

**IMPLEMENTASI *HIGHER PRECISION METHOD* UNTUK
PERHITUNGAN WAKTU SALAT DALAM BUKU *PRACTICAL
ASTRONOMY WITH YOUR CALCULATOR or SPREADSHEET***

SKRIPSI

**Oleh
Oktaria Puspita Devi
C76218017**



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

**Universitas Islam Negeri Sunan Ampel
Fakultas Syariah dan Hukum
Jurusan Hukum Perdata Islam
Program Studi Ilmu Falak
Surabaya
2022**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Oktaria Puspita Devi
NIM : C76218017
Fakultas/Jurusan/Prodi : Syariah dan Hukum/ Hukum Perdata Islam/ Ilmu
Falak
Judul Skripsi : Implementasi *Higher Precision Method* untuk
Perhitungan Waktu Salat dalam Buku *Practical
Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*

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

Surabaya, 26 Juni 2022

Saya yang menyatakan,

A 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp is placed over the signature. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'MILIKNYA TEMPEL' and '10000'. The serial number 'P02PRAJX503192591' is visible at the bottom of the stamp.

Oktaria Puspita Devi
NIM.C76218017

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang ditulis oleh Oktaria Puspita Devi NIM. C76218017 ini telah diperiksa dan disetujui untuk dimunaqasahkan.

Surabaya, 17 Juni 2022

Pembimbing,



Dr. H. M. Imron Rosyadi, S.Ag, MHI.
NIP. 197704152006041002

PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh Oktaria Puspita Devi NIM. C76218017 ini telah dipertahankan didepan sidang Munaqasah Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN sunan Ampel Surabaya pada hari Kamis, tanggal 14 Juli 2022 dan dapat diterima sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana strata satu dalam Ilmu Syariah.

Majelis Munaqasah Skripsi

Penguji I,



Dr. H. M. Imron Rosyadi, S.Ag, MHI.
NIP. 1977041520060410002

Penguji II,



H. Abu Dzarrin al-Hamidy, M.Ag
NIP. 197306042000031005

Penguji III,



Novi Sopwan, M.Si.
NIP. 198411212018011002

Penguji IV,



Adi Damanhuri, M.Si.
NIP. 198611012019031010

Surabaya, 14 Juli 2022

Menegaskan,

Fakultas Syariah dan Hukum

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

Dekan,



Dr. Hi. Suqiyah Musyafa'ah, MAg
NIP.196303271999032001



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Oktaria Puspita Devi
NIM : C76218017
Fakultas/Jurusan : Syariah dan Hukum / Ilmu Falak
E-mail address : oktaria7716@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Implementasi *Higher Precision Method* Untuk Perhitungan Waktu Salat Dalam Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*

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

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

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 25 Juli 2022

Penulis,

(Oktaria Puspita Devi)

ABSTRAK

Skripsi dengan judul, “Implementasi *Higher Precision Method* untuk Perhitungan Waktu Salat Dalam Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*”, menjawab dua pertanyaan dalam rumusan masalah yaitu Bagaimana implementasi *Higher Precision Method* dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* untuk menghitung waktu salat? dan Bagaimana tingkat akurasi *Higher Precision Method* untuk perhitungan waktu salat dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* dibandingkan dengan *Ephemeris* Kemenag dan *Accurate Times* ?.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi pustaka (*Bibliography Research*) dan perbandingan. Sumber data primer dalam penelitian ini adalah buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* karya Peter Duffet Smith dan Jonathan Zwart serta Buku Ilmu Falak Dasar-dasar Hisab Praktis karya Akh. Mukarram. Sedangkan sumber data sekunder dalam penelitian ini adalah PDF *Ephemeris* Kementerian Agama Republik Indonesia tahun 2022 dan *Software Accurate Times*. Adapun data primer dalam penelitian ini adalah perhitungan data Matahari dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* karya Peter Duffet Smith dan Jonathan Zwart serta Buku Ilmu Falak Dasar-dasar Hisab Praktis karya Akh. Mukarram. Sedangkan data sekunder yang penulis gunakan adalah data perhitungan awal waktu salat pada PDF *Ephemeris* Kementerian Agama Republik Indonesia tahun 2022 dan *Software Accurate Times* karya Muhammad Odeh. Metode pengumpulan data yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah dokumentasi. Metode analisis data yang penulis gunakan adalah deskriptif komparatif.

Hasil penelitian ini menunjukkan jawaban dari dua rumusan masalah yakni pertama, buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* dapat digunakan untuk mendapatkan data-data dalam melakukan perhitungan waktu salat seperti data Deklinasi, Asensio rekta Matahari, Equation of Time dan lain sebagainya. Kedua, tingkat akurasi *Higher Precision Method* untuk perhitungan waktu salat dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* cukup tinggi. Pada *Ephemeris* Kementerian Agama Republik Indonesia memiliki selisih terkecil yaitu satu menit dan selisih terbesar yaitu dua menit. Sedangkan pada *software Accurate Times* memiliki selisih terkecil satu menit dan selisih terbesar yaitu 13 menit.

Adanya penelitian ini diharapkan agar dapat menambah khazanah pengetahuan pembaca serta guna sebagai dasar penelitian berikutnya. Saran penulis yaitu penelitian ini dapat dikembangkan menggunakan Microsoft Office Excel dan Bahasa pemrograman lainnya. Selain itu dapat dibandingkan akurasi dengan metode-metode kontemporer maupun kitab-kitab klasik ilmu falak.

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TRANSLITERASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah dan Batasan Masalah.....	8
C. Rumusan Masalah.....	9
D. Kajian Pustaka.....	9
E. Tujuan Penelitian.....	11
F. Kegunaan Hasil Penelitian	11
G. Definisi Operasional	12
H. Metode Penelitian.....	15
I. Sistematika Penulisan	19
BAB II TEORI WAKTU SALAT	21
A. Pengertian Waktu Salat	21
B. Dasar Hukum Waktu Salat.....	23
1. Alquran	23
2. Hadis	24
C. Data Perhitungan Waktu Salat.....	25

BAB III	KONSEP <i>HIGHER PRECISION METHOD</i> PETER DUFFET SMITH	39
	A. <i>Higher Precision Method</i>	40
	1. Pengertian <i>Higher Precision Method</i>	40
	2. Konsep <i>Higher Precision Method</i> Peter Duffet Smith..	41
BAB IV	IMPLEMENTASI <i>HIGHER PRECISION METHOD</i> UNTUK PERHITUNGAN WAKTU SALAT DALAM BUKU <i>PRACTICAL ASTRONOMY WITH YOUR CALCULATOR OR SPREADSHEET</i>	54
	A. Implementasi <i>Higher Precision Method</i> untuk Perhitungan Waktu Salat	54
	B. Perbandingan Akurasi <i>Higher Precision Method</i> untuk Perhitungan Waktu Salat dengan <i>Ephemeris</i> Kemenag dan <i>Accurate Times</i>	71
BAB V	PENUTUP	77
	A. Kesimpulan	77
	B. Saran	78
	DAFTAR PUSTAKA	82
	LAMPIRAN	

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Menemukan Posisi Matahari (deklinasi) dengan metode perkiraan berdasarkan algoritma Peter Duffet Smith	4
Gambar 2. Menemukan Posisi Matahari (Deklinasi) dengan metode presisi yang lebih akurat atau tinggi berdasarkan algoritma Peter Duffet Smith	6
Gambar 3. Elips orbital	30
Gambar 4. Definisi orbit Matahari yang tampak	33



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil perbandingan <i>Higher Precision Method</i> dan <i>Ephemeris</i> Kemenag	73
Tabel 2. Hasil perbandingan <i>Higher Precision Method</i> dan <i>Accurate Times</i>	74



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Salat merupakan ibadah paling krusial dalam islam dan wajib dilaksanakan oleh setiap individu dan salat menjadi salah satu poin penting dalam rukun islam. ¹ Dalam melaksanakannya ditentukan dengan waktu-waktu yang telah ditetapkan Allah Swt. dalam al-Qur'an surat an Nisa [4] ayat 103 :

فَإِذَا قَضَيْتُمُ الصَّلَاةَ فَادْكُرُوا اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِكُمْ ۚ فَإِذَا اطْمَأْنَنْتُمْ فَأَقِيمُوا
الصَّلَاةَ ۚ إِنَّ الصَّلَاةَ كَانَتْ عَلَى الْمُؤْمِنِينَ كِتَابًا مَّوْقُوتًا ﴿١٠٣﴾

“Apabila kamu telah menyelesaikan salat, berzikirlah kepada Allah (mengingat dan menyebut-Nya), baik ketika kamu berdiri, duduk, maupun berbaring. Apabila kamu telah merasa aman, laksanakanlah salat itu (dengan sempurna). Sesungguhnya salat itu merupakan kewajiban yang waktunya telah ditentukan atas orang-orang mukmin.” (Q.S. an-Nisa ayat 103). ²

Maksud dari ayat di atas adalah selain Allah Swt. mewajibkan salat, dalam pelaksanaannya pun salat harus selaras dengan waktu-waktu yang telah ditetapkan. Karena ketepatan waktu salat merupakan syarat sahnya salat. Seperti yang diperintahkan Allah Swt. dalam al-Qur'an surat Hud [11] ayat 114 :

وَأَقِمِ الصَّلَاةَ طَرَفِي النَّهَارِ وَزُلْفًا مِّنَ اللَّيْلِ ۚ إِنَّ الْحَسَنَاتِ يُذْهِبْنَ السَّيِّئَاتِ ۚ ذَٰلِكَ ذِكْرِي
لِلذَّاكِرِينَ ﴿١١٤﴾

¹ Adi Damanhuri, “*Pengamatan dan Penelitian Awal Waktu Shubuh: Semua Bisa Melakukannya*”, (Sidoarjo : Nizamia Learning Center, 2020), 1.

² Kementerian Agama RI, “*Al- Qur'an Tajwid dan Terjemahan dilengkapi Asbabun Nuzul dan Hadist Sahih*”(Bogor : Sygma exagrafika : 2007), 95.

“Dan laksanakanlah salat pada kedua ujung siang (pagi dan petang) dan pada bagian permulaan malam.” (Q.S. Hud ayat 114).³

Allah Swt. dalam surat Hud [11] ayat 114 memerintahkan umat muslim untuk melaksanakan salat pada tiga waktu yaitu waktu pagi, petang, dan permulaan malam. Namun setelah Rasulullah Saw. melaksanakan perintah Isra' dan Mikraj', salat dilaksanakan menjadi lima waktu yang sekarang umat muslim laksanakan seperti biasanya yaitu Shubuh, Zuhur, Asar, Maghrib dan Isya'. Ketentuan salat lima waktu ini diatur dalam hadis-hadis Rasulullah Saw. antara lain :

حَدَّثَنَا هَنَادُ بْنُ السَّرِيِّ حَدَّثَنَا عَبْدُ الرَّحْمَنِ بْنُ أَبِي الزِّنَادِ عَنْ عَبْدِ الرَّحْمَنِ بْنِ الْحَارِثِ بْنِ عَيَّاشِ بْنِ أَبِي رَبِيعَةَ عَنْ حَكِيمِ بْنِ حَكِيمٍ وَهُوَ ابْنُ عَبَّادِ بْنِ حُنَيْفٍ أَخْبَرَنِي نَافِعُ بْنُ جُبَيْرِ بْنِ مُطْعِمٍ قَالَ أَخْبَرَنِي ابْنُ عَبَّاسَانَ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ أَمَّنِي جِبْرِيْلُ عَلَيْهِ السَّلَامُ عِنْدَ الْبَيْتِ مَرَّتَيْنِ فَصَلَّى الظُّهْرَ فِي الْأُولَى مِنْهُمَا حِينَ كَانَ الْفَيْءُ مِثْلَ الشَّرَاكِ ثُمَّ صَلَّى الْعَصْرَ حِينَ كَانَ كُلُّ شَيْءٍ مِثْلَ ظِلِّهِ ثُمَّ صَلَّى الْمَغْرِبَ حِينَ وَجَبَتْ الشَّمْسُ وَأَفْطَرَ الصَّائِمُ ثُمَّ صَلَّى الْعِشَاءَ حِينَ غَابَ الشَّفَقُ ثُمَّ صَلَّى الْفَجْرَ حِينَ بَرَقَ الْفَجْرُ وَحَرَّمَ الطَّعَامَ عَلَى الصَّائِمِ وَصَلَّى الْمَرَّةَ الثَّانِيَةَ الظُّهْرَ حِينَ كَانَ ظِلُّ كُلِّ شَيْءٍ مِثْلَهُ لَوْفَتِ الْعَصْرِ بِالْأَمْسِ ثُمَّ صَلَّى الْعَصْرَ حِينَ كَانَ ظِلُّ كُلِّ شَيْءٍ مِثْلَيْهِ ثُمَّ صَلَّى الْمَغْرِبَ لَوْفَتِهِ الْأُولَى ثُمَّ صَلَّى الْعِشَاءَ الْآخِرَةَ حِينَ ذَهَبَ ثُلُثُ اللَّيْلِ ثُمَّ صَلَّى الصُّبْحَ حِينَ أَسْفَرَتِ الْأَرْضُ ثُمَّ التَّمَّتْ إِلَيَّ جِبْرِيْلُ فَقَالَ يَا مُحَمَّدُ هَذَا وَقْتُ الْأَنْبِيَاءِ مِنْ قَبْلِكَ وَالْوَقْتُ فِيمَا بَيْنَ هَذَيْنِ الْوَقْتَيْنِ

“Telah menceritakan kepada kami Hannad bin As Sari berkata; telah menceritakan kepada kami Abdurrahman bin Abu Az Zinad dari Abdurrahman bin Al Harits bin Ayyasy bin Abu Rabi'ah dari Hakim bin Hakim -yaitu Ibnu Abbad bin Hunaif- berkata; telah mengabarkan kepadaku Nafi' bin Jubair bin Muth'im berkata; telah mengabarkan kepadaku Ibnu Abbas bahwa Nabi saw. bersabda, 'Jibril 'alaihissalam pernah mengimamiku di sisi Ka'bah dua kali. Pertama kali, ia salat Zuhur ketika bayang-bayang seperti tali sandal. Kemudian ia salat Asar ketika bayangan sesuatu seperti benda aslinya. Kemudian salat Magrib ketika matahari terbenam dan orang-orang yang berpuasa berbuka. Kemudian salat Isya ketika warna merah di langit hilang. Setelah itu ia salat Subuh ketika fajar terbit dan makanan menjadi haram bagi orang yang berpuasa. Pada kali kedua, ia salat Zuhur bayangan sesuatu sebagaimana aslinya, persis untuk waktu salat Asar kemarin. Lalu ia salat Asar ketika bayangan setiap sesuatu dua kali dari benda aslinya. Kemudian ia salat Magrib sebagaimana waktu yang lalu, lalu salat Isya yang akhir ketika telah berlalu sepertiga waktu malam. Kemudian salat Subuh ketika matahari telah

³ Kementerian Agama RI, “Al- Qur'an Tajwid... 234.

merekah menyinari bumi. Setelah itu Jibril menoleh ke arahku seraya berkata, ‘Wahai Muhammad, ini adalah waktu para nabi sebelummu, dan waktu salat adalah antara kedua waktu ini.’”(HR. At-Tirmidzi dan Abu Dawud)⁴

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi melahirkan banyak metode perhitungan waktu salat dari yang bersifat klasik hingga kontemporer. Bahkan tak sedikit ilmuwan-ilmuwan non muslim yang menulis buku-buku astronomi. Dari buku-buku astronomi tersebut bisa dimanfaatkan untuk menyelesaikan beberapa permasalahan dalam ilmu falak seperti perhitungan waktu salat. Salah satu buku yang dapat diimplementasikan untuk menghitung waktu salat adalah “*Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*” yang ditulis oleh Peter Duffet Smith dan Jonathan Zwart.

Peter Duffet Smith adalah Astronom sekaligus dosen ahli fisika di Cambridge University. Ia telah menulis buku-buku astronomi seperti *Easy Pc Astronomy*⁵, *Astronomy with Your Personal Computer*⁶, *Practical Astronomy With Your Calculator*⁷, dan yang terakhir yaitu *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*⁸. Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* inilah yang akan penulis kaji dalam penelitian.

Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* adalah karyanya yang berisi perhitungan-perhitungan Astronomi.

⁴ Imam Ibn Al-Atsir Al-Jazari, “*Jami’ Al-Ushul fi Ahadist Al-Rasul*”, (Kairo : Maktabah Al-Halwani), 1971, 30.

⁵ Peter Duffet-Smith, “*Easy Pc Astronomy*”, (London : Cambridge University Press, first edition 1996)

⁶ Peter Duffet-Smith, “*Astronomy With Your Personal Computer*” (London : Cambridge University Press 1997)

⁷ Peter Duffet-Smith, “*Practical Astronomy With Your Calculator*” (London: Cambridge University Press 2007)

⁸ Peter Duffet-Smith and Jonathan Zwart, “*Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*”(London: Cambridge University Press, Fourth Edition 2011)

Perhitungan-perhitungan tersebut dapat diimplementasikan dengan alat bantu kalkulator dan Bahasa pemrograman computer seperti Microsoft Office Excel. Data yang dihasilkan dimaksudkan untuk menemukan berbagai hal yang berhubungan dengan Astronomi, seperti Planet-planet di ruang angkasa, posisi Matahari dan Bulan, Gerhana hingga penanggalan.⁹ Rumus yang digunakan dalam buku ini adalah rumus matematika atau astronomi seperti aljabar yaitu pengurangan, penjumlahan, perkalian, pembagian, pangkat, akar kuadrat dan trigonometri seperti sinus, kosinus, tangen serta kebalikannya.

Peter menyebutkan dalam bukunya “*Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*” untuk menentukan posisi Matahari berarti harus mengetahui orbit dari pergerakan Matahari. Setelah itu, cari nilai Bujur Matahari. Dalam penentuan posisi Matahari, Peter menggunakan dua metode yaitu *Aproximate Method* (berdasarkan estimasi atau perkiraan) dan *Higher Percision Method* (berdasarkan perhitungan yang tinggi).

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

⁹ Muhammad Al-Farabi Putra, “Algoritma Peter Duffet Smith Dalam Hisab Awal Bulan Kamariah, (Tesis—UIN Walisongo, Semarang, 2019), 2.

Method	Example
1. Find the number of days since January 0.0 at the beginning of the year (§3).	27th July = 181 + 27 = 208
2. Add 365 days for every year since 2010 plus 1 extra day for every leap year (see Table 2). The result is D . (Note that we subtract the total in this case as 2003 is before 2010.)	- 2 557 D = -2 349 days
3. Calculate $N = \frac{360}{365.242191} D$; subtract (or add) multiples of 360 until N lies in the range 0 to 360.	N = 204.714 360 degrees
4. Find $M_{\odot} = N + \epsilon_g - \omega_g$ (Table 7). If the result is negative, add 360.	M_{\odot} = 201.159 131 degrees
5. Find $E_c = \frac{360}{\pi} e \sin M_{\odot}$ ($\pi = 3.141 592 7$ and e from Table 7).	E_c = -0.690 967 degrees
6. Find $\lambda_{\odot} = N + E_c + \epsilon_g$. If the result is more than 360, subtract 360. This is the Sun's geocentric ecliptic longitude.	λ_{\odot} = 123.580 601 degrees
7. Now convert to right ascension and declination (§27). Remember that $\beta_{\odot} = 0$.	α_{\odot} = 8h 23m 34s δ_{\odot} = 19° 21' 10''

Gambar 1. Mencari nilai Deklinasi dan Asensiorekta dengan *Aproximate Method*.¹⁰

Method	Example
1. Find the Julian date (§4).	JD = 2 447 369.5
2. Subtract 2 415 020.0 and divide by 36 525. The result is T .	T = 0.885 681 centuries
3. Find ϵ_g , ω_g and e using the formulas given in the previous section. Reduce to the range 0 to 360 by adding or subtracting multiples of 360.	ϵ_g = 124.895 390 degrees ω_g = 282.743 840 degrees e = 0.016 714
4. Find $M_{\odot} = \epsilon_g - \omega_g$. Add or subtract 360 to bring into the range 0 to 360. Multiply by $\frac{\pi}{180}$ to convert to radians.	M_{\odot} = 202.151 550 degrees M_{\odot} = 3.528 210 radians
5. Use Routine R2 to find the eccentric anomaly. Divide by $\frac{\pi}{180}$ to convert to degrees.	E = 3.522 004 radians E = 201.795 968 degrees
6. Find $\tan \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{E}{2}$.	$\tan \frac{v}{2}$ = -5.281 459
7. Take the inverse tan and multiply by 2 to find v . Add 360 if negative.	v = 201.443 110 degrees
8. Find $\lambda_{\odot} = v + \omega_g$. If the result is more than 360, subtract 360. This is the Sun's geocentric ecliptic longitude.	λ_{\odot} = 124.186 950 degrees
9. Now convert to right ascension and declination (§27). Remember that $\beta_{\odot} = 0$.	α_{\odot} = 8h 26m 4s δ_{\odot} = 19° 12' 43''

Gambar 2. Mencari nilai Deklinasi dan Asensiorekta dengan *higher precision method*.¹¹

Metode penentuan posisi Matahari dengan estimasi atau perkiraan

(*Aproximate Method*) didasarkan pada hasil perhitungan perputaran Bumi

¹⁰ Peter Duffet-Smith and Jonathan Zwart, "Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet,...h. 105.

¹¹ Peter Duffet-Smith and Jonathan Zwart, "Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet,...h. 109.

mengelilingi Matahari. *Higher precision method* yaitu penentuan posisi Matahari menggunakan perhitungan yang lebih tinggi sehingga lebih akurat .

Hal yang menarik dalam buku ini adalah perhitungannya yang cenderung sederhana tetapi cukup akurat. Di dalam bukunya terdapat cara memasukkan data perhitungan ke dalam Bahasa pemrograman computer yaitu Microsoft Office Ecel. Namun, buku ini tidak secara khusus menjelaskan langkah-langkah perhitungan waktu salat. Hanya sebatas menjelaskan posisi-posisi Matahari seperti menghitung waktu terbit serta tenggelam. Sehingga perlu adanya kajian lebih mendalam terkait penerapan perhitungannya dalam hisab waktu salat.

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian guna menganalisis lebih jauh terkait implementasi *higher precision method* untuk perhitungan waktu salat dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* kemudian membandingkan hasil perhitungannya dengan metode *Ephemeris* serta software *Accurate Times*. Penelitian tersebut penulis angkat dalam skripsi dengan judul “Implementasi *Higher Precision Method* Untuk Perhitungan Waktu Salat Dalam Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*”.

B. Identifikasi Masalah dan Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang penulis buat, penulis akan mengidentifikasi masalah dalam penulisan ini, yaitu:

1. Adanya buku astronomi yang belum diimplementasikan perhitungannya dalam kajian ilmu falak.
2. Implementasi buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* untuk menghitung waktu salat.
3. Implementasi *Aproxime Methode* dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* untuk menghitung waktu salat.
4. Implementasi *Higher Precision Methode* dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* untuk menghitung waktu salat.
5. Tingkat akurasi *Higher Precision Method* untuk perhitungan waktu salat dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* dibanding dengan *Ephemeris Kemenag* dan *Software Accurate Times*.

Sesuai dengan identifikasi masalah, penulis membatasi masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Implementasi *Higher Precision Method* dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* untuk menghitung waktu salat.
2. Tingkat akurasi *Higher Precision Method* untuk perhitungan waktu salat dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* dibandingkan dengan *Ephemeris Kemenag RI* dan *Accurate Times*.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diteliti oleh penulis yaitu:

1. Bagaimana implementasi *Higher Precision Method* dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* untuk menghitung waktu salat ?
2. Bagaimana tingkat akurasi *Higher Precision Method* untuk perhitungan waktu salat dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* dibandingkan dengan *Ephemeris Kemenag* dan *Accurate Times* ?

D. Kajian Pustaka

Kajian pustaka adalah langkah pertama dalam memulai penelitian ini sebagai pengumpulan informasi yang diperlukan. Pencarian ini digunakan untuk menghindari duplikat. Beberapa penelitian yang membahas tentang perhitungan awal waktu salat yang penulis ketahui, diantaranya :

1. Skripsi yang ditulis oleh Halimi Firdausy berjudul Uji Akurasi Perhitungan Awal Waktu Salat Dalam Digital Falak Led Karya Ahmad Tholhah Ma'ruf.¹²

Skripsi ini menyimpulkan bahwa dalam digital falak led karya Ahmad Tholhah Ma'ruf metode yang digunakan masih memakai sistem hisab urfi. Hal ini dikarenakan untuk pengambilan nilai Deklinasi dan nilai *equation of time* tidak dari bagan Astronomi. Namun Ahmad Tholhah Ma'ruf menyatakan bahwa data tersebut masih bisa digunakan

¹²Halimi Firdausy "Uji Akurasi Perhitungan Awal Waktu Salat Dalam Digital Falak Led Karya Ahmad Tholhah Ma'ruf", (Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2019), 112.

untuk menghitung awal waktu salat, karena setelahnya akan ditambahkan koreksi ihtiyat yakni selama 3 menit.

Skripsi yang ditulis oleh Halimi Firdausy dengan penelitian ini memiliki persamaan yakni tentang perhitungan waktu salat. Sedangkan perbedaannya skripsi Halimi Firdausy membahas digital led karya Ahmad Tholhah Ma'ruf untuk menghitung waktu salat kemudian hasilnya dibandingkan dengan metode *Ephemeris* Kemenag. Untuk penelitian ini membahas tentang perhitungan waktu salat dalam Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* karya Peter Duffet Smith yang kemudian hasil dari perhitungannya akan dibandingkan dengan metode *Ephemeris* Kemenag dan *Software Accurate times*.

2. Skripsi yang ditulis Fathan Zainur Rosyid berjudul Studi Analisis Hisab Awal Waktu Salat Dalam Kitab *Tibyan Al-Murid*.¹³

Skripsi ini menyimpulkan perhitungan waktu salat dalam kitab *Tibyan Al-Murid* menggunakan teori trigonometri sehingga hasilnya cukup akurat. Sedangkan data posisi Matahari tidak perlu menukil dari data lain karena sudah tersedia rumusnya.

Secara umum skripsi yang ditulis oleh Fathan Zainur Rosyid memiliki kesamaan dengan penelitian ini, yakni tentang perhitungan waktu salat. Sedangkan perbedaan skripsi oleh Fathan Zainur Rosyid dengan penelitian ini yaitu penelitian yang dilakukan oleh Fathan Zainur

¹³Fathan Zainur Rosyid “Studi Analisis Hisab Awal Waktu Salat Dalam Kitab *Tibyan Al-Murid*”, (Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2019), 110.

Rosyid membahas kitab *Tibyan Al-Murid* untuk menghitung waktu salat. Untuk penelitian ini membahas perhitungan waktu salat dalam Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* karya Peter Duffet Smith.

3. Skripsi yang ditulis oleh Maulidatun Nur Azizah berjudul Analisis Hisab Awal Waktu Salat Dalam Kitab Asy-Syahru.¹⁴

Dalam skripsi ini menyimpulkan bahwa perhitungan waktu salat dalam kitab Asy-Syahru menggunakan kaidah spherical trigonometri Rumus yang digunakan untuk mencari ketinggian matahari menggunakan kaidah trigonometri cosinus, sudut waktu matahari menggunakan kaidah trigonometri cotangent atau cotan sedangkan untuk mengetahui lama malam dan siang menggunakan kaidah cosinus dalam perhitungannya. Hasil perhitungan waktu salat dalam kitab Asy-Syahru dapat terbilang cukup akurat dikarenakan memiliki selisih nilai yang sedikit dengan metode *Ephemeris* milik Kementerian Agama Republik Indonesia.

Secara umum skripsi yang ditulis oleh Maulidatun Nur Azizah memiliki kesamaan dengan penelitian ini, yaitu tentang perhitungan waktu salat. Sedangkan perbedaan skripsi oleh Maulidatun Nur Azizah dengan penelitian ini yaitu penelitian yang dilakukan oleh Maulidatun Nur Azizah membahas perhitungan waktu salat dalam Kitab *Asy-Syahru*. Sedangkan untuk penelitian ini membahas perhitungan waktu salat dalam

¹⁴Maulidatun Nur Azizah, “Analisis Hisab Awal Waktu Salat Dalam Kita Asy-Syahru, (Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2018), 151.

Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* karya Peter Duffet Smith dan Jonathan Zwart.

4. Tesis yang ditulis oleh Muhammad Al-Farabi Putra berjudul *Algoritma Peter Duffet Smith Dalam Hisab Awal Bulan Kamariah*.¹⁵

Tesis ini menyimpulkan bahwa Peter tidak secara khusus menjelaskan tahap demi tahap menghitung awal bulan kamariah. Sehingga dalam menentukan kapan waktu terjadinya ijtimaq perlu menghitung selisih antara bujur Bulan dan Matahari, kemudian barulah bias diketahui waktu ijtimaq. Hasil penelitian ini memiliki selisih kecil dibanding dengan metode hisab awal bulan lainnya.

Secara umum tesis yang ditulis oleh Muhammad Al-Farabi Putra dengan penelitian ini memiliki persamaan yaitu sama – sama menggunakan Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* karya Peter Duffet Smith. Sedangkan perbedaan pada tesis ini yaitu terletak pada perhitungan awal bulan kamariah. Untuk penelitian ini membahas perhitungan waktu salat.

Selain penulisan di atas, penulis juga menggunakan literatur falak yang lain seperti buku dan penelitian – penelitian perhitungan waktu salat yang pernah diteliti. Sejauh ini penulis belum menemukan penelitian secara khusus terkait dengan detail pembahasan tentang perhitungan waktu salat dalam Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or*

¹⁵Muhammad Al-Farabi Putra, “Algoritma Peter Duffet Smith Dalam Hisab Awal Bulan Kamariah, (Tesis—UIN Walisongo, Semarang, 2019), 184.

Spreadsheet karya Peter Duffet Smith dan Jonathan Zwart. Tulisan yang penulis ketahui hanya membahas mengenai perhitungan waktu salat yang mengacu dalam buku atau kitab yang berbeda dengan penulis angkat. Dengan dasar inilah sehingga penulis menilai bahwa penelitian ini patut untuk diteliti.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui *higher precision method* untuk perhitungan waktu salat dalam Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* karya Peter Duffet Smith dan Jonathan Zwart.
2. Mengetahui hasil akurasi *higher precision method* untuk perhitungan waktu salat dalam Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* dibanding dengan Ephemeris Kemenag dan *Accurate times*.

F. Kegunaan Hasil Penelitian

Dari tujuan yang sudah dijelaskan diatas, harapan peneliti terbagi menjadi kedua aspek, yaitu terbagi menjadi dua aspek, aspek teoritis dan aspek praktis.

1. Aspek teoritis

Hasil penelitian ini, penulis berharap penelitian ini dapat menambah khazanah pengetahuan pembaca terkait perhitungan waktu salat sehingga dapat dijadikan dasar peneliti untuk melakukan penelitian selanjutnya.

2. Aspek praktis

Hasil penelitian ini diharapkan kepada masyarakat khususnya pegiat falak agar dapat mengimplementasikan *higher precision method* dalam Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* sebagai salah satu rujukan dalam menghitung waktu salat.

G. Definisi Operasional

Sebelum melanjutkan pembahasan, penulis menjelaskan judul penelitian dari masalah yang diangkat penulis. Hal ini dimaksudkan agar penelitian ini lebih mudah dipahami dan tidak terjadi kesalahpahaman. Judul yang dibahas oleh penulis adalah implementasi *higher precision method* untuk perhitungan waktu salat dalam Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*. Istilah berikut digunakan dalam judul:

1. Perhitungan Waktu Salat

Waktu salat menurut hadis-hadis Rasulullah Saw. dari awal hingga akhir telah ditentukan waktunya. Waktu pelaksanaannya ditentukan dengan posisi atau kedudukan matahari setiap harinya. Dalam perhitungan waktu salat data-data yang diperlukan adalah lintang tempat, bujur tempat, Deklinasi Matahari, tinggi Matahari atau jarak zenith, serta sudut waktu. Sedangkan yang dibahas dalam penelitian ini adalah data-data perhitungan waktu salat dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*.

2. Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*

Buku ini adalah buku astronomi karya Peter Duffett Smith, seorang astronom¹⁶ sekaligus dosen di Universitas Cambridge. Buku ini membahas tentang waktu, sistem koordinat, posisi-posisi Matahari, Bumi, Bulan dan planet-planet lainnya yang disertai dengan langkah-langkah perhitungan. Buku ini adalah buku edisi ke empat yang diterbitkan pada tahun 2011 dan telah disempurnakan serta dilengkapi dari buku-buku sebelumnya.

3. *Higher Precision Method*

Higher precision method atau metode prediksi yang tinggi adalah salah satu metode dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* karya Peter Duffett Smith dan Jonathan Zwart. *Higher precision method* adalah metode penentuan posisi Matahari dengan menggunakan beberapa koreksi yang lebih banyak. Sehingga metode ini menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dan akurat.

4. Akurasi

Akurasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah kecermatan, ketelitian, ketepatan. Akurasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah ketepatan perhitungan waktu salat dengan metode *Ephemeris* dan *software Accurate Times*. Sehingga hasil perhitungan yang dihasilkan oleh *Higher Precision Method* memiliki ketepatan atau

¹⁶ <https://www.phy.cam.ac.uk/directory/duffettsmithp> diakses pada 23 Januari 2022 pukul 8:44

ketelitian yang hampir mendekati dengan metode *Ephemeris* dan *software Accurate Times*.

H. Metode Penelitian

1. Jenis penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi pustaka (*Bibliography Research*) dan perbandingan yaitu penelitian yang mengambil sumber data dengan menelaah dan melakukan kajian-kajian terhadap literatur-literatur yang terkait dengan penelitian kemudian membandingkan dengan metode *Ephemeris* Kementerian Agama Republik Indonesia dan *Software Accurate Times* Karya Muhammad Odeh.

2. Data yang dikumpulkan

Data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yakni :

a. Data primer

Data primer yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data Deklinasi, data *Equation of Time* serta data-data lain terkait dengan posisi Matahari untuk menghitung waktu salat dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* dan buku Ilmu Falak Dasar-dasar Hisab Praktis karya Akh. Mukarram.

b. Data sekunder

Data sekunder yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data hasil perhitungan metode *Ephemeris* Kementerian Agama

Republik Indonesia 2022 dan software *Accurate Times* karya Muhammad Odeh.

3. Sumber data

Sumber data yang digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini yakni :

a. Sumber utama

Sumber utama yang penulis jadikan rujukan diperoleh secara langsung dari Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* karya Peter Duffet Smith dan buku Ilmu Falak Dasar-dasar Hisab Praktis karya Akh. Mukarram.

b. Sumber pendukung

Sumber pendukung yang penulis gunakan sebagai rujukan diperoleh dari PDF *Ephemeris* Kementerian Agama Republik Indonesia 2022, software *Accurate Times* karya Muhammad Odeh.

4. Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dokumentasi yaitu mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam menghitung waktu salat dari sumber data primer maupun sekunder yaitu Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*, buku Ilmu Falak Dasar-dasar Hisab Praktis karya Akh. Mukarram, PDF *Ephemeris* Kementerian Agama Republik Indonesia 2022 serta *Software Accurate Times*.

5. Metode analisis data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif komparatif yaitu mendeskripsikan *higher precision method* dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* yang kemudian diimplementasikan ke dalam perhitungan waktu salat. Kemudian membandingkan tingkat akurasi dengan hasil perhitungan metode *Ephemeris* Kementerian Agama Republik Indonesia dan *Software Accurate Times*.

I. Sistematika Pembahasan

Penulisan skripsi ini dapat dibagi menjadi lima bab, masing – masing bab memiliki sub-bab pembahasan.

Bab satu berisi pendahuluan. Dalam pendahuluan terdapat latar belakang, identifikasi masalah dan batasan masalah, rumusan masalah, kajian pustaka, tujuan penelitian, kegunaan hasil penelitian, definisi operasional, metode penelitian, dan sistematika pembahasan.

Bab dua berisi teori awal waktu salat yang terdiri dari pengertian awal waktu salat, dasar hukum awal waktu salat, dan data-data perhitungan waktu salat.

Bab tiga berisi tentang konsep *higher precision method* dalam Buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*.

Bab empat berisi tentang pembahasan yang menjawab rumusan masalah, meliputi: analisis implementasi dan perbandingan *higher precision method* untuk perhitungan waktu salat dalam Buku *Practical Astronomy*

With Your Calculator or Spreadsheet dengan *Ephemeris* Kementerian Agama Republik Indonesia 2022 dan *Software Accurate Times*.

Bab lima berisi tentang penutup yang terdiri dari kesimpulan dan saran terkait hasil penulisan.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

TEORI WAKTU SALAT

A. Pengertian Waktu Salat

Salat menurut bahasa (*lughat*) berasal dari kata *shala, yashilu, shalatan*, yang mempunyai arti do'a.¹ Sebagaimana yang terdapat dalam al-Qur'an surat at-Taubah [9] ayat 103 :

خُذْ مِنْ أَمْوَالِهِمْ صَدَقَةً تُطَهِّرُهُمْ وَتُزَكِّيهِمْ بِهَا وَصَلِّ عَلَيْهِمْ إِنَّ صَلَاتَكَ سَكَنٌ لَهُمْ وَاللَّهُ سَمِيعٌ عَلِيمٌ ﴿١٠٣﴾

“Ambillah zakat dari harta mereka, guna membersihkan dan menyucikan mereka, dan berdo'alah kepada mereka. Sesungguhnya do'a mu itu (menumbuhkan) ketenteraman jiwa bagi mereka. Allah Maha Mendengar, Maha Mengetahui.” (Q.S. at-Taubah ayat 103).²

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, salat merupakan rukun islam yang kedua, yaitu beribadah kepada Allah Swt. yang wajib dilakukan oleh setiap muslim dengan syarat, rukun, dan bacaan tertentu dimulai dengan takbir dan diakhiri dengan salam.³ Istilah salat adalah ibadah yang meliputi perkataan dan perbuatan yang diawali dengan takbiratul ihram dan diakhiri dengan salam, dengan syarat-syarat tertentu.⁴

¹ KEMENAG RI, *Ilmu Falak Praktik*, (Jakarta: Sub Direktorat Pembinaan Syariah Dan Hisab Rukyat Direktorat Urusan Agama Islam & Pembinaan Syariah Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama Republik Indonesia, 2002), 79.

² Kementerian Agama RI, “Al- Qur'an Tajwid dan Terjemahan dilengkapi *Asbabun Nuzul* dan Hadist Sahih” (Bogor : Sygma exagrafika : 2007), 203.

³ Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, (Jakarta : Gramedia Pustaka Utama, 2008), 1208.

⁴ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, (Semarang : Pustaka Rizki Putra, 2002), 77.

Salat merupakan ibadah yang penting dan wajib bagi setiap muslim. Dalam pelaksanaannya, salat telah ditentukan waktu-waktunya oleh Allah Swt. Ketentuan waktu-waktu salat diatur dalam al-Qur'an dan hadis. Para ulama telah menghasilkan ijtihad dari menerjemahkan ayat-ayat al-Qur'an dan hadis terkait awal dan akhir waktu salat. Sehingga waktu salat merupakan hal yang krusial karena menjadi syarat sahnya salat seorang muslim.

B. Dasar Hukum Waktu Salat

Salat merupakan ibadah setiap muslim yang dalam pelaksanaannya tidak dapat dilakukan secara asal-asalan. Artinya pelaksanaan salat harus memperhatikan waktu-waktu tertentu yang telah ditunjukkan oleh Allah SWT. dalam al-Qur'an dan hadis serta ijtihad para ulama. Faktanya, istilah awal dan akhir waktu salat merupakan hasil dari ijtihad para ulama dalam menerjemahkan ayat-ayat al-Qur'an dan hadis terkait waktu salat. Adapun dasar hukum waktu salat dalam al-Qur'an dan hadis adalah sebagai berikut :

1. Dasar hukum waktu salat dalam al-Qur'an

فَإِذَا قَضَيْتُمُ الصَّلَاةَ فَادْكُرُوا اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِكُمْ ۚ فَإِذَا اطْمَأْنَنْتُمْ

فَأَقِيمُوا الصَّلَاةَ ۚ إِنَّ الصَّلَاةَ كَانَتْ عَلَىٰ الْمُؤْمِنِينَ كِتَابًا مَّوْقُوتًا ﴿١٠٣﴾

“Maka apabila kamu telah menyelesaikan salat(mu), ingatlah Allah di waktu berdiri, di waktu duduk dan di waktu berbaring. Kemudian apabila kamu telah merasa aman, maka dirikanlah salat itu (sebagaimana biasanya). Sesungguhnya salat itu adalah fardhu yang ditentukan waktunya atas orang-orang yang beriman.” (Q.S. an Nisa ayat 103).⁵

⁵ Kementerian Agama RI, “*Al- Qur'an Tajwid dan Terjemahan dilengkapi Asbabun Nuzul dan Hadist Sahih*” (Bogor : Sygma exagrafika : 2007), 95.

وَأَقِمِ الصَّلَاةَ طَرَفِي النَّهَارِ وَزُلْفَا مِنْ اللَّيْلِ إِنَّ الْحَسَنَاتِ يُذْهِبْنَ السَّيِّئَاتِ ذَلِكَ ذِكْرٌ لِلذَّاكِرِينَ ﴿١١٤﴾

“Dan laksanakanlah salat pada kedua ujung siang (pagi dan petang) dan pada bagian permulaan malam. Perbuatan-perbuatan baik itu menghapus kesalahan-kesalahan. Itulah peringatan bagi orang-orang yang selalu mengingat Allah.” (Q.S. Hud ayat 114).⁶

أَقِمِ الصَّلَاةَ لِدُلُوكِ الشَّمْسِ إِلَى غَسَقِ اللَّيْلِ وَقُرْآنَ الْفَجْرِ إِنَّ قُرْآنَ الْفَجْرِ كَانَ مَشْهُودًا ﴿٧٨﴾

“Dirikanlah salat dari sesudah matahari tergelincir sampai gelap malam dan (dirikanlah pula salat) subuh. Sesungguhnya salat subuh itu disaksikan (oleh malaikat).” (Q.S. al-Isra ayat 78).⁷

فَاصْبِرْ عَلَىٰ مَا يَقُولُونَ وَسَبِّحْ بِحَمْدِ رَبِّكَ قَبْلَ طُلُوعِ الشَّمْسِ وَقَبْلَ غُرُوبِهَا وَمِنْ آنَايِ اللَّيْلِ فَسَبِّحْ وَأَطْرَافَ النَّهَارِ لَعَلَّكَ تَرْضَىٰ ﴿١٣٠﴾

“Maka bersabarlah kamu atas apa yang mereka katakana, dan bertasbihlah dengan memuji Tuhanmu, sebelum terbit Matahari dan sebelum terbenamnya dan bertasbih pulalah pada waktu-waktu di malam hari dan pada waktu-waktu siang hari, supaya kamu merasa senang. (Q.S. at-Thaha ayat 130).⁸

Secara Bahasa, kata **وَسَبِّحْ** memiliki arti maka bertasbihlah. Yang berarti menyucikan Allah. Namun, para ahli tafsir mengartikan bahwa kata **وَسَبِّحْ** memiliki makna salat. Oleh karena itu, maksud dari ayat di atas adalah salatlah sebelum terbit Matahari yaitu salah shubuh, sebelum

⁶ Ibid. 234

⁷ Ibid. 290

⁸ Kementerian Agama RI, “Al- Qur’an Tajwid...321.

terbenamnya Matahari yaitu salat asar, pada waktu-waktu malam hari yaitu salat maghrib dan isya, kemudian salatlah pada siang hari yaitu salat dzuhur.

Ayat-ayat di atas merupakan beberapa ayat dalam al-Qur'an yang menyebutkan bahwa salat memiliki batas-batas waktu tertentu dan tidak bisa dilakukan dengan sembarang waktu. Jika ditelaah secara tekstual dari beberapa ayat di atas maka waktu-waktu salat hanya ada pada setelah Matahari tergelincir, pada saat malam dan fajar (pagi). Oleh sebab itu diperlukanlah petunjuk lainnya seperti dalam hadis Rasulullah yang membahas terkait waktu salat.

2. Dasar hukum waktu salat dalam hadis

و حَدَّثَنِي عَنْ مَالِكٍ عَنْ نَافِعٍ مَوْلَى عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عُمَرَ أَنَّ عُمَرَ بْنَ الْخَطَّابِ كَتَبَ إِلَى عُمَالِهِ إِنَّ أَمْرَكُمْ عِنْدِي الصَّلَاةُ فَمَنْ حَفِظَهَا وَحَافَظَ عَلَيْهَا حَفِظَ دِينَهُ وَمَنْ ضَيَّعَهَا فَهُوَ لِمَا سِوَاهَا أَضْيَعُ ثُمَّ كَتَبَ أَنْ صَلُّوا الظُّهْرَ إِذَا كَانَ الْفَيْءُ ذِرَاعًا إِلَى أَنْ يَكُونَ ظِلُّ أَحَدِكُمْ مِثْلَهُ وَالْعَصْرَ وَالشَّمْسُ مُرْتَفَعَةً بَيَضَاءَ نَقِيَّةٍ قَدَرِ مَا يَسِيرُ الرَّكِبُ فَرَسَحَيْنِ أَوْ ثَلَاثَةَ قَبْلِ غُرُوبِ الشَّمْسِ وَالْمَغْرِبَ إِذَا غَرَبَتِ الشَّمْسُ وَالْعِشَاءَ إِذَا غَابَ الشَّفَقُ إِلَى ثُلُثِ اللَّيْلِ فَمَنْ نَامَ فَلَا نَامَتْ عَيْنُهُ فَمَنْ نَامَ فَلَا نَامَتْ عَيْنُهُ فَمَنْ نَامَ فَلَا نَامَتْ عَيْنُهُ وَالصُّبْحَ وَالنُّجُومَ بَادِيَةً مُشْتَبِكًا

“Telah menceritakan kepadaku dari Malik dari Nafi’ mantan budak Abdullah bin Umar ra, bahwa Umar bin Al Khattab pernah menulis surat kepada para pegawainya, “Menurutku, urusan kalian yang paling penting adalah salat. Barang siapa menjaga dan memeliharanya, berarti ia telah menjaga agamanya. Sebaliknya, barang siapa menyia-nyiakannya, ia akan lebih menyia-nyiakannya amalan yang lain” . Selanjutnya, ia menulis, “Lakukanlah salat Dzuhur ketika bayangan sepanjang hasta sampai bayangan seorang di Antara kalian sama dengan tinggi badannya. Lakukanlah salat Asar pada saat Matahari tinggi dan memancarkan cahaya putih berseri. Lamanya seukuran orang yang mengendarai (unta) sejauh dua atau tiga farsakh (jarak ± 8 km atau 3,5 mil) sebelum Matahari terbenam. Lakukanlah salat Maghrib ketika Matahari telah terbenam. Lakukanlah salat Isya’ ketika mega merah di ufuk barat telah hilang hingga

sepertiga malam. Oleh karena itu, barang siapa tidur-tiduran, hendaklah matanya tidak terpejam, barang siapa tidur-tiduran, hendaklah matanya tidak terpejam, barang siapa tidur-tiduran, hendaklah matanya tidak terpejam. Lakukanlah salat shubuh ketika masih tampak dan bertaburan.” (HR Malik)⁹

عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عَمْرٍو رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا; أَنَّ نَبِيَّ اللَّهِ - صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ - قَالَ: { وَوَقْتُ الظُّهْرِ إِذَا زَالَتْ الشَّمْسُ، وَكَانَ ظِلُّ الرَّجُلِ كَطُولِهِ مَا لَمْ يَخْضُرِ الْعَصْرُ، وَوَقْتُ الْعَصْرِ مَا لَمْ تَصْفَرَ الشَّمْسُ وَوَقْتُ صَلَاةِ الْمَغْرِبِ مَا لَمْ يَغِبِ الشَّفَقُ، وَوَقْتُ صَلَاةِ الْعِشَاءِ إِلَى نِصْفِ اللَّيْلِ الْأَوْسَطِ، وَوَقْتُ صَلَاةِ الصُّبْحِ مِنْ طُلُوعِ الْفَجْرِ مَا لَمْ تَطْلُعِ الشَّمْسُ

“Diceritakan oleh Abdullah bin Amr (RA) Nabi Muhammad Saw. berkata : “Waktu salat dzuhur adalah ketika Matahari melewati meridian dan bayangan seorang pria sama panjangnya dengan tingginya. Itu berlangsung sampai waktu salat asar. Waktu salat asar adalah selama Matahari belum menguning (saat terbenamnya), waktu salat maghrib adalah selama belum terbenamnya senja, waktu siya’ sampai tengah malam. Dan waktu salat shubuh adalah sejak terbitnya fajar selama Matahari belum terbit.” (HR. Muslim)¹⁰

حَدَّثَنَا هَنَادُ بْنُ السَّرِيِّ حَدَّثَنَا عَبْدُ الرَّحْمَنِ بْنُ أَبِي الرِّئَادِ عَنْ عَبْدِ الرَّحْمَنِ بْنِ الْحَارِثِ بْنِ عِيَّاشِ بْنِ أَبِي رَيْبَعَةَ عَنْ حَكِيمِ بْنِ حَكِيمٍ وَهُوَ ابْنُ عَبَّادِ بْنِ حُنَيْفٍ أَحْبَبْنِي نَافِعُ بْنُ جُبَيْرِ بْنِ مُطْعِمٍ قَالَ أَحْبَبْنِي ابْنُ عَبَّاسَانَ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ أَمَنِي جَبْرِيلُ عَلَيْهِ السَّلَامُ عِنْدَ الْبَيْتِ مَرَّتَيْنِ فَصَلَّى الظُّهْرَ فِي الْأُولَى مِنْهُمَا حِينَ كَانَ الْفَيْءُ مِثْلَ الشَّرَاكِ ثُمَّ صَلَّى الْعَصْرَ حِينَ كَانَ كُلُّ شَيْءٍ مِثْلَ ظِلِّهِ ثُمَّ صَلَّى الْمَغْرِبَ حِينَ وَجَبَتْ الشَّمْسُ وَأَفْطَرَ الصَّائِمُ ثُمَّ صَلَّى الْعِشَاءَ حِينَ غَابَ الشَّفَقُ ثُمَّ صَلَّى الْفَجْرَ حِينَ بَرَقَ الْفَجْرُ وَحَرَّمَ الطَّعَامَ عَلَى الصَّائِمِ وَصَلَّى الْمَرَّةَ الثَّانِيَةَ الظُّهْرَ حِينَ كَانَ ظِلُّ كُلِّ شَيْءٍ مِثْلَهُ لَوْقْتُ الْعَصْرِ بِالْأَمْسِ ثُمَّ صَلَّى الْعَصْرَ حِينَ كَانَ ظِلُّ كُلِّ شَيْءٍ مِثْلِيهِ ثُمَّ صَلَّى الْمَغْرِبَ لَوْقْتِهِ الْأَوَّلِ ثُمَّ صَلَّى الْعِشَاءَ الْآخِرَةَ حِينَ ذَهَبَ ثُلُثُ اللَّيْلِ ثُمَّ صَلَّى الصُّبْحَ حِينَ أَسْفَرَتِ الْأَرْضُ ثُمَّ التَّقَتْ إِلَيَّ جَبْرِيلُ فَقَالَ يَا مُحَمَّدُ هَذَا وَقْتُ الْأَنْبِيَاءِ مِنْ قَبْلِكَ وَالْوَقْتُ فِيمَا بَيْنَ هَذَيْنِ الْوَقْتَيْنِ

“Telah menceritakan kepada kami Hannad bin As Sari berkata; telah menceritakan kepada kami Abdurrahman bin Abu Az Zinad dari

⁹ Imam Ibn Al-Atsir Al-Jazari, “*Jami’ Al-Ushul fi Ahadist Al-Rasul*”, (Kairo : Maktabah Al-Halwani), 1971, 37.

¹⁰Imam Ibn Hajar, “*Bulugh Al-Maram Min Adilat Al-Ahkam*”, (Lebanon : Dar El Aker), 1971, 39.

Abdurrahman bin Al Harits bin Ayyasy bin Abu Rabi'ah dari Hakim bin Hakim -yaitu Ibnu Abbad bin Hunaif- berkata; telah mengabarkan kepadaku Nafi' bin Jubair bin Muth'im berkata; telah mengabarkan kepadaku Ibnu Abbas bahwa Nabi saw. bersabda, 'Jibril 'alaihissalam pernah mengimamiku di sisi Ka'bah dua kali. Pertama kali, ia salat Zuhur ketika bayang-bayang seperti tali sandal. Kemudian ia salat Asar ketika bayangan sesuatu seperti benda aslinya. Kemudian salat Magrib ketika matahari terbenam dan orang-orang yang berpuasa berbuka. Kemudian salat Isya ketika warna merah di langit hilang. Setelah itu ia salat Subuh ketika fajar terbit dan makanan menjadi haram bagi orang yang berpuasa. Pada kali kedua, ia salat Zuhur bayangan sesuatu sebagaimana aslinya, persis untuk waktu salat Asar kemarin. Lalu ia salat Asar ketika bayangan setiap sesuatu dua kali dari benda aslinya. Kemudian ia salat Magrib sebagaimana waktu yang lalu, lalu salat Isya yang akhir ketika telah berlalu sepertiga waktu malam. Kemudian salat Subuh ketika matahari telah merekah menyinari bumi. Setelah itu Jibril menoleh ke arahku seraya berkata, 'Wahai Muhammad, ini adalah waktu para nabi sebelumnya, dan waktu salat adalah antara kedua waktu ini.'" (HR Tirmizi)¹¹

Hadis di atas menjelaskan bahwa waktu salat yaitu awal dan akhir waktu salat ditentukan berdasarkan dengan pergerakan Matahari yaitu waktu salat zuhur ketika bayangan sesuatu sebagaimana aslinya, waktu salat asar yaitu dua kali bayangan ketika salat zuhur, waktu salat maghrib yaitu ketika Matahari terbenam, waktu salat isya' yaitu ketika mega merah di langit hilang dan waktu salat shubuh yaitu ketika fajar terbit. Pergerakan Matahari dari terbit hingga terbenam menjadi sumber patokan dalam menentukan waktu salat. Meskipun demikian, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membuat manusia tidak perlu mengamati pergerakan Matahari setiap hari untuk menentukan waktu salat.

¹¹ Imam Ibn Al-Atsir Al-Jazari, "*Jami' Al-Ushul fi Ahadist Al-Rasul*", (Kairo : Maktabah Al-Halwani), 1971, 30.

C. Data Perhitungan Waktu Salat

Secara umum, data yang dibutuhkan dalam perhitungan waktu salat adalah data tempat untuk mengetahui waktu salat dan data posisi Matahari.

Data-data tersebut antara lain :

1. Meridian pass

Meridian Pass (MP) adalah waktu ketika Matahari berada dipuncaknya.

Untuk mendapatkan data ketika Matahari berada dipuncaknya yaitu dengan cara mengurangi waktu hakiki (waktu Matahari) dengan perata waktu (*Equation of Time*). Sehingga rumus MP yaitu : $MP = 12 - e$.¹²

3. Lintang dan bujur tempat

Untuk mengetahui data lintang dan bujur tempat dapat diperoleh dari buku-buku yang menyediakan data tersebut seperti dalam buku ilmu falak serta aplikasi smartphone atau software computer. Jika tidak mendapatkan, maka bisa menggunakan lintang dan bujur dengan kota terdekat atau melakukan perhitungan interpolasi, yaitu menetapkan nilai lintang dan bujur tempat yang akan dicari diantara dua nilai lintang dan bujur kota terdekat yang sudah terdaftar.¹³

4. Deklinasi

Deklinasi adalah jarak titik pusat benda langit sepanjang lingkaran deklinasi sampai ke ekuator.¹⁴ Titik terbit dan terbenam Matahari tidak

¹² Rahmat Hidayat, *Rukyat Hisab Waktu Salat*, (Medan : Radwa Publising), 2021, 120.

¹³ Akh Mukarram, *Ilmu Falak Dasar-dasar Hisab Praktis*, (Sidoarjo : Grafika Media), 2011, 24.

¹⁴ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak : dalam Teori dan Praktik* (Yogyakarta, Buana PUSTAKA), 65.

tetap disetiap harinya. Sehingga diperlukanlah nilai Deklinasi untuk menghitung waktu salat.

5. Ketinggian Matahari (h)

Ketinggian Matahari adalah jarak disepanjang lingkaran vertical mulai dari ufuk (horizon) sampai ke titik pusat Matahari.¹⁵ Rumus ketinggian Matahari pada saat salat Zuhur adalah :

$$h = 90^\circ - [\text{lintang tempat} - \text{deklinasi}]$$

$$\text{salat Asar} : h = \tan [\text{lintang tempat} - \text{deklinasi}] + 1$$

untuk nilai zm (lintang tempat – deklinasi) adalah mutlak artinya jika hasil perhitungannya adalah negatif maka negatifnya dibuang atau dihapus.

$$\text{Salat Maghrib} : h = 0^\circ - \text{Ref} - \text{SD} - D'^{16}$$

$$\text{Salat Isya}' : h = 0^\circ - 18^\circ - D'$$

$$\text{Salat Shubuh} : h = 0^\circ - 20^\circ - D'$$

Dapat disimpulkan bahwa tinggi Matahari (h) atau jarak zenith (z) matahari pada awal waktu salat adalah :

$$h \text{ Zuhur} = h = 90^\circ - [\text{lintang tempat} - \text{deklinasi}]$$

$$h \text{ Asar} = \tan [\text{lintang tempat} - \text{deklinasi}] + 1$$

$$h \text{ Maghrib} = -1^\circ \text{ atau } z \text{ maghrib} = 91^\circ$$

$$h \text{ Isya}' = -18^\circ \text{ atau } z \text{ Isya}' = 108^\circ$$

$$h \text{ Shubuh} = -20^\circ \text{ atau } z \text{ Shubuh} = 110^\circ^{17}$$

¹⁵ Abd Salam, *Ilmu Falak Praktis : Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriyah*, (Buku Perkuliahan Program S-1), 95.

¹⁶ Abd Salam, *Ilmu Falak Praktis : Waktu Salat...*, 97.

¹⁷ Akh Mukarram, *Ilmu Falak Dasar-dasar...*, 68.

6. Sudut waktu Matahari (t)

Sudut waktu adalah sudut yang dibentuk oleh setiap lingkaran waktu (deklinasi) dan lingkaran meridian. Sedangkan sudut waktu Matahari adalah jarak Matahari dari titik kulminasi diukur sepanjang lintasan harian¹⁸. Sudut waktu Matahari digunakan ketika Matahari masih berada di Timur seperti untuk waktu salat Asar, Maghrib, Isya', Shubuh, Dhuha dan Idul Fitri. Sedangkan untuk waktu salat Zuhur sudut waktunya tidak perlu dihitung, karena awal waktu salat Zuhur dimulai beberapa saat setelah Matahari mencapai titik kulminasi.¹⁹ Rumus sudut waktu Matahari yaitu:

$$\cos t = -\tan \varphi \times \tan \delta + \sec \varphi \times \sec \delta \times \sin h$$

7. Perata waktu (*Equation of Time*)

Perata waktu (*Equation of Time*) adalah selisih antara true noon (waktu tengah hari yang hakiki) dengan mean noon (waktu tengah hari rata-rata).²⁰ Jika true noon lebih awal dari mean noon, maka EoT bernilai positif.

Jika true noon terjadi setelah mean noon, EoT bernilai negatif.

Untuk menentukan nilai *Equation of Time* dan deklinasi Matahari menggunakan jam yang semestinya. Contohnya jika Zuhur kurang lebih pukul 12.00 WIB maka yang digunakan adalah data pada pukul 05.00 GMT. Asar pada pukul 15.00 WIB menggunakan data pukul 08.00 GMT.

¹⁸ Rizal Mubit, "Formulasi Waktu Salat Perspektif Fikih dan Sains", *Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-ilmu yang Berkaitan*, Vol. 3. No. 2 (Desember 2017), 43.

¹⁹ Akh Mukarram, *Ilmu Falak Dasar-dasar...*, 37.

²⁰ Misbah Khusurur, "Mengenal *Equation of Time*, Mean Time, Universal Time/Greenwich Mean Time Untuk Kepentingan Ibadah", *Jurnal Pemikiran Hukum dan Hukum Islam*, Vol. 5. no 1. (Juni 2014), 127.

Maghrib pada pukul 18.00 WIB maka menggunakan data pukul 11.00 GMT. Isya' pada pukul 19.00 WIB menggunakan data pukul 12.00 GMT dan Shubuh pukul 04.00 WIB menggunakan data pada pukul 21.00 GMT (data tanggal sebelumnya).

8. Koreksi Waktu Daerah (KWD)

KWD adalah koreksi Waktu Daerah untuk memindahkan atau mengkonversi waktu istiwa' (waktu Matahari hakiki tiap kulminasi selalu tetap pukul 12.00) ke waktu local setempat.

Rumus untuk KWD = (Bujur daerah – Bujur tempat) : 15

Indonesia memiliki 3 bujur daerah yakni, 105° untuk Waktu Indonesia Barat (WIB), 120° untuk Waktu Indonesia Tengah (WITA), dan 135° untuk Waktu Indonesia Timur (WIT).

9. Waktu Ihtiyat

Waktu ihtiyat adalah sejumlah waktu yang ditambahkan atau dikurangkan dengan tujuan hati-hati agar waktu salat yang dihitung tidak mendahului atau bahkan mengakhiri waktu salat yang sebenarnya. Para ulama menyepakati bahwa waktu ihtiyat adalah 1 sampai 2 menit. Dengan koreksi waktu ihtiyat 2 menit saja maka perhitungan waktu salat dari tumpuan titik lintang bisa digunakan sampai ke wilayah kurang lebih 55 km.

Dari data-data yang disebutkan di atas maka didapatkan rumus awal waktu salat yaitu :

$$a. \text{ Waktu salat Zuhur} = MP + KWD + I$$

$$b. \text{ Waktu salat Asar} = MP + t \div 15 + kwd + i$$

- c. Waktu salat Maghrib = $MP + t \div 15 + kwd + i$
- d. Waktu salat Isya' = $MP + t \div 15 + kwd + i$
- e. Waktu salat Shubuh = $MP + t \div 15 + kwd + i$



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB III

KONSEP *HIGHER PRECISION METHOD* PETER DUFFET SMITH

A. Konsep Higher Precision Method Petter Duffet Smith

Menentukan posisi Matahari dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* karya Petter Duffet Smith dan Jonathan Zwart terdapat dua metode yakni metode penentuan posisi Matahari dengan estimasi atau perkiraan (*Aproximate Method*) dan metode presisi yang lebih tinggi (*Higher Precision Method*). Metode estimasi atau perkiraan (*Aproximate Method*) didasarkan pada hasil perhitungan perputaran Bumi mengelilingi Matahari. *Higher precision method* yaitu penentuan posisi Matahari menggunakan perhitungan yang lebih tinggi sehingga lebih akurat .

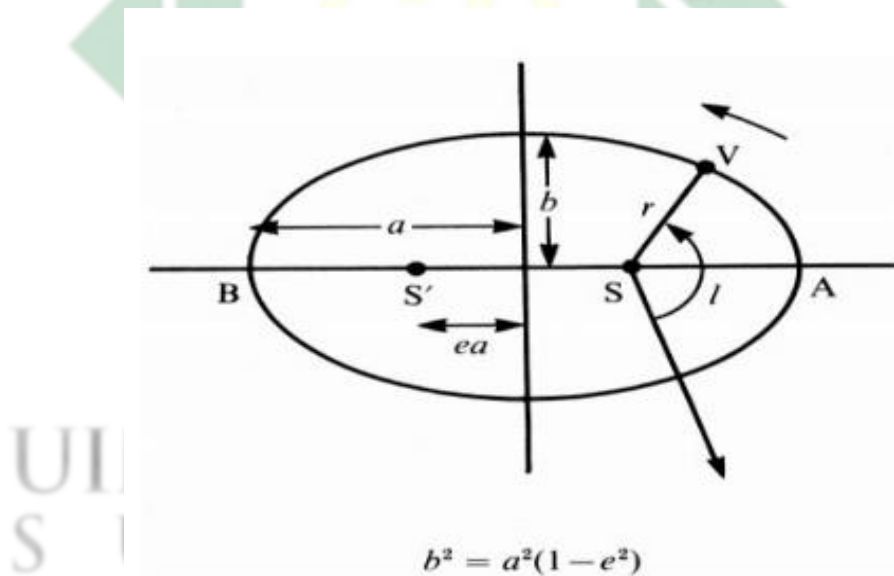
Konsep *Higher Precision Method* Petter Duffet Smith terdiri dari 9 langkah untuk menemukan deklinasi Matahari dan Asensioirekta dengan mencari nilai 'Jam' pada JD. Namun sebelum memulai langkah-langkah pada metode *Higher Precision Method* , ada beberapa aspek yang perlu dikaji terlebih dulu seperti orbit dan perhitungan posisi Matahari. Berikut adalah penjelasan terkait aspek-aspek tersebut :

1. Orbit

Pergerakan planet-planet mengelilingi Matahari, dan satelit-satelit di sekitar planet-planet, semuanya dikendalikan oleh gravitasi, yaitu

dengan gaya tarik-menarik timbal balik antara massa.¹ Salah satu konsekuensi dari cara gaya ini bervariasi dengan jarak adalah bahwa orbit planet menelusuri bentuk elips.

Semua orbit planet memiliki focus tunggal pada Matahari (S). Pada gambar di atas, Planet (V) bergerak mengelilingi elips searah panah, mengubah jarak Matahari yaitu dari jarak minimum A ke jarak maksimum B. Titik minimum A disebut Perihelion² dan titik maksimum B disebut Aphelion.³



Gambar 3. Elips orbital

Garis yang menghubungkan Planet ke Matahari disebut vektor jari-jari (r). (l) adalah sudut yang menentukan posisi planet pada orbitnya

¹ Peter Duffet-Smith and Jonathan Zwart, *“Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet”* (London: Cambridge University Press, Fourth Edition 2011), 102.

² Perihelion adalah titik terdekat dalam orbit benda langit di sekitar Matahari.

³ Aphelion adalah kebalikan dari Perihelion yang merupakan titik terjauh dalam orbit benda langit di sekitar Matahari.

setiap saat.⁴ Ukuran elips hanya ditentukan oleh sumbu semi-mayor (a) dan eksentrisitas. Dan panjang sumbu semi-minor (b), diperoleh dari kedua besaran tersebut pada persamaan berikut :

$$b^2 = a^2 (1 - e^2)$$

2. *The Apparent orbit of The Sun* (Orbit yang tampak dari Matahari)

Sepanjang tahun, Bumi bergerak dalam orbit elipsnya sendiri mengelilingi Matahari (revolusi) dalam siklus 365 hari ditambah 4 hari. Dilihat dari Bumi, Matahari tampak mengorbit Bumi. Untuk menghitung posisi Matahari akan lebih mudah dengan berasumsi kita (Bumi) sebagai titik fokus peredaran Matahari. Peter telah menghitung garis bujur ekliptika, dan menemukan posisi Matahari adalah nol sebagai garis lintang ekliptika.⁵

3. *Calculating the position of the Sun* (Menghitung Posisi dari Matahari)

Menghitung posisi Matahari dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* milik Peter Duffet Smith menggunakan acuan epoch pada tahun 2010 Januari 0.0 (JD = 2455196.5). Bujur ekliptika rata-rata Matahari adalah $g = 279.557208$ deg. Sedangkan nilai bujur Matahari pada perigee (ωg) = 283.112 438 deg, dan eksentrisitas orbit Matahari-Bumi (e) =

⁴ Muhammad Al-Farabi Putra, "Algoritma Peter Duffet Smith Dalam Hisab Awal Bulan Kamariah, (Tesis—UIN Walisongo, Semarang, 2019), 69.

⁵ Peter Duffet-Smith and Jonathan Zwart, "*Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*" (London: Cambridge University Press, Fourth Edition 2011), 103.

0,016 705. Untuk menemukan nilai-nilai pada zaman lain dapat menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\varepsilon_g = 279.6966778 + 36000.76892T + 0.0003025T^2 \text{ deg}$$

$$\varpi_g = 281.2208444 + 1.719175T + 0.000452778T^2 \text{ deg}$$

$$e = 0.01675104 - 0.0000418T - 0.000000126T^2$$

untuk mencari Nilai T adalah dengan $T = (JD - 2415020,0) / 36525$ adalah jumlah abad Julian sejak tahun 1900 0,5 januari. Misalkan Matahari bergerak mengelilingi Bumi. Maka untuk mencari nilai anomali rata-rata adalah :

$$M\Theta = \frac{360}{365.242191} \times D + \varepsilon_g - \varpi_g \text{ deg}$$

ε_g dan ϖ_g masing-masing adalah garis bujur rata-rata Matahari pada epoch dan perigee. Untuk perhitungannya, Peter menjelaskan detail nilai-nilai *apparent sun* pada epoch 2010, sebagai berikut :

$$\varepsilon_g = 279557208 \text{ deg}$$

$$\varpi_g = 283112438 \text{ deg}$$

$$e = 0,016705$$

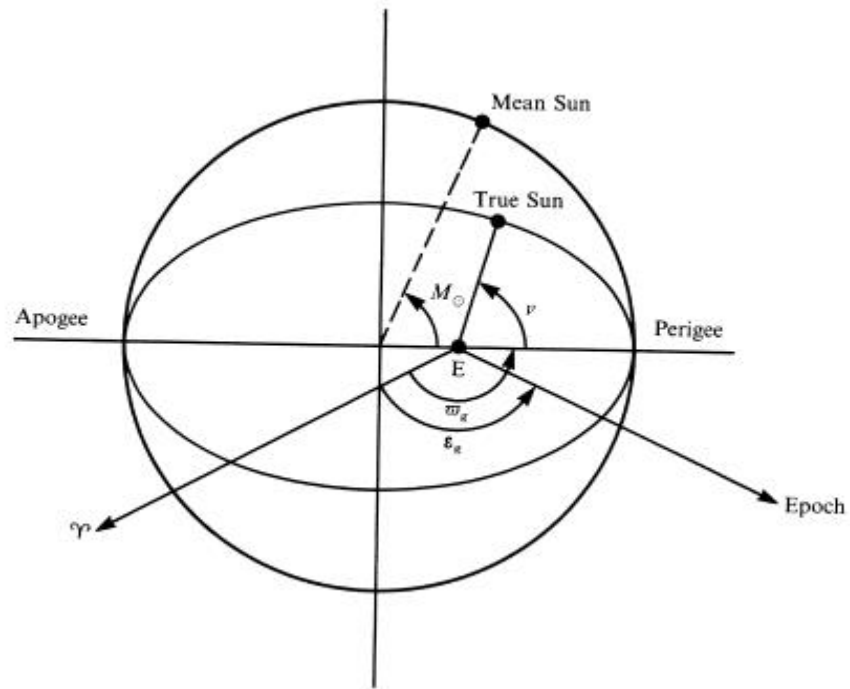
Nilai anomali sebenarnya (v) yang dapat diterapkan pada pergerakan Matahari dalam elips adalah :

$$v = M\Theta + \frac{360 e \sin M\Theta}{\pi}$$

v dan $M\Theta$ dinyatakan dalam derajat dan nilai $\pi = 3.141 5927$. Setelah menadptkan nilai v , lalu tambahkan nilai ϖ_g untuk mendapatkan

garis bujur Matahari (λ_{\odot}) v . Rumus mencari nilai bujur Matahari yaitu :

$$\lambda_{\odot} = v + \varpi g$$



Gambar 4. Definisi orbit Matahari yang tampak

Kemudian tentukan nilai Asensio rekta dan Deklinasi Matahari (ingat bahwa garis ekliptika adalah nol karena matahari berada di garis ekliptika) :

$$\alpha = \frac{\tan^{-1} (\sin \beta \cdot \cos \varepsilon - \tan \lambda \cdot \sin \varepsilon)}{\cos \lambda}$$

$$\delta = \sin^{-1} (\sin \beta \cdot \cos \varepsilon + \cos \beta \cdot \sin \varepsilon \cdot \sin \lambda)$$

4. *Calculating orbits more precisely* (Menghitung Orbit yang lebih tepat)

Menghitung orbit dengan lebih tepat atau dengan cara *Higher Precision Method* yaitu dengan menggunakan persamaan ϵg dan ωg yang dijelaskan pada bagian sebelumnya untuk mendapatkan nilai anomaly rata-rata. Untuk melakukan ini, kita perlu menentukan jumlah abad Julian sejak 1900, 0,5 Januari (T) dan menggunakannya dalam rumus perhitungan selanjutnya. Rumus yang digunakan untuk menghitung rata-rata anomaly adalah :

$$M\Theta = \epsilon g - \omega g \quad (\epsilon g - \omega g \text{ dalam bentuk derajat}).$$

Setelah itu mencari nilai anomaly eksentrik (E) dengan menggunakan persamaan Kepler :

$$E - e \sin E = M\Theta \text{ rad}$$

Namun persamaan di atas cukup rumit karena menggunakan bentuk radian, maka Peter menyederhanakannya menjadi derajat dengan catatan bahwa 1 radian adalah $180/\pi$ derajat, maka :

$$E - 180/\pi e \sin E = M\Theta \text{ deg}$$

Nilai e dapat dilihat dari epoch 2010 yaitu 0.016705, setelah itu mencari nilai anomaly sejati (v) :

$$\frac{\tan (v)}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \frac{\tan E}{2}$$

Cari nilai bujur ekliptika dengan cara yang sama seperti yang dijelaskan di atas, menggunakan rumus berikut :

$$\lambda\Theta = v + \varpi g,$$

Cara mencari nilai persamaan kepler di atas maka semua sudut harus direpresentasikan dalam radian, yaitu dengan cara :

- a. Tulis $E = E_0 = M$.
- b. Lalu mencari Nilai deklinasi dengan metode $\delta = E - e \sin E - M$
- c. Jika nilai deklinasi (δ) lebih kecil dari ε maka lanjutkan ke langkah f
- d. Jika nilai deklinasi lebih besar dari ε maka lanjutkan ke langkah d
- e. Kemudian cari nilai delta E , sebagai berikut : $\Delta E = \delta / (1 - e \cos E)$.
- f. Dapatkan nilai baru $E_1 = E - \Delta E$. Lanjutkan ke langkah b.
- g. Maka hasil akhirnya akan menjadi nilai E saat ini, koreksi dalam ε dari nilai sebenarnya.⁶

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

⁶ Muhammad Al-Farabi Putra, "Algoritma Peter Duffet Smith Dalam Hisab Awal Bulan Kamariah, (Tesis—UIN Walisongo, Semarang, 2019), 76.

Langkah-langkah yang disebutkan di atas dapat dipersingkat dengan metode iterasi Newton-Raphson yaitu :

Dengan meletakkan $E_1 = M$

$$E_2 = E_1 - \frac{M - E_1 + e \sin E_1}{e \cos E_1 - 1}$$

Kesimpulan tahapan *Higher precision Method* yaitu :

- a) Mencari nilai Julian Day
- b) Mencari nilai T (nilai abad julian sejak 1900)
- c) Mencari Bujur rata-rata Matahari, dan bujur rata-rata Matahari saat perigee kemudian mencari nilai eksentrisitas orbit pada epoch 2010
- d) Mencari nilai Bujur Matahari (M)
- e) Mencari eksentrisitas anomali (E)
- f) Mencari nilai anomaly yang sesungguhnya
- g) Mencari inverse dari nilai anomaly sesungguhnya
- h) Mencari nilai bujur Matahari
- i) Mencari nilai Asensio rekta dan Deklinasi Matahari

5. Equation of Time

Equation of Time Secara harfiah berarti persamaan waktu. Namun, *Equation of Time* tidak dapat dimaknai dengan pengertian “persamaan”. Dalam astronomi, kata “*Equation*” sering merujuk pada

adanya koreksi atau perbedaan (selisih) antara nilai rata-rata suatu variabel dengan nilai sebenarnya. Dalam hal ini, *Equation of Time* berarti terdapat perbedaan antara waktu Matahari rata-rata dengan waktu Matahari sebenarnya. Menurut pengamat, waktu Matahari di sini berarti waktu local setempat ketika matahari transit.⁷

Sepanjang bidang ekliptika Matahari bergerak secara tidak teratur.

Hal ini bisa terjadi dikarenakan :

- a. Orbit Bumi berbentuk elips bukan lingkaran. Oleh karena itu, kecepatannya berubah sepanjang tahun dengan kecepatan maksimum pada perihelion dan minimum di aphelion. Dilihat dari Bumi, kecepatan Matahari dalam orbitnya berubah-ubah dari maksimum pada perigee hingga minimum di apogee.
- b. Sumbu Bumi miring dengan sudut tegak lurus terhadap bidang ekliptika. Nilai besar sudutnya adalah sama dengan kemiringan ekliptika yaitu $23^{\circ}26'$. Pada musim panas dan musim dingin dalam setahun, ketinggian Matahari bervariasi. Perubahan ketinggian ini memiliki sedikit pengaruh pada waktu transit Matahari.⁸

Untuk menghitung penyimpangan nyata Matahari dari ketepatan waktu yang sebenarnya, kita dapat membayangkan bahwa Matahari fiktif atau yang disebut dengan *mean sun* (Matahari rata-rata), terus

⁷ Rinto Anugraha, "*Mekanika Benda Langit*", (Yogyakarta :) 2012, 76.

⁸ Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy With Your...*,116.

bergerak di sepanjang khatulistiwa. Waktu yang diukur dengan *mean sun* (Matahari rata-rata) sesuai dengan UT. Selisih antara waktu Matahari yang sebenarnya dengan waktu *mean sun* (Matahari rata-rata) disebut dengan *Equation of Time*. Berikut adalah rumus menghitung *Equation of Time*:

$$\Delta t = \text{RST} - \text{MST}$$

Δt adalah nilai dari *Equation of Time* MST adalah waktu Matahari rata-rata dan RST adalah Waktu Matahari Sebenarnya. Nilai positif terbesar dari *Equation of Time* adalah 16 menit dan nilai negative terbesar adalah 14 menit.⁹ Namun sebelum mencari nilai *Equation of Time*, dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*, Peter menjelaskan bahwa harus mengkonversi nilai GST ke UT. Cara mengkonversi nilai GST ke UT yaitu:

- a) Mencari nilai JD sesuai dengan jam yang akan dihitung waktu shalatnya.
- b) Menghitung $S = \text{JD} - 2451545,0$
- c) Menghitung $T = S / 36525$
- d) Mencari $T_0 = 6,697374558 + (2400,051 \times T) + (0,000025862 \times T^2)$. Kurangi atau tambahkan hasil T_0 dengan nilai 24 sampai nilai T_0 diantara 0 sampai 24.

⁹ Hannu Karttunen dkk, "*Fundamental Astronomy*", (Finlandia : Springer) Sixth Edition, 2016, 36.

- e) Konversi GST ke decimal jam
- f) Cari nilai GST – T0
- g) Kali hasil GST – T0 dengan 0,9972695663
- h) Hasilnya adalah nilai UT

Setelah mendapatkan nilai UT maka selanjutnya adalah mencari nilai

Equation of Time dengan cara :

a) $EoT = 12 - UT$

B. Perhitungan Metode Higher Precision

Contoh perhitungan menggunakan metode higher precision pada tanggal 30 Maret 2022 untuk waktu salat dhuhur pukul 5 UT :

1. Mencari Julian Day

$$Y = 2022$$

$$M = 3$$

$$D = 30$$

(jika $M = 1$ atau 2 maka $Y-1$ dan M menjadi $M+1$, tapi ketika $M > 2$ maka Y dan M tetap)

$$A = 2022 / 100 = 20$$

$$B = 2 - 20 + (20 / 4) = -13$$

$$C = 365,25 \times 2022 = 738535$$

$$D = (30,6001 \times (3 + 1)) = 122$$

$$d = (30 + (5 \times 3600 + 00 \times 60 + 00) / 86400) = 30,2083$$

$$JD = B + C + D + d + 1720994,5$$

$$JD = 2459668, 7083$$

$$2. T = (2459668, 7083 - 2415020,0) / 36525 = 1,222415$$

$$3. \varepsilon_g = 279,6966778 + 36000, 76892 T + 0,0003025 T^2$$

$$\varepsilon_g = 7,577069 \text{ deg}$$

$$\omega_g = 281, 2208444 + 1,719175 T + 0,000452778 T^2$$

$$\omega_g = 283,323066 \text{ deg}$$

$$e = 0,01675104 - 0,0000418 T - 0,000000126 T^2$$

$$e = 0,016699$$

(nilai ε_g , ω_g , dan e diantara 0 sampai 360. Jika tidak maka kurangkan atau tambahkan dengan 360 sampai nilai berkisar 0 sampai 360)

$$4. M = \varepsilon_g - \omega_g$$

$$= 84,254003 \text{ deg atau } 1, 470509 \text{ rad}$$

$$5. E_2 = E_1 - \frac{(M - E_1 + e \sin E_1)}{-1 + e \cos E_1}$$

$$= 1,470509 - \frac{(1,470509 - 1,470509 + 0,016705 \sin 1,470509)}{-1 + 0,016705 \cos 1,470509}$$

$$= 1,470509 - \frac{(0,016621)}{-0, 998327}$$

$$= 1,470509 - (- 0,016648)$$

$$= 1,487157 \text{ rad}$$

$$F [E_2] = 1,470509 - E_2 + 0,016705 \sin E_2$$

$$= -1,396168 \text{ (Nilai mutlak } F [E_2] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$E_3 = \frac{E_2 - (M - E_2 + e \sin E_2)}{-1 + e \cos E_2}$$

$$= \frac{1,487157 - (1,470509 - 1,487157 + 0,016705 \sin 1,487157)}{-1 + 0,016705 \cos 1,487157}$$

$$= \frac{1,487157 - (-1,396168)}{-0,998604}$$

$$= 1,470509 - (1,398119)$$

$$= 0,089038$$

$$F [E_3] = 1,470509 - E_3 + 0,016705 \sin E_3$$

$$= 1,382956 \text{ (Nilai mutlak } F [E_3] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$E_4 = \frac{E_3 - (M - E_3 + e \sin E_3)}{-1 + e \cos E_3}$$

$$= \frac{0,089038 - (1,470509 - 0,089038 + 0,016705 \sin 0,089038)}{-1 + 0,016705 \cos 0,089038}$$

$$= \frac{1,487157 - (1,382956)}{-0,983361}$$

$$= 1,470509 - (-1,406356)$$

$$= 1,495394 \text{ rad atau } 85,679763 \text{ deg}$$

$$F [E_4] = 1,470509 - E_4 + 0,016705 \sin E_4$$

$$= 0,00082274 \text{ (Nilai mutlak } F [E_4] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$6. \tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan (E / 2)$$

$$\tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1+0,016705}{1-0,016705}} \tan (85,679763 / 2)$$

$$\tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1,016705}{0,983295}} \tan 42^\circ 50' 23,57''$$

$$\tan (v / 2) = 1,016846 \tan 42^\circ 50' 23,57''$$

$$\tan (v / 2) = 0,942925$$

$$v = 2 \times \tan^{-1} 0,942925$$

$$v = 86,634747 \text{ deg atau } 86^\circ 38' 5,09''$$

$$7. \lambda = v + \omega_g$$

$$= 86,634747 \text{ deg} + 283,323066 \text{ deg}$$

$$= 9,957813 \text{ deg atau } 9^\circ 57' 28,13''$$

$$8. \varepsilon = 23^\circ 26' 21,45'' - 46,815'' T - 0,0006'' T^2 + 0,00181'' T^3$$

$$\varepsilon = 23^\circ 26' 21,45'' - 46,815'' (1,22241) - 0,0006'' (1,22241^2) +$$

$$0,00181'' (1,22241^3)$$

$$\varepsilon = 23^\circ 25' 24,23''$$

$$9. \alpha = \tan^{-1} (\sin \lambda \cos \varepsilon - \tan \beta \sin \varepsilon / \cos \lambda)$$

$$\alpha = \tan^{-1} (\sin 9^{\circ} 57' 28,13'' \cos 23^{\circ} 25' 24,23'' - \tan 0 \sin 23^{\circ} 25' 24,23'' / \cos 9^{\circ} 57' 28,13'')$$

$$\alpha = 9^{\circ} 0' 58,03''$$

$$10. \delta = \sin^{-1} (\sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda)$$

$$\delta = \sin^{-1} (\sin 0 \cos 23^{\circ} 25' 24,23'' + \cos 0 \sin 23^{\circ} 25' 24,23'' \sin 9^{\circ} 57' 28,13'')$$

$$\delta = 3^{\circ} 56' 30''$$

Mencari nilai *Equation of Time (EoT)*

$$1. \alpha = 9^{\circ} 0' 58,03'' / 15 = 0,601074 \text{ (GST)}$$

$$2. \text{JD} = 2459668,7083$$

$$T = (\text{JD} - 2451545) / 36525$$

$$T = 0,222415003$$

$$T_0 = 6,697374558 + (2400,051336 \times T) + (0,000025862 \times T^2)$$

$$3. T_0 = 12,504800$$

(Jika nilai T_0 lebih atau kurang dari 24 maka kurangkan atau tambahkan sampai nilai T_0 diantara 0-24)

$$4. \text{GST} = 0,601074$$

$$\text{GST} - T_0 = -11,903726 + 24$$

$$= 12,096274 \times 0,9972695663$$

$$= 12,063245 \text{ (UT)}$$

$$5. EoT = 12 - UT$$

$$= 12 - 12,063245$$

$$= -0,063245 \text{ atau } -0^\circ 3' 47,68''$$

Contoh perhitungan menggunakan metode higher precision pada tanggal 30 Maret 2022 untuk waktu salat ashar pukul 8 UT :

1. Mencari Julian Day

$$Y = 2022$$

$$M = 3$$

$$D = 30$$

(jika $M = 1$ atau 2 maka $Y-1$ dan M menjadi $M+1$, tapi ketika $M > 2$ maka Y dan M tetap)

$$A = 2022 / 100 = 20$$

$$B = 2 - 20 + (20 / 4) = -13$$

$$C = 365,25 \times 2022 = 738535$$

$$D = (30,6001 \times (3 + 1)) = 122$$

$$d = (30 + (8 \times 3600 + 00 \times 60 + 00) / 86400) = 30,333333$$

$$JD = B + C + D + d + 1720994,5$$

$$JD = 2459668,833$$

$$2. T = (2459668,833 - 2415020,0) / 36525 = 1,222418$$

$$3. \quad \varepsilon_g = 279,6966778 + 36000,76892 T + 0,0003025 T^2$$

$$\varepsilon_g = 7,685071 \text{ deg}$$

$$\omega_g = 281,2208444 + 1,719175 T + 0,000452778 T^2$$

$$\omega_g = 283,323072 \text{ deg}$$

$$e = 0,01675104 - 0,0000418 T - 0,000000126 T^2$$

$$e = 0,016803$$

(nilai ε_g , ω_g , dan e diantara 0 sampai 360. Jika tidak maka kurangkan atau tambahkan dengan 360 sampai nilai berkisar 0 sampai 360)

$$4. \quad M = \varepsilon_g - \omega_g$$

$$= 84,361999 \text{ deg atau } 1,472394 \text{ rad}$$

(nilai M diantara 0 sampai 360. Jika tidak maka kurangkan atau tambahkan dengan 360 sampai nilai berkisar 0 sampai 360)

$$5. \quad E_2 = E_1 - \frac{(M - E_1 + e \sin E_1)}{-1 + e \cos E_1}$$

$$= 1,472394 - \frac{(1,472394 - 1,472394 + 0,016705 \sin 1,472394)}{-1 + 0,016705 \cos 1,472394}$$

$$= 1,472394 - \frac{(0,016624)}{-0,998358}$$

$$= 1,472394 - (-0,016651)$$

$$= 1,472394 - (-0,016651)$$

UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

$$= 1,489045$$

$$F [E_2] = 1,472394 - E_2 + 0,016705 \sin E_2$$

$$= -1,791008 \text{ (Nilai mutlak } F [E_2] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$\begin{aligned} E_3 &= \frac{E_2 - (M - E_2 + e \sin E_2)}{-1 + e \cos E_2} \\ &= \frac{1,489045 - (1,472394 - 1,489045 + 0,016705 \sin 1,489045)}{-1 + 0,016705 \cos 1,489045} \\ &= \frac{1,489045 - (-1,791008)}{-0,998635} \\ &= \frac{1,489045 - (1,793456)}{-0,998635} \\ &= -0,304411 \end{aligned}$$

$$F [E_3] = 1,472394 - E_3 + 0,016705 \sin E_3$$

$$= 1,771797 \text{ (Nilai mutlak } F [E_3] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$\begin{aligned} E_4 &= \frac{E_3 - (M - E_3 + e \sin E_3)}{-1 + e \cos E_3} \\ &= \frac{-0,304411 - (1,472394 - (-0,304411) + 0,016705 \sin -0,304411)}{-1 + 0,016705 \cos -0,304411} \\ &= \frac{-0,304411 - (1,771797)}{-0,984063} \\ &= \frac{-0,304411 - (-1,800491)}{-0,984063} \end{aligned}$$

$$= 1,49608 \text{ rad atau } 85,719068 \text{ deg}$$

$$F [E_4] = 1,472394 - E_4 + 0,016705 \sin E_4$$

$$= -0,007027 \text{ (Nilai mutlak } F [E_4] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$6. \tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan (E / 2)$$

$$\tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1+0,016705}{1-0,016705}} \tan (85,719068 / 2)$$

$$\tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1,016705}{0,983295}} \tan 42^\circ 51' 34,32''$$

$$\tan (v / 2) = 1,016846 \tan 42^\circ 51' 34,32''$$

$$\tan (v / 2) = 0,943574$$

$$v = 2 \times \tan^{-1} 0,943574$$

$$v = 86,674102 \text{ deg atau } 86^\circ 40' 26,77''$$

$$7. \lambda = v + \omega_g$$

$$= 86,674102 \text{ deg} + 283,323072 \text{ deg}$$

$$= 9,997174 \text{ deg atau } 9^\circ 59' 49,83''$$

$$8. \varepsilon = 23^\circ 26' 21,45'' - 46,815'' T - 0,0006'' T^2 + 0,00181'' T^3$$

$$\varepsilon = 23^\circ 26' 21,45'' - 46,815'' (1,222418) - 0,0006'' (1,222418^2) + 0,00181'' (1,222418^3)$$

$$\varepsilon = 23^\circ 25' 24,22''$$

$$9. \alpha = \tan^{-1} (\sin \lambda \cos \varepsilon - \tan \beta \sin \varepsilon / \cos \lambda)$$

$$\alpha = \tan^{-1} (\sin 9^{\circ} 59' 49,83'' \cos 23^{\circ} 25' 24,22'' - \tan 0 \sin 23^{\circ} 25' 24,22'' / \cos 9^{\circ} 59' 49,83'')$$

$$\alpha = 9^{\circ} 3' 2,93''$$

$$10. \delta = \sin^{-1} (\sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda)$$

$$\delta = \sin^{-1} (\sin 0 \cos 23^{\circ} 25' 24,22'' + \cos 0 \sin 23^{\circ} 25' 24,22'' \sin 9^{\circ} 59' 49,83'')$$

$$\delta = 3^{\circ} 57' 25,61''$$

Mencari nilai *Equation of Time (EoT)*

$$1. \alpha = 9^{\circ} 3' 2,93'' / 15 = 0,603387 \text{ (GST)}$$

$$2. \text{JD} = 2459668,833$$

$$T = (\text{JD} - 2451545) / 36525$$

$$T = 0,222418425$$

$$3. T_0 = 6,697374558 + (2400,051336 \times T) + (0,000025862 \times T^2)$$

$$T_0 = 12,513013$$

(Jika nilai T_0 lebih atau kurang dari 24 maka kurangkan atau tambahkan sampai nilai T_0 diantara 0-24)

$$4. \text{GST} = 0,603387$$

$$\begin{aligned}
 GST - T_0 &= -11,909625 + 24 \\
 &= 12,090374 \times 0,9972695663 \\
 &= 12,057315
 \end{aligned}$$

$$5. EoT = 12 - UT$$

$$\begin{aligned}
 &= 12 - 12,057315 \\
 &= -0,057315 \text{ atau } -0^\circ 3' 26,34''
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan menggunakan metode higher precision pada tanggal 30 Maret 2022 untuk waktu salat maghrib pukul 11 UT :

1. Mencari Julian Day

$$Y = 2022$$

$$M = 3$$

$$D = 30$$

(jika $M = 1$ atau 2 maka $Y-1$ dan M menjadi $M+1$, tapi ketika $M > 2$ maka Y dan M tetap)

$$A = 2022 / 100 = 20$$

$$B = 2 - 20 + (20 / 4) = -13$$

$$C = 365,25 \times 2022 = 738535$$

$$D = (30,6001 \times (3 + 1)) = 122$$

$$d = (30 + (11 \times 3600 + 00 \times 60 + 00) / 86400) = 30,4583$$

$$JD = B + C + D + d + 1720994,5$$

$$JD = 2459668,9583$$

$$2. \quad T = (2459668,9583 - 2415020,0) / 36525 = 1,222421$$

$$3. \quad \varepsilon_g = 279,6966778 + 36000,76892 T + 0,0003025 T^2$$

$$\varepsilon_g = 279,6966778 + 44008,095943 + 0,000452029$$

$$\varepsilon_g = 7,793072 \text{ deg}$$

$$\omega_g = 281,2208444 + 1,719175 T + 0,000452778 T^2$$

$$\omega_g = 281,2208444 + 2,101555 + 0,000676$$

$$\omega_g = 283,323075 \text{ deg}$$

$$e = 0,01675104 - 0,0000418 T - 0,000000126 T^2$$

$$e = 0,016127$$

(nilai ε_g , ω_g , dan e diantara 0 sampai 360. Jika tidak maka kurangkan

atau tambahkan dengan 360 sampai nilai berkisar 0 sampai 360)

$$4. \quad M = \varepsilon_g - \omega_g$$

$$= 84,469997 \text{ deg atau } 1,474279 \text{ rad}$$

(nilai M diantara 0 sampai 360. Jika tidak maka kurangkan atau

tambahkan dengan 360 sampai nilai berkisar 0 sampai 360)

$$5. \quad E_2 = E_1 - \frac{(M - E_1 + e \sin E_1)}{-1 + e \cos E_1}$$

$$= 1,474279 - \frac{(1,474279 - 1,474279 + 0,016705 \sin 1,474279)}{-1 + 0,016705 \cos 1,474279}$$

$$-1 + 0,016705 \cos 1,474279$$

$$= 1,474279 - \frac{(0,0166272)}{-0,998390}$$

$$= 1,474279 - (-0,0166540)$$

$$= 1,490933$$

$$F [E_2] = 1,474279 - E_2 + 0,016705 \sin E_2$$

$$= -2,245196 \text{ (Nilai mutlak } F [E_2] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$E_3 = E_2 - \frac{(M - E_2 + e \sin E_2)}{-1 + e \cos E_2}$$

$$= 1,490933 - \frac{(1,474279 - 1,490933 + 0,016705 \sin 1,490933)}{-1 + 0,016705 \cos 1,490933}$$

$$= 1,490933 - \frac{(-2,245196)}{-0,998667}$$

$$= 1,490933 - (2,248192)$$

$$= -0,757259$$

$$F [E_3] = 1,474279 - E_3 + 0,016705 \sin E_3$$

$$= 2,220062 \text{ (Nilai mutlak } F [E_3] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$E_4 = E_3 - \frac{(M - E_3 + e \sin E_3)}{-1 + e \cos E_3}$$

$$= -0,757259 - \frac{(1,474279 - (-0,757259) + 0,016705 \sin -0,757259)}{-1 + e \cos E_3}$$

$$\begin{aligned}
 & -1 + 0,016705 \cos -0,757259 \\
 & = -0,757259 - \frac{(2,220062)}{-0,987860}
 \end{aligned}$$

$$= -0,757259 - (-2,247344)$$

$$= 1,490085 \text{ rad atau } 85,375580 \text{ deg}$$

$$\begin{aligned}
 F [E_4] &= 1,474279 - E_4 + 0,016705 \sin E_4 \\
 &= 0,0008446 \text{ (Nilai mutlak } F [E_4] \text{ harus sama dengan 0)}
 \end{aligned}$$

$$6. \tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan (E / 2)$$

$$\tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1+0,016705}{1-0,016705}} \tan (85,375580 / 2)$$

$$\tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1,016705}{0,983295}} \tan 42^\circ 41' 16,04''$$

$$\tan (v / 2) = 1,016846 \tan 42^\circ 41' 16,04''$$

$$\tan (v / 2) = 0,937917$$

$$v = 2 \times \tan^{-1} 0,937917$$

$$v = 86,330206 \text{ deg atau } 86^\circ 19' 48,74''$$

$$7. \lambda = v + \omega_g$$

$$= 86,330206 \text{ deg} + 283,323075 \text{ deg}$$

$$= 9,653281 \text{ deg atau } 9^{\circ} 39' 11,81''$$

$$8. \varepsilon = 23^{\circ} 26' 21,45'' - 46,815'' T - 0,0006'' T^2 + 0,00181'' T^3$$

$$\varepsilon = 23^{\circ} 26' 21,45'' - 46,815'' (1,222421) - 0,0006'' (1,222421^2) + 0,00181'' (1,222421^3)$$

$$\varepsilon = 23^{\circ} 25' 24,22''$$

$$9. \alpha = \tan^{-1} (\sin \lambda \cos \varepsilon - \tan \beta \sin \varepsilon / \cos \lambda)$$

$$\alpha = \tan^{-1} (\sin 9^{\circ} 39' 11,81'' \cos 23^{\circ} 25' 24,22'' - \tan 0 \sin 23^{\circ} 25' 24,22'' / \cos 9^{\circ} 39' 11,81'')$$

$$\alpha = 8^{\circ} 44' 50,39''$$

$$10. \delta = \sin^{-1} (\sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda)$$

$$\delta = \sin^{-1} (\sin 0 \cos 23^{\circ} 25' 24,22'' + \cos 0 \sin 23^{\circ} 25' 24,22'' \sin 9^{\circ} 39' 11,81'')$$

$$\delta = 3^{\circ} 49' 19,57''$$

Mencari nilai *Equation of Time (EoT)*

$$1. \alpha = 8^{\circ} 44' 50,39'' / 15 = 0,583155 \text{ (GST)}$$

$$2. \text{JD} = 2459668,9583$$

$$3. T = (\text{JD} - 2451545) / 36525$$

$$T = 0,222421848$$

$$T_0 = 6,697374558 + (2400,051336 \times T) + (0,000025862 \times T^2)$$

$$T_0 = 12,521229$$

(Jika nilai T_0 lebih atau kurang dari 24 maka kurangkan atau tambahkan sampai nilai T_0 diantara 0-24)

$$4. \text{ GST} = 0,583155$$

$$\text{GST} - T_0 = -11,938074 + 24$$

$$= 12,061926 \text{ (UT)}$$

$$5. \text{ EoT} = 12 - \text{UT}$$

$$= 12 - 12,061926$$

$$= -0,061926 \text{ atau } -0^\circ 3' 42,93''$$

Contoh perhitungan menggunakan metode higher precision pada tanggal 30 Maret

2022 untuk waktu salat isya' pukul 12 UT :

1. Mencari Julian Day

$$Y = 2022$$

$$M = 3$$

$$D = 30$$

(jika $M = 1$ atau 2 maka $Y-1$ dan M menjadi $M+1$, tapi ketika $M > 2$ maka Y dan M tetap)

$$A = 2022 / 100 = 20$$

$$B = 2 - 20 + (20 / 4) = -13$$

$$C = 365,25 \times 2022 = 738535$$

$$D = (30,6001 \times (3 + 1)) = 122$$

$$d = (30 + (12 \times 3600 + 00 \times 60 + 00) / 86400) = 30,5$$

$$JD = B + C + D + d + 1720994,5$$

$$JD = 2459669$$

$$2. T = (2459669 - 2415020,0) / 36525 = 1,222422998$$

$$3. \varepsilon_g = 279,6966778 + 36000,76892 T + 0,0003025 T^2$$

$$\varepsilon_g = 7,8650033 \text{ deg}$$

$$\omega_g = 281,2208444 + 1,719175 T + 0,000452778 T^2$$

$$\omega_g = 283,3230801 \text{ deg}$$

$$e = 0,01675104 - 0,0000418 T - 0,000000126 T^2$$

$$e = 0,016802325$$

(nilai ε_g , ω_g , dan e diantara 0 sampai 360. Jika tidak maka kurangkan atau tambahkan dengan 360 sampai nilai berkisar 0 sampai 360)

$$4. M = \varepsilon_g - \omega_g$$

$$= 84,5419232 \text{ deg atau } 1,475534 \text{ rad}$$

(nilai M diantara 0 sampai 360. Jika tidak maka kurangkan atau tambahkan dengan 360 sampai nilai berkisar 0 sampai 360)

$$5. E_2 = E_1 - \frac{(M - E_1 + e \sin E_1)}{-1 + e \cos E_1}$$

$$= 1,475534 - \frac{(1,475534 - 1,475534 + 0,016705 \sin 1,475534)}{-1 + 0,016705 \cos 1,475534}$$

$$= 1,475534 - \frac{(0,016629)}{-0,998411}$$

$$= 1,475534 - (-0,016655)$$

$$= 1,492189 \text{ rad}$$

$$F [E_2] = 1,475534 - E_2 + 0,016705 \sin E_2$$

$$= -1,584461 \text{ (Nilai mutlak } F [E_2] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$E_3 = \frac{E_2 - (M - E_2 + e \sin E_2)}{-1 + e \cos E_2}$$

$$= \frac{1,492189 - (1,475534 - 1,492189 + 0,016705 \sin 1,492189)}{-1 + 0,016705 \cos 1,492189}$$

$$= 1,492189 - \frac{(-1,584461)}{-0,998688}$$

$$= 1,492189 - (1,586542)$$

$$= -0,094353 \text{ rad}$$

$$F [E_3] = 1,475534 - E_3 + 0,016705 \sin E_3$$

$$= 1,568313 \text{ (Nilai mutlak } F [E_3] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$\begin{aligned}
 E_4 &= E_3 - \frac{(M - E_3 + e \sin E_3)}{-1 + e \cos E_3} \\
 &= -0,094353 - \frac{(1,475534 - (-0,094353) + 0,016705 \sin -0,094353)}{-1 + 0,016705 \cos -0,094353} \\
 &= -0,094353 - \frac{(1,568313)}{-0,983369} \\
 &= -0,094353 - (-1,594836) \\
 &= 1,500483 \text{ rad atau } 85,971341 \text{ deg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F [E_4] &= 1,475534 - E_4 + 0,016705 \sin E_4 \\
 &= -0,008285 \text{ (Nilai mutlak } F [E_4] \text{ harus sama dengan 0)}
 \end{aligned}$$

Nilai $F [E_4]$ sudah memenuhi sama dengan 0 maka nilai E_4 adalah nilai eksentrisitasnya.

$$6. \tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan (E / 2)$$

$$\tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1+0,016705}{1-0,016705}} \tan (85,971341 / 2)$$

$$\tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1,016705}{0,983295}} \tan 42^\circ 59' 8,41''$$

$$\tan (v / 2) = 1,016846 \tan 42^\circ 59' 8,41''$$

$$\tan (v / 2) = 0,947748$$

$$v = 2 \times \tan^{-1} 0,947748$$

$$v = 86,926603 \text{ deg atau } 86^{\circ} 55' 35,77''$$

$$7. \lambda = v + \omega_g$$

$$= 86,926603 \text{ deg} + 283,3230801 \text{ deg}$$

$$= 10,249683 \text{ deg atau } 10^{\circ} 14' 58,86''$$

$$8. \varepsilon = 23^{\circ} 26' 21,45'' - 46,815'' T - 0,0006'' T^2 + 0,00181'' T^3$$

$$\varepsilon = 23^{\circ} 26' 21,45'' - 46,815'' (1,222422998) - 0,0006'' (1,222422998^2) + 0,00181'' (1,222422998^3)$$

$$\varepsilon = 23^{\circ} 25' 24,22''$$

$$9. \alpha = \tan^{-1} (\sin \lambda \cos \varepsilon - \tan \beta \sin \varepsilon / \cos \lambda)$$

$$\alpha = \tan^{-1} (\sin 10^{\circ} 14' 58,86'' \cos 23^{\circ} 25' 24,22'' - \tan 0 \sin 23^{\circ} 25' 24,22'' / \cos 10^{\circ} 14' 58,86'')$$

$$\alpha = 9^{\circ} 16' 23,24''$$

$$10. \delta = \sin^{-1} (\sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda)$$

$$\delta = \sin^{-1} (\sin 0 \cos 23^{\circ} 25' 24,22'' + \cos 0 \sin 23^{\circ} 25' 24,22'' \sin 10^{\circ} 14' 58,86'')$$

$$\delta = 4^{\circ} 3' 22,21''$$

Mencari nilai *Equation of Time* (EoT)

$$1. \alpha = 9^\circ 16' 23,24'' / 15 = 0,618208 \text{ (GST)}$$

$$2. \text{JD} = 2459669$$

$$3. T = (\text{JD} - 2451545) / 36525$$

$$T = 0,2224222997$$

$$T_0 = 6,697374558 + (2400,051336 \times T) + (0,000025862 \times T^2)$$

$$T_0 = 12,523986$$

(Jika nilai T_0 lebih atau kurang dari 24 maka kurangkan atau tambahkan sampai nilai T_0 diantara 0-24)

$$4. \text{GST} = 0,618208$$

$$\text{GST} - T_0 = -11,905778 + 24$$

$$= 12,094222 \times 0,9972695663 = 12,061199 \text{ (UT)}$$

$$5. \text{EoT} = 12 - \text{UT}$$

$$= 12 - 12,061199$$

$$= -0,061199 \text{ atau } -0^\circ 3' 40,32''$$

Contoh perhitungan menggunakan metode higher precision pada tanggal 29 Maret 2022 untuk waktu salat shubuh pukul 22 UT (untuk waktu salat shubuh diambil dari data tanggal sebelumnya) :

1. Mencari Julian Day

$$Y = 2022$$

$$M = 3$$

$$D = 29$$

(jika $M = 1$ atau 2 maka $Y-1$ dan M menjadi $M+1$, tapi ketika $M > 2$ maka Y dan M tetap)

$$A = 2022 / 100 = 20$$

$$B = 2 - 20 + (20 / 4) = -13$$

$$C = 365, 25 \times 2022 = 738535$$

$$D = (30,6001 \times (3 + 1)) = 122$$

$$d = (29 + (22 \times 3600 + 00 \times 60 + 00) / 86400) = 29,9167$$

$$JD = B + C + D + d + 1720994,5$$

$$JD = 2459668,417$$

2. $T = (2459668,417 - 2415020,0) / 36525 = 1,222407$

3. $\varepsilon_g = 279,6966778 + 36000, 76892 T + 0,0003025 T^2$

$$\varepsilon_g = 7,289063 \text{ deg}$$

$$\omega_g = 281, 2208444 + 1,719175 T + 0,000452778 T^2$$

$$\omega_g = 283,3230525 \text{ deg}$$

$$e = 0,01675104 - 0,0000418 T - 0,000000126 T^2$$

$$e = 0,016802324$$

(nilai ε_g , ω_g , dan e diantara 0 sampai 360. Jika tidak maka kurangkan atau tambahkan dengan 360 sampai nilai berkisar 0 sampai 360)

$$4. M = \varepsilon_g - \omega_g$$

$$= 83,966010 \text{ deg atau } 1,465483 \text{ rad}$$

(nilai M diantara 0 sampai 360. Jika tidak maka kurangkan atau tambahkan dengan 360 sampai nilai berkisar 0 sampai 360)

$$5. E_2 = E_1 - \frac{(M - E_1 + e \sin E_1)}{-1 + e \cos E_1}$$

$$= 1,465483 - \frac{(1,465483 - 1,465483 + 0,016705 \sin 1,465483)}{-1 + 0,016705 \cos 1,465483}$$

$$= 1,465483 - \frac{(0,016612)}{-0,998243}$$

$$= 1,465483 - (-0,016641)$$

$$= 1,482124 \text{ rad}$$

$$F [E_2] = 1,465483 - E_2 + 0,016705 \sin E_2$$

$$= -1,630862 \text{ (Nilai mutlak } F [E_3] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$E_3 = E_2 - \frac{(M - E_2 + e \sin E_2)}{-1 + e \cos E_2}$$

$$= 1,482124 - \frac{(1,465483 - 1,482124 + 0,016705 \sin 1,482124)}{-1 + 0,016705 \cos 1,482124}$$

$$= 1,482124 - \frac{(-1,630862)}{-0,998520}$$

$$= 1,482124 - (1,633279)$$

$$= -0,151155 \text{ rad}$$

$$F [E_3] = 1,465483 - E_3 + 0,016705 \sin E_3$$

$$= 1,614122 \text{ (Nilai mutlak } F [E_3] \text{ harus sama dengan 0)}$$

$$E_4 = \frac{E_3 - (M - E_3 + e \sin E_3)}{-1 + e \cos E_3}$$

$$= \frac{-0,151155 - (1,465483 - -0,151155 + 0,016705 \sin -0,151155)}{-1 + 0,016705 \cos -0,151155}$$

$$= \frac{-0,151155 - (1,614122)}{-0,983485}$$

$$= -0,151155 - (-1,641226)$$

$$= 1,490071 \text{ rad atau } 85,374778 \text{ deg}$$

$$F [E_4] = 1,465483 - E_4 + 0,016705 \sin E_4$$

$$= -0,0007937 \text{ (Nilai mutlak } F [E_4] \text{ harus sama dengan 0)}$$

Nilai $F [E_4]$ sudah memenuhi sama dengan 0 maka nilai E_4 adalah nilai eksentrisitasnya.

$$6. \tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan (E / 2)$$

$$\tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1+0,016705}{1-0,016705}} \tan (85,374778 / 2)$$

$$\tan (v / 2) = \sqrt{\frac{1,016705}{0,983295}} \tan 42^{\circ} 41' 14,6''$$

$$\tan (v / 2) = 1,016846 \tan 42^{\circ} 41' 14,6''$$

$$\tan (v / 2) = 0,937904$$

$$v = 2 \times \tan^{-1} 0,937904$$

$$v = 86,329413 \text{ deg atau } 86^{\circ} 19' 45,89''$$

$$7. \lambda = v + \omega_g$$

$$= 86,329413 \text{ deg} + 283,3230525 \text{ deg}$$

$$= 9,652465 \text{ deg atau } 9^{\circ} 39' 8,88''$$

$$8. \varepsilon = 23^{\circ} 26' 21,45'' - 46,815'' T - 0,0006'' T^2 + 0,00181'' T^3$$

$$\varepsilon = 23^{\circ} 26' 21,45'' - 46,815'' (1,222407) - 0,0006'' (1,222407^2) + 0,00181'' (1,222407^3)$$

$$\varepsilon = 23^{\circ} 25' 24,22''$$

$$9. \alpha = \tan^{-1} (\sin \lambda \cos \varepsilon - \tan \beta \sin \varepsilon / \cos \lambda)$$

$$\alpha = \tan^{-1} (\sin 9^{\circ} 39' 8,88'' \cos 23^{\circ} 25' 24,22'' - \tan 0 \sin 23^{\circ} 25' 24,22'' / \cos 9^{\circ} 39' 8,88'')$$

$$\alpha = 8^{\circ} 44' 47,8''$$

$$10. \delta = \sin^{-1} (\sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda)$$

$$\delta = \sin^{-1} (\sin 0 \cos 23^{\circ} 25' 24,22'' + \cos 0 \sin 23^{\circ} 25' 24,22'' \sin 9^{\circ} 39' 8,88'')$$

$$\delta = 3^{\circ} 49' 18,42''$$

Mencari nilai *Equation of Time (EoT)*

$$1. \alpha = 8^{\circ} 44' 47,8'' / 15 = 0,583107 \text{ (GST)}$$

$$2. \text{JD} = 2459668,417$$

$$3. T = (\text{JD} - 2451545) / 36525$$

$$T = 0,222407036$$

$$T_0 = 6,697374558 + (2400,051336 \times T) + (0,000025862 \times T^2)$$

$$T_0 = 12,485680$$

(Jika nilai T_0 lebih atau kurang dari 24 maka kurangkan atau tambahkan sampai nilai T_0 diantara 0-24)

$$4. \text{GST} = 0,583107$$

$$\text{GST} - T_0 = -11,902572 + 24$$

$$= 12,097427 \times 0,9972695663 = 12,064396 \text{ (UT)}$$

5. $EoT = 12 - UT$

$$= 12 - 12,064396$$

$$= -0,064396 \text{ atau } -0^\circ 3' 51,83''$$



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV
IMPLEMENTASI HIGHER PRECISION METHOD UNTUK PERHITUNGAN
WAKTU SALAT

A. Implementasi Higher Precision Method untuk Perhitungan Waktu Salat

Perhitungan awal waktu salat menggunakan metode Higher Precision berdasarkan data yang sudah dihitung pada bab sebelumnya yaitu :

1. Perhitungan waktu salat shubuh tanggal 30 Maret 2022 di Surabaya

Diketahui :

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

$$\delta : 3^{\circ} 49' 18,42''$$

$$e : -0^{\circ} 3' 51,83''$$

$$kwd : 105^{\circ} - 112^{\circ}45' = -7^{\circ} 45' / 15 = -0 \text{ jam } 31 \text{ menit}$$

$$Z_{shubuh} = 110^{\circ}$$

$$\begin{aligned} t \text{ shubuh} &= -\tan -7^{\circ}15' \times \tan 3^{\circ} 49' 18,42'' + 1/\cos -7^{\circ}15' \times 1/\cos \\ &\quad 3^{\circ} 49' 18,42'' \times \cos 110^{\circ} \\ &= 109^{\circ} 41' 49,3'' / 15 \\ &= -7 \text{ jam } 18 \text{ menit } 47,29 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$MP = 12 - (-0^{\circ} 3' 51,83'') = 12 \text{ jam } 3 \text{ menit } 51,83 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu salat subuh} = MP + t + KWD + i$$

$$= 12^{\circ} 3' 51,83'' + (-7^{\circ} 18' 47,29'') + (-0^{\circ} 31') + 0^{\circ} 2'$$

$$= 4^{\circ} 16' 4,54'' \text{ atau pukul 4 jam 16 menit 4,54 detik WIB}$$

2. Perhitungan waktu salat dhuhur tanggal 30 Maret 2022

Diketahui :

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

$$\delta : 3^{\circ} 56' 30''$$

$$e : -0^{\circ} 3' 47,68''$$

$$\text{kwd} : 105^{\circ} - 112^{\circ}45' = -7^{\circ} 45' / 15 = -0 \text{ jam 31 menit}$$

$$\text{MP} = 12 - (-0^{\circ} 3' 47,68'') = 12 \text{ jam 3 menit 47,68 detik}$$

$$\text{Waktu salat dhuhur} = \text{MP} + \text{KWD} + i$$

$$= 12^{\circ} 3' 47,68'' + (-0^{\circ} 31') + 0^{\circ} 2'$$

$$= 11^{\circ} 34' 47,68'' \text{ atau pukul 11 jam 34 menit 47,68 detik WIB}$$

3. Perhitungan waktu salat asar tanggal 30 Maret 2022

Diketahui :

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

$$\delta : 3^{\circ} 57' 25,61''$$

$$e : -0^{\circ} 3' 26,34''$$

$$\text{kwd} : 105^{\circ} - 112^{\circ}45' = -7^{\circ} 45' / 15 = -0 \text{ jam 31 menit}$$

$$Z_{\text{asar}} = \tan (7^{\circ}15' - 3^{\circ} 57' 25,61'') + 1$$

$$= 46^{\circ} 36' 6,3''$$

$$\begin{aligned}
 t \text{ asar} &= -\tan -7^{\circ}15' \times \tan 3^{\circ} 57' 25,61'' + 1/\cos -7^{\circ}15' \times 1/\cos 3^{\circ} \\
 & 57' 25,61'' \times \cos 46^{\circ} 36' 6,3'' \\
 &= 45^{\circ} 19' 37,69'' / 15 \\
 &= 3 \text{ jam } 1 \text{ menit } 18,51 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$MP = 12 - (-0^{\circ} 3' 26,34'') = 12 \text{ jam } 3 \text{ menit } 26,34 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu salat asar} &= MP + t + \text{kwd} + i \\
 &= 12^{\circ} 3' 26,34'' + 3^{\circ} 1' 18,51'' + (-0^{\circ} 31') + 0^{\circ} 2' \\
 &= 14^{\circ} 35' 44,85'' \text{ atau pukul } 14 \text{ jam } 35 \text{ menit } 44,85 \\
 & \text{detik WIB}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan waktu salat maghrib tanggal 30 Maret 2022

Diketahui :

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

$$\delta : 3^{\circ} 49' 19,57''$$

$$e : -0^{\circ} 3' 42,93''$$

$$\text{kwd} : 105^{\circ} - 112^{\circ}45' = -7^{\circ} 45' / 15 = -0 \text{ jam } 31 \text{ menit}$$

$$Z_{\text{maghrib}} = 91^{\circ}$$

$$\begin{aligned}
 t \text{ maghrib} &= -\tan -7^{\circ}15' \times \tan 3^{\circ} 49' 19,57'' + 1/\cos -7^{\circ}15' \times 1/\cos \\
 & 3^{\circ} 49' 19,57'' \times \cos 91^{\circ} \\
 &= 90^{\circ} 31' 23,91'' / 15 = 6 \text{ jam } 2 \text{ menit } 5,59 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$MP = 12 - (-0^{\circ} 3' 42,93'') = 12 \text{ jam } 3 \text{ menit } 42,93 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu salat maghrib} &= MP + t + \text{kwd} + i \\
 &= 12^{\circ} 3' 42,93'' + 6^{\circ} 2' 5,59'' + (-0^{\circ} 31') + 0^{\circ} 2'
 \end{aligned}$$

$$= 17^{\circ} 36' 48,52'' \text{ atau pukul 17 jam 36 menit}$$

$$48,52 \text{ detik WIB}$$

5. Perhitungan waktu salat isya'tanggal 30 Maret 2022

Diketahui :

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

$$\delta : 4^{\circ} 3' 22,21''$$

$$e : -0^{\circ} 3' 40,32''$$

$$\text{kwd} : 105^{\circ} - 112^{\circ}45' = -7^{\circ} 45' / 15 = -0 \text{ jam } 31 \text{ detik}$$

$$Z_{\text{isya}'} = 108^{\circ}$$

$$t \text{ isya}' = -\tan -7^{\circ}15' \times \tan 4^{\circ} 3' 22,21'' + 1/\cos -7^{\circ}15' \times 1/\cos 4^{\circ} 3' 22,21'' \times \cos 108^{\circ}$$

$$= 107^{\circ} 39' 14,4'' / 15 = 7 \text{ jam } 10 \text{ detik } 36,97 \text{ detik}$$

$$\text{MP} = 12 - (-0^{\circ} 3' 40,32'') = 12 \text{ jam } 3 \text{ menit } 40,32 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu salat isya}' = \text{MP} + t + \text{kwd} + i$$

$$= 12^{\circ} 3' 40,32'' + 7^{\circ} 10' 36,97'' + (-0^{\circ} 31') + 0^{\circ} 2'$$

$$= 18^{\circ} 45' 17,29'' \text{ atau pukul 18 jam 45 menit } 17,29$$

detik WIB

B. Perbandingan Akurasi *Higher Precision Method* untuk Perhitungan Waktu

Salat dengan *Ephemeris* Kemenag dan *Accurate Times*

1. Perhitungan waktu salat menggunakan data Ephemeris Kemenag

a. Salat Shubuh pada tanggal 30 Maret 2022 di Surabaya

Diketahui :

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

$$\delta : 3^{\circ} 38' 25''$$

$$e : -0^{\circ} 4' 37''$$

$$\text{kwd} : 105^{\circ} - 112^{\circ}45' = -7^{\circ} 45' / 15 = -0 \text{ jam } 31 \text{ menit}$$

$$Z_{\text{shubuh}} = 110^{\circ}$$

$$t \text{ shubuh} = -\tan -7^{\circ}15' \times \tan 3^{\circ} 38' 25'' + 1/\cos -7^{\circ}15' \times 1/\cos 3^{\circ}$$

$$38' 25'' \times \cos 110^{\circ}$$

$$= 109^{\circ} 43' 2,42'' / 15$$

$$= -7 \text{ jam } 18 \text{ menit } 52,16 \text{ detik}$$

$$\text{MP} = 12 - (-0^{\circ} 4' 37'') = 12 \text{ jam } 4 \text{ menit } 37 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu salat subuh} = \text{MP} + t + \text{KWD} + i$$

$$= 12^{\circ} 4' 37'' + (-7^{\circ} 18' 52,16'') + (-0^{\circ} 31') + 0^{\circ} 2'$$

$$= 4^{\circ} 16' 44,84'' \text{ atau pukul } 4 \text{ jam } 16 \text{ menit } 44,84 \text{ detik WIB}$$

b. Salat dhuhur pada tanggal 30 Maret 2022 di Surabaya

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

$$\delta : 3^{\circ} 45' 14''$$

$$e : -0^{\circ} 4' 32''$$

$$\text{kwd} : 105^{\circ} - 112^{\circ}45' = -7^{\circ} 45' / 15 = -0 \text{ jam } 31 \text{ menit}$$

$$\text{MP} = 12 - (-0^{\circ} 4' 32'') = 12 \text{ jam } 4 \text{ menit } 32 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu salat dhuhur} = \text{MP} + \text{KWD} + i$$

$$= 12^{\circ} 4' 32'' + (-0^{\circ} 31') + 0^{\circ} 2'$$

$$= 11^{\circ} 35' 32'' \text{ atau pukul } 11 \text{ jam } 35 \text{ menit}$$

$$32 \text{ detik WIB}$$

c. Salat asar pada tanggal 30 maret 2022 di Surabaya

Diketahui :

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

$$\delta : 3^{\circ} 48' 8''$$

$$e : -0^{\circ} 4' 29''$$

$$\text{kwd} : 105^{\circ} - 112^{\circ}45' = -7^{\circ} 45' / 15 = -0 \text{ jam } 31 \text{ menit}$$

$$Z_{\text{asar}} = \tan [7^{\circ}15' - 3^{\circ} 48' 8''] + 1$$

$$= 46^{\circ} 40'30,08''$$

$$t_{\text{asar}} = -\tan -7^{\circ}15' \times \tan 3^{\circ} 48' 8'' + 1/\cos -7^{\circ}15' \times 1/\cos 3^{\circ} 48'$$

$$8'' \times \cos 46^{\circ} 40'30,08''$$

$$= 45^{\circ} 26' 26,87'' / 15$$

$$= 3 \text{ jam } 1 \text{ menit } 45,79 \text{ detik}$$

$$\text{MP} = 12 - (-0^{\circ} 4' 29'') = 12 \text{ jam } 4 \text{ menit } 29 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu salat asar} = \text{MP} + t + \text{kwd} + i$$

$$= 12^{\circ} 4' 29'' + 3^{\circ} 1' 45,79'' + (-0^{\circ} 31') + 0^{\circ} 2'$$

$$= 14^{\circ}37'14,79'' \text{ atau pukul 14 jam 37 menit 14,79}$$

detik WIB

d. Salat maghrib pada tanggal 30 maret 2022 di Surabaya

Diketahui :

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

$$\delta : 3^{\circ}51'3''$$

$$e : -0^{\circ}4'27''$$

$$\text{kwd} : 105^{\circ} - 112^{\circ}45' = -7^{\circ}45' / 15 = -0 \text{ jam } 31 \text{ menit}$$

$$Z_{\text{maghrib}} = 91^{\circ}$$

$$t_{\text{maghrib}} = -\tan -7^{\circ}15' \times \tan 3^{\circ}51'3'' + 1/\cos -7^{\circ}15' \times 1/\cos 3^{\circ} \\ 51'3'' \times \cos 91^{\circ}$$

$$= 90^{\circ}31'10,81'' / 15 = 6 \text{ jam } 2 \text{ menit } 4,72 \text{ detik}$$

$$\text{MP} = 12 - (-0^{\circ}4'27'') = 12 \text{ jam } 4 \text{ menit } 27 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu salat maghrib} = \text{MP} + t + \text{kwd} + i$$

$$= 12^{\circ}4'27'' + 6^{\circ}2'4,72'' + (-0^{\circ}31') + 0^{\circ}2'$$

$$= 17^{\circ}37'31,72'' \text{ atau pukul 17 jam 37 menit}$$

31,72 detik WIB

e. Salat isya' pada tanggal 30 maret 2022 di Surabaya

Diketahui :

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

$$\delta : 3^{\circ} 52' 2''$$

$$e : -0^{\circ} 4' 26''$$

$$\text{kwd} : 105^{\circ} - 112^{\circ}45' = -7^{\circ} 45' / 15 = -0 \text{ jam } 31 \text{ menit}$$

$$Z_{\text{isya}'} = 108^{\circ}$$

$$t_{\text{isya}'} = -\tan -7^{\circ}15' \times \tan 3^{\circ} 52' 2'' + 1/\cos -7^{\circ}15' \times 1/\cos 3^{\circ} 52' 2'' \times \cos 108^{\circ}$$

$$= 107^{\circ} 40' 30,3' / 15 = 7 \text{ jam } 10 \text{ menit } 42,02 \text{ detik}$$

$$\text{MP} = 12 - (-0^{\circ} 4' 26'') = 12 \text{ jam } 4 \text{ menit } 26 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu salat isya}' = \text{MP} + t + \text{kwd} + i$$

$$= 12^{\circ} 4' 26'' + 7^{\circ} 10' 42,02'' + (-0^{\circ} 31') + 0^{\circ}2'$$

$$= 18^{\circ} 46' 8,02'' \text{ atau pukul } 18 \text{ jam } 46 \text{ menit}$$

$$8,02 \text{ detik WIB}$$

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Berikut adalah tabel perbandingan perhitungan awal waktu salat antara metode *Higher Precision* dengan *Ephemeris Kemenag* :

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

Waktu Salat	Metode Higher Precision	Ephemeris Kemenag
Salat Shubuh	04 : 16 WIB	04 : 16 WIB
Salat Dhuhur	11 : 34 WIB	11 : 35 WIB
Salat Asar	14 : 35 WIB	14 : 37 WIB
Salat Maghrib	17 : 36 : WIB	17 : 37 WIB
Salat Isya'	18 : 45 WIB	18 : 46 WIB

Tabel 1. Hasil perbandingan metode *Higher Precision* dan *Ephemeris Kemenag*.

Kesimpulan :

- Salat Shubuh : tidak ada selisih
- Salat Dhuhur : memiliki selisih sekitar satu menit
- Salat Asar : memiliki selisih sekitar dua menit
- Salat Maghrib : memiliki selisih sekitar satu menit
- Salat Isya' : memiliki selisih sekitar satu menit

Berikut adalah tabel perbandingan perhitungan awal waktu salat antara metode *Higher Precision* dengan *Software Accurate Times* :

$$\varphi : -7^{\circ}15'$$

$$\lambda : 112^{\circ}45'$$

Waktu Salat	Metode Higher Precision	Accurate Times
Salat Shubuh	04 : 16 WIB	04 : 23 WIB
Salat Dhuhur	11 : 34 WIB	11 : 34 WIB
Salat Asar	14 : 35 WIB	14 : 49 WIB
Salat Maghrib	17 : 36 WIB	17 : 35 WIB
Salat Isya'	18 : 45 WIB	18 : 44 WIB

Tabel 2. Hasil perbandingan metode *Higher Precision* dan Accurate Times

Kesimpulan :

- Salat Shubuh : memiliki selisih sekitar 7 menit
- Salat Dhuhur : tidak ada selisih
- Salat Asar : memiliki selisih sekitar 13 menit
- Salat Maghrib : memiliki selisih sekitar satu menit
- Salat Isya' : memiliki selisih sekitar satu menit

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Implementasi *Higher Precision Method* untuk perhitungan waktu salat dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* yaitu dengan menghitung data-data Matahari yang telah diperlukan untuk perhitungan waktu salat. Data-data Matahari yang dapat dihitung dalam *Higher Precision Method* yaitu nilai Asensioekta dan nilai Deklinasi Matahari. Nilai Asensioekta dan nilai Deklinasi Matahari memerlukan beberapa langkah perhitungan yang sudah dijelaskan dalam penelitian ini serta memerlukan beberapa iterasi Metode Newton Raphson untuk mendapatkan nilai yang akurat.

Tingkat akurasi *Higher Precision Method* untuk perhitungan waktu salat dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* dibanding dengan *Ephemeris* Kementerian Agama Republik Indonesia dan *Software Accurate Times* memiliki ketepatan akurasi yang cukup tinggi. Hal ini dibuktikan dengan adanya selisih terkecil yaitu sekitar satu menit dan selisih terbesar adalah dua menit. Sedangkan jika dibandingkan dengan *Software Accurate Times* menghasilkan selisih beberapa satuan menit. Selisih terbesar yaitu 7 menit pada salat shubuh dan 13 menit terjadi pada salat asar. Perbedaan terbesar ini terjadi karena pada *Software Accurate Times* menggunakan lintang tempat dan bujur

tempat $-7^{\circ} 13'$ dan $112^{\circ}43'$ untuk Surabaya, sedangkan pada *Ephemeris* Kemenag dan *Higher Precision Method* menggunakan lintang tempat dan bujur tempat yang sama yaitu $-7^{\circ}15'$ dan $112^{\circ}45'$. Selain itu selisih terbesar juga terjadi karena *Software Accurate Times* menggunakan ketinggian Matahari untuk awal waktu shubuh dan isya' yaitu 18° . Berdasarkan perhitungan dan beberapa perbandingan metode perhitungan awal waktu salat seperti *Ephemeris* Kemenag dan *Software Accurate Times*, *Higher Precision Method* dapat dijadikan alternative untuk mendapatkan data-data posisi Matahari guna menghitung waktu salat.

B. Saran

Penelitian terhadap *Higher Precision Method* untuk perhitungan waktu salat dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet* ini menghasilkan metode yang dapat dijadikan salah satu rujukan dalam menghitung waktu salat. Dengan adanya kemajuan zaman, *Higher Precision Method* dapat diimplementasikan dalam bahasa pemrograman, seperti *Microsoft Office Excel*, *Visual Basic*, *Phyton* dan sebagainya. Meskipun demikian, penelitian ini jauh dari sempurna. Sehingga diharapkan pembaca lebih mendalami dan melakukan kajian ulang terhadap *Higher Precision Method*.

Higher Precision Method dapat dibandingkan dengan beberapa metode perhitungan waktu salat lainnya seperti, metode *Jean Meuss*. Selain itu juga dapat dibandingkan dengan perhitungan dari kitab klasik seperti kitab *Tsamaratul Fikr*, *Durrul Aniq* dan lain sebagainya. Diharapkan pembaca lebih kritis dalam melakukan kajian ulang agar mendapatkan inovasi terbaru.

LAMPIRAN

Ephemeris Hisab Rukyat 2022

29 Maret 2022

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude (°)	Ecliptic Latitude (°)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	8° 17' 18"	-0.76"	7° 36' 15"	3° 16' 59"	0.9982371	16'01.32"	23° 26' 17"	-4 m 53 s
1	8° 19' 47"	-0.76"	7° 38' 32"	3° 17' 58"	0.9982492	16'01.31"	23° 26' 17"	-4 m 53 s
2	8° 22' 15"	-0.76"	7° 40' 48"	3° 18' 56"	0.9982613	16'01.30"	23° 26' 17"	-4 m 52 s
3	8° 24' 43"	-0.76"	7° 43' 05"	3° 19' 55"	0.9982734	16'01.29"	23° 26' 17"	-4 m 51 s
4	8° 27' 12"	-0.76"	7° 45' 21"	3° 20' 53"	0.9982856	16'01.28"	23° 26' 17"	-4 m 50 s
5	8° 29' 40"	-0.76"	7° 47' 38"	3° 21' 52"	0.9982977	16'01.27"	23° 26' 17"	-4 m 50 s
6	8° 32' 09"	-0.76"	7° 49' 55"	3° 22' 50"	0.9983098	16'01.25"	23° 26' 17"	-4 m 49 s
7	8° 34' 37"	-0.76"	7° 52' 11"	3° 23' 49"	0.9983219	16'01.24"	23° 26' 17"	-4 m 48 s
8	8° 37' 05"	-0.76"	7° 54' 28"	3° 24' 47"	0.9983340	16'01.23"	23° 26' 17"	-4 m 47 s
9	8° 39' 34"	-0.75"	7° 56' 45"	3° 25' 46"	0.9983461	16'01.22"	23° 26' 17"	-4 m 47 s
10	8° 42' 02"	-0.75"	7° 59' 01"	3° 26' 44"	0.9983582	16'01.21"	23° 26' 17"	-4 m 46 s
11	8° 44' 30"	-0.75"	8° 01' 18"	3° 27' 42"	0.9983703	16'01.20"	23° 26' 17"	-4 m 45 s
12	8° 46' 59"	-0.75"	8° 03' 34"	3° 28' 41"	0.9983824	16'01.18"	23° 26' 17"	-4 m 44 s
13	8° 49' 27"	-0.75"	8° 05' 51"	3° 29' 39"	0.9983945	16'01.17"	23° 26' 17"	-4 m 44 s
14	8° 51' 56"	-0.75"	8° 08' 08"	3° 30' 38"	0.9984066	16'01.16"	23° 26' 17"	-4 m 43 s
15	8° 54' 24"	-0.75"	8° 10' 24"	3° 31' 36"	0.9984187	16'01.15"	23° 26' 17"	-4 m 42 s
16	8° 56' 52"	-0.75"	8° 12' 41"	3° 32' 35"	0.9984308	16'01.14"	23° 26' 17"	-4 m 41 s
17	8° 59' 21"	-0.75"	8° 14' 58"	3° 33' 33"	0.9984429	16'01.13"	23° 26' 17"	-4 m 41 s
18	9° 01' 49"	-0.75"	8° 17' 14"	3° 34' 31"	0.9984550	16'01.11"	23° 26' 17"	-4 m 40 s
19	9° 04' 17"	-0.75"	8° 19' 31"	3° 35' 30"	0.9984670	16'01.10"	23° 26' 17"	-4 m 39 s
20	9° 06' 46"	-0.75"	8° 21' 47"	3° 36' 28"	0.9984791	16'01.09"	23° 26' 17"	-4 m 38 s
21	9° 09' 14"	-0.75"	8° 24' 04"	3° 37' 26"	0.9984912	16'01.08"	23° 26' 17"	-4 m 38 s
22	9° 11' 42"	-0.74"	8° 26' 21"	3° 38' 25"	0.9985033	16'01.07"	23° 26' 17"	-4 m 37 s
23	9° 14' 11"	-0.74"	8° 28' 37"	3° 39' 23"	0.9985154	16'01.06"	23° 26' 17"	-4 m 36 s
24	9° 16' 39"	-0.74"	8° 30' 54"	3° 40' 22"	0.9985275	16'01.05"	23° 26' 17"	-4 m 35 s

*) for mean equinox of date

DATA BULAN

Jam	Apparent Longitude	Apparent Latitude	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	Horizontal Parallax	Semi Diameter	Angle Bright Limb	Fraction Illumination
0	327° 22' 35"	-5° 07' 28"	331° 24' 44"	-17° 11' 22"	0° 58' 21"	15' 53.98"	63° 35' 12"	0.12423
1	327° 57' 11"	-5° 07' 14"	331° 58' 24"	-16° 59' 02"	0° 58' 20"	15' 53.72"	63° 21' 58"	0.12118
2	328° 31' 46"	-5° 06' 59"	332° 31' 58"	-16° 46' 37"	0° 58' 19"	15' 53.46"	63° 8' 47"	0.11817
3	329° 06' 19"	-5° 06' 41"	333° 05' 27"	-16° 34' 07"	0° 58' 18"	15' 53.20"	62° 55' 38"	0.11519
4	329° 40' 52"	-5° 06' 22"	333° 38' 51"	-16° 21' 32"	0° 58' 17"	15' 52.94"	62° 42' 31"	0.11225
5	330° 15' 24"	-5° 06' 01"	334° 12' 10"	-16° 08' 52"	0° 58' 16"	15' 52.68"	62° 29' 26"	0.10935
6	330° 49' 55"	-5° 05' 38"	334° 45' 23"	-15° 56' 08"	0° 58' 15"	15' 52.41"	62° 16' 23"	0.10647
7	331° 24' 24"	-5° 05' 13"	335° 18' 31"	-15° 43' 18"	0° 58' 14"	15' 52.14"	62° 3' 21"	0.10364
8	331° 58' 53"	-5° 04' 47"	335° 51' 34"	-15° 30' 24"	0° 58' 13"	15' 51.87"	61° 50' 20"	0.10084
9	332° 33' 20"	-5° 04' 18"	336° 24' 32"	-15° 17' 26"	0° 58' 12"	15' 51.60"	61° 37' 19"	0.09807
10	333° 07' 47"	-5° 03' 48"	336° 57' 25"	-15° 04' 23"	0° 58' 11"	15' 51.32"	61° 24' 19"	0.09534
11	333° 42' 12"	-5° 03' 16"	337° 30' 12"	-14° 51' 16"	0° 58' 10"	15' 51.05"	61° 11' 19"	0.09265
12	334° 16' 36"	-5° 02' 42"	338° 02' 55"	-14° 38' 04"	0° 58' 09"	15' 50.77"	60° 58' 19"	0.09000
13	334° 50' 59"	-5° 02' 07"	338° 35' 33"	-14° 24' 48"	0° 58' 08"	15' 50.49"	60° 45' 18"	0.08738
14	335° 25' 21"	-5° 01' 29"	339° 08' 05"	-14° 11' 29"	0° 58' 07"	15' 50.20"	60° 32' 15"	0.08479
15	335° 59' 42"	-5° 00' 50"	339° 40' 33"	-13° 58' 05"	0° 58' 06"	15' 49.92"	60° 19' 12"	0.08225
16	336° 34' 02"	-5° 00' 09"	340° 12' 56"	-13° 44' 37"	0° 58' 05"	15' 49.63"	60° 6' 06"	0.07974
17	337° 08' 20"	-4° 59' 26"	340° 45' 15"	-13° 31' 06"	0° 58' 04"	15' 49.34"	59° 52' 57"	0.07727
18	337° 42' 37"	-4° 58' 41"	341° 17' 28"	-13° 17' 31"	0° 58' 03"	15' 49.05"	59° 39' 46"	0.07484
19	338° 16' 53"	-4° 57' 55"	341° 49' 37"	-13° 03' 52"	0° 58' 02"	15' 48.75"	59° 26' 31"	0.07244
20	338° 51' 08"	-4° 57' 07"	342° 21' 42"	-12° 50' 10"	0° 58' 01"	15' 48.46"	59° 13' 11"	0.07008
21	339° 25' 22"	-4° 56' 17"	342° 53' 41"	-12° 36' 24"	0° 57' 60"	15' 48.16"	58° 59' 47"	0.06776
22	339° 59' 34"	-4° 55' 25"	343° 25' 37"	-12° 22' 35"	0° 57' 58"	15' 47.86"	58° 46' 17"	0.06548
23	340° 33' 45"	-4° 54' 32"	343° 57' 27"	-12° 08' 43"	0° 57' 57"	15' 47.56"	58° 32' 40"	0.06324
24	341° 07' 55"	-4° 53' 37"	344° 29' 14"	-11° 54' 47"	0° 57' 56"	15' 47.26"	58° 18' 57"	0.06103

30 Maret 2022

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude *)	Ecliptic Latitude *)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	9° 16' 39"	-0.74"	8° 30' 54"	3° 40' 22"	0.9985275	16'01.05"	23° 26' 17"	-4 m 35 s
1	9° 19' 07"	-0.74"	8° 33' 11"	3° 41' 20"	0.9985395	16'01.03"	23° 26' 17"	-4 m 35 s
2	9° 21' 36"	-0.74"	8° 35' 27"	3° 42' 18"	0.9985516	16'01.02"	23° 26' 17"	-4 m 34 s
3	9° 24' 04"	-0.74"	8° 37' 44"	3° 43' 17"	0.9985637	16'01.01"	23° 26' 17"	-4 m 33 s
4	9° 26' 32"	-0.74"	8° 40' 01"	3° 44' 15"	0.9985758	16'01.00"	23° 26' 17"	-4 m 32 s
5	9° 29' 00"	-0.73"	8° 42' 17"	3° 45' 13"	0.9985878	16'00.99"	23° 26' 17"	-4 m 32 s
6	9° 31' 29"	-0.73"	8° 44' 34"	3° 46' 11"	0.9985999	16'00.98"	23° 26' 17"	-4 m 31 s
7	9° 33' 57"	-0.73"	8° 46' 50"	3° 47' 10"	0.9986120	16'00.96"	23° 26' 17"	-4 m 30 s
8	9° 36' 25"	-0.73"	8° 49' 07"	3° 48' 08"	0.9986241	16'00.95"	23° 26' 17"	-4 m 29 s
9	9° 38' 54"	-0.73"	8° 51' 24"	3° 49' 06"	0.9986361	16'00.94"	23° 26' 17"	-4 m 29 s
10	9° 41' 22"	-0.73"	8° 53' 40"	3° 50' 05"	0.9986482	16'00.93"	23° 26' 17"	-4 m 28 s
11	9° 43' 50"	-0.72"	8° 55' 57"	3° 51' 03"	0.9986602	16'00.92"	23° 26' 17"	-4 m 27 s
12	9° 46' 19"	-0.72"	8° 58' 14"	3° 52' 01"	0.9986723	16'00.91"	23° 26' 17"	-4 m 26 s
13	9° 48' 47"	-0.72"	9° 00' 30"	3° 52' 59"	0.9986844	16'00.89"	23° 26' 17"	-4 m 26 s
14	9° 51' 15"	-0.72"	9° 02' 47"	3° 53' 58"	0.9986964	16'00.88"	23° 26' 17"	-4 m 25 s
15	9° 53' 43"	-0.72"	9° 05' 04"	3° 54' 56"	0.9987085	16'00.87"	23° 26' 17"	-4 m 24 s
16	9° 56' 12"	-0.71"	9° 07' 20"	3° 55' 54"	0.9987205	16'00.86"	23° 26' 17"	-4 m 23 s
17	9° 58' 40"	-0.71"	9° 09' 37"	3° 56' 52"	0.9987326	16'00.85"	23° 26' 17"	-4 m 23 s
18	10° 01' 08"	-0.71"	9° 11' 54"	3° 57' 51"	0.9987446	16'00.84"	23° 26' 17"	-4 m 22 s
19	10° 03' 36"	-0.71"	9° 14' 10"	3° 58' 49"	0.9987567	16'00.82"	23° 26' 17"	-4 m 21 s
20	10° 06' 05"	-0.71"	9° 16' 27"	3° 59' 47"	0.9987687	16'00.81"	23° 26' 17"	-4 m 21 s
21	10° 08' 33"	-0.70"	9° 18' 44"	4° 00' 45"	0.9987808	16'00.80"	23° 26' 17"	-4 m 20 s
22	10° 11' 01"	-0.70"	9° 21' 01"	4° 01' 43"	0.9987928	16'00.79"	23° 26' 17"	-4 m 19 s
23	10° 13' 29"	-0.70"	9° 23' 17"	4° 02' 42"	0.9988049	16'00.78"	23° 26' 17"	-4 m 18 s
24	10° 15' 58"	-0.70"	9° 25' 34"	4° 03' 40"	0.9988169	16'00.77"	23° 26' 17"	-4 m 18 s

*) for mean equinox of date

DATA BULAN

Jam	Apparent Longitude	Apparent Latitude	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	Horizontal Parallax	Semi Diameter	Angle Bright Limb	Fraction Illumination
0	341° 07' 55"	-4° 53' 37"	344° 29' 14"	-11° 54' 47"	0° 57' 56"	15' 47.26"	58° 18' 57"	0.06103
1	341° 42' 04"	-4° 52' 40"	345° 00' 56"	-11° 40' 49"	0° 57' 55"	15' 46.95"	58° 5' 05"	0.05887
2	342° 16' 11"	-4° 51' 41"	345° 32' 33"	-11° 26' 47"	0° 57' 54"	15' 46.64"	57° 51' 04"	0.05674
3	342° 50' 17"	-4° 50' 41"	346° 04' 07"	-11° 12' 43"	0° 57' 53"	15' 46.34"	57° 36' 54"	0.05465
4	343° 24' 22"	-4° 49' 39"	346° 35' 36"	-10° 58' 35"	0° 57' 52"	15' 46.02"	57° 22' 33"	0.05260
5	343° 58' 25"	-4° 48' 36"	347° 07' 01"	-10° 44' 25"	0° 57' 51"	15' 45.71"	57° 7' 59"	0.05059
6	344° 32' 27"	-4° 47' 30"	347° 38' 22"	-10° 30' 13"	0° 57' 49"	15' 45.40"	56° 53' 12"	0.04861
7	345° 06' 27"	-4° 46' 24"	348° 09' 39"	-10° 15' 57"	0° 57' 48"	15' 45.08"	56° 38' 10"	0.04668
8	345° 40' 27"	-4° 45' 15"	348° 40' 51"	-10° 01' 40"	0° 57' 47"	15' 44.76"	56° 22' 52"	0.04479
9	346° 14' 25"	-4° 44' 05"	349° 12' 00"	-9° 47' 19"	0° 57' 46"	15' 44.44"	56° 7' 17"	0.04293
10	346° 48' 21"	-4° 42' 53"	349° 43' 06"	-9° 32' 57"	0° 57' 45"	15' 44.12"	55° 51' 22"	0.04112
11	347° 22' 16"	-4° 41' 40"	350° 14' 07"	-9° 18' 32"	0° 57' 43"	15' 43.79"	55° 35' 05"	0.03934
12	347° 56' 10"	-4° 40' 24"	350° 45' 04"	-9° 04' 06"	0° 57' 42"	15' 43.47"	55° 18' 26"	0.03761
13	348° 30' 02"	-4° 39' 08"	351° 15' 58"	-8° 49' 37"	0° 57' 41"	15' 43.14"	55° 1' 21"	0.03591
14	349° 03' 53"	-4° 37' 50"	351° 46' 49"	-8° 35' 06"	0° 57' 40"	15' 42.81"	54° 43' 48"	0.03425
15	349° 37' 42"	-4° 36' 30"	352° 17' 35"	-8° 20' 33"	0° 57' 39"	15' 42.48"	54° 25' 45"	0.03264
16	350° 11' 30"	-4° 35' 08"	352° 48' 19"	-8° 05' 59"	0° 57' 37"	15' 42.14"	54° 7' 08"	0.03106
17	350° 45' 17"	-4° 33' 45"	353° 18' 58"	-7° 51' 22"	0° 57' 36"	15' 41.81"	53° 47' 55"	0.02952
18	351° 19' 02"	-4° 32' 21"	353° 49' 35"	-7° 36' 44"	0° 57' 35"	15' 41.47"	53° 28' 01"	0.02803
19	351° 52' 45"	-4° 30' 55"	354° 20' 08"	-7° 22' 05"	0° 57' 34"	15' 41.13"	53° 7' 24"	0.02657
20	352° 26' 27"	-4° 29' 28"	354° 50' 38"	-7° 07' 24"	0° 57' 32"	15' 40.79"	52° 45' 59"	0.02515
21	353° 00' 08"	-4° 27' 58"	355° 21' 04"	-6° 52' 41"	0° 57' 31"	15' 40.45"	52° 23' 41"	0.02378
22	353° 33' 47"	-4° 26' 28"	355° 51' 28"	-6° 37' 58"	0° 57' 30"	15' 40.11"	52° 0' 24"	0.02244
23	354° 07' 24"	-4° 24' 56"	356° 21' 48"	-6° 23' 13"	0° 57' 29"	15' 39.76"	51° 36' 04"	0.02115
24	354° 41' 00"	-4° 23' 23"	356° 52' 05"	-6° 08' 27"	0° 57' 27"	15' 39.42"	51° 10' 32"	0.01989

results.out - Notepad

File Edit Format View Help

By the Name of Allah
International Astronomical Center
Accurate Times 5.6, By Mohammad Odeh

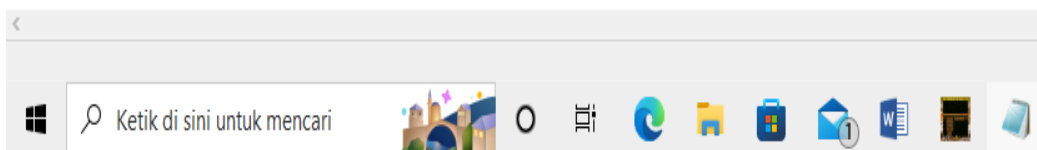
* Settings:-

- Prayer times from: 30/03/2022 CE To: 30/03/2022 CE
- INDONESIA Surabaya, Long: 112:43:00,0, Lat: -07:13:00,0, Ele:0,0, Zone:7,00
- No Summer Time.
- Height above mean sea-level affects rise and set events.
- Sub. Fajer: 0 Min, Sub. Shuroq: 0 Min, Add Dhohur: 0 Min, Add Asr: 0 Min, Add Maghreb: 0 Min
- Fajer Angle: 18 , Isha Angle: 18
- Refraction: Temp.: 10 °C Pres.: 1010 mb Humidity: 60 % Temp.Rate: 0,0065 K/m
- Mazhab: Standard
- City Settings: 0 Km.
- Delta T: 72,9 Second(s)

Date	Fajer B. Twi.	Shuroq Sunrise	Dhohur Transit	Aser -----	Maghreb Sunset	Isha E. Twi.
30/03/2022	04:23	05:32	11:34	14:49	17:35	18:44

* Remarks:-

- Date format: dd/mm/yyyy.
- The Symbol '*' before the date, refers to Summer Time.
- Fajer: Beginning of Astronomical Twilight.
- Shuroq: Sunrise.
- Dhohur: Transit of Sun.
- Maghreb: Sunset.
- Isha: End of Astronomical Twilight.
- ----: There is no event.
- Up: The Sun is always above horizon.
- Down: The Sun is always below horizon.
- Bright: The sky is always bright.
- Dark: The sky is always dark.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Jazari, Imam Ibn Al-Atsir. *“Jami’ Al-Ushul fi Ahadist Al-Rasul”*, Kairo : Maktabah Al-Halwani. 1971.
- Anugraha, Rinto. *Mekanika Benda Langit*. Yogyakarta : 2012.
- Damanhuri, Adi. *Pengamatan dan Penelitian Awal Waktu Shubuh: Semua Bisa Melakukannya*. Sidoarjo : Nizamia Learning Center, 2020.
- Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama, 2008.
- Fathan Zainur Rosyid “Studi Analisis Hisab Awal Waktu Salat Dalam Kitab Tivyan Al-Murid”, (Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2019).
- Hajar, Imam Ibn. *“Bulugh Al-Maram Min Adilat Al-Ahkam”*. Lebanon : Dar El Aker. 1971.
- Halimi Firdausy “Uji Akurasi Perhitungan Awal Waktu Salat Dalam Digital Falak Led Karya Ahmad Tholhah Ma’ruf”, (Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2019).
- Hidayat, Rahmat. *Rukyat Hisab Waktu Salat*. Medan : Radwa Publising, 2021.
- H.R. at-Tirmidzi, Kitab al-‘Alamiyah Nomor 138 Bab Waktu-Waktu Salat, Aplikasi Ensiklopedi Hadis Kitab 9 Imam.
- H.R. Malik, Kitab al-‘Alamiyah Nomor 5 Bab Waktu-Waktu Salat, Aplikasi Ensiklopedi Hadis Kitab 9 Imam.
- Izzuddin, Ahmad. *Ilmu Falak Praktis*. Semarang : Pustaka Rizki Putra, 2002.

Karttunen, Hannu dkk. *Fundamental Astronomy*. Finlandia : Springer, Sixth Edition, 2016.

KEMENAG RI, *Ilmu Falak Praktik*. Jakarta: Sub Direktorat Pembinaan Syariah Dan Hisab Rukyat Direktorat Urusan Agama Islam & Pembinaan Syariah Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama Republik Indonesia, 2002.

Kementerian Agama RI. “*Al- Qur’an Tajwid dan Terjemahan dilengkapi Asbabun Nuzul dan Hadist Sahih*”. Bogor : Sygma exagrafika : 2007.

Khazin, Muhyidin. *Ilmu Falak : dalam Teori dan Praktik*. Yogyakarta, Buana Pustaka.

Khusurur, Misbah. “Mengenal Equation of Time, Mean Time, Universal Time/Greenwich Mean Time Untuk Kepentingan Ibadah”, *Jurnal Pemikiran Hukum dan Hukum Islam*, Vol. 5. no 1. Juni 2014.

Maulidatun Nur Azizah, “Analisis Hisab Awal Waktu Salat Dalam Kita Asy-Syahr, (Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2018).

Mubit, Rizal. “Formulasi Waktu Salat Perspektif Fikih dan Sains”, *Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-ilmu yang Berkaitan*, Vol. 3. No. 2 Desember 2017.

Muhammad Al-Farabi Putra, “Algoritma Peter Duffet Smith Dalam Hisab Awal Bulan Kamariah, (Tesis—UIN Walisongo, Semarang, 2019).

Munawwir, Ahmad Warson al-Munawwir. *Kamus Arab-Indonesia*. Jakarta : Gramedia Pustaka.

Mukarram, Akh. *Ilmu Falak Dasar-dasar Hisab Praktis*. Sidoarjo : Grafika Media,2011.

Salam, Abd. *Ilmu Falak Praktis : Waktu Salat, Arah Kiblat, dan Kalender Hijriyah*. Buku Perkuliahan Program S-1, UIN Sunan Ampel Surabaya.

Smith, Peter Duffett. *Astronomy with Your Personal Computer*. New York : Cambridge University Press 1997.

Smith, Peter Duffett. *Easy Pc Astronomy*. New York : Cambridge University Press 1997.

Smith, Peter Duffett dan Jonathan Zwart. *Practical Astronomy With Your Calculator or Speedsheet*. New York : Cambridge University Press, 2011.

Smith, Peter Duffett. *Practical Astronomy With Your Calculator*. New York : Cambridge University Press, 2007.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A