



Studi Analisis Akurasi Perhitungan Awal Waktu Shalat Menggunakan *Universal Astrolabe*

Imron Hadi^{a,1}, Leni Karlina^{b,2}

^{a,b} Universitas Islam Negeri Mataram

Jalan Gajah Mada No. 100 Jempong Baru, Kec. Sekarbelo, Kota Mataram 83116, Indonesia

¹imronhadi@uinmataram.ac.id; ²lenikarlina@gmail.com

Abstract: Universal Astrolabe is a type of Astrolabe that can be used in any region or latitude. This paper examines the accuracy of the Universal Astrolabe in determining the start of the five daily prayer times (Fajr, Zuhur, Asr, Maghrib and Isha). The purpose of this study was to determine the accuracy of the calculation method for determining the beginning of prayer times using the Universal Astrolabe. Astrolabe is one of the classical astronomical instruments that describes the celestial sphere in two dimensions and was originally used to determine the position of the Sun. Astrolabe comes from the Greek language which consists of the word "aster" which means star, and the word "labio" which means take, understand, and catch. In simple terms, Astrolabe can be interpreted as a tool to study the Stars. This instrument is a type of calculating tool. The function of the Astrolabe is very complex, namely to determine the position of the Sun or other stars, to determine the zodiac and its circulation scale, to determine the height of an object and determine solar time. The results showed that the method of calculating the initial prayer time applied in the Universal Astrolabe was the method of reading directly on the plate. The initial calculation of prayer times using the Universal Astrolabe results in a calculation difference between 0-3 minutes and the prayer time schedule set by the Ministry of Religion of the Republic of Indonesia, so it is considered quite accurate. This difference can be influenced by the diameter of the Universal Astrolabe and the accuracy of the reader when reading the curves and numbers listed on the Universal Astrolabe.

Keywords: *Prayer Times, Accuracy, Universal Astrolabe.*

Abstrak: *Universal Astrolabe* adalah jenis Astrolabe yang dapat digunakan di wilayah atau garis lintang mana pun. Tulisan ini mengkaji keakuratan Astrolabe Semesta dalam menentukan awal waktu shalat lima waktu (Fajr, Zuhur, Ashar, Maghrib dan Isya). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keakuratan metode perhitungan penentuan awal waktu sholat menggunakan *Universal Astrolabe*. *Astrolabe* adalah salah satu instrumen astronomi klasik yang menggambarkan bola langit dalam dua dimensi dan pada awalnya digunakan untuk menentukan posisi Matahari. *Astrolabe* berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari kata “aster” yang berarti bintang, dan kata “labio” yang berarti mengambil, memahami, dan menangkap. Secara sederhana, *Astrolabe* dapat diartikan sebagai alat untuk mempelajari Bintang. Alat ini merupakan jenis alat hitung. Fungsi *Astrolabe* sangat kompleks, yaitu untuk menentukan posisi Matahari atau bintang lainnya, untuk menentukan zodiak dan skala peredarnya, untuk menentukan ketinggian suatu benda dan menentukan waktu matahari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode penghitungan waktu sholat awal yang diterapkan di *Universal Astrolabe* adalah metode pembacaan langsung di atas piringan (*plate*) *Astrolabe*. Perhitungan awal waktu shalat menggunakan *Universal Astrolabe* menghasilkan selisih perhitungan antara 0-3 menit dengan jadwal waktu shalat yang ditetapkan oleh Kemenag RI, sehingga dianggap cukup akurat. Selisih ini dapat dipengaruhi oleh diameter dari *Universal Astrolabe* maupun ketelitian pembaca pada saat membaca kurva dan angka-angka yang tertera pada *Universal Astrolabe*.

Kata Kunci: *Waktu Shalat, Akurasi, Universal Astrolabe.*

A. Pendahuluan

Astrolabe adalah salah satu instrumen klasik astronomi yang merupakan penggambaran dua dimensi dari bola langit yang pada awalnya digunakan untuk mengetahui posisi *Matahari*.¹ *Astrolabe* merupakan sebuah kata yang berasal dari bahasa Yunani, kata “aster” yang berarti *Bintang*, dan kata “labio” yang berarti ambil, paham, tangkap. Secara sederhana, *Astrolabe* dapat diartikan sebagai alat untuk memahami *Bintang*.² Instrumen ini termasuk ke dalam jenis alat hitung. Fungsi dari *Astrolabe* sangat kompleks, yaitu berfungsi dalam penentuan posisi *Matahari* serta *Bintang*, untuk mengetahui zodiak beserta skala peredarannya, untuk mengetahui ketinggian suatu benda dan menentukan waktu surya (*solar time*) dengan cara memanfaatkan fenomena alam. *Astrolabe* sebagai alat untuk mengintai *Bintang* dapat digunakan untuk menemukan posisi *Bintang-Bintang* di langit dan mengukur ketinggiannya. Adapun *Astrolabe* sebagai alat yang dipakai dalam bidang astronomi, yaitu digunakan dalam penentuan waktu surya (*solar time*) dengan membaca posisi *Matahari* disiang hari dan *Bintang* tertentu dimalam hari.³

Secara umum, *Astrolabe* terdiri dari dua jenis yaitu *Astrolabe Lokal* dan *Astrolabe Universal*. *Astrolabe Lokal* merupakan jenis *Astrolabe* yang hanya dapat digunakan di suatu daerah atau wilayah tertentu yang sesuai dengan lintang yang ada pada *platanya* dan jika ingin menggunakan di wilayah yang berbeda maka harus mengganti *plate* sesuai dengan wilayah tersebut. Sedangkan *Astrolabe Universal* merupakan jenis *Astrolabe* yang dapat digunakan di sembarang wilayah karena *platanya* di desain untuk semua lintang.⁴ Gagasan tentang *Astrolabe Universal* berawal ketika ditemukannya sebuah *plate* horizontal yang cocok untuk semua lintang yang dibuat oleh seorang sarjana Andalusia yaitu Ali bin Khalaf al-Syakkaz pada abad ke lima Hijriyah yang kemudian *plate* ini dikenal dengan *al-Syakkaziyah*.⁵ *Plate al-Sakkaziyah* kemudian dikembangkan oleh Ibrahim bin Yahya al-Zarqali atau yang lebih dikenal dengan ibn al-Zarqali menjadi sebuah instrumen yang disebut *Saphaea*, yang di dalam bahasa Arabnya disebut dengan *Safaih* (lempengan) dan merupakan bagian yang paling penting dari *Astrolabe*.⁶ *Saphaea* merupakan nama lain dari *Astrolabe universal* yang berupa *latitude-independent*, yaitu jenis *Astrolabe*

¹Nur Rohmah, “Astrolabe RHI dalam Menentukan Panjang Bayangan Awal Waktu Zuhur dan Asar”, (*Skripsi*, FSH UIN Walisongo, Semarang, 2017), hlm. 2.

²James E. Morrison, *The Astrolabe*, (Rehoboth Beach, DE USA: Janus, 2006), hlm. 1.

³Fathor Rausi, “Astrolabe; Instrumen Astronomi Klasik dan Kontribusinya dalam Hisab Rukyat”, *Elfalaky Jurnal Ilmu Falak*, Vol. 3, No. 2, 2019, hlm. 122.

⁴*Ibid.*

⁵Fathor Rausi, “Astrolabe...”, hlm. 121.

⁶*Ibid.*, hlm. 121.

yang dapat diaplikasikan di sembarang wilayah karena tidak bergantung pada koordinat lokasi atau tempat tertentu. *Astrolabe* ini juga dilengkapi dengan garis-garis yang memudahkan untuk mengaplikasikan teori *spherical astronomy*, yang dimana garis-garis itu merupakan data-data lintang suatu tempat.⁷ Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, salah satu fungsi *Astrolabe* yaitu untuk menentukan posisi Matahari. Hal ini tentu saja dapat juga dimanfaatkan untuk mengetahui atau menghitung waktu shalat. Adapun yang dimaksud dengan waktu shalat di sini ialah awal masuknya waktu shalat. Shalat merupakan salah satu ibadah yang ada batasan waktunya, yaitu batas awal maupun batas akhir.⁸ Waktu shalat dapat ditentukan berdasarkan posisi Matahari sebagaimana firman Allah dalam Alquran Surah Al-Isra ayat 78 dan Surah Hud ayat 114, berikut:

أَقِمِ اصْلَوَةً لِدُلُوكِ اشْمَسٍ إِلَى غَسَقِ الْيَلِ وَقُرْآنَ الْفَجْرِ كَانَ مَشْهُودًا

Artinya: *Laksanakanlah shalat sejak Matahari tergelincir sampai gelapnya malam dan (laksanakanlah pula shalat) shubuh. Sesungguhnya shalat shubuh itu disaksikan (oleh malaikat).* (QS. Al-Isra 17:78)⁹

وَأَقِمِ اصْلَوَةً طَرَفِيِّيْ إِنَّهَارَ وَزُلْفَامِنَ الَّيْلِ إِنَّ الْحَسَنَتِ يُذْهِبُنَ السَّيِّئَاتِ ذَلِكَ ذِكْرَى
لِذَكْرِيْنَ

Artinya: *Dan laksanakanlah shalat pada kedua ujung siang (pagi dan petang) dan pada permulaan malam. Perbuatan-perbuatan baik itu menghapus kesalahan-kesalahan. Itulah peringatan bagi orang-orang yang selalu mengingat (Allah).* (QS. Hud 11: 114)¹⁰

Para ahli tafsir memahami ayat tersebut di atas sebagai perintah shalat lima waktu. *Matahari* tergelincir untuk waktu Zuhur, Asar, dan Magrib. Gelap malam untuk waktu shalat Isya, dan fajar untuk waktu shalat Subuh. Begitu juga dengan ayat berikutnya, menginformasikan tentang waktu-waktu shalat pada kedua tepi siang (pagi dan petang) yakni shalat Subuh dan Magrib. Kedua shalat ini mengapit shalat-shalat lainnya di siang hari, yaitu shalat Zuhur dan Asar. Dan permulaan malam merupakan waktu shalat Isya. Universal *Astrolabe* yang peneliti gunakan ini merupakan *Universal Astrolabe* pertama yang ada di Indonesia, sehingga penulis untuk meneliti keakuratannya dalam menentukan awal waktu shalat.

⁷Fathor Rausi, “Astrolabe...”, hlm. 129.

⁸Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak*, (Jakarta: Pustaka al-Kautsar, 2015), hlm. 147.

⁹Alquran dan Terjemahan, Qs al-Isra [17] : 78.

¹⁰Alquran dan Terjemahan, Qs Hud [11] : 114

B. Sejarah *Universal Astrolabe*

Jika dilihat dari sejarahnya, para sejarawan belum mengetahui secara pasti siapa yang pertama kali menemukan *Astrolabe*, walaupun konsep dari *Astrolabe* sudah ditemukan sejak sebelum abad ke-2 sebelum masehi (SM).¹¹ Namun secara fisik *Astrolabe* muncul pada abad ke-4 Masehi dan menjadi umum pada abad ke-7 Masehi. Ada juga yang mengatakan *Astrolabe* secara fisik sudah muncul sekitar 26 Sebelum Masehi sebagaimana disebutkan dalam karya Marcus Vitruvius Pilo. Ia menggambarkan sebuah jam di Alexandria yang memiliki *Bintang-Bintang* pada bidang yang berputar di belakang bingkai kawat. Sumber-sumber informasi mengenai *Astrolabe* kebanyakan berasal dari peradaban Yunani kuno.¹² Pada awalnya Hipparchus diduga sebagai orang yang pertama kali menemukan *Astrolabe*. Namun dugaan tersebut dipatahkan oleh Eudoxus dari Cridus (408-335 SM) seorang murid Plato dengan membuat jam *Matahari* yang oleh beberapa sumber disebut sarang laba-laba. Ini merupakan bentuk kasar dari *Astrolabe* pertama kali.¹³ Menurut Otto Neugebaur dalam David A. King, “The Origin of the *Astrolabe* According to the Medieval Islamic Sources”, teori proyeksi dua dimensi dari pergerakan benda langit pertama kali dirumuskan oleh Hipparchus dan *Astrolabe* yang ada pada abad pertengahan pertama kali digambarkan oleh Theon dari Alexandria (375 M). Pada hakikatnya, Hipparchus merupakan tokoh yang pertama kali memperbaiki proyeksi pergerakan benda langit pada *Astrolabe*. Refleksi lengkap tentang proyeksi pergerakan benda langit pada *Astrolabe* pertama kali dilakukan oleh Claudius Ptolomeaus yang hidup di Alexandria pada tahun 127 M. Tidak hanya itu, Ptolomeaus juga memperbaiki dasar-dasar geometri pergerakan benda langit pada *Astrolabe* sesuai dengan teori geosentrisnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa Hipparchus sebenarnya bukan penemu *Astrolabe*, tetapi merupakan orang yang menyempurnakan teori proyeksi.¹⁴ Pada awalnya *Astrolabe* terbentuk dari sebuah teori proyeksi stereografik yang dituangkan dalam sebuah alat sederhana. Proyeksi stereografi yaitu suatu proyeksi dari benda langit pada suatu bidang datar dengan komponen-komponen yang bisa bergerak untuk menemukan benda-benda langit pada setiap waktu dan tanggal.¹⁵ Proyeksi stereografik berfungsi untuk merepresentasikan permukaan bola pada sebuah bidang datar. Dalam bentuk umum dari proyeksi stereografik, suatu sinar berasal dari suatu

¹¹Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Khazanah Astronomi Islam Abad Pertengahan*, (Purwokerto: UM Purwokerto Press, 2016), hlm. 338.

¹²James E. Morrison, *The ...* hlm. 37

¹³Ibid, hlm. 47.

¹⁴David A. King, “The Origin of the *Astrolabe* According to the Medieval Islamic Sources”, *Journal for the History of Arabics Science*, Vol. 5, No. 2, 2019, hlm. 122.

¹⁵James E. Morrison, *The...*, hlm. 40.

titik pada permukaan bola yang akan diproyeksikan dan diarahkan ke titik lain di permukaan bola. Titik proyeksi terletak pada titik di mana sinar melewati bidang tegak lurus terhadap diameter yang berasal dari proyeksi dan memotong bola.¹⁶

Titik terang sejarah awal *Astrolabe* dimulai sejak Helenistik Alexandria, kemudian menyebar ke Utara, Bizantium dan ke Timur, dunia Islam. *Astrolabe* mulai dikenal oleh orang-orang India melalui dunia Islam. Pengetahuan tentang *Astrolabe* terus berkembang seiring perkembangan ilmu dalam dunia Islam, sehingga *Astrolabe* dikenal di dunia Barat, Afrika Utara dan Spanyol. Pada abad pertengahan, orang-orang Latin yang melakukan perjalanan ke Spanyol kembali ke daerahnya dengan membawa pengetahuan tentang *Astrolabe*. Jauh sebelum itu, *Astrolabe* diduga sudah dikenal sejak masa Nabi Idris sebagaimana yang disebut dalam beberapa sumber Arab. Pendapat tersebut didasarkan pada nama *Astrolabe* tersebut berasal dari peristiwa yang dialami oleh anak Nabi Idris, yaitu Lab. Lab yang memiliki pengetahuan dalam bidang astronomi mempunyai kebiasaan bermain-main dan melukis di atas pasir. Suatu ketika, Lab menggambar sebuah garis-garis lingkaran yang putus-putus di atas pasir. Kemudian, salah satu saudaranya bertanya, *man sajara haža?* (siapa yang membuat garis-garis ini?). Saudaranya yang lain menjawab, *sajarahu Lab* (yang membuat garis-garis itu adalah Lab). Berawal dari kisah ini, maka alat tersebut disebut *usturlab*, nisbah kepada Lab dan aktivitas menggambarnya di atas pasir. Ilmuwan yang juga menaruh perhatian besar terhadap *Astrolabe* adalah Saxon Iskandari yang hidup pada abad ke-4. Dia menulis buku tentang *Astrolabe*, *al-„Amal bi Žat al-Halaq* dan *al-„Amāl bi al-Uṣṭurlāb*. Pembuatan *Astrolabe* berkembang pesat di Harran, dan dari sanalah tersebar ke dunia Islam.

Di dunia islam, *Astrolabe* kemungkinan dikenalkan pada abad ke-8 dan 9 Masehi melalui terjemahan dari naskah-naskah kuno pada era Abbasiyah, khususnya masa pemerintahan Harun al-Rasyid (786-809 M) dan Putranya al-Makmun (813-833 M). ilmuwan muslim yang pertama kali membuat *Astrolabe* di Timur Tengah adalah Abu Ishaq Muhammad bin Ibrahim al-Fazari, seorang tokoh ahli falak yang berasal dari Persia dan hidup pada masa dinasti Abbasiyah era Khalifah Abu Ja'far al-Mansur. *Astrolabe* karyanya merupakan *Astrolabe* lingkaran dengan tujuh lingkaran logam yang tersusun dan bergerak serta berfungsi sebagai alat pengukur layaknya *Astrolabe* datar.¹⁷ Lalu kemudian pengetahuan mengenai *Astrolabe* tersebar secara luas pada abad ke-9 Masehi dengan munculnya Ahmad bin Muhammad al-Farghani dengan karyanya terkait *Astrolabe* San'ah al-Usturlab wa al-Burhan 'Alaih dan

¹⁶ Abdul Kohar dan Ma'shum Ahmad, *Pengaplikasian Instrumen Astronomi Klasik Dalam Hisab Awal Bulan Kamariyah Instrumen Modern Thabaq Al Manatiq*, (Mataram: Sanabil, 2020), hlm. 60.

¹⁷ Fathor Rausi, "Astrolabe...", hlm. 125.

‘Amal al-Usturlab yang membahas mengenai konstruksi *Astrolabe* dan instruksi lengkap desainnya.¹⁸ Pada abad ke-10 Masehi, *Astrolabe* kemudian dimodifikasi menjadi lebih sederhana untuk kepentingan navigasi. *Astrolabe* yang dibuat oleh ilmuwan muslim pada umumnya terdiri dari satu buah lubang pengintai dan dua buah piringan dengan skala derajat yang diletakkan sedemikian rupa untuk menyatakan ketinggian dan azimuth benda langit.¹⁹

Di Eropa, *Astrolabe* mulai dikenal bersamaan dengan masa dinasti Umayah II di Cordova, Spanyol. Orang yang paling berjasa mengenalkan *Astrolabe* di bumi Andalusia yaitu Ibrahim Yahya al-Zarqali, yang oleh orang Eropa lebih dikenal dengan Arzachel. Al-Zarqali merupakan seorang ahli matematika dan astronom legendaris Toledo, Spanyol. Al-Zarqali berhasil mengkonstruksi sebuah instrumen astronomi yang dinamakan *equatorium* yang digunakan untuk menghitung *Bintang*. Selain itu, al-Zarqali juga mengembangkan instrumen lain yang dikenal dengan nama *saphaea*, yang dalam bahasa Arab disebut *safihah* atau *safaih* (lempengan) yang merupakan bagian terpenting dari *Astrolabe*.²⁰ *Saphaea* merupakan *Astrolabe* universal berupa latitude-independent. Jenis *Astrolabe* ini tidak bergantung pada koordinat tempat tertentu, sehingga dapat digunakan di sembarang wilayah. *Astrolabe* ini memiliki garis-garis untuk memudahkan aplikasi teori spherical astronomy, dimana garis-garis tersebut adalah data-data lintang suatu tempat.²¹ Akhir abad ke-13, perdagangan dan Perang Salib kembali mengenalkan *Astrolabe* dengan banyak perbaikan dan modifikasi ke Eropa. Pada masa ini, *Astrolabe* benar-benar mengalami perkembangan yang sangat signifikan di Eropa. Alat ini kemudian digunakan di seluruh Eropa pada abad ke-13 hingga saat ini. Salah satu ilmuwan Islam pada abad ini yang memiliki karya tentang *Astrolabe* adalah Yusuf al-Mizzi dengan judul *Risālah al-Mizzi fī al-Uṣṭūrlāb*. al-Mizzi menguraikan dalam kitabnya tentang metode pengukuran ketinggian, menentukan bayang-bayang, mengetahui deklinasi, mengetahui koordinat, mengetahui lingkaran waktu siang dan malam, menentukan waktu-waktu salat, mengetahui zenit kiblat, ketinggian sebuah tiang dan gunung, kedalaman sumur, luas sungai dan yang lainnya.²²

Selanjutnya, perkembangan *Astrolabe* di Indonesia tidak terlepas dari peran Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) yang dipelopori oleh Mutoha Arkanuddin. Rukyatul

¹⁸Ibid, hlm. 125.

¹⁹Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak dari Sejarah Ke Teori dan Aplikasi*, (Depok: PT Agrafindo, 2017), hlm. 30.

²⁰Fathor Rausi, “Astrolabe...,” hlm. 126.

²¹Ibid

²²Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu...* , hlm. 31.

Hilal Indonesia memproduksi *Astrolabe* dengan modifikasi dan pengembangan dari *Astrolabe* kuno jenis Eropa. *Astrolabe* yang diproduksi oleh Rukyatul Hilal Indonesia ini terbuat dari bahan akrilik, dan ada juga yang terbuat dari bahan kayu. Sedangkan untuk peta langitnya didesain dengan computer sesuai dengan lintang dan bujur yang dikehendaki.²³ *Universal Astrolabe* yang peneliti gunakan di dalam penelitian ini merupakan *Astrolabe* yang dibuat oleh Abdul Kohar yang merupakan modifikasi dan pengembangan dari *Universal Astrolabe* karya al-Zarqali. *Astrolabe* ini dibuat dari bahan berupa akrilik. Sedangkan untuk peta langit didesain dengan computer melalui aplikasi *Coreldraw*. Gagasan tentang *Astrolabe* Universal berawal ketika ditemukannya sebuah *plate* horizontal yang cocok untuk semua lintang yang dibuat oleh seorang sarjana Andalusia yaitu Ali bin Khalaf al-Syakkaz pada abad ke lima Hijriyah yang kemudian *plate* ini dikenal dengan *al-Syakkaziyah*.²⁴ *Plate al-Syakkaziyah* kemudian dikembangkan oleh Ibrahim bin Yahya al-Zarqali atau yang lebih dikenal dengan ibn al-Zarqali menjadi sebuah instrumen yang disebut *Saphaea*, yang di dalam bahasa Arabnya disebut dengan *Safaih* (lempengan) dan merupakan bagian yang paling penting dari *Astrolabe*.²⁵ *Saphaea* merupakan nama lain dari *Astrolabe* universal yang berupa *latitude-independent*, yaitu jenis *Astrolabe* yang dapat diaplikasikan di sembarang wilayah karena tidak bergantung pada koordinat lokasi atau tempat tertentu. *Astrolabe* ini juga dilengkapi dengan garis-garis yang memudahkan untuk mengaplikasikan teori *spherical astronomy*, yang dimana garis-garis itu merupakan data-data lintang suatu tempat.²⁶

C. Biografi Al-Zarqali Penemu *Universal Astrolabe*

Abu Ishaq Ibrahim Ibnu Yahya an-Naqqasy al-Qurthuby al-Andalusy atau lebih dikenal dengan nama al-Zarqali (w. 480 H/1087 M), merupakan seorang ahli matematika sekaligus astronom yang termansur di wilayah Andalusia-Spanyol pada awal abad ke 11 Masehi. Al-Zarqali lahir di Kordova, Spanyol pada tahun 420 H/1029 M. Meskipun lahir di Kordova, namun aktifitasnya lebih banyak ia lakukan di Toledo. Al-Zarqali dikenal sebagai tokoh popular dengan observasi benda-benda langit dan ahli dalam sejumlah instrumen astronomi. Kreasi terkenalnya di bidang instrumen astronomi yaitu *ash-Shahifah az-zarqaliyyah* (lempeng zarqali) atau yang sekarang lebih dikenal dengan nama *Universal Astrolabe*. Kreasi ini merupakan pengembangan yang ia lakukan terhadap *Astrolabe* klasik. Selain *Universal Astrolabe*, kreasi lainnya yaitu tabel astronomi yang ia susun di Toledo.

²³Fathor Rausi “Astrolabe... , hlm. 127.

²⁴Fathor Rausi, “Astrolabe..., hlm. 121.

²⁵Ibid.

²⁶Ibid, hlm. 129.

Sedangkan karya tulisnya antara lain yaitu, *al-Mukhtasshah fi Qiranat al-Kawakib ‘ala Thariqah Ashab al-Mutsallasat* dan *al-Maqalah az-Zarqaliyyah fi Tadbir al-Kawakib*.²⁷

D. PENENTUAN AWAL WAKTU SHALAT MENGGUNAKAN *UNIVERSAL ASTROLABE*

1. Data-Data yang Digunakan

Dalam perhitungan awal waktu shalat menggunakan *Universal Astrolabe* di kelurahan Jempong Baru Kecamatan Sekarbelia Kota Mataram, data-data yang dibutuhkan yaitu:

- a. Lintang Tempat : $-8^{\circ}36'26''$ (LS)
- b. Bujur Tempat : $116^{\circ}06'09''$ (BT)
- c. Bujur Daerah : 120°
- d. Koreksi Waktu Daerah: $(BD-BT)/15 = (120^{\circ}-116^{\circ}06'09'')/15 = 0^{\circ}15'35''$
- e. Mencari nilai Bujur Ekliptika Matahari, untuk mendapatkan nilai bujur ekliptika Matahari maka langkah yang harus dilakukan yaitu pertama tentukan tanggal yang ingin dihitung waktu shalatnya. Misal tanggal 11 Desember 2021, lalu kemudian perhatikan bagian belakang dari *Universal Astrolabe*. Putar alidade ke arah angka 11 Desember, dan perhatikan angka dan zodiak yang ditunjuk oleh alidade dari *Universal Astrolabe*. Berdasarkan observasi pada *Universal Astrolabe* angka yang ditunjuk oleh alidade yang bertepatan dengan angka 11 Desember yaitu $19^{\circ}40'$ pada zodiak Sagitaurus, seperti yang terlihat pada gambar berikut.

Selanjutnya putar *Universal Astrolabe* dan perhatikan bagian depannya. Kemudian hitung bujur ekliptika Matahari dengan berpatokan pada posisi Matahari yang didapat sebelumnya yaitu dengan nilai $19^{\circ}40'$ di zodiak Sagitaurus dan dimulai dari titik Aries (Perlu diingat, jarak antara zodiak yang satu dengan zodiak lainnya yaitu sebesar 30°). Maka akan didapatkan nilai $259^{\circ}40'$. Jadi bujur ekliptika Matahari pada tanggal 11 Desember 2021 adalah $259^{\circ}40'$.

- f. Mencari nilai *equation of time* (e), nilai *equation of time* dicari dengan cara memutar ruler ke arah nilai bujur ekliptika Matahari sebenarnya. Perpotongan antara ruler dengan kurva *equation of time*, itulah nilai dari *equation of timenya*. Kurva *equation of time* pada *Universal Astrolabe*

²⁷Arwin Juli Rakhmadi Butar Butar, *Fajar dan Syafak dalam Kesarjanaan Astronomi Muslim dan Ulama Nusantara*, (Yogyakarta: LKiS, 2018), hlm. 25.

berwarna merah dengan bentuk agak elips. Untuk mendapatkan nilai *equation of time* pada tanggal 11 Desember 2021, langkah yang dilakukan yaitu putar ruler ke nilai bujur ekliptika *Matahari* yang sudah didapatkan sebelumnya yaitu senilai $259^{\circ}40'$. Lalu perhatikan perpotongan antara garis yang menunjukkan nilai bujur ekliptika *Matahari* dengan kurva *equation of time*. Angka yang ditunjuk pada ruler antara perpotongan tersebut yaitu 7 menit 30 detik ($7'30''$). Jadi nilai *equation of time* pada tanggal 11 Desember 2021 yaitu $0^{\circ}7'30''$.

- g. Mencari nilai deklinasi *Matahari* (δ), untuk mendapatkan nilai deklinasi *Matahari* langkah pertama yang dilakukan yaitu harus mengetahui nilai bujur ekliptika *Matahari* terlebih dahulu. Nilai bujur ekliptika yang sudah didapatkan pada tanggal 11 Desember 2021 yaitu senilai $259^{\circ}40'$, kemudian tandai angka tersebut lalu hitung jumlah kotak dari titik yang ditandai itu sampai dengan garis ekuator. Jumlah kotak jika dihitung dari titik bujur ekliptika *Matahari* $259^{\circ}40'$ menuju garis ekuator yaitu sebanyak 23 kotak, ini berarti deklinasi *Matahari* pada tanggal 11 desember 2021 yaitu -23° (karena berada di bawah garis ekuator). Atau bisa juga dengan cara menarik garis dari titik bujur ekliptika *Matahari* mengikuti garis lintang, karena garis lintang pada *Universal Astrolabe* ekuivalen dengan garis deklinasi *Matahari*.

2. Metode Perhitungan Awal Waktu Shalat Menggunakan *Universal Astrolabe*

Data-data yang sudah didapatkan dari *Universal Astrolabe* pada tanggal 11 Desember 2021, yaitu:

$$\text{Lintang} = -8^{\circ}36'26''$$

$$\text{Kwd} = 15'35''$$

$$\text{Bujur Ekliptika Matahari} = 295^{\circ}40'$$

$$\text{Eq} = 7'30''$$

$$\text{Deklinasi} = -23^{\circ}$$

- a. Awal waktu shalat zuhur

Letakkan ruler pada angka 12 di garis waktu bagian bawah ekuator. Geser ruler sejumlah 2 kotak ke arah kiri. Kemudian hitung jumlah kotak yang dilewati ruler dari angka 12 tadi, ini berarti 12 lewat 2 kotak. Perlu diingat nilai 1 kotak yaitu 4 menit atau 1 derajat. Jadi awal waktu zuhur yaitu 12:08 Wita.

b. Awal waktu shalat asar

Untuk menghitung awal waktu asar pada *Universal Astrolabe*, perlu diketahui terlebih dahulu nilai maksimum altitude, sudut cotangen dan tinggi *Matahari*. Untuk mendapatkan nilai maksimum altitude, langkahnya yaitu putar rete sampai garis tengahnya berada pada nilai lintang tempat ($-8^\circ 36'$). Kemudian tandai titik deklinasi pada hari yang ingin ditentukan (-23°). Lalu perhatikan nilai pada mater yang sejajar dengan nilai deklinasi tersebut. Nilai yang ditunjuk pada mater yaitu 67° , lalu ditambah dengan nilai lintang $8,5^\circ$. Maka nilai maksimum latitudenya yaitu $75,5^\circ$. Dari nilai maksimum latitude ini selanjutnya dapat dihitung nilai sudut cotangen. Langkahnya yaitu, pada bagian belakang *Astrolabe* letakan alidade pada angka $75,5^\circ$. Lalu perhatikan perpotongan antara alidade dengan kotak sudut cotangen. Nilai cotangen yang ditunjuk yaitu 1,9 kotak. Geser alidade menuju angka 7 pada sudut cotangen kemudian geser lagi sejumlah 1,9 kotak. Alidade pada sudut cotangen berada pada nilai 8,9 kotak. Kemudian perhatikan angka paling luar dari *plate* yang ditunjuk oleh alidade. Maka itulah nilai ketinggian *Matahari* asar pada waktu itu. Nilai yang ditunjuk alidade yaitu 39° . Jadi nilai tinggi *Matahari* asar yaitu 39° .

Untuk mendapatkan awal waktu asar, perhatikan bagian depan *Universal Astrolabe*. Putar rete ke nilai lintang tempat ($-8^\circ 36'$). Hitung garis pada rete sejumlah nilai tinggi *Matahari* (39°) dimulai dari garis horizon pada rete. Kemudian tarik garis tersebut sampai berpotongan dengan garis deklinasi *Matahari*, perhatikan kotak pada mater yang berada di antara perpotongan kedua garis tersebut dan berikan tanda. Kemudian tarik lurus kotak perpotongan tadi menuju garis waktu. Perpotongan tersebut menciptakan sudut waktu 3 lebih 6 kotak ($3^\circ 24'$). Geser ruler ke arah kiri sejumlah 2 kotak (nilai kwd setelah dikurang eqt), ini berarti 3 lebih 8 kotak ($3^\circ 32'$). Jadi awal waktu asar menggunakan *Universal Astrolabe* yaitu pada pukul 15:32 WITA.

c. Awal waktu shalat maghrib

Putar rete ke arah nilai lintang tempat. Tarik garis deklinasi menuju garis horizon. Lihat kotak pada mater yang tepat dengan perpotongan antara kedua garis tersebut dan tandai. Kemudian tarik kotak tersebut menuju garis waktu. Maka sudut waktu yang ditunjuk pada mater yaitu 6 lewat 6 kotak ($6^\circ 24'$ atau 18:20). Geser ruler ke arah kiri 2 kotak, sehingga nilai sudut waktu menjadi 6 lewat 8 kotak ($6^\circ 32'$ atau 18:32). Awal waktu maghrib yaitu pada pukul 18:32 WITA.

d. Awal waktu shalat isya

Putar rete ke arah nilai lintang tempat. Karena tinggi *Matahari* yang dipakai untuk waktu isya adalah -18° , maka hitung garis dis sebelah kiri garis horizon sejumlah 18. Kemudian tarik garis deklinasi menuju garis tersebut dan perhatikan titik perpotongannya. Lihat kotak pada mater yang tepat dengan perpotongan antara kedua garis tersebut dan tandai. Kemudian tarik kotak tersebut menuju garis waktu. Maka sudut waktu yang ditunjuk pada mater yaitu 7 lewat 9 kotak ($7^\circ 36'$ atau 19:36). Geser ruler ke kiri 2 kotak, maka nilai garis waktu menjadi 7 lewat 11 kotak ($7^\circ 44'$ atau 19:44). Awal waktu isya pada pukul 19:44 WITA.

e. Awal waktu shalat subuh

Putar rete ke arah nilai lintang tempat. Karena tinggi *Matahari* yang dipakai untuk waktu isya adalah -20° , maka hitung garis dis sebelah kiri garis horizon sejumlah 20. Kemudian tarik garis deklinasi menuju garis tersebut dan perhatikan titik perpotongannya. Lihat kotak pada mater yang tepat dengan perpotongan antara kedua garis tersebut dan tandai. Kemudian tarik kotak tersebut menuju garis waktu. Namun karena ini yang dihitung waktu subuh, maka garis waktu yang digunakan yaitu garis waktu di atas ekuator. Maka sudut waktu yang ditunjuk pada mater yaitu 4 lewat 5 kotak ($4^\circ 20'$). Geser ruler ke kanan 2 kotak, maka nilai garis waktu menjadi 4 lewat 7 kotak ($4^\circ 28'$). Awal waktu subuh yaitu pada pukul 04:28 WITA.

E. Analisis Terhadap Akurasi Awal Waktu Shalat Menggunakan *Universal Astrolabe*

Penelitian akurasi perhitungan awal waktu shalat menggunakan *Universal Astrolabe* dilakukan dengan menggunakan markaz Jempong-Mataram dengan nilai lintang $-8^\circ 36'26''$ LS dan nilai bujur $116^\circ 06'09''$ BT. Penelitian dilakukan dengan memilih tanggal dan bulan yang berbeda, yaitu pada tanggal 3 April dan 11 Desember tahun 2021. Hal ini peneliti lakukan agar bisa mengetahui keakuratan *Universal Astrolabe* dalam perhitungan awal waktu shalat dengan nilai deklinasi positif dan negatif. Dalam menghitung awal waktu shalat secara astronomis atau ilmu falak, ada beberapa hal yang harus dipersiapkan yaitu:²⁸

1. Nilai bujur tempat (λ^x) dan lintang tempat (ϕ^x). Nilai ini dapat diperoleh dari berbagai sumber yaitu Peta, Tabel, Global Posision System (GPS), dan yang lainnya.

²⁸Slamet Hambali, *Ilmu ...*, hlm. 141.

2. Tinggi Tempat, dapat ditentukan menggunakan altimeter maupun GPS. Tinggi tempat diperlukan untuk menentukan besar kecilnya nilai kerendahan ufuk (ku). Nilai kerendahan ufuk (ku) dapat dihitung dengan rumus, $ku = 0^\circ 1,76' \sqrt{m}$. Kerendahan ufuk (Ku) atau DIP yaitu perbedaan kedudukan antara ufuk (horizon) yang sebenarnya (hakiki) dengan ufuk yang terlihat (mar'i) oleh pengamat pada suatu tempat tertentu.
3. Tinggi Matahari (h_o) saat terbit dan terbenam. Nilai tinggi Matahari dapat ditentukan dengan rumus $h_o = -(ku + ref + sd)$. Tinggi Matahari untuk awal waktu Asar , pertama harus dicari dulu jarak zenith (zm) yang bertepatan dengan datangnya awal waktu zuhur dengan menggunakan rumus, $zm = \delta^m - \phi^x$. Lalu kemudian menentukan tinggi Matahari untuk Awal Asar dengan rumus, $ha = tg zm + 1$. Untuk tinggi Matahari Awal Isya digunakan rumus, h_o Awal Isya= $-17^\circ + h_o$ terbit/terbenam. Untuk tinggi Matahari Awal Subuh digunakan rumus, h_o Awal Subuh= $-19^\circ + h_o$ terbit/terbenam.
Ref, merupakan singkatan dari Refraksi yaitu pembiasan cahaya Matahari karena Matahari tidak dalam posisi tegak, refraksi tertinggi adalah ketika Matahari terbenam yaitu dengan nilai $0^\circ 34'$.
Sd, merupakan singkatan dari semi diameter Matahari yang besar kecilnya tidak menentu tergantung jauh dekatnya bumi dengan Matahari, nilai semi diameter Matahari rata-rata adalah $0^\circ 16'$. Semi Diameter Matahari yaitu jarak antara titik pusat Matahari dengan titik pada piringan terluar atau seperdua garis tengah piringan Matahari (jari-jari).
4. Nilai Deklinasi Matahari (δ^m) dan *Equation of time* (e) pada tanggal yang akan dihitung waktu shalatnya. Deklinasi Matahari adalah jarak Matahari dari lingkaran ekuator diukur sepanjang lingkaran waktu yang melalui Matahari itu hingga titik pusat Matahari tersebut. *Equation of time* atau perata waktu (e) adalah selisih waktu antara Matahari hakiki dengan waktu Matahari rata-rata.
5. Sudut waktu Matahari (t_o). Sudut waktu yaitu sudut pada titik kutub langit yang dibentuk oleh perpotongan antara lingkaran meridian dengan lingkaran waktu yang melalui suatu objek tertentu di bola langit. Besar sudut waktu menunjukkan berapakah jumlah waktu yang memisahkan benda langit yang bersangkutan dari kedudukannya ketika berkulminasi.
6. Koreksi Waktu Daerah (kwd), yaitu koreksi waktu berupa penambahan atau pengurangannya dalam menit sebagai bentuk peyesuaian apabila jadwal waktu shalat digunakan untuk penentuan awal waktu shalat daerah atau kota lain (di luar markaz). Untuk merubah waktu hakiki menjadi waktu daerah

yaitu WIB, WITA, dan WIT maka dapat digunakan rumus: Waktu Daerah (WD)= WH- e +($\lambda^d - \lambda^x$) atau WD= WH- e +(BT^d – BT^x).

λ^d atau BT^d yaitu bujur daerah dengan nilai untuk WIB= 105°, WITA= 120°, dan WIT= 135°. Bujur Tolok Ukur Daerah ini berdasarkan KEPRES No. 41 tahun 1987 negara Republik Indonesia yang membagi waktu Indonesia ke dalam tiga wilayah waktu yaitu Waktu Indonesia Barat (WIB), Waktu Indonesia Tengah (WITA), dan Waktu Indonesia Timur (WIT). λ^x atau BT^x yaitu bujur setempat yang akan dihitung waktu shalatnya.

7. Ihktiyat adalah “pengaman”, yaitu suatu langkah pengamanan dalam perhitungan awal waktu shalat dengan cara menambahkan atau mengurang satu sampai dua menit dari hasil perhitungan yang sebenarnya. Langkah ini merupakan sikap kehati-hatian terhadap kecocokan perhitungan agar hasil perhitungan benar-benar telah masuk pada waktunya.²⁹

Perhitungan awal waktu shalat dalam tinjauan astronomi atau ilmu falak pada tanggal 3 April, dan 11 Desember 2021 di Jempong Baru, Kecamatan Sekarbela Kota Mataram, yaitu sebagai berikut:

1. Perhitungan Awal Waktu Shalat pada tanggal 3 April 2021

a. Hisab Awal Waktu Shalat Zuhur

1) Data yang dibutuhkan

Lintang Tempat (ϕ)	= -8°36'26"
Bujur Tempat (λ)	= 116°06'09"
Koreksi Waktu Daerah (Kwd) = (120°-116°06'09")/15= 0°15'35.4"	
Deklinasi Matahari	= +5°22'28"
Equation of time (e)	= -0°03'17"

2) Rumus yang digunakan

$$\text{Awal waktu Zuhur} = 12-e + \text{kwd}+i$$

²⁹Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar...*, (Jakarta: al-Kautsar, 2015), hlm. 166.

3) Hasil Perhitungan

$$\text{Kulminasi} = 12:00:00$$

$$\text{Equation of time} = \underline{0:03:17-}$$

$$= 12:03:17$$

$$\text{Kwd} = \underline{0:15:35.4+}$$

$$12:18:52.4$$

$$\text{Ihtiyat} = \underline{0:02:00 +}$$

$$12:20:52.4 \text{ WITA}$$

Jadi awal waktu shalat zuhur pada tanggal 3 April 2021 yaitu
12:20:52.4 WITA

b. Hisab Awal Waktu Shalat Asar

1) Data yang dibutuhkan

$$\text{Lintang Tempat } (\phi) = -8^\circ 36' 26''$$

$$\text{Bujur Tempat } (\lambda) = 116^\circ 06' 09''$$

$$\text{Koreksi Waktu Daerah (Kwd)} = (120^\circ - 116^\circ 06' 09'')/15 = 0^\circ 15' 35.4''$$

$$\text{Deklinasi Matahari} = +5^\circ 22' 28''$$

$$\text{Equation of time (e)} = -0^\circ 03' 17''$$

$$\text{Ketinggian Matahari (h) Asar} = \tan(\phi - \delta) + 1$$

$$\text{Cotan h} = \tan(-8^\circ 36' 26'' - 5^\circ 22' 28'') + 1$$

$$\text{Cotan h} = \tan 13^\circ 58' 54'' + 1$$

$$\text{Cotan h} = 0.248988161 + 1$$

$$\text{Cotan h} = 1.248988162$$

$$\text{Tan h} = 1/1.248988162$$

$$\text{Tan h} = 0.8006481$$

$$h = 38.68244341$$

$$h = 38^\circ 40' 56.8''$$

2) Rumus yang digunakan

$$\text{Rumus sudut waktu (t)}$$

$$\cos t = \sin h : \cos \phi^x : \cos \delta^m - \tan \phi^x \cdot \tan \delta^m$$

$$\text{Rumus Awal Waktu Asar}$$

$$\text{Awal waktu Asar} = (12 + t_0) - e + (\lambda^d - \lambda^x) : 15 + i$$

3) Mencari nilai sudut waktu (t)

$$\cos t = \sin 38^\circ 40' 56.8'' / \cos -8^\circ 36' 26'' / \cos 5^\circ 22' 28'' - \tan -8^\circ 36' 26'' \\ \times \tan 5^\circ 22' 28''$$

$$\cos t = 0.625003501 / 0.988737524 / 0.99560384 - (-0.151364718) \times 0.094077836$$

$$\cos t = 0.649154016$$

$$\begin{aligned}
 t &= 49^\circ 31' 19.74'' \\
 t/15 &= 49^\circ 31' 19.74''/15 \\
 &= 03:18:5.32
 \end{aligned}$$

4) Hasil perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Kulminasi} &= 12:00:00 \\
 t/15 &= \underline{03:18:5.32} + \\
 &\quad 15:18:5.32 \\
 \text{Eqt} &= \underline{0:03:17} + \\
 &\quad 15:21:22.32 \\
 \text{Kwd} &= \underline{0:15:35.4} + \\
 &\quad 15:36:57.72 \\
 \text{Ihtiyat} &= \underline{0:02:00} + \\
 &= 15:38:57.72 \text{ WITA}
 \end{aligned}$$

Jadi awal waktu asar pada tanggal 3 April 2021 yaitu 15:38:57.72 WITA.

c. Hisab Awal Waktu Shalat Magrib

1) Data yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 \text{Lintang Tempat } (\phi) &= -8^\circ 36' 26'' \\
 \text{Bujur Tempat } (\lambda) &= 116^\circ 06' 09'' \\
 \text{Koreksi Waktu Daerah (Kwd)} &= (120^\circ - 116^\circ 06' 09'')/15 = 0^\circ 15' 35.4'' \\
 \text{Deklinasi Matahari} &= +5^\circ 22' 28'' \\
 \text{Equation of time (e)} &= -0^\circ 03' 17'' \\
 \text{Ketinggian Matahari (h) Magrib} &= -1^\circ
 \end{aligned}$$

2) Rumus yang digunakan

Rumus Sudut Waktu (t)

$$\cos t = \sin h_o : \cos \phi^x : \cos \delta^m - \tan \phi^x \cdot \tan \delta^m$$

Rumus Awal Waktu Magrib

$$\text{Awal Awal Waktu Magrib} = (12 + t_o) - e + (\lambda^d - \lambda^x) : 15 + i$$

3) Mencari sudut waktu (t)

$$\cos t = \sin -1^\circ / \cos -8^\circ 36' 26'' / \cos 5^\circ 22' 28'' - \tan -8^\circ 36' 26'' \times \tan 5^\circ 22' 28''$$

$$t = 90^\circ 11' 59.68''$$

$$\begin{aligned}
 t/15 &= 90^\circ 11' 59.68''/15 \\
 &= 06:00:47.98
 \end{aligned}$$

4) Hasil perhitungan

$$\text{Kulminasi} = 12:00:00$$

$$\text{Sudut waktu (t)} = \underline{06:00:47.98+}$$

$$= 18:00:47.98$$

$$\text{Eqt} = \underline{0:03:17} +$$

$$= 18:04:4.98$$

$$\text{Kwd} = \underline{0:15:35.4} +$$

$$= 18:19:40.38 \text{ WITA}$$

$$\text{Ihtiyat} = \underline{0:02:00} +$$

$$= 18:21:40.38 \text{ WITA}$$

Jadi awal waktu magrib pada tanggal 3 April 2021 yaitu pukul 18:21:40.38 WITA

d. Hisab Awal waktu Isya

1) Data yang dibutuhkan

$$\text{Lintang Tempat } (\phi) = -8^\circ 36' 26''$$

$$\text{Bujur Tempat } (\lambda) = 116^\circ 06' 09''$$

$$\text{Koreksi Waktu Daerah (Kwd)} = (120^\circ - 116^\circ 06' 09'')/15 = 0^\circ 15' 35.4''$$

$$\text{Deklinasi Matahari} = +5^\circ 22' 28''$$

$$\text{Equation of time (e)} = -0^\circ 03' 17''$$

$$\text{Ketinggian Matahari (h) Isya} = -18^\circ$$

2) Rumus yang digunakan

$$\text{Rumus Sudut Waktu (t)}$$

$$\cos t = \sin h_o : \cos \phi^x : \cos \delta^m - \tan \phi^x \cdot \tan \delta^m$$

$$\text{Rumus awal waktu Isya}$$

$$\text{Awal Waktu Isya} = (12 + t_o) - e + (\lambda^d - \lambda^x) : 15 + i$$

3) Mencari sudut wakttu (t)

$$\cos t = \sin -18^\circ / \cos -8^\circ 36' 26'' / \cos 5^\circ 22' 28'' - \tan -8^\circ 36' 26'' \times \tan 5^\circ 22' 28''$$

$$\cos t = -0.309016994 / 0.988737524 / 0.99560384 - (-0.151364718) \times 0.094077836$$

$$\cos t = -0.299676897$$

$$t = 107^\circ 26' 17.5''$$

$$t/15 = 107^\circ 26' 17.5''/15 \\ = 07:09:45.17$$

4) Hasil perhitungan

$$\text{Kulminasi} = 12:00:00$$

$$\text{Sudut waktu (t)} = \underline{07:09:45.17+}$$

$$= 19:09:45.17$$

$$\text{Eqt} = \underline{0:03:17} +$$

$$= 19:13:2.17$$

$$\text{Kwd} = \underline{0:15:35.4} +$$

$$= 19:28:37.57$$

$$\text{Ihtiyat} = \underline{0:02:00} +$$

$$= 19:30:37.57 \text{ WITA}$$

Jadi awal waktu shalat isya pada tanggal 3 April 2021 yaitu pukul 19:30:37.57 WITA.

e. Hisab Awal Waktu Shalat Subuh

1) Data yang dibutuhkan

$$\text{Lintang Tempat } (\phi) = -8^\circ 36' 26''$$

$$\text{Bujur Tempat } (\lambda) = 116^\circ 06' 09''$$

$$\text{Kwd} = (120^\circ - 116^\circ 06' 09'')/15 = 0^\circ 15' 35.4''$$

$$\text{Deklinasi Matahari } (\delta) = 5^\circ 22' 28''$$

$$\text{Equation of time (e)} = -0^\circ 03' 17''$$

$$\text{Ketinggian Matahari (h)} = -20^\circ$$

2) Rumus yang digunakan

Rumus Sudut Waktu (t)

$$\cos t = \sin h_o : \cos \phi^x : \cos \delta^m - \tan \phi^x \cdot \tan \delta^m$$

Rumus Awal Waktu Subuh

$$\text{Awal Awal Waktu Subuh} = (12 - t_o) - e + (\lambda^d - \lambda^x) : 15 + i$$

3) Mencari Sudut Waktu (t)

$$\cos t = \sin -20^\circ / \cos -8^\circ 36' 26'' / \cos 5^\circ 22' 28'' - \tan -8^\circ 36' 26'' \times \tan 5^\circ 22' 28''$$

$$\cos t = -0.342020143 / 0.988737524 / 0.99560384 - (-0.151364718) \times 0.094077836$$

$$\cos t = -0.333203365$$

$$t = 109^\circ 27' 47.09''$$

$$t/15 = 109^\circ 17' 47.09''/15$$

$$t = 07:17:51.2$$

4) Hasil perhitungan Awal Waktu Subuh

$$\begin{aligned}\text{Kulminasi} &= 12:00:00 \\ \text{Sudut waktu (t)} &= \underline{07:17:51.2} - \\ &= 04:42:8.8 \\ \text{Eqt} &= \underline{0:03:17} - \\ &= 04:45:425.8 \\ \text{Kwd} &= \underline{0:15:35.4} + \\ &= 05:01:01.2 \\ \text{Ihtiyat} &= \underline{0:02:00} + \\ &= 05:03:01.2 \text{ WITA}\end{aligned}$$

Awal waktu shalat Subuh pada tanggal 3 April 2021 yaitu pukul 05:03:01.2 WITA.

2. Hisab Awal Waktu Shalat pada Tanggal 11 Desember 2021

a. Hisab Awal Waktu Zuhur

1) Data yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}\text{Lintang Tempat } (\phi) &= -8^\circ 36' 26'' \\ \text{Bujur Tempat } (\lambda) &= 116^\circ 06' 09'' \\ \text{Koreksi Waktu Daerah (Kwd)} &= (120^\circ - 116^\circ 06' 09'')/15 = 0^\circ 15' 35.4'' \\ \text{Deklinasi Matahari} &= -23^\circ 00' 29'' \\ \text{Equation of time (e)} &= 0^\circ 06' 48''\end{aligned}$$

2) Rumus yang digunakan

$$\text{Awal waktu Zuhur} = 12-e + \text{kwd+i}$$

3) Hasil perhitungan awal waktu zuhur

$$\begin{aligned}\text{Kulminasi} &= 12:00:00 \\ \text{Equation of time} &= \underline{0:06:48} - \\ &= 11:53:12 \\ \text{Kwd} &= \underline{0:15:35} + \\ &= 12:08:47 \\ \text{Ihtiyat} &= \underline{00:03:00} + \\ &= 12:11:47 \text{ WITA}\end{aligned}$$

Awal waktu shalat Zuhur pada tanggal 11 Desember yaitu pukul 12:11:47 WITA.

b. Hisab Awal Waktu Asar

1) Data yang dibutuhkan

$$\text{Lintang Tempat } (\phi) = -8^\circ 36' 26''$$

$$\text{Bujur Tempat } (\lambda) = 116^\circ 06' 09''$$

$$\text{Kwd} = (120^\circ - 116^\circ 06' 09'')/15 = 0^\circ 15' 35''$$

$$\text{Deklinasi Matahari } (\delta) = -23^\circ 00' 29''$$

$$\text{Equation of time } (e) = 0^\circ 06' 48''$$

$$\text{Ketinggian Matahari } (h) \text{ Asar} = \tan(\phi - \delta) + 1$$

$$\text{Cotan } h = \tan(-8^\circ 36' 26'' + 23^\circ 00' 29'') + 1$$

$$\text{Cotan } h = \tan 14^\circ 24' 03'' + 1$$

$$\text{Cotan } h = 0.256771863 + 1$$

$$\text{Cotan } h = 1.256771863$$

$$\text{Tan } h = 1/1.256771863$$

$$\text{Tan } h = 0.79568936$$

$$h = 38.5088928$$

$$h = 38^\circ 30' 32''$$

2) Rumus yang digunakan

Rumus sudut waktu (t)

$$\cos t = \sin h_o : \cos \phi^x : \cos \delta^m - \tan \phi^x \cdot \tan \delta^m$$

Rumus Awal Waktu Asar

$$\text{Awal waktu Asar} = (12 + t_o) - e + (\lambda^d - \lambda^x) : 15 + i$$

3) Mencari Sudut Waktu (t)

$$\cos t = \sin 38^\circ 30' 32'' / \cos -8^\circ 36' 26'' / \cos -23^\circ 00' 29'' - \tan -8^\circ 36' 26'' \times \tan -23^\circ 00' 29''$$

$$\cos t = 0.622636043 / 0.988737524 / 0.920449909 - (-0.151364718) \times (-0.424640754)$$

$$\cos t = 0.619877129$$

$$t = 51^\circ 41' 34.22''$$

$$t/15 = 51^\circ 41' 34.22'' / 15$$

$$t = 03:26:46.28$$

4) Hasil perhitungan Awal waktu Asar

$$\text{Kulminasi} = 12:00:00$$

$$\begin{aligned}\text{Sudut waktu} &= \underline{03:26:46.28} \\ &= 15:26:46.28\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Eqt} &= \underline{0:06:48} - \\
 &= 15:19:58.28 \\
 \text{Kwd} &= \underline{0:15:35} + \\
 &= 15:35:33.28 \\
 \text{Ihtiyat} &= \underline{0:02:00} + \\
 &= 15:37:33.28 \text{ WITA}
 \end{aligned}$$

Awal waktu Asar yaitu pada pukul 15:37:33.28 WITA

c. Hisab Awal Waktu Magrib

1) Data yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 \text{Lintang Tempat } (\phi) &= -8^\circ 36' 26'' \\
 \text{Bujur Tempat } (\lambda) &= 116^\circ 06' 09'' \\
 \text{Kwd} &= (120^\circ - 116^\circ 06' 09'') / 15 = 0^\circ 15' 35'' \\
 \text{Deklinasi Matahari } (\delta) &= -23^\circ 00' 29'' \\
 \text{Equation of time } (e) &= 0^\circ 06' 48'' \\
 \text{Ketinggian Matahari } (h) &= -1^\circ
 \end{aligned}$$

2) Rumus yang digunakan

Rumus Sudut Waktu (t)

$$\cos t = \sin h_o : \cos \phi^x : \cos \delta^m - \tan \phi^x \cdot \tan \delta^m$$

Rumus Awal Waktu Magrib

$$\text{Awal Awal Waktu Magrib} = (12 + t_o) - e + (\lambda^d - \lambda^x) : 15 + i$$

3) Mencari sudut waktu (t)

$$\cos t = \sin -1^\circ / \cos -8^\circ 36' 26'' / \cos -23^\circ 00' 29'' - \tan -8^\circ 36' 26'' \times \tan -23^\circ 00' 29''$$

$$\cos t = -0.017452406 / 0.988737524 / 0.920449909 - (-0.151364718) \times (-0.424640754)$$

$$\cos t = -0.083452339$$

$$t = 94^\circ 47' 13.32''$$

$$t/15 = 91^\circ 30' 20.79'' / 15$$

$$= 06:19:09$$

4) Hasil hitungan awal waktu magrib

$$\text{Kulminasi} = 12:00:00$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sudut waktu } (t) &= \underline{06:19:09} + \\
 &= 18:19:09
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Eqt} &= 0:06:48 - \\
 &= 18:12:21 \\
 \text{Kwd} &= 0:15:35 + \\
 &= 18:27:56 \\
 \text{Ihtiyat} &= 0:02:00 + \\
 &= 18:29:56 \text{ WITA}
 \end{aligned}$$

Awal waktu shalat Magrib pada tanggal 11 Desember yaitu pukul 18:29:56 WITA

d. Hisab Awal Waktu Isya

1) Data yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 \text{Lintang Tempat } (\phi) &= -8^\circ 36' 26'' \\
 \text{Bujur Tempat } (\lambda) &= 116^\circ 06' 09'' \\
 \text{Kwd} &= (120^\circ - 116^\circ 06' 09'') / 15 = 0^\circ 15' 35'' \\
 \text{Deklinasi Matahari } (\delta) &= -23^\circ 00' 29'' \\
 \text{Equation of time } (e) &= 0^\circ 06' 48'' \\
 \text{Ketinggian Matahari } (h) &= -18^\circ
 \end{aligned}$$

2) Rumus yang digunakan

Rumus Sudut Waktu (t)

$$\cos t = \sin h_o : \cos \phi^x : \cos \delta^m - \tan \phi^x \cdot \tan \delta^m$$

Rumus Awal Waktu Isya

$$\text{Awal Awal Waktu Isya} = (12 + t_o) - e + (\lambda^d - \lambda^x) : 15 + i$$

3) Mencari Sudut Waktu (t)

$$\cos t = \sin -18^\circ / \cos -8^\circ 36' 26'' / \cos -23^\circ 00' 29'' - \tan -8^\circ 36' 26'' \times \tan -23^\circ 00' 29''$$

$$\cos t = -0.309016994 / 0.988737524 / 0.920449909 - (-0.151364718) \times (-0.424640754)$$

$$\cos t = -0.403823636$$

$$t = 113^\circ 49' 2.75''$$

$$t/15 = 113^\circ 49' 2.75'' / 15$$

$$= 07:35:16.18$$

4) Hasil perhitungan Awal Waktu Shalat Isya

$$\text{Kulminasi} = 12:00:00$$

$$\text{Sudut waktu (t)} = \underline{07:35:16.18+}$$

$$\begin{aligned}
 &= 19:35:16.18 \\
 \text{Eqt} &= \underline{0:06:48} - \\
 &= 19:28:28.18 \\
 \text{Kwd} &= \underline{0:15:35.4} + \\
 &= 19:44:38.58 \\
 \text{Ihtiyat} &= \underline{0:02:00} + \\
 &= 19:46:38.58 \text{ WITA}
 \end{aligned}$$

Awal waktu shalat Isya pada tanggal 11 Desember yaitu pukul 19:46:38.58 WITA

e. Hisab Awal Waktu Subuh

1) Data yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 \text{Lintang Tempat } (\phi) &= -8^\circ 36' 26'' \\
 \text{Bujur Tempat } (\lambda) &= 116^\circ 06' 09'' \\
 \text{Kwd} &= (120^\circ - 116^\circ 06' 09'') / 15 = 0^\circ 15' 35'' \\
 \text{Deklinasi Matahari } (\delta) &= -23^\circ 00' 29'' \\
 \text{Equation of time } (e) &= 0^\circ 06' 48'' \\
 \text{Ketinggian Matahari } (h) &= -20^\circ
 \end{aligned}$$

2) Rumus yang digunakan

Rumus Sudut Waktu (t)

$$\cos t = \sin h_o : \cos \phi^x : \cos \delta^m - \tan \phi^x \cdot \tan \delta^m$$

Rumus Awal Waktu Subuh

$$\text{Awal Awal Waktu Subuh} = (12 - t_o) - e + (\lambda^d - \lambda^x) : 15 + i$$

3) Mencari Sudut Waktu (t)

$$\cos t = \sin -20^\circ / \cos -8^\circ 36' 26'' / \cos -23^\circ 00' 29'' - \tan -8^\circ 36' 26'' \times \tan -23^\circ 00' 29''$$

$$\cos t = -0.342020143 / 0.988737524 / 0.920449909 - (-0.151364718) \times (-0.424640754)$$

$$\cos t = -0.440087511$$

$$t = 116^\circ 06' 34.07''$$

$$t/15 = 116^\circ 06' 34.07'' / 15$$

$$t = 07:44:26.27$$

4) Hasil perhitungan Awal Waktu Subuh

$$\text{Kulminasi} = 12:00:00$$

Sudut waktu (t)	= <u>07:44:26.27</u> -
	- = 04:15:33.73
Eqt	= <u>0:06:48</u> -
	- = 04:08:45.73
Kwd	= <u>0:15:35</u> +
	+ = 04:24:20.73
Ihtiyat	= <u>0:02:00</u> +
	+ = 04:26:20.73 WITA

Awal waktu shalat Subuh pada tanggal 11 Desember yaitu pukul 04:26:20.73 WITA. Dalam penelitian ini memperoleh data yang dikomparasikan dengan data ephemeris. Data tersebut yaitu data deklinasi Matahari, dan *equation of time*. Berikut adalah perbandingan data *equation of time* yang diperoleh dari *Universal Astrolabe* dan ephemeris.

Tabel 3.1
Data Deklinasi Matahari³⁰

Tanggal	Deklinasi Matahari	
	<i>Universal Astrolabe</i>	Ephemeris
03 April	+5°30'	+5°22'28"
11 Desember	-23°	-23°00'29"

Selain data deklinasi Matahari, data *equation of time* yang peneliti peroleh pada *Universal Astrolabe* juga terdapat perbedaan dengan data *equation of time* yang tercantum pada ephemeris. Berikut adalah data *equation of time* dari *Universal Astrolabe* dan ephemeris.

Tabel 3.2
Data *Equation of time*³¹

Tanggal	Equation of Time	
	<i>Universal Astrolabe</i>	Ephemeris
03 April	-2'40"	-3'17"
11 Desember	7'30"	6'48"

³⁰Kemenag RI, *Ephemeris Hisab Rukyat 2021*

³¹*Ibid.*

Berdasarkan data deklinasi *Matahari* dan *equation of time* dari *Universal Astrolabe* dan ephemeris, diperoleh hasil perhitungan awal waktu shalat secara astronomis dan menggunakan *Universal Astrolabe* seperti pada tabel-tabel berikut:

Tabel 3.3

Hasil Perhitungan Awal Waktu Shalat Secara Astronomis³²

Tanggal	Awal Waktu Shalat Berdasarkan Perhitungan Astronomis				
	Zuhur	Asar	Magrib	Isya	Subuh
03 April	12:22	15:39	18:21	19:30	05:03
11 Desember	12:11	15:37	18:30	19:46	04:26

Tabel 3.4

**Hasil Perhitungan Awal Waktu Shalat Menggunakan
*Universal Astrolabe*³³**

Tanggal	Awal Waktu Shalat Menggunakan <i>Universal Astrolabe</i>				
	Zuhur	Asar	Magrib	Isya	Subuh
03 April	12:20	15:36	18:18	19:26	05:02
11 Desember	12:08	15:32	18:32	19:44	04:28

Tabel 3.5

**Selisih Hasil Perhitungan Awal Waktu Shalat secara Astronomis dan
*Universal Astrolabe*³⁴**

Tanggal	Selisih Awal Waktu Shalat				
	Zuhur	Asar	Magrib	Isya	Subuh
03 April	2 Menit	3 Menit	3 Menit	4 Menit	1 Menit
11 Desember	3 Menit	5 Menit	2 Menit	2 Menit	2 Menit

³²Hasil Perhitungan secara Astronomis

³³Hasil observasi langsung pada *Universal Astrolabe*

³⁴Hasil Perhitungan Selisih Awal Waktu Shalat secara Astronomis dan *Universal Astrolabe*

Tabel 3.6
**Selisih Hasil Perhitungan Awal Waktu Shalat secara Astronomis dan
Universal Astrolabe (keduanya sudah ditambah ihtiyat)³⁵**

Tanggal	Selisih Awal Waktu Shalat				
	Zuhur	Asar	Magrib	Isya	Subuh
03 April	0 Menit	1 Menit	1 Menit	2 Menit	1 Menit
11 Desember	1 Menit	3 Menit	0 Menit	0 Menit	0 Menit

Berdasarkan tabel perhitungan awal waktu shalat secara astronomis pada tabel 1.3, waktu-waktu shalatnya sudah ditambahkan ihtiyat. Ihtiyat yang digunakan pada perhitungan awal waktu shalat secara astronomis pada tabel 1.3 yaitu 2 menit. Sedangkan hasil perhitungan awal waktu shalat menggunakan *Universal Astrolabe* pada tabel 1.4 belum ditambahkan dengan ihtiyat. Pada tabel 1.5 selisih antara perhitungan awal waktu shalat secara astronomis dengan menggunakan *Universal Astrolabe* merupakan selisih sebelum salah satunya ditambah ihtiyat. Sehingga pada tabel 1.6 merupakan selisih kedua perhitungan yang telah ditambahkan dengan ihtiyat. Jika dilihat dari selisih antara perhitungan awal waktu shalat secara astronomis atau ilmu falak dengan perhitungan awal waktu shalat menggunakan *Universal Astrolabe*, maka dapat dikatakan bahwa perhitungan awal waktu shalat menggunakan *Universal Astrolabe* akurat. Namun perlu diingat hal ini tergantung dari ketelitian dan kecermatan pembaca dalam membaca angka-angka yang terdapat pada *plate Universal Astrolabe*. Semakin besar *Universal Astrolabe* yang digunakan, maka semakin akurat juga hasil perhitungan yang didapatkan.

F. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang peneliti paparkan dalam skripsi ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut;

1. Metode perhitungan awal waktu shalat menggunakan *Universal Astrolabe*, yaitu menggunakan metode baca langsung pada *plate*. Dengan metode ini, pengguna *Universal Astrolabe* dapat membaca langsung waktu-waktu yang ditunjuk pada bagian depan *Universal Astrolabe* ketika menggunakan untuk menghitung awal waktu shalat.

³⁵Hasil Perhitungan Selisih Awal Waktu Shalat secara Astronomis dan *Universal Astrolabe* (keduanya sudah ditambah ihtiyat).

2. Analisis akurasi perhitungan awal waktu shalat menggunakan *Universal Astrolabe* dapat dikatakan akurat. Selisih yang ditunjukkan antara perhitungan secara astronomis atau ilmu falak dengan perhitungan langsung pada *Universal Astrolabe* berkisar antara 0-3 menit. Selisih ini dapat dipengaruhi oleh faktor ketelitian pengguna dalam membaca *Universal Astrolabe*.

Daftar Pustaka

1. Buku

as-Syaukani, Imam Muhammad Ali ibn Muhammad. *Nailul Author*, Qahiroh: Darul Hadits) t.t.

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

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

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

Butar-Butar, Arwin Juli Rakhmadi. (2018). *Fajar & Syafak; Dalam Keserjanaan Astronom Muslim dan Ulama Nusantara*. Yogyakarta: LKiS.

Izzudin, Ahmad. (2017). *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*. Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra.

Jamil, A. (2014). *Ilmu Falak (Teori & Aplikasi): Arah Qiblat, Awal Waktu, Dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)*. Jakarta: Amzah.

Kadir, A. (2018). *Formula Baru Ilmu Falak Panduan Lengkap dan Praktis Hisab Arah Kiblat, Waktu-Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*. Jakarta: Amzah.

Kemenag RI Alquran dan Terjemahannya. (2018). Solo: PT Tiga Serangkai Mandiri.

Khazin, Muhyiddin. (2004). *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*. Yogyakarta: Buana Pustaka.

Kohar, Abdul dan Ma'shum Ahmad. (2020). *Pengaplikasian Instrumen Astronomi Klasik dalam Hisab Awal Bulan Kamariyah; Instrumen Thabaq al Manatiq*. Mataram: Sanabil.

Morrison, James E. (2007). *The Astrolabe*. DE USA: Janus Rehoboth Beach.

Simamora. (1985). *Teori, Perhitungan, Keterangan dan Lukisan Ilmu Falak (Kosmografi)*. Jakarta: Pejuang Bangsa.

Tamwafi, Irfan. (2014). *Metode Penelitian*. Sidoarjo: CV Intan XII, Sidoarjo.

Qulub, Siti Tatmainul. (2019). *Ilmu Falak dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi*. Depok: PT Agrafindo.

2. Artikel Jurnal

Khoiri, Ahmad. Penentuan Awal Waktu Shalat Fardhu Dengan Peredaran Matahari. *Jurnal Kajian Pendidikan Sains*.

King, David A. (2019). The Origin of the Astrolabe According to the Medieval Islamic Sources. *Jurnal for the History of Arabics Science*, 5, 122.

Rausi, Fathor. (2019). Astrolabe; Instrumen Astronomi Klasik dan Kontribusinya dalam Hisab Rukyat. *Elfalaky: Jurnal Ilmu Falak*, 3, 121-129.

3. Skripsi, Tesis, atau Disertasi

Anugraha, Rinto. *Mekanika Benda Langit*, Jurusan Fisika Fakultas MIPA UGM, 2012.

Hambali, Slamet. *Ilmu Falak 1 Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Sedunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011.

Rohmah, Nur. (2017). *Astrolabe RHI dalam Menentukan Panjang Bayangan Awal Waktu Zuhur dan Asar*. Semarang: UIN Walisongo.

Taufik, Ichsan dan Arli Ramdhani. (2017). *Aplikasi Penentu Arah Kiblat dan Waktu Shalat Menggunakan Global Position System (GPS) Berbasis Android dengan Menerapkan Perhitungan Spherical trigonometri dan Posisi Matahari*. Bandung: UIN Sunan Gunung Djati.