

## IMPLEMENTASI ALGORITMA MATAHARI DALAM EXPLANATORY SUPPLEMENT TO THE ASTRONOMICAL ALMANAC UNTUK PEMBUATAN JADWAL WAKTU SALAT

**Dewi Fariznadi Winanda**

UIN Sunan Ampel Surabaya

[dewifawinanda@gmail.com](mailto:dewifawinanda@gmail.com)

**Adi Damanhuri**

UIN Sunan Ampel Surabaya

[adidamanhuri@uinsa.ac.id](mailto:adidamanhuri@uinsa.ac.id)

---

**Corresponding Autor:** Dewi Fariznadi Winanda

**Article History:** Submitted: December, 06, 2024; Revised: December, 10, 2024; Published: December, 12, 2024.

---

**Abstract:** Penelitian ini dilatarbelakangi oleh banyaknya metode perhitungan data Matahari untuk penentuan waktu salat yang begitu kompleks, sehingga perlu adanya alternatif perhitungan yang sederhana dan mudah diakses oleh siapa pun. Data Matahari dalam "Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac" menawarkan solusi yang bisa menjawab persoalan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui implementasi algoritma matahari dalam *Explanatory Supplement To The Astronomical Almanac* untuk pembuatan jadwal waktu salat. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif, dengan sumber data primer buku *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus, buku *Mekanika Benda Langit* karya Rinto Anugraha. Untuk perhitungan algoritma Matahari dan proses analisis data, di penelitian ini penulis menggunakan *software Microsoft Excel* agar bisa memudahkan proses perhitungan. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa terdapat 9 langkah perhitungan untuk menghitung waktu salat dengan data Matahari dalam "Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac" dimulai dari menghitung *Julian Day* hingga menentukan jadwal masuknya waktu salat. Data matahari yang dihitung adalah *Equation of Time*, Deklinasi Matahari, dan Semidiameter Matahari. Kemudian hasil dari data Matahari dan waktu salat selama 1900M – 2100M terbilang akurat, keakuratan ini juga terbukti melalui analisis perbandingan dengan teori VSOP2000, yang menunjukkan nilai RMSE yang rendah untuk aspek-aspek kritis seperti *Equation of Time*, Deklinasi Matahari, dan Semidiameter Matahari. Untuk RMSE jadwal waktu salat mulai dari Subuh, terbit Matahari, Duha, Zuhur, Asar, Magrib, dan Isya dihitung dari 1900M – 2100M menghasilkan nilai 6 detik waktu.

**Keywords:** algoritma data matahari, waktu salat, *explanatory supplement*, *astronomical almanac*

## Pendahuluan

Salat adalah pilar kedua dalam agama Islam, setelah syahadat. Secara etimologi, kata “salat” berasal dari bahasa Arab ‘*s}alla*’ yang berarti rahmat dan doa.<sup>1</sup> Dalam konteks syariat, salat didefinisikan sebagai bentuk peribadatan khusus kepada Allah SWT melalui serangkaian ucapan dan tindakan yang spesifik, mulai dari takbir awal hingga salam penutup, serta dilaksanakan dengan niat tertentu dan memenuhi syarat-syarat tertentu.<sup>2</sup> Salat dianggap sebagai ibadah yang paling utama, mirip posisinya sebagai 'kepala' di antara ibadah-ibadah fisik lainnya, dan merupakan ajaran yang diikuti oleh semua nabi. Keunikan salat adalah bahwa ia pertama kali diwajibkan langsung oleh Allah kepada Nabi Muhammad SAW pada malam Isra' dan Mikraj, menegaskan pentingnya dan kedudukannya yang tinggi dalam Islam.<sup>3</sup>

Ayat-ayat Al-Qur'an yang disebutkan menekankan pentingnya salat sebagai sarana mendalami untuk ibadah dan pengaruhnya terhadap moral dan spiritualitas seorang Muslim. Dalam Surah Al-Ankabut (29:45), umat Islam diperintahkan untuk membaca Al-Qur'an dan menjalankan salat sebagai cara untuk menangkal perbuatan tercela dan mencegah kemungkaran, dengan mengingat Allah sebagai aspek terutama dalam ibadah. Surah At-Tahrim (66:6) menggarisbawahi tanggung jawab pemimpin keluarga dalam memastikan keluarganya rajin salat, menunjukkan bahwa salat mengandung nilai kebersamaan serta kesabaran. Surah Al-Baqarah (2:238-239) mengingatkan untuk menjaga kewajiban salat, termasuk salat Wustha, dan untuk melaksanakannya dengan khusyuk. Dalam situasi darurat atau ketakutan, salat masih dapat dilaksanakan dalam kondisi bergerak atau saat berpergian, tetapi ketika situasi telah aman, salat harus dilakukan dengan perhatian penuh sebagai bentuk penghormatan dan pengingat kepada Allah.<sup>4</sup> Secara keseluruhan, ayat-ayat ini menggambarkan salat tidak hanya sebagai ritual keagamaan tetapi juga sebagai prinsip penting untuk kehidupan sehari-hari yang bertakwa dan bermoral.

Dalam praktek keagamaan Islam, penentuan waktu salat adalah salah satu aspek penting yang sangat bergantung pada posisi Matahari.<sup>5</sup> Seiring dengan berlajunya waktu dan kemajuan teknologi, banyak metode perhitungan telah dikembangkan untuk menentukan posisi Matahari secara akurat. Keakuratan ini penting karena posisi Matahari secara langsung menentukan masuknya waktu-waktu salat, seperti Subuh, Dzuhur, Ashar, Maghrib, dan Isya. Setiap waktu salat ini ditandai oleh perubahan posisi Matahari yang spesifik, seperti terbitnya Matahari untuk Subuh atau terbenamnya Matahari untuk Maghrib.

Awalnya, penentuan waktu salat dilakukan secara tradisional melalui pengamatan langsung terhadap posisi Matahari. Namun, metode ini memiliki keterbatasan, terutama di lokasi dengan kondisi geografis atau cuaca yang tidak mendukung pengamatan langsung.<sup>6</sup> Oleh karena itu, kebutuhan akan metode perhitungan yang lebih presisi dan dapat dijadikan acuan menjadi sangat penting. Metode-metode ini berkembang dari perhitungan manual sederhana menjadi penggunaan algoritma yang kompleks dengan bantuan perangkat lunak dan *hardware* modern.

---

<sup>1</sup> Ummi Ayanih, *Dahsyatnya Shalat dan Doa Ibu* (Depok: PT Niaga Swadaya, 2010), 33.

<sup>2</sup> Nur Maslikhatun Nisak and Eko Asmanto, *Buku Ajar FIQIH Madrasah Ibtidaiyah* (Sidoarjo: UMSIDA Press, 2023), 15, <https://press.umsida.ac.id/index.php/umsidapress/article/view/978-623-464-082-3>.

<sup>3</sup> Abas Mansur Tamam, *Islamic World Review: Paradigma Intelektual Muslim* (Jakarta: Spirit Media Press, 2017), 55.

<sup>4</sup> Nor Hadi, *Panduan Shalat dalam Keadaan Darurat* (Bandung: Ruang Kata, 2012), 28.

<sup>5</sup> Dhani Herdiwijaya, “Waktu Subuh: Tinjauan Pengamatan Astronomi” (Majelis Tarjih dan Tajdid Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2017).

<sup>6</sup> Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak: Pedoman Lengkap Tentang Teori dan Praktik Hisab, Arab Kiblat, Waktu Salat, Awal Bulan Qamariyah & Gerhana* (Jakarta: Pustaka Al Kautsar, 2015), 87.

Selain itu, pertumbuhan populasi Muslim di seluruh dunia, termasuk di wilayah non-tradisional, menciptakan kebutuhan akan standarisasi dan kemudahan dalam mengakses informasi waktu salat. Hal ini telah mendorong pengembangan aplikasi dan perangkat lunak yang dapat menyediakan jadwal salat secara otomatis berdasarkan lokasi pengguna. Teknologi ini tidak hanya membantu umat Islam dalam menjalankan ibadah salat dengan tepat waktu tetapi juga menunjukkan integrasi antara kegiatan keagamaan dan kemajuan teknologi.

Setelah berbicara terkait dengan teknologi, di sini penulis menguraikan latar belakang penelitian ini, yang muncul dari kebutuhan akan metodologi yang efisien dan praktis dalam perhitungan posisi Matahari untuk pembuatan jadwal waktu salat. Ada banyak metode yang telah dikembangkan untuk menentukan posisi Matahari dengan akurasi tinggi. Metode-metode ini, seperti yang dikembangkan oleh Jean Meeus<sup>7</sup> atau model VSOP1987<sup>8</sup>, meskipun sangat akurat, cenderung kompleks dan membutuhkan pemahaman mendalam tentang astronomi serta kemampuan penghitungan yang tinggi. Kompleksitas ini sering kali menjadi penghalang bagi individu atau lembaga yang ingin mengadopsi atau mengimplementasikan metode tersebut dalam aplikasi sehari-hari, seperti pembuatan jadwal waktu salat.

Kesulitan dalam penggunaan metode yang kompleks ini menuntut alternatif yang lebih sederhana dan mudah diakses. Dalam konteks ini, algoritma Matahari yang terdapat dalam “Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac” menawarkan solusi yang bisa menjawab persoalan tersebut. Algoritma ini dikenal dengan pendekatannya yang lebih ringkas dan mudah diimplementasikan tanpa mengorbankan tingkat akurasi yang diperlukan untuk keperluan keagamaan. Algoritma tersebut memberikan serangkaian perhitungan yang dirancang untuk mudah diadaptasi dan digunakan dalam pembuatan *software* atau aplikasi yang menghasilkan jadwal waktu salat.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi algoritma Matahari dari “Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac” dalam konteks pembuatan jadwal waktu salat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai langkah-langkah bagi masyarakat umum untuk menghitung jadwal waktu salat, sehingga masyarakat bisa memenuhi kebutuhan umat Islam untuk menjalankan salat lima waktu dengan tepat sesuai posisi Matahari, sambil mempertahankan kesederhanaan dalam perhitungannya. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat dikembangkan sebuah metode yang tidak hanya akurat, tetapi juga mudah diakses dan digunakan oleh masyarakat luas.

## Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif, di mana penulis akan mendeskripsikan terkait langkah-langkah atau implementasi dari algoritma Matahari dalam buku *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac* untuk pembuatan jadwal waktu salat. Sumber data primer dalam penelitian ini adalah buku *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus, buku *Mekanika Benda Langit* karya Rinto Anugraha.

---

<sup>7</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms* (Mill Valley: Willmann Bell inc, 1998); Mira Musrini Barmawi, Muhammad Ichwan, and Rara Restu Lukito, “Implementasi Algoritma Jean Meeus Dalam Menentukan Waktu Shalat,” *MINID (Multimedia Artificial Intelligent Networking Database) Journal* 2, no. 1 (2017): 26–33; Dede Muhammad Isnaeni, Fitri Mintarsih, and Feri Fahrianto, “Implementasi Algoritma Meeus Dalam Penentuan Waktu Shalat Dan Pencarian Masjid Terdekat,” 2015.

<sup>8</sup> P. Bretagnon and G. Francou, “Planetary Theories in Rectangular and Spherical Variables: VSOP87 Solution,” *Astronomy and Astrophysics* 202 (August 1, 1988): 309, <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1988A&A...202..309B>.

Kemudian untuk perhitungan algoritma Matahari dan proses analisis data, di penelitian ini penulis menggunakan *software Microsoft Excel* agar bisa memudahkan proses perhitungan.

## Hasil Penelitian

### *Menghitung Julian Day*

Pertama-tama untuk menghitung posisi Matahari, adalah dengan mengetahui nilai hari Julian atau *Julian Day*. *Julian Day* banyak digunakan dalam proses komputasi data koordinat benda-benda langit, sehingga para ilmuwan menggunakan acuan *Julian Day* sebagai referensi utama untuk menghitung data-data koordinat benda-benda langit. *Julian Day* dapat dihitung sebagai berikut:<sup>9</sup>

$$JD = 1720994.5 + \text{int}(365.25 \cdot y' + C) + \text{int}(30.60001 \cdot (m' + 1)) + d + B + \frac{h}{24} + \frac{n}{1440} + \frac{s}{86400} - \frac{Tz}{24} \quad (1)$$

dengan:

$$y' = y \text{ dan } m' = m \quad \text{jika } m > 2$$

$$y' = y - 1 \quad \text{dan} \quad m' = m + 12 \quad \text{jika} \quad m = 1 \text{ or } 2$$

$$C = -0.75 \quad \text{jika} \quad y' < 0$$

$$C = 0 \quad \text{jika} \quad y' \geq 0$$

$$B = 0 \quad \text{sebelum 5 Oktober 1582, } 0^j$$

$$B = 2 - A + \text{int}\left(\frac{A}{4}\right) \quad \text{untuk 5 Oktober 1582 dan sesudahnya}$$

Persamaan (1) memberikan nilai JD yang dikoreksi untuk zona waktu lokal dengan pengurangan  $\frac{Tz}{24}$ , di mana  $Tz$  merupakan perbedaan zona waktu dari Greenwich (GMT) dalam jam. Tanpa pengurangan ini, nilai JD akan didasarkan pada waktu Greenwich (GMT). Untuk menyederhanakan perhitungan, gunakan  $h = 12$ , sehingga data dihitung dari jam 12:00 waktu lokal, atau waktu lokal rata-rata kulminasi Matahari. Jika dikehendaki ketepatan perhitungan, maka gunakanlah rata-rata jam terjadinya waktu salat di daerah masing-masing.

### *Menghitung Argumen Waktu (T)*

Argumen waktu  $T$ , merupakan *dynamical time* yang terlewati sejak J2000 (01 Januari 2000 di jam 12 TD. Argumen waktu diukur dalam abad Julian yang terdiri dari 36525 hari. Argumen  $T$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$T = \frac{JD - 2451545}{36525} \quad (2)$$

Baiknya referensi waktu ditambahkan dengan koreksi  $\Delta T$ , mengingat koreksi ini diperlukan sebagai dampak adanya perlambatan rotasi Bumi yang tidak dapat diprediksi.<sup>10</sup> Perhitungan  $\Delta T$  dapat dihitung dengan persamaan polynomial yang dihadirkan oleh Fred Espenak dalam <https://eclipsewise.com/help/deltatpoly2014.html>.<sup>11</sup> Persamaan polynomial  $\Delta T$  dalam website

<sup>9</sup> Michelle Chapront-Touze and Jean Chapront, *Lunar Tables and Programs from 4000 B.C. to A.D. 8000* (Virginia: Willmann-Bell, Inc., 1991); Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit* (Yogyakarta: Lab Fisika Material dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA UGM Yogyakarta, 2012).

<sup>10</sup> Meeus, *Astronomical Algorithms*, 77.

<sup>11</sup> Fred Espenak, "EclipseWise - Polynomial Expressions for Delta T," accessed June 27, 2023, <https://eclipsewise.com/help/deltatpoly2014.html>.

Espenak dinyatakan dalam satuan detik, sehingga koreksi ini harus ditambahkan ke dalam perhitungan JD, kemudian membaginya dengan 86400.

**Menghitung argumen Matahari; rata-rata bujur terkoreksi dengan aberasi,  $L$ ; anomali rata-rata Matahari,  $G$ ; bujur ekliptika,  $\lambda$ ; dan kemiringan ekliptika,  $\epsilon$ :**

Dari argumen waktu tersebut maka bisa diperoleh beberapa data Matahari seperti rata-rata bujur Matahari yang terkoreksi dengan aberasi ( $L$ ), kemudian anomali rata-rata Matahari ( $G$ ); bujur ekliptika Matahari ( $\lambda$ ), dan kemiringan ekliptika ( $\epsilon$ ). Data-data tersebut dihitung berdasarkan nilai  $T$  atau nilai argumen waktu berdasarkan nilai *Julian Day* yang telah dihitung sebelumnya.<sup>12</sup>

$$\begin{aligned} L &= 280.460 + 36000.770 T \text{ (nilai harus dalam rentang } 0^\circ - 360^\circ) \\ G &= 357.528 + 35999.050 T \\ \lambda &= L + 1.915 \sin G + 0.020 \sin 2G \\ \epsilon &= 23.4393 - 0.01300 T. \end{aligned} \tag{3}$$

**Menghitung equation of time  $E$ , deklinasi  $\delta$ , semidiameter  $SD$**

Kemudian nilai *equation of time* ( $E$ ), deklinasi ( $\delta$ ), dan semidiameter  $SD$ , dapat dihitung sebagai berikut ini:<sup>13</sup>

$$\begin{aligned} E &= (-1.915 \sin G - 0.020 \sin 2G + 2.466 \sin 2\lambda - 0.053 \sin 4\lambda)/15 \\ \delta &= \sin^{-1}(\sin \epsilon \sin \lambda) \\ SD &= 0.267/(1 - 0.017 \cos G) \end{aligned} \tag{4}$$

**Menghitung Jadwal Waktu Salat**

Pertama-tama, untuk menghitung jadwal waktu salat kita terlebih dahulu menghitung sudut waktu Matahari ( $t$ ), atau *hour angle*, yang merupakan salah satu aspek penting dalam penentuan waktu salat dalam praktik keagamaan Islam. Sudut waktu Matahari mengindikasikan posisi Matahari relatif terhadap meridian lokal seseorang dan berkaitan erat dengan pergerakan harian Matahari di langit.<sup>14</sup> Secara khusus, *hour angle* membantu dalam menentukan momen penting seperti waktu salat Zuhur, yang ditandai saat Matahari tepat berada di atas kepala (zenit) atau melintasi meridian lokal. Untuk perhitungan waktu salat yang membutuhkan sudut waktu, hanya waktu salat Subuh, Terbit Matahari, Duha, Asar, Magrib, dan Isya.

Untuk zuhur, karena pada dasarnya posisi Matahari yang berada di kepala atau melintasi meridian, atau pada saat itu Matahari berada pada puncaknya di langit maka sudut waktu Matahari bernilai nol derajat. Sehingga dalam kasus awal waktu zuhur, jadwal waktu salatnya dapat dihitung dengan:

$$Zuhur = 12 - E - \left( \frac{\text{Bujur Geografis} - (Tz 15)}{15} \right) + ihtiyat \tag{5}$$

Sedangkan untuk waktu Subuh, terbit Matahari, Duha Asar, Magrib, dan Isya, awal waktunya dapat dihitung sebagai berikut:

$$Awal Waktu = 12 - E \mp (t/15) - \left( \frac{\text{Bujur Geografis} - (Tz 15)}{15} \right) \mp ihtiyat \tag{6}$$

Di mana tanda minus merupakan waktu-waktu salat yang terjadi sebelum zuhur, seperti Subuh, terbit Matahari, serta Duha, dan tanda plus merupakan waktu-waktu salat yang terjadi setelah Zuhur, seperti Asar, Magrib, dan Isya. Untuk koreksi *ihhtiyat*, umumnya salat Zuhur diberi koreksi

<sup>12</sup> Sean E. Urban and P. Kenneth Seidelmann, *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac* (California: University Science Books, 2012), 513.

<sup>13</sup> Ibid.

<sup>14</sup> Riza Afrian Mustaqim, *Ilmu Falak* (Aceh: Syiah Kuala University Press, 2021), 44.

tambahan *ibtiyat* antara 3 – 4 menit, untuk Subuh, Duha, Asar, Magrib, dan Isya, umumnya diberi penambahan *ibtiyat* sebanyak 2 menit, dan untuk terbit Matahari, diberi pengurangan *ibtiyat* sebanyak 2 menit.<sup>15</sup>

Kemudian  $t$  sebagai sudut waktu atau *hour angle* dapat dihitung sebagai berikut:<sup>16</sup>

$$\cos t = -\tan \varphi \tan \delta + \sin \textit{Altitude} / \cos \varphi / \cos \delta \quad (7)$$

Di mana  $\varphi$  merupakan lintang geografis,  $\delta$  merupakan deklinasi Matahari yang dihitung dari persamaan (4), *Altitude* merupakan sudut ketinggian Matahari saat masuknya awal waktu salat. Untuk data waktu salat yang mengharuskan dihitungnya *Altitude* adalah saat Subuh, Terbit Matahari, Asar, Magrib, Isya. Untuk terbit Matahari, dan terbenam Matahari sudut ketinggian Matahari atau *altitude Matahari* dapat dihitung dengan pendekatan:<sup>17</sup>

$$\textit{Altitude} = -34' - SD - (0.035333 \sqrt{H}) \quad (8)$$

Di mana  $-34'$  merupakan refraksi horizon,  $SD$  merupakan semidiameter Matahari, dan  $H$  merupakan ketinggian tempat di atas permukaan laut. Untuk *Altitude* saat masuknya Asar, yakni saat panjang bayangan sama dengan panjang benda, dapat dihitung sebagai berikut:<sup>18</sup>

$$\textit{Altitude} = \cot^{-1}(|\tan(\varphi - \delta)| + 1) \quad (9)$$

Untuk penetapan standar ketinggian awal waktu Subuh dan Isya bervariasi di Indonesia. Untuk salat Subuh, Di Indonesia, Kementerian Agama (Kemenag) menggunakan sudut sekitar 20 derajat di bawah horizon untuk Subuh.<sup>19</sup> Sementara itu, Muhammadiyah menggunakan sudut yang sedikit lebih rendah yaitu 18 derajat.<sup>20</sup> Sedangkan untuk Isya, sama-sama menggunakan sudut 18 derajat di bawah horizon. Sedangkan untuk waktu Duha, Kementerian Agama Republik Indonesia menggunakan tinggi 4.5 derajat<sup>21</sup>, untuk menyatakan salat duha telah dimulai.

Di bawah ini penulis berikan contoh menentukan jadwal waktu Salat, di mana di sini penulis menggunakan acuan Kota Surabaya, dengan  $\varphi = 07^{\circ}15'00''$ , *Bujur Geografis* =  $112^{\circ}45'00''$ ,  $Tz = \text{GMT} + 07:00$ ,  $H = 10 \text{ mdpl}$ . Di sini contoh waktu salat dihitung pada tanggal 10 Desember 2024.

Dari persamaan (1) kita memperoleh nilai  $JD$ :

$$JD = 2460654.70833$$

Kemudian mencari nilai koreksi  $\Delta T$ :

$$\Delta T = 71.63637706 \text{ detik, sehingga nilai JDUT adalah:}$$

$$JDUT = 2460654.70916$$

Kemudian argumen waktu berdasarkan JDUT dari persamaan (2) diperoleh:

$$T = 0.249410244$$

<sup>15</sup> Kementerian Agama, *Ephemeris Hisab Rukyat* (Jakarta: Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama Republik Indonesia, 2024).

<sup>16</sup> Akh. Mukarram, *Ilmu Falak Dasar-Dasar Hisab Praktis* (SIDOARJO: Grafika Media, 2012).

<sup>17</sup> E. Urban and Seidelmann, *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, 515.

<sup>18</sup> Abdurrahman Ozlem, "Impact of Atmospheric Refraction on Asr Time" (Astronomy Center, 2016), [https://www.astronomycenter.net/pdf/ozlem\\_2016.pdf](https://www.astronomycenter.net/pdf/ozlem_2016.pdf).

<sup>19</sup> Karina Aulia Purwanti, "Awal Waktu Salat Subuh Perspektif Kementerian Agama RI - Walisongo Repository" (Semarang, UIN Walisongo Semarang, 2022), <https://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/17485/>.

<sup>20</sup> Risma Cahyani, "Kajian Fikih Dan Astronomi Terhadap Putusan Musyawarah Nasional Majelis Tarjih Muhammadiyah Ke-31 Mengenai Koreksi Ketinggian Matahari Waktu Subuh" (Skripsi, IAIN Ponorogo, 2021), <https://etheses.iainponorogo.ac.id/16091/>.

<sup>21</sup> Agama, *Ephemeris Hisab Rukyat*.

Kemudian dari persamaan (3) kita menghitung beberapa data Matahari seperti rata-rata bujur Matahari yang terkoreksi dengan aberasi ( $L$ ), kemudian anomali rata-rata Matahari ( $G$ ); bujur ekliptika Matahari ( $\lambda$ ), dan kemiringan ekliptika ( $\varepsilon$ ), dan hasilnya diperoleh:

$$L = 259^{\circ}25'37''$$

$$G = 336^{\circ}03'35''$$

$$\lambda = 258^{\circ}38'06''$$

$$\varepsilon = 23^{\circ}26'10''$$

Kemudian nilai *equation of time* ( $E$ ), deklinasi ( $\delta$ ), dan semidiameter  $SD$ , dari persamaan (4) diperoleh:

$$E = 00j07m08d$$

$$\delta = -22^{\circ}57'00''$$

$$SD = 00^{\circ}16'16''$$

Untuk jadwal waktu Zuhur, dengan penambahan koreksi *ihhtiyat* menit, dari persamaan (5) dihasilkan:

$$\text{Awal Waktu Zuhur} = 11:25:52 \text{ WIB}$$

Kemudian untuk jadwal waktu terbit dan terbenam Matahari, terlebih dahulu menghitung *Altitude* Matahari pada persamaan (8), sehingga tinggi Matahari saat waktu terbit dan terbenam Matahari adalah:

$$\text{Altitude Saat Terbit / Terbenam} = -00^{\circ}56'59''$$

Dari persamaan (6) dan (7) awal waktu saat Matahari terbit dengan koreksi *ihhtiyat* adalah sebagai berikut:

$$t = 94^{\circ}07'46''$$

$$\text{Awal Waktu Terbit} = 05:03:21 \text{ WIB}$$

$$\text{Awal Waktu Magrib} = 17:40:23 \text{ WIB}$$

Kemudian untuk waktu Asar, dengan penambahan ihtiyat 2 menit, dari persamaan (6), (7), dan (9) diperoleh:

$$\text{Altitude} = 37^{\circ}58'31''$$

$$t = 51^{\circ}42'13''$$

$$\text{Awal Waktu Asar} = 14:50:41 \text{ WIB}$$

Kemudian untuk waktu Subuh, dengan penambahan ihtiyat 2 menit dan *Altitude* Matahari  $-20^{\circ}$  yang diadopsi Kementerian Agama Republik Indonesia diperoleh nilai  $t$  dari persamaan (7) dan awal waktu salat Subuh dari persamaan (6) sebagai berikut:

$$t = 115^{\circ}21'31''$$

$$\text{Awal Waktu Subuh} = 03:42:26 \text{ WIB}$$

Kemudian untuk waktu Duha, dengan penambahan ihtiyat 2 menit dan *Altitude* Matahari  $4.5^{\circ}$  yang diadopsi Kementerian Agama Republik Indonesia diperoleh nilai  $t$  dari persamaan (7) dan awal waktu salat Duha dari persamaan (6) sebagai berikut:

$$t = 88^{\circ}09'54''$$

$$\text{Awal Waktu Duha} = 05:31:13 \text{ WIB}$$

Kemudian untuk waktu Isya, dengan penambahan ihtiyat 2 menit dan *Altitude* Matahari  $-18^{\circ}$  yang diadopsi Kementerian Agama Republik Indonesia diperoleh nilai  $t$  dari persamaan (7) dan awal waktu salat Subuh dari persamaan (6) sebagai berikut:

$$t = 113^{\circ}05'19''$$

$$\text{Awal Waktu Isya} = 18:56:13 \text{ WIB}$$

Sehingga, jadwal waktu salat di Kota Surabaya pada tanggal 09 Desember 2024, dengan penggunaan satuan waktu hanya di menit adalah sebagai berikut ini:

*Awal Waktu Imsak* = 03: 32 WIB

*Awal Waktu Subuh* = 03: 42 WIB

*Awal Waktu Terbit* = 05: 02 WIB

*Awal Waktu Duha* = 05: 30 WIB

*Awal Waktu Zuhur* = 11: 25 WIB

*Awal Waktu Asar* = 14: 51 WIB

*Awal Waktu Magrib* = 17: 41 WIB

*Awal Waktu Isya* = 18: 57 WIB

Apabila dibandingkan dengan jadwal waktu Salat resmi dari Kementerian Agama Republik Indonesia di website Bimas Islam, pada tanggal 09 Desember 2024 di Kota Surabaya adalah sebagai berikut:<sup>22</sup>

*Awal Waktu Imsak* = 03: 32 WIB

*Awal Waktu Subuh* = 03: 42 WIB

*Awal Waktu Terbit* = 05: 02 WIB

*Awal Waktu Duha* = 05: 31 WIB

*Awal Waktu Zuhur* = 11: 25 WIB

*Awal Waktu Asar* = 14: 51 WIB

*Awal Waktu Magrib* = 17: 41 WIB

*Awal Waktu Isya* = 18: 57 WIB

Dalam membandingkan jadwal waktu salat yang dihasilkan dari penelitian dengan jadwal resmi dari Kementerian Agama Republik Indonesia di Kota Surabaya pada tanggal 09 Desember 2024, terlihat terdapat selisih waktu yang relatif kecil, yaitu sekitar satu menit untuk salat Duha. Selisih ini dapat terjadi karena perbedaan dalam metode penghitungan atau dalam aplikasi koreksi yang digunakan dalam perhitungan tersebut.

Di sini penulis sampaikan akurasi data Matahari seperti *equation of time*, deklinasi Matahari, dan *semidiameter* Matahari, dalam buku *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, bila dibandingkan dengan teori VSOP2000<sup>23</sup>, dalam rentang tahun 1900M – 2100M. Akurasi data dihitung berdasarkan dengan *root mean square error (RMSE)* yang dihitung setiap satu hari dari 1 Januari 1900 jam 12 UT hingga 31 Desember 2100 jam 12 UT, sehingga nilai *error* dari data Matahari dalam buku *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac* dapat dilihat dalam tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Akurasi Data Matahari dalam Buku *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac* Bila Dibandingkan dengan VSOP2000 dalam tahun 1900M – 2100M.

Tahun	RMSE Equation of Time	RMSE Deklinasi Matahari	RMSE Semidiameter Matahari
1900 – 2100	1.02detik	10.76"	1.71"

<sup>22</sup> Kementerian Agama RI, "Website Bimas Islam (Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama)," *Jadwal Shalat*, 2020, <https://bimasislam.kemenag.go.id/jadwalshalat>.

<sup>23</sup> X. Moisson and P. Bretagnon, "Analytical Planetary Solution VSOP2000," *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 80, no. 3 (July 1, 2001): 205–13, <https://doi.org/10.1023/A:1012279014297>.



Tabel 1 yang menyajikan perbandingan akurasi data Matahari antara *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac* dan model VSOP2000 selama periode 1900 hingga 2100 mencatat beberapa nilai RMSE (Root Mean Square Error). RMSE untuk Equation of Time tercatat sebesar 1.02 detik, menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata dalam perhitungan waktu antara dua model adalah sekitar satu detik, yang terbilang akurat untuk kebanyakan aplikasi termasuk astronomi dan penentuan waktu ibadah. RMSE untuk Deklinasi Matahari adalah 10.76 detik busur. Sedangkan RMSE untuk Semidiameter Matahari adalah 1.71 detik busur. Ketepatan ini penting, terutama dalam aplikasi yang memerlukan posisi Matahari yang sangat akurat untuk navigasi atau observasi astronomi.

Kemudian, untuk selisih jadwal salat antara algoritma dalam buku *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, bila dibandingkan dengan teori VSOP2000, dengan dianalisis menggunakan *root mean square error* (RMSE) dari 1 Januari 1900 hingga 31 Desember 2100 penulis sampaikan dalam tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Akurasi Jadwal Waktu Salat Menggunakan Data Matahari dalam Buku *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac* Bila Dibandingkan dengan VSOP2000 dalam tahun 1900M – 2100M.

Tahun	Zuhur	Subuh	Terbit	Duha	Asar	Magrib	Isya
1900 – 2100	4.7d	6.0d	5.6d	5.7d	7.8d	5.3d	5.5d

Tabel 2 menyajikan analisis perbandingan antara jadwal waktu salat yang dihitung menggunakan algoritma dalam *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac* dan teori VSOP2000, dengan perbedaan waktu diukur melalui Root Mean Square Error (RMSE) dari tahun 1900 hingga 2100. Data menunjukkan selisih rata-rata dalam satuan detik untuk setiap waktu salat, dengan variasi terkecil terjadi pada waktu Zuhur (4.7 detik) dan variasi terbesar pada waktu Asar (7.8 detik). Selisih untuk waktu salat lainnya, seperti Subuh (6.0 detik), Terbit (5.6 detik), Duha (5.7 detik), Magrib (5.3 detik), dan Isya (5.5 detik), juga relatif kecil, menandakan konsistensi yang cukup baik antara kedua metode tersebut dalam menghitung waktu salat. Walaupun perbedaan ini mungkin tampak minor, namun bisa relevan untuk aplikasi yang membutuhkan ketepatan tinggi, seperti dalam konteks keagamaan dan astronomi.

### Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian mengenai implementasi algoritma Matahari dari "*Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*" dalam penentuan jadwal waktu salat menegaskan efektivitasnya dalam menghasilkan waktu salat yang akurat. Algoritma ini, yang berfokus pada perhitungan Julian Day dan posisi Matahari, memastikan bahwa semua parameter penting seperti argumen waktu ( $T$ ), bujur Matahari, anomali Matahari, dan kemiringan ekliptika dihitung dengan tepat. Keakuratan ini juga terbukti melalui analisis perbandingan dengan teori VSOP2000, yang menunjukkan nilai RMSE yang rendah untuk aspek-aspek kritis seperti Equation of Time, Deklinasi Matahari, dan Semidiameter Matahari. Hasil ini tidak hanya relevan untuk keperluan astronomi dan navigasi tetapi juga sangat penting dalam konteks keagamaan, membuktikan bahwa algoritma ini dapat diandalkan untuk menghasilkan jadwal waktu salat yang sesuai dengan posisi astronomi Matahari, mendukung praktik ibadah yang tepat waktu dan akurat.

## Daftar Pustaka

- Agama, Kementerian. *Ephemeris Hisab Rukyat*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama Republik Indonesia, 2024.
- Anugraha, Rinto. *Mekanika Benda Langit*. Yogyakarta: Lab Fisika Material dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA UGM Yogyakarta, 2012.
- Ayanih, Ummi. *Dahsyatnya Shalat dan Doa Ibu*. Depok: PT Niaga Swadaya, 2010.
- Barmawi, Mira Musrini, Muhammad Ichwan, and Rara Restu Lukito. "Implementasi Algoritma Jean Meeus Dalam Menentukan Waktu Shalat." *MIND (Multimedia Artificial Intelligent Networking Database) Journal* 2, no. 1 (2017): 26–33.
- Bashori, Muhammad Hadi. *Pengantar Ilmu Falak: Pedoman Lengkap Tentang Teori dan Praktik Hisab, Arab Kiblat, Waktu Salat, Awal Bulan Qamariah & Gerhana*. Jakarta: Pustaka Al Kautsar, 2015.
- Bretagnon, P., and G. Francou. "Planetary Theories in Rectangular and Spherical Variables: VSOP87 Solution." *Astronomy and Astrophysics* 202 (August 1, 1988): 309. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1988A&A...202..309B>.
- Cahyani, Risma. "Kajian Fikih Dan Astronomi Terhadap Putusan Musyawarah Nasional Majelis Tarjih Muhammadiyah Ke-31 Mengenai Koreksi Ketinggian Matahari Waktu Subuh." Skripsi, IAIN Ponorogo, 2021. <https://etheses.iainponorogo.ac.id/16091/>.
- Chapront-Touzé, Michelle, and Jean Chapront. *Lunar Tables and Programs from 4000 B.C. to A.D. 8000*. Virginia: Willmann-Bell, Inc., 1991.
- E. Urban, Sean, and P. Kenneth Seidelmann. *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*. California: University Science Books, 2012.
- Espenak, Fred. "EclipseWise - Polynomial Expressions for Delta T." Accessed June 27, 2023. <https://eclipsewise.com/help/deltatpoly2014.html>.
- Hadi, Nor. *Panduan Shalat dalam Keadaan Darurat*. Bandung: Ruang Kata, 2012.
- Herdiwijaya, Dhani. "Waktu Subuh: Tinjauan Pengamatan Astronomi." Majelis Tarjih dan Tajdid Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2017.
- Isnaeni, Dede Muhammad, Fitri Mintarsih, and Feri Fahrianto. "Implementasi Algoritma Meeus Dalam Penentuan Waktu Shalat Dan Pencarian Masjid Terdekat," 2015.
- Kementerian Agama RI. "Website Bimas Islam (Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama)." Jadwal Shalat, 2020. <https://bimasislam.kemenag.go.id/jadwalshalat>.
- Meeus, Jean. *Astronomical Algorithms*. Mill Valey: Willmann Bell inc, 1998.
- Moisson, X., and P. Bretagnon. "Analytical Planetary Solution VSOP2000." *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 80, no. 3 (July 1, 2001): 205–13. <https://doi.org/10.1023/A:1012279014297>.
- Mukarram, Akh. *Ilmu Falak Dasar-Dasar Hisab Praktis*. Sidoarjo: Grafika Media, 2012.
- Mustaqim, Riza Afrian. *Ilmu Falak*. Aceh: Syiah Kuala University Press, 2021.

- Nisak, Nur Maslikhatun, and Eko Asmanto. *Buku Ajar FIQIH Madrasah Ibtidaiyah*. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2023.  
<https://press.umsida.ac.id/index.php/umsidapress/article/view/978-623-464-082-3>.
- Ozlem, Abdurrahman. "Impact of Atmospheric Refraction on Asr Time." Astronomy Center, 2016. [https://www.astronomycenter.net/pdf/ozlem\\_2016.pdf](https://www.astronomycenter.net/pdf/ozlem_2016.pdf).
- Purwanti, Karina Aulia. "Awal Waktu Salat Subuh Perspektif Kementerian Agama RI - Walisongo Repository." UIN Walisongo Semarang, 2022.  
<https://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/17485/>.
- Tamam, Abas Mansur. *Islamic World Review: Paradigma Intelektual Muslim*. Jakarta: Spirit Media Press, 2017.

