 37 detik. Berdasarkan uji akurasi tersebut, didapatkan simpulan bahwa hasil hisab awal waktu salat yang didapatkan dari *Gunter's Quadrant* cukup bagus untuk sekelas instrumen praktis. Tingkat keakurasian ini belum dapat menjadikan *Gunter's Quadrant* termodifikasi ini layak dijadikan salah satu alat pedoman untuk menentukan awal waktu salat. Namun dalam keperluan praktis, *Gunter's Quadrant* masih layak untuk difungsikan sebagai instrumen alternatif hisab awal waktu salat dengan basis data ephemeris Matahari rata-rata tahun 2019.

B. Saran-saran

1. Instrumen falak klasik merupakan buah karya para ahli falak zaman dahulu dalam menyederhanakan perhitungan falak yang rumit menjadi sebuah instrumen praktis. Kebanyakan instrumen falak tersebut memang masih memiliki akurasi yang terbatas karena model, skala, maupun basis data yang digunakan. Namun kreatifitas para ahli falak dalam memproyeksikan dan “melukis” koordinat bola langit ke dalam instrumen, sangat menarik untuk diteliti. Penelitian dalam rangka mengembangkan instrumen-instrumen tersebut

akan menjadi salah satu bentuk penghormatan dan apresiasi terhadap karya mereka.

2. Penelitian modifikasi *Gunter's Quadrant* ini menghasilkan model *Gunter's Quadrant* yang dapat difungsikan sebagai instrumen hisab awal waktu salat yang bersifat lokal. Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat menghasilkan model baru maupun pengembangan dari instrumen sejenis yang dapat digunakan secara universal dengan fungsi yang lebih lengkap.
3. Keterbatasan tingkat akurasi instrumen falak klasik hendaknya tidak menyurutkan minat para pegiat ilmu falak dalam mengkajinya. Meski di zaman modern ini telah banyak bermunculan aplikasi atau *software* falak dan astronomi, instrumen falak klasik tetap memiliki posisi yang tak tergantikan. Kebanyakan *software* falak memang menjanjikan kemudahan untuk mendapatkan hasil perhitungan falak yang cepat dan cukup akurat, tetapi kering akan nilai edukasi. Justru instrumen falak klasik, dengan segala keterbatasannya mampu menampilkan nilai-nilai edukasi tentang transformasi dan proyeksi koordinat bola langit, serta pola pergerakan benda langit di setiap kurva yang terukir pada instrumen tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Sumber Buku

- Abdurrachim, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberti, 1983
- Angelo, Joseph A., *Encyclopedia of Space and Astronomy*, New York: Fact On File, inc., 2006
- Anugraha, Rinto, *Mekanika Benda Langit*, Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2012
- Azhari, Susiknan, *Ilmu Falak perjumpaan Khazanah dan Sains Modern*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2007
- _____, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Cet. II, 2012
- Azwar, Saifuddin, *Metode Penelitian*, Pustaka Pelajar: Yogyakarta. Cet I, Ed I, 1998
- Basu, Biman, *Tool of Astronomy: How They Transform our View of the Univers*, New Delhi: Vigyan Prasar Departmen of Science and Technology, 2009
- Bennett, J. A., *The Divided Circle: A History of Instruments for Astronomy Navigation and Surveying*, Oxford: Phaidon Inc. Ltd, 1987
- Charette, Francois, *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria: The Illustrated Treatise of Najm al-Din al-Misri*, Boston: Brill Leiden, 2003
- _____, *Instrumentation in Fourteenth Century Egypt and Syria*, Leiden: Koninklijke Brill NV, 2003
- Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah, *Ephemeris Hisab Rukyat 2019*, Jakarta: Kementerian Agama RI, 2019

- Gunter, Edmund, *Canon Triangulorum, Sive Tabulae Sinuum et Tangentium Artificialium ad Radium 10000,0000.& ad Scrupula Prima Quadrantis*, London: William Jones, 1620
- _____, *The Description and Use of the Sector, Cross-Staff, and other Instruments*, London: William Jones, 1623
- al-Hajāwī, Syaraf al-Dīn Abū al-Najā Mūsā bin Ahmad, *Zād al-Mustaqni' fi ikhtiṣār al-Muqni'*, Riyadh: Madar al-Wathn, tt.
- Hambali, Slamet, *Ilmu Falak 1 : Penentuan Awal Waktu Salat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, cet. I, 2011.
- Heather, J. F., *A Treatise on Mathematical Instruments*, London: George Woodfall and Son, 1849
- al-Ḥisnī, Taqiy al-Dīn Abū Bakr bin Muhammad al-Ḥusainī, *Kifāyah al-Akhyār fi Ḥall Ghāyah al-Ikhtiṣār*, Libanon: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyah, 2001
- Ibn Khuzaimah, Abū Bakr Muhammad bin Ishāq, *Ṣaḥīḥ Ibn Khuzaimah*, Riyadh: al-Maktabah al-Islami, 1980, Juz 1
- Izzuddin, Ahmad, *Fiqih Hisab Rukyat*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2007
- Karttunen, Hannu, dkk., *Fundamental Astronomy*, Berlin: Springer-Verlag, Cet. V, 2007
- Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, Bandung: Jabal, 2010
- Khazin, Muhyiddin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2001
- _____, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005

King, David A., *Islamic Astronomy*, London: British Museum Press, 1999

_____, *in Synchrony with the Heavens: Studies in Astronomical Time Keeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*, Boston: Brill Leiden, 2005

al-Maḥḥibari, Ahmad Zainuddīn bin Abd al-‘Azīz al-Ma’bari, *Fath al-Mu’īn bi syarḥ Qurrah al-‘Ain bi Muḥimmāt al-Dīn*, Beirut: Dār Ibn Hazm, 2004

al-Marāgī, Aḥmad Muṣṭafā, *Tafsīr al-Marāgī*, Kairo: Maktabah Muṣṭafā al-Bābī al-Halabī, tth, Juz 5

al-Marrākusyī, Syaraf al-Dīn Abū ‘Alī al-Ḥasan ibn ‘Alī bin ‘Umar, *Jāmi’ al-Mabādī’ wa al-Gḥāyāt fi ilm al-Miqāt*, Manuskrip, discan oleh Library of Congress, 1831

McNally, D., *Positional Astronomy*, London: Frederic Muller Limited, 1974

al-Miṣrī, Jamāl al-Dīn Muhammad bin Mukrim bin Manzūr al-Ifriqī, *Lisān al-‘Arab*, Beirut: Dār Ṣādir, 2010, Jilid 10

Meeus, Jean, *Astronomical Algorithms*, Virginia: Willmann-Bell Inc., Edisi II, 1998

Morrison, James E., *The Astrolabe*, Cambridge: Janus Publishing Company, 2007

Mughniyah, Muhammad Jawād, *Fiḥ al-Imām Ja’far al-Ṣadiq ‘Ardh wa Istidlāl*, (terj.) Samsuri Rifa’i, dkk., Jakarta: Lentera, 2009

al-Naisābūrī, Abū al-Husain Muslim bin al-Hajjāj al-Qusyairī, *Ṣaḥīḥ Muslim*, Beirut: Dār Ihyā al-Turās al-Arabiyah, 2010, Juz 1, no hadis: 173

- Ptolemy, Claudius, *Almagest*, (terj.) G. J. Toomer, *Ptolemy Almagest*, New Jersey: Princeton University Press, 1998
- Prastowo, *Metode Penelitian Kualitatif, Dalam Prespektif Rancangan Penelitian*, Yogyakarta: ar-Ruzz Media, 2012
- Putra, Dede Romli Tri, *Perhitungan pengaruh lintang dan perubahan ufuk dalam konversi jadwal waktu salat kalender PBNU tahun 2014*, Tesis Magister Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang, 2014
- al-Qarafī, Syihāb al-Dīn Ahmad bin Idrīs bin abd al-Rahmān al-Sanhāji, *Anwār al-Burūq fī anwā al-Furūq*, Kairo: Dar Ihya al-Kutub al-‘Arabiyah, 2010, Juz 4
- Ragan, Donald M., *Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques*, Mennesota: Wiley
- al-Rāzī, Muhammad Fakhruddīn bin Diyā’ al-Dīn Umar, *Mafātīh al-Gaib*, Beirut: Dar al-Fikr, tt., Juz 21
- Rohr, Rene R. J., *Sundial: History, Theory, and Practice*, New York: Dover Publications, Inc., 1996
- Roy A. E., & D. Clarke, *Astronomy: Principles and Practices*, Bristol: Adam Hilger Ltd., 1977
- Salimi, Muchtar, *Ilmu Falak (Penetapan Awal Waktu Sholat dan Arah Kiblat)*, Surakarta: Universitas Muhammadiyah, 1997
- Sangwin, C. J., *Edmund Gunter and The Sector*, Oxford: Oxford University Press., 2001
- Seizgn, Fuat, *Comprehensive Collection of Principles and Objectives in the Science of Timekeeping*, Frankfrut: Johan Goethe University Press, 1984, Vol. 2.

- Selin, Helaine, *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*, Berlin: Springer Science & Business Media, 2008
- al-Sijistānī, Abū Dāwūd Sulaimān bin al-Asy'as, *Sunan Abī Dāwūd*, Riyad: Maktabah al-Ma'ārif li al-Nasyr wa al-Tauzī', 1988
- Stenstrom, Guy O., *Surveying Ready Reference Manual*, New York: McGraw–Hill, 1987
- Suryabrata, Sumadi, *Metodologi Penelitian*, Jakarta : RajaGrafindo Persada, 2004
- al-Suyūfī, Jalāl al-Dīn Abd al-Rahmān, *Al-Asybah wa al-Nadāir*, Riyad: Maktabah Nizār al-Bāz, 1997
- al-Sya'rāwī, Muhammad Mutawallī, *Tafsīr Al-Sya'rāwī*, Mesir: Ahbar al-Yaum, 1997, Juz 14
- Syihab, M. Quraisy, *Tafsir Al-Misbah*, Jakarta: Lentera Hati, vol. 2, 2005
- al-Tibrīzī, Muhammad bin Abdullah al-Khaṭīb, *Syarḥ Misykāh al-Maṣābīḥ*, Beirut: Dar al-Kutub al-Ilmiyah, 2001, Juz 2
- Tim Penyusun Kamus Besar Bahasa Indonesia, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2008
- Tim Perumus, *Panduan Penulisan Karya Tulis Ilmiah Pascasarjana UIN Walisongo*, Semarang: Pascasarjana UIN Walisongo, 2017
- Waters, David W., *The Art of Navigation in England in Elizabethan and Early Stuart Times*, New Haven: Yale University Press, 1958
- al-Zamakhshary, Abu al-Qāsim Jārullāh Muhammad bin 'Umar bin Muhammad, *al-Kasysyāf 'an Haqāiq Gawāmid al-Tanzīl wa*

'Uyūn al-Aqāwīl fī Wajh al-Ta'wīl, Jilid II, Beirut: Dar al-Kutub al-Alamiah, tt,

Sumber Jurnal Ilmiah dan Penelitian

- Azhari, Susiknan, "Tracing the Concept of Fajr in Islam Mosaic and Modern Science", *Ahkam Jurnal Ilmu Syariah*, Vol. 18, No. 1, (2018): 219-232
- Ernst, Bruno, "Equator Projection Sundials", *Journal British Association*, Vol. 1, No. 97, (1986)
- Fadholi, Ahmad, *Analisis Komparasi Perhitungan Waktu Salat dalam Teori Geosentrik dan Geodetik*, Tesis Magister Ilmu Falak IAIN Walisongo Semarang, 2013
- Hutton, "Celestial Navigation with Stereographic Projection", *Physics Education Journal*, Vol. 12, (1997)
- King, David A., "The Origin of the Astrolabe According to the Medieval Islamic Sources", *Journal for the History of Arabic Science*, Vol. 5, (1981):
- _____, "A Vetustissimus Arabic Treatise on the Quadrant Vetus", *Journal for the History of Astronomy*, Vol. 33, No. 12, (2002): 237-255
- Muslifah, Siti, "Telaah Kritis *Syafaqul Ahmar* dan *Syafaqul Abyadl* Terhadap Akhir Maghrib dan Awal Isya", *Elfalaky Jurnal Ilmu Falak*, Vol. 1, No. 1, (2007): 25-45
- Roegel, Denis, "A Construction of Gunter's Canon Triangulorum", *Research Report INRIA*, No: 005439382010
- Rojak, Encep Abdul, dkk., "Koreksi Ketinggian Tempat terhadap Fikih Waktu Salat: Analisis Jadwal Waktu Salat Kota Bandung", *Al-Ahkam*, Vol. 27, No. 2 (2017): 241-266

Stanley, R. Darren, *Quadrant Constructions and Applications in Western Europe during the Early Renaissance*, Tesis Magister Sains Departemen Matematika dan Statistika, Simon Fraser University, Wellington, 1994

Viladrich, M., "Medieval Islamic Horary Quadrants for Specific Latitudes and Their Influence on the European Tradition", *Suhayl -Journal for the history of the exact and natural sciences in Islamic Civilisation*, Vol I (2000), 273-355

Sumber Lain

https://www.encyclopediaofmath.org/index.php/Logarithmic_function
diakses pada tanggal 20 Juni 2019

<http://www.geoastro.de/gunter/> diakses pada tanggal 20 Juni 2019

<http://www.math.ubc.ca/~cass/courses/m30901a/montero/math309project.html> diakses pada tanggal 21 Juni 2019

<http://www.sites.hps.cam.ac.uk/whipple/explore/astronomy/mapsoftheheavens/thegunterquadrant/> diakses pada tanggal 20 Juni 2019

Lampiran-lampiran

1. Surat Wawancara

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Drs. Mutoha Arkanuddin
Alamat : Soropadan CC XII/04, RT 01, RW 36
Depok Sleman Yogyakarta55283

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : M. Syaoqi Nahwandi
NIM : 1702048013
Perguruan Tinggi : UIN Walisongo Semarang
Program Studi : Program Studi S2 Ilmu Falak,
Fakultas Syari'ah dan Hukum
Judul Tesis : Modifikasi *Gunter's Quadrant* sebagai
Instrumen Hisab Awal Waktu Salat

Mahasiswa tersebut telah melakukan penelitian/wawancara pada tanggal 13 Juli 2019. Demikian surat keterangan ini kami buat dibuat sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 13 Juli 2019

Mengetahui,



Muntoha Arkanuddin

2. Dokumentasi Penelitian



3. Angket Validasi

Angket Validasi

No	Aspek penilaian	Deskripsi	Skala				
			1	2	3	4	5
1	Desain	Tampilan instrumen menarik dan mudah dibawa/ dipindahkan				✓	
		Desain instrumen sesuai dengan proyeksi materi				✓	
		Pemilihan warna dalam instrumen			✓		
		Diberi judul / keterangan instrumen			✓		
		Penyajian instrumen mampu mengembangkan minat keilmuan				✓	
2	Algoritma	Algoritma yang digunakan sesuai perkembangan mutakhir				✓	
		Pengemasan algoritma dalam instrumen sesuai dengan pendekatan keilmuan yang bersangkutan (pendekatan saintifik)				✓	
		Mampu memberikan akurasi yang baik				✓	
3	Penggunaan	Mudah digunakan dan dipahami				✓	
		Cepat mendapatkan hasil prediksi				✓	
		Mampu memprediksi dalam jangka lama				✓	

Saran:

- Gunakan gambar yang lebih jelas
- Gunakan kunci atau jawaban

Yogyakarta, 13 Juli 2019
Ahli Media


Muntaha Arkanuddin

Daftar Pertanyaan Wawancara

Narasumber : Drs. Mutoha Arkanuddin

1. Bagaimana pendapat bapak tentang pengembangan instrumen falak klasik ?

Menurut saya itu perlu dan sangat baik. karena instrumen falak klasik itu banyak sekali, harus dilestarikan dan jangan sampai dilupakan. Instrumen falak itu dibuat sesuai dengan kebutuhan di masa itu. Kebutuhan manusia di tiap zaman itu berbeda-beda. tapi kebutuhan tentang mengetahui waktu ibadah, tanggal puasa, lebaran dan lain-lain itu sama. Maka instrumen falak klasik harus dikembangkan agar sesuai dengan kebutuhan saat ini. Atau agar bisa tetap layak menjadi solusi alternatif untuk penentuan waktu di saat alat-alat modern tidak ada atau rusak.

2. Apakah hasil pengembangan sebuah instrumen falak klasik harus memiliki akurasi yang baik ?

yang jelas, akurasi instrumen yang dikembangkan harus meningkat akurasinya dibandingkan dengan model awalnya. Tapi bukan berarti hasil pengembangan tersebut harus selevel tingkat akurasinya dengan aplikasi atau software. ya, jelas tidak bisa. karena keakurasian instrumen falak tergantung orde skala minimalnya. Asalkan rumus-rumus dan data acuannya sudah menggunakan yang terkini, itu sudah bagus. Tapi jangan sampai penggunaan rumus yang terkini malah lebih

menyulitkan cara mengoperasikan instrumen yang dikembangkan. Karena tujuan dibuatnya sebuah instrumen adalah untuk menyederhanakan perhitungan bukan malah bikin nambah mumet. Dan masalah akurasi itu nomer sekian.

3. Penelitian tesis saya adalah mengembangkan instrumen klasik yang disebut *Gunter's Quadrant*. Saya mengembangkan instrumen tersebut agar dapat difungsikan sebagai instrumen hisab awal waktu salat dengan data Matahari rata-rata di tahun 2019. Dalam uji akurasi, selisih maksimalnya mencapai 4-5 menit dengan perhitungan modern. Orde skala minimal untuk busur adalah $0^{\circ} 15'$. sedangkan untuk jam adalah $0^j 15^m$.
Bagaimana menurut bapak?

*Menurut saya sudah lumayan. Karena penilaian terhadap instrumen klasik tidak melulu tentang akurasi. Hasil kreasinya juga harus dinilai. Saya lihat, desain hasil pengembangan kamu juga berbeda dengan model awal *Gunter's Quadrant*. Beberapa langkah penggunaannya juga beda karena menyesuaikan desain. Ya, itu sudah cukup dipandang sebagai hasil modifikasi. Kalau masalah akurasi, memang mau gimana lagi, instrumen klasik dengan pengembangan seperti apapun memang tidak bisa lepas dari skala. Tapi asalkan rata-rata selisih tidak lebih dari 15 menit itu sudah bagus. Orang sudah tahu jika skala minimalnya adalah 15 menit, rata-rata eror hasil mencapai 7,5 menit atau skala minimal dibagi dua.*

4. Boleh minta saran bapak tentang instrumen *Gunter's Quadrant* yang saya kembangkan ?

Gunakan benang yang tidak elastis agar ketika benang ditarik tidak mulur dan mempengaruhi hasil. Gunakan juga kayu atau acrylic sebagai alas quadrant.

4. Angket Validasi

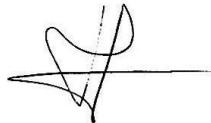
Angket Validasi

Tabel Penilaian Media

No	Aspek penilaian	Deskripsi	Skala				
			1	2	3	4	5
1	Desain	Tampilan instrumen menarik dan mudah dibawa/ dipindahkan					✓
		Desain instrumen sesuai dengan proyeksi materi				✓	
		Pemilihan warna dalam instrumen				✓	
		Diberi judul / keterangan instrumen			✓		
2	Algoritma	Penyajian instrumen mampu mengembangkan minat keilmuan					✓
		Algoritma yang digunakan sesuai perkembangan mutakhir				✓	
		Pengemasan algoritma dalam instrumen sesuai dengan pendekatan keilmuan yang bersangkutan (pendekatan saintifik)					✓
		Mampu memberikan akurasi yang baik			✓		✓
3	Penggunaan	Mudah digunakan dan dipahami					✓
		Cepat mendapatkan hasil prediksi					✓
		Mampu memprediksi dalam jangka lama					✓

Semarang, 15 Juli 2019

Ahli Media



Drs. H. Slamet Hambali, M.Si

5. Data Acuan Pembuatan *Gunter's Quadrant* Termodifikasi untuk Lintang 6° 59' LS

a. Pembuatan Kurva Jam

δ	h_0 Jam 12	h_0 Jam 11	h_0 Jam 10
0°	83°0'16	73°28'59	59°16'9
01°	82°0'16	73°1'52	59°1'2
02°	81°0'16	72°32'6	58°44'17
03°	80°0'16	71°59'54	58°25'58
04°	79°0'16	71°25'28	58°6'7
05°	78°0'16	70°48'60	57°44'46
06°	77°0'16	70°10'42	57°21'60
07°	76°0'16	69°30'44	56°57'50
08°	75°0'16	68°49'15	56°32'21
09°	74°0'16	68°6'24	56°5'34
10°	73°0'16	67°22'18	55°37'34
11°	72°0'16	66°37'6	55°8'22
12°	71°0'16	65°50'52	54°38'3
13°	70°0'16	65°3'44	54°6'38
14°	69°0'16	64°15'45	53°34'11
15°	68°0'16	63°27'0	53°0'45
16°	67°0'16	62°37'34	52°26'22
17°	66°0'16	61°47'30	51°51'5
18°	65°0'16	60°56'51	51°14'56
19°	64°0'16	60°5'41	50°37'58
20°	63°0'16	59°14'1	50°0'13
21°	62°0'16	58°21'55	49°21'43
22°	61°0'16	57°29'25	48°42'31
23°	60°0'16	56°36'32	48°2'38
23°26'11"	59°34'5	56°13'20	47°45'2
-01°	83°0'16	73°28'59	59°16'9
-02°	84°0'16	73°53'12	59°29'37
-03°	85°0'16	74°14'19	59°41'23
-04°	86°0'16	74°32'7	59°51'25
-05°	87°0'16	74°46'25	59°59'41
-06°	88°0'16	74°57'2	60°6'11
-07°	89°0'16	75°3'50	60°10'51
-08°	89°59'44	75°6'45	60°13'43
-09°	88°59'44	75°5'43	60°14'45
-10°	87°59'44	75°0'46	60°13'57

-11°	86°59'44	74°51'58	60°11'20
-12°	85°59'44	74°39'26	60°6'53
-13°	84°59'44	74°23'17	60°0'38
-14°	83°59'44	74°3'44	59°52'35
-15°	82°59'44	73°40'58	59°42'47
-16°	81°59'44	73°15'13	59°31'14
-17°	80°59'44	72°46'42	59°17'59
-18°	79°59'44	72°15'38	59°3'4
-19°	78°59'44	71°42'14	58°46'32
-20°	77°59'44	71°6'43	58°28'25
-21°	76°59'44	70°29'17	58°8'45
-22°	75°59'44	69°50'5	57°47'36
-23°	74°59'44	69°9'19	57°25'1
-23°26'11"	73°59'44	68°27'6	57°1'2

b. Pembuatan Kurva Azimuth

δ	z_0 Arah 10	z_0 Arah 20	z_0 Arah 30
0°	7°6'9	7°26'23	8°3'52
01°	8°7'3	8°30'10	9°12'59
02°	9°7'58	9°33'57	10°22'6
03°	10°8'53	10°37'45	11°31'14
04°	11°9'48	11°41'33	12°40'23
05°	12°10'43	12°45'22	13°49'34
06°	13°11'38	13°49'12	14°58'47
07°	14°12'33	14°53'2	16°8'3
08°	15°13'29	15°56'54	17°17'21
09°	16°14'25	17°0'47	18°26'43
10°	17°15'21	18°4'41	19°36'9
11°	18°16'18	19°8'37	20°45'39
12°	19°17'15	20°12'35	21°55'14
13°	20°18'12	21°16'34	23°4'55
14°	21°19'10	22°20'36	24°14'41
15°	22°20'9	23°24'40	25°24'34
16°	23°21'8	24°28'47	26°34'33
17°	24°22'7	25°32'56	27°44'41
18°	25°23'8	26°37'8	28°54'57
19°	26°24'9	27°41'24	30°5'21
20°	27°25'10	28°45'43	31°15'56
21°	28°26'13	29°50'5	32°26'41
22°	29°27'16	30°54'32	33°37'37

23°	30°28'21	31°59'3	34°48'45
23°26'11"	30°54'60	32°27'13	35°19'51
-01°	7°6'9	7°26'23	8°3'52
-02°	6°5'14	6°22'35	6°54'45
-03°	5°4'19	5°18'48	5°45'38
-04°	4°3'24	4°15'0	4°36'30
-05°	3°2'29	3°11'12	3°27'21
-06°	2°1'34	2°7'23	2°18'10
-07°	1°0'39	1°3'34	1°8'57
-08°	0°0'16	0°0'17	0°0'18
-09°	1°1'12	1°4'9	1°9'37
-10°	2°2'8	2°8'2	2°18'59
-11°	3°3'4	3°11'56	3°28'25
-12°	4°4'1	4°15'52	4°37'55
-13°	5°4'58	5°19'49	5°47'30
-14°	6°5'55	6°23'49	6°57'10
-15°	7°6'53	7°27'51	8°6'57
-16°	8°7'52	8°31'55	9°16'49
-17°	9°8'51	9°36'1	10°26'49
-18°	10°9'50	10°40'11	11°36'57
-19°	11°10'50	11°44'23	12°47'12
-20°	12°11'51	12°48'39	13°57'37
-21°	13°12'53	13°52'57	15°8'12
-22°	14°13'56	14°57'20	16°18'56
-23°	15°14'59	16°1'47	17°29'52
-23°26'11"	16°16'3	17°6'17	18°41'0

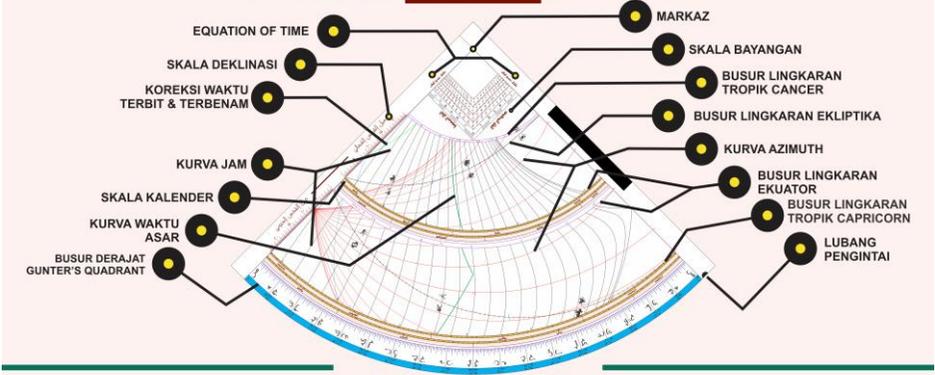
c. Tinggi Matahari saat Asar (h_{Asar}) dan Koreksi Waktu Terbenam

δ	h_{Asar}	Koreksi Waktu Terbenam
0°	41°41'30	0:04:02
01°	41°14'44	0:03:32
02°	40°48'18	0:03:03
03°	40°22'12	0:02:34
04°	39°56'23	0:02:04
05°	39°30'52	0:01:35
06°	39°5'36	0:01:06
07°	38°40'36	0:00:36
08°	38°15'50	0:00:07

09°	37°51'16	-0:00:22
10°	37°26'55	-0:00:52
11°	37°2'45	-0:01:22
12°	36°38'46	-0:01:51
13°	36°14'56	-0:02:21
14°	35°51'15	-0:02:51
15°	35°27'42	-0:03:22
16°	35°4'16	-0:03:52
17°	34°40'56	-0:04:23
18°	34°17'42	-0:04:54
19°	33°54'33	-0:05:25
20°	33°31'28	-0:05:57
21°	33°8'27	-0:06:29
22°	32°45'28	-0:07:01
23°	32°22'31	-0:07:34
23°26'11"	32°12'31	-0:07:48
-01°	41°41'30	0:04:31
-02°	42°8'37	0:05:01
-03°	42°36'8	0:05:31
-04°	43°4'2	0:06:00
-05°	43°32'22	0:06:30
-06°	44°1'8	0:07:01
-07°	44°30'23	0:07:31
-08°	44°59'52	0:08:01
-09°	44°30'8	0:08:32
-10°	44°0'53	0:09:03
-11°	43°32'7	0:09:34
-12°	43°3'47	0:10:06
-13°	42°35'53	0:10:38
-14°	42°8'23	0:11:10
-15°	41°41'15	0:11:43
-16°	41°14'30	0:12:16
-17°	40°48'4	0:12:49
-18°	40°21'58	0:13:23
-19°	39°56'10	0:13:57
-20°	39°30'38	0:14:32
-21°	39°5'23	0:15:07
-22°	38°40'23	0:15:43
-23°	38°15'37	0:16:20
-23°26'11"	37°51'3	0:16:36

6. Hasil Pengembangan

BAGIAN-BAGIAN GUNTER'S QUADRANT TERMODIFIKASI



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : M. Syaqqi Nahwandi, S.H.I
Tempat, Tanggal Lahir : Banyumas, 27 Februari 1992
Alamat Asal : Jl. K.S. Tubun, Gang Kurma,
RT 03 RW 07, Rejasari,
Purwokerto Barat, Banyumas
Alamat Domisili : Jl. Raya Beringin, Ngaliyan,
Semarang.

Riwayat Pendidikan :

1. Pendidikan Formal
 - a. MI Darul Hikmah Purwokerto, lulus tahun 2003
 - b. MTs Ta'mirul Islam Surakarta, lulus 2006
 - c. MA Al-Hikmah 2 Brebes, lulus 2009.
 - d. Strata 1 Institut Agama Islam Negeri Walisongo Semarang, lulus tahun 2014.
2. Pendidikan non Formal
 - a. Pon. Pes. Ta'mirul Islam Surakarta, lulus 2006.
 - b. Pon. Pes. Al-Hikmah 2 Brebes, lulus 2009.
 - c. Pon. Pes. Daarun Najaah Semarang
 - d. Short Course Bahasa Inggris di Access, Pare, Jawa Timur, lulus tahun 2010.

Riwayat Organisasi

1. PSDM CSSMoRA IAIN Walisongo Semarang (2011-2012)
2. Litbang HMJ Ilmu Falak (2012-2013).
3. Tim Observasi Bulan Pascasarjana UIN Walisongo Semarang (2017 – sekarang)
4. Lajnah Ta'lif wa Nasyr (LTN) PWNU Jawa Tengah (2018 – sekarang)

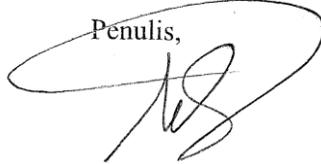
Publikasi :

1. “E-Hisab”: Pemrograman Aplikasi *Mobile* Hisab Awal Bulan Kamariah Berbasis Algoritma Jean Meeus (Skripsi IAIN Walisongo Semarang 2014)
2. Pengaplikasian Astrolabe dalam Hisab Awal Waktu Salat (Jurnal Al-Mizan IAIN Sultan Amai Gorontalo 2018)

Demikian riwayat pendidikan ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk menjadi maklum dan periksa adanya.

Semarang, 16 Juli 2019

Penulis,

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned below the text 'Penulis,'.

(M. Syaoqi Nahwandi, S.H.I)