

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Allah memberikan nikmat kepada manusia tidak terhitung. Nikmat yang Dia berikan antara lain Matahari dan Bulan yang beredar pada orbitnya<sup>1</sup>, bergantinya musim dan bergantinya siang dan malam. Allah telah menjelaskan tentang pergantian siang dan malam yang terjadi karena revolusi Bumi, yaitu gerakan Bumi mengelilingi Matahari<sup>2</sup>, sebagaimana firman-Nya antara lain:

فَالِقُ الْإِصْبَاحِ وَجَعَلَ اللَّيْلَ سَكَنًا وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ حُسْبَانًا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ  
الْعَلِيمِ ﴿٤٦﴾

Artinya: “Dia menyingsingkan pagi dan menjadikan Malam untuk beristirahat, dan (menjadikan) matahari dan bulan untuk perhitungan. Itulah ketentuan Allah yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui.: (QS. Al-An’am : 96)<sup>3</sup>

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ  
وَالْحِسَابَ ۗ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَٰلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ﴿٥٢﴾

Artinya: “Dia-lah yang menjadikan Matahari bersinar dan Bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan Bulan itu, supaya kamu mengetahui

---

<sup>1</sup> Hal ini juga sesuai dengan Hukum Kepler yang pertama, yaitu *Planet planet mengitari Matahari menurut lintasan yang berbentuk ellips dengan Matahari di salah satu titik apinya*. Lihat Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak: Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012, hlm. 188.

<sup>2</sup> Dalam revolusinya, sumbu Bumi miring sebesar 66, 5° terhadap bidang ekliptika. Selain itu periode yang dibutuhkan Bumi dalam berevolusi adalah 365 hari, 5 jam, 48 menit, 45, 2 detik. Lihat Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak...*, hlm. 202.

<sup>3</sup> Departemen Agama RI, *Mushaf Al-Qur’an Terjemah*, Jakarta: Al-Huda, 2002, hlm. 141.

bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui.” (QS. Yunus : 5)<sup>4</sup>

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٨﴾ وَالْقَمَرَ قَدَّرْنَاهُ مَنَازِلَ  
حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ ﴿٣٩﴾ لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ  
سَابِقُ النَّهَارِ ۚ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ﴿٤٠﴾

Artinya: “Dan Matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui. Dan Telah kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah dia sampai ke manzilah yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk tandan yang tua. Tidaklah mungkin bagi Matahari mendapatkan Bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya.” (QS. Yasin : 38 – 40).<sup>5</sup>

Ayat-ayat di atas mengandung penjelasan bahwa waktu merupakan sesuatu yang dapat dihitung melalui tanda-tanda kebesaran-Nya, seperti melalui pergerakan Matahari, fase-fase Bulan, atau pasang surut air laut. Sebagai contoh, jika seseorang hendak mengetahui kapan waktu subuh, maka dapat diketahui dengan melihat fajar *shiddiq*<sup>6</sup> hingga terbitnya Matahari. Begitu pula dengan fenomena Bulan purnama (*full Moon*) yang merupakan tanda bahwa saat itu merupakan tanggal 13–15 Hijriyyah.

Untuk kepentingan ibadah, waktu memiliki peranan penting sebagai keabsahan ibadah tersebut, hingga memunculkan istilah ibadah

<sup>4</sup> Departemen Agama RI, *Mushaf Al-Qur'an...*, hlm. 205.

<sup>5</sup> Departemen Agama RI, *Mushaf Al-Qur'an...*, hlm. 443.

<sup>6</sup> Fajar *shiddiq* adalah cahaya putih agak terang yang muncul di ufuk timur menjelang terbitnya matahari pada saat matahari berada sekitar 18 derajat di bawah ufuk. Pendapat lain mengatakan bahwa posisi matahari sekitar 20 derajat di bawah ufuk. Lihat Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011, hlm. 124.

*muwaqqat*<sup>7</sup>. Ibadah *muwaqqat* mengikat manusia untuk melaksanakan ibadah pada waktu tertentu. Contoh salat menjadi wajib manakala sudah masuk waktunya. Seseorang tidak dapat melaksanakan salat asar di waktu zuhur, ataupun melaksanakan salat zuhur di waktu asar tanpa keadaan-keadaan tertentu.<sup>8</sup> Begitupun dalam masalah zakat fitrah, maka sudah ditentukan waktunya dari bulan ramadan hingga sebelum melaksanakan salat id.

Dalam kaitanya dengan perhitungan awal waktu salat dan untuk mendapatkan hasil perhitungan waktu salat yang diinginkan, maka diperlukan data-data yang valid tentang lintang tempat, bujur tempat<sup>9</sup>, tinggi tempat<sup>10</sup>, tinggi matahari saat terbit atau terbenam<sup>11</sup>, deklinasi matahari<sup>12</sup>, sudut waktu matahari, dan juga *equation of time*.<sup>13</sup> Data-data tersebut bisa diperoleh dari tabel *ephemeris*, *software-software* yang memuat tabel pergerakan benda langit ataupun pada kitab-kitab klasik seperti *al-Khulashah al-Wafiyah*. Secara umum jika pada salah satu

---

<sup>7</sup> Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak...*, hlm. iv.

<sup>8</sup> Keadaan ini bisa terjadi manakala seseorang hendak bepergian, yang memungkinkan untuk melaksanakan salat tidak di waktunya dengan cara *jama' taqdim* maupun *jama' takhir*.

<sup>9</sup> Lintang dan Bujur tempat bisa diperoleh melalui tabel, peta, ataupun menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Lihat Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat...*, hlm. 141.

<sup>10</sup> Tinggi tempat diperlukan guna menentukan besar kecilnya kerendahan ufuk, dengan rumus  $ku = 0^\circ 1,76' \sqrt{m}$  (tinggi tempat dengan satuan meter). Lihat Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat...*, hlm. 141.

<sup>11</sup> Tinggi matahari saat terbit ataupun terbenam bisa diketahui dengan rumus  $h_0 = -(ku + \text{refraksi} + \text{semi diameter})$ . Lihat Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat...*, hlm. 141.

<sup>12</sup> Deklinasi adalah jarak yang dibentuk lintasan matahari dengan khatulistiwa. Lihat Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat...*, hlm. 55.

<sup>13</sup> Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat...*, hlm. 141-142.

komponen perhitungan tersebut tidak terpenuhi, maka waktu salat tidak dapat dihitung.

Dari komponen-komponen tentang perhitungan waktu salat tersebut, penulis menitikberatkan pada permasalahan *equation of time* untuk dikaji dalam penelitian ini. Urgensi *equation of time* sebagai komponen perhitungan awal waktu salat dijelaskan oleh Ahmad Musonnif dalam bukunya yang berjudul *Ilmu Falak* yang menerangkan bahwa *equation of time* memiliki peran sebagai salah satu alat konversi waktu salat istisna ke dalam waktu salat daerah.

Algoritma *equation of time* mengacu pada sistem waktu Matahari.<sup>14</sup> Dalam sistem waktu tersebut, Matahari berperan menggambarkan ekliptika<sup>15</sup> pada kecepatan yang tidak merata, karena jika diilustrasikan, maka Matahari fiktif berjalan sepanjang ekliptika dengan kecepatan konstan dan berhimpit dengan Matahari sejati di *perigee*<sup>16</sup> dan *apogee*.<sup>17</sup> Matahari fiktif kedua bergerak melintasi ekuator langit pada

---

<sup>14</sup> Waktu Matahari adalah waktu yang didasarkan pada rotasi Bumi pada sumbunya dan bergerak pada lingkaran ekliptika. Lihat Donald B. Thomson, *Introduction to Geocentric Astronomy*, Canada: Department of Geodesy and Geomatics Engineering, UNB, 1997, hlm. 75.

<sup>15</sup> Pengertian ekliptika meliputi dua hal, yaitu bidang ekliptika dan lingkaran ekliptika. Bidang ekliptika adalah bidang yang dibentuk oleh lintasan Bumi mengitari Matahari setiap tahun (revolusi) yang berbentuk elips, sedangkan lingkaran ekliptika adalah lingkaran yang dibentuk oleh lintasan semu matahari (bukan lintasan sebenarnya) dalam mengelilingi Matahari. Lihat Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat...*, hlm. 83.

<sup>16</sup> *Perigee* adalah kedudukan bulan terdekat dengan Bumi, jaraknya ialah 225, 740 batu (363, 300 kilometer). Lihat Mohamad Faizal bin Jani, *Muzakirah Ilmu Falak*, (t.t).

<sup>17</sup> *Apogee* adalah kedudukan bulan terjauh dengan Bumi. Jaraknya adalah 251, 970 batu (405, 500 kilometer). Lihat Mohamad Faizal bin Jani, *Muzakirah Ilmu Falak*, (t.t). Menurut Muhyiddin Khazin dalam buku *Kamus Ilmu Falak* dijelaskan bahwa *Apogee* ini diformulasikan dengan busur sepanjang lintasan Bulan yang diukur dari titik terjauh peredaran Bulan tersebut hingga titik aries, sebelum titik aries tersebut bergeser ke barat. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Jogjakarta: Buana Pustaka, 2005, hlm. 10.

kecepatan konstan dan berhimpit pada Matahari fiktif pertama di *equinox*<sup>18</sup>, maka Matahari fiktif yang kedua ini disebut dengan Matahari rata rata.

Jean Meeus mendefinisikan *equation of time* yaitu perbedaan waktu tampak<sup>19</sup> dan waktu rata-rata Matahari<sup>20</sup>, selisih asensio rekta<sup>21</sup> Matahari tampak dengan asensio rekta Matahari rata-rata<sup>22</sup> atau perbedaan sudut waktu matahari tampak dan matahari rata-rata.<sup>23</sup> Ilustrasi lain terkait *equation of time* juga dijelaskan oleh Slamet Hambali dalam buku *Ilmu Falak 1*, bahwa lintasan bumi yang berbentuk elips menyebabkan jarak Bumi–Matahari selalu berubah. Perubahan jarak Bumi–Matahari ini dapat menyebabkan perputaran Matahari lebih cepat dan adakalanya lebih lambat<sup>24</sup>. Pada saat matahari mencapai titik kulminasi atas sampai dengan

---

<sup>18</sup> *Equinox* adalah salah satu dari dua titik persimpangan dari ekliptika dan ekuator langit yang dilintasi oleh Matahari. Lihat Joseph A. Angelo JR, *Encyclopedia of Space and Astronomy*, New York: Facts on File, Inc, 2006, hlm. 217.

<sup>19</sup> Waktu tampak atau waktu matahari tampak (*apparent solar time*) adalah waktu yang berdasarkan posisi matahari di langit, bukan pada *vernal equinox*. Lihat Robert. H. Baker, *Astronomy: A Textbook for University and College Student*, New York: D. Van Nostrand Company Inc, 1955, hlm. 72. Newcomb dalam bukunya yang berjudul *Practical Astronomy* juga menjelaskan bahwa pergerakan matahari tidaklah teratur. Lihat Simon Newcomb, *Practical Astronomy*, London: Mac Millan and Co, 1878, hlm. 164.

<sup>20</sup> Waktu rata–rata Matahari adalah waktu yang disesuaikan dengan Matahari yang terkadang bisa lebih cepat atau lebih lambat dari sebenarnya. Penentuan waktu ini biasanya berdasarkan bujur yang dijadikan pedoman bagi suatu daerah, dalam bahasa inggris disebut *Mean Time*. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyah*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008, hlm. 28.

<sup>21</sup> Asensio rekta adalah inklinasi dari lingkaran waktu yang melintasi *vernal equinox*. Lihat W. C. P. Muir, *A Treatise on Navigation and Nautical Astronomy*, Maryland: The United States Naval Institute, 1991, hlm. 297.

<sup>22</sup> William Chauvenet, *A Manual of Spherical and Practical Astronomy*, Philadelphia: J. B. Lippincot Company, 1891, hlm. 45.

<sup>23</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm*, Virginia: William Inc, 1991. Lihat juga Baharrudin Zainal, *Ilmu Falak Teori, Praktek, dan Hitungan*, Gong Badak: Percetakan Yayasan Islam Trengganu Sdn.Bhd., 2003, hlm. 42.

<sup>24</sup> Pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Juli, Agustus, September, matahari bergerak lambat, sedangkan pada bulan Mei, Juni, Oktober, November dan Desember, matahari bergerak dengan cepat. Lihat Robert H. Baker, *Astronomy...*, 1955, hlm. 74.

kedudukan matahari pada waktu rata-rata itulah yang disebut dengan *equation of time*.<sup>25</sup>

Penulis memilih *equation of time* untuk dijadikan penelitian dalam skripsi ini karena belum terdapat penelitian-penelitian atau skripsi-skripsi lain yang membahas tentang permasalahan tersebut. Penulis memkomparasikan algoritma penentuan *equation of time* versi Jean Meeus dengan algoritma versi Simon Newcomb menggunakan Almanak Nautika<sup>26</sup> sebagai parameter tingkat akurasi keduanya. Alasan penulis memilih Almanak Nautika sebagai parameter tingkat akurasi dari kedua algoritma tersebut karena saat ini Almanak Nautika menjadi referensi para astronom ataupun para pelaut di dunia pelayaran internasional sebagai penunjuk dan pemberi data tentang pergerakan benda benda langit yang selalu *update*.<sup>27</sup> Alasan lain penulis memilih untuk memkomparasikan algoritma *equation of time* versi Jean Meeus dengan algoritma Newcomb antara lain:

1. Jean Meeus merupakan pakar astronomi yang sudah diakui di dunia astronomi internasional, bahkan sebelum munculnya mikrokomputer dan kalkulator saku di pasaran. Begitupun dengan Newcomb, yang menjadi referensi para ahli Astronomi pada abad 18 – 19 M melalui karya

---

<sup>25</sup> Slamet Hambali, *Ilmu Falak I...*, hlm. 92.

<sup>26</sup> Almanak Nautika adalah almanak untuk pelaut yang disusun oleh orang – orang Inggris di zaman dahulu. Almanak ini diterbitkan pertama kali pada tahun 1761. Lihat M. S. L. Toruan, *Ilmu Falak (Kosmografi)*, Semarang: Banteng Timur, 1957, hlm. 71.

<sup>27</sup> Wawancara dengan KH. Slamet Hambali di ruang dosen Fakultas Syariah dan Hukum pada hari kamis, 10 Desember 2015, pukul 10.40 WIB.

karyanya seperti *A Compendium of Spherical Astronomy* dan *Tables of The Sun*.<sup>28</sup>

2. Perhitungan Jean Meeus masuk dalam kategori akurasi yang tinggi (*high accuracy computing method*).<sup>29</sup>
3. Hasil Karya Jean Meeus seperti *Astronomical Algorithm*<sup>30</sup> menggunakan teknik perhitungan modern yang esensial dan mudah dipelajari.
4. Setiap algoritma yang ditulis oleh Jean Meeus disajikan dalam bentuk numerik yang utuh, sehingga memungkinkan untuk melakukan proses *debugging* (verifikasi perhitungan)<sup>31</sup>
5. Perhitungan Jean Meeus masuk dalam kategori akurasi yang tinggi (*high accuracy computing method*).<sup>32</sup>
6. Algoritma Astronomi Jean Meeus telah dikembangkan dan digunakan dalam pusat pusat kegiatan Astronomi di dunia, seperti *Jet Propulsion Laboratory* di California, *US Naval Observatory* di Washington DC, yang memiliki metode

---

<sup>28</sup> Simon Newcomb, *A Compendium of Spherical Astronomy*, New York: The Macmillan Company, 1906.

<sup>29</sup> Penjelasan dari Rinto Anugraha dalam skripsi M. Yakub Mubarak, *Pemrograman Data Ephemeris Matahari dan Bulan Berdasarkan Perhitungan Jean Meeus Menggunakan Bahasa Program PHP (Personal Homepage Hypertext PreProcessor) dan MySQL (My Structure Query language)*, Semarang: Program Studi Ilmu Falak, 2013, hlm. 60.

<sup>30</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm...*, 1991.

<sup>31</sup> Pemaparan Roger W. Sinnott dari majalah *Sky and Telescope* sebagai kata pengantar dalam buku *Astronomical Algorithm*. Lihat Jean Meeus, *Astronomical...*, xiii.

<sup>32</sup> Penjelasan dari Rinto Anugraha dalam skripsi M. Yakub Mubarak, *Pemrograman Data Ephemeris Matahari dan Bulan Berdasarkan Perhitungan Jean Meeus Menggunakan Bahasa Program PHP (Personal Homepage Hypertext PreProcessor) dan MySQL (My Structure Query language)*, Semarang: Program Studi Ilmu Falak, 2013, hlm. 60.

sempurna dan didukung mesin penghitung baru untuk pemodelan gerakan dan interaksi benda-benda langit dalam tata surya. Begitupula algoritma Newcomb telah menjadi referensi perhitungan yang digunakan oleh Almanak Nautika.

Penulis memkomparasikan kedua metode tersebut karena algoritma dan data yang digunakan berbeda, serta hasil perhitungannya pun berbeda. Oleh karena itu, menurut penulis, perbandingan algoritma Jean Meeus dan Newcomb dalam perhitungan *equation of time* dirasa pas untuk dikaji menjadi sebuah penelitian.

## **B. Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang di atas dan untuk membatasi pembahasan agar lebih spesifik, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana komparasi dan akurasi algoritma *equation of time* versi Jean Meeus dan Newcomb?
2. Apa kelebihan dan kekurangan algoritma *equation of time* versi Jean Meeus dan Newcomb?

### C. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini dalam rangka menjawab permasalahan di atas yaitu:

1. Untuk mengetahui tingkat akurasi antara perhitungan *equation of time* versi Jean Meeus dan Newcomb dengan hasil *equation of time* dalam Almanak Nautika.
2. Untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan algoritma *equation of time* versi Jean Meeus dan Newcomb.

### D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan sumbangsih untuk ilmu falak dalam rangka pencarian validitas data yang lebih relevan untuk menentukan *equation of time*.
2. Sebagai khazanah keilmuan falak perihal ketelitian suatu data dan mengetahui bagaimana proses atau algoritma dalam suatu data agar tidak hanya terjebak dalam rumus.

### E. Telaah Pustaka

Dalam melakukan penelitian ini, penulis melakukan studi kepustakaan (*library research*) untuk mengetahui apakah permasalahan *equation of time* belum pernah diteliti ataukah sudah pernah diteliti oleh

peneliti-peneliti sebelumnya. Penulis menemukan hasil penelitian-penelitian yang terkait dengan pembahasan yang akan diteliti, yaitu:

Skripsi M. Yakub Mubarak dengan judul “*Pemrograman Data Ephemeris Matahari dan Bulan Berdasarkan Perhitungan Jean Meeus Menggunakan Bahasa Program PHP (Personal Homepage Hypertext Preprocessor) dan MySQL (My Structure Query Language)*”. Dalam skripsinya Yakub menjelaskan berbagai proses perhitungan Jean Meeus untuk menentukan posisi Matahari, dll. Selain itu, Yakub juga membuat program versi web dengan nama *ephemerisaya* yang berisi tentang data data Matahari dan bulan hasil algoritma Jean Meeus.

Skripsi M. Syauqi Nahwandi dengan judul “*Pemrograman Aplikasi Mobile Phone Hisab Awal Bulan Kamariyah “e-hisab” dengan Algoritma Jean Meeus Menggunakan Java 2 Platform Micro Edition (J2ME)*”.<sup>33</sup> Dalam skripsinya, Syauqi menjelaskan tentang algoritma penentuan posisi benda langit versi Jean Meeus dan diaplikasikan ke dalam versi Mobile Phone.

Tulisan Caroline E. Furness dan Irma J. Courtice dengan judul “*The Equation of Time*” yang dipublikasikan oleh *NASA Astrophysics Data System*.<sup>34</sup> Dalam tulisannya, Caroline dan Irma mendeskripsikan

---

<sup>33</sup> M. Syauqi Nahwandi, *Pemrograman Aplikasi Mobile Phone Hisab Awal Bulan Kamariyah “e-hisab” dengan Algoritma Jean Meeus Menggunakan Java 2 Platform Micro Edition (J2ME)*, Semarang: Program Studi Ilmu Falak, 2014.

<sup>34</sup> Caroline E. Furness and Irma J. Courtice, “*The Equation of Time*”, *NASA Astrophysics Data System*, hlm. 579 – 583. Pdf.

tentang *equation of time*, konsep, perhitungan, dan perbandingan dengan beberapa tabel yang memuat data *equation of time*.

Dari skripsi-skripsi dan tulisan di atas diketahui bahwa permasalahan yang akan diteliti secara spesifik oleh penulis yaitu *equation of time* belum pernah diteliti oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Oleh karena itu, penulis merasa pas untuk mengkaji penelitian ini.

## F. Metode Penelitian

### 1. Jenis Penelitian

Penelitian tentang komparasi algoritma *equation of time* ini termasuk jenis penelitian kualitatif<sup>35</sup> karena tidak memerlukan eksperimen dan langsung kepada sumber data, yaitu buku-buku karangan Jean Meeus dan Newcomb seperti *Astronomical Algorithm*, *A Compendium of Spherical Astronomy*, buku Mekanika Benda Langit karya Rinto Anugraha dan makalah Abdur Rachim tentang *Perhitungan Awal Bulan Menurut Sistem Newcomb* yang memuat algoritma *equation of time* dengan data-data Newcomb.

### 2. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan kajian teks atau penelitian kepustakaan (*library research*)<sup>36</sup>, karena itu sumber primer<sup>37</sup> yang digunakan dalam

---

<sup>35</sup> Penelitian kualitatif adalah penelitian yang lebih menekankan analisisnya pada proses penyimpulan deduktif dan induktif serta pada analisis terhadap dinamika hubungan antara fenomena yang diamati, dengan menggunakan logika ilmiah. Lihat Saifuddin Azwar, *Metode Penelitian*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Cet. XIII, 2012, hlm. 5.

<sup>36</sup> Suharismi Arikunto, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, Jakarta : PT. Rineka Cipta. cet.XIII, 2006, hlm.158.

penelitian ini adalah buku *Astronomical Algorithm* karya Jean Meeus, buku *A Compendium of Spherical Astronomy* karya Simon Newcomb dan Almanak Nautika. Sedangkan sumber sekunder<sup>38</sup> yang digunakan dalam skripsi ini adalah karya-karya dari orang lain yang berkaitan dengan sumber primer seperti buku *Mekanika Benda Langit* karya Rinto Anugraha<sup>39</sup> dan makalah *Perhitungan Awal Bulan Menurut Sistem Newcomb* karya Abdur Rachim.<sup>40</sup> Sumber sekunder penelitian ini juga didapatkan dari hasil wawancara dengan tokoh tokoh astronomi, karya ilmiah para sarjana, hasil diskusi, buku buku Astronomi dan kitab kitab yang berkaitan dengan pembahasan *equation of time*.

### 3. Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang diinginkan, penulis menggunakan beberapa metode, antara lain:

#### a) Metode Dokumentasi

Dokumentasi digunakan untuk memperoleh gambaran dan keterangan tentang metode penentuan *equation of time*. Metode ini dilakukan dengan mengumpulkan beberapa data baik

---

<sup>37</sup> Sumber primer adalah sumber-sumber yang memberikan data secara langsung dari tangan pertama atau merupakan sumber asli. Lihat Saifuddin Azwar, *Metode Penelitian*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, cet.V, 2004, hlm. 36.

<sup>38</sup> Sumber sekunder adalah sumber-sumber yang diambil dari sumber yang lain yang tidak diperoleh dari sumber primer. Lihat Saifuddin Anwar, *Metodologi Penelitian*, Yogyakarta: Pelajar Offset, 1998, hlm. 91.

<sup>39</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Universitas Gajah Mada: Jurusan Fisika Fakultas MIPA, 2012.

<sup>40</sup> Abdur Rachim, *Perhitungan Awal Bulan Menurut Sistem Newcomb*, makalah disampaikan pada penataran tenaga hisab rukyat tingkat nasional 6–10 Juli 1993 di Tugu Bogor.

berupa dokumen, karya ilmiah, ataupun buku–buku tentang *equation of time*.

b) Metode Wawancara

Wawancara (*interview*) yang dilakukan oleh penulis adalah tanya jawab seputar permasalahan yang diteliti kepada tokoh-tokoh astronomi, seperti kepada Rinto Anugraha, dan Mutoha Arkanudini. Wawancara tersebut dilakukan secara terstruktur maupun tidak terstruktur dan dilakukan secara lisan dimana dua orang atau lebih bertatap muka maupun lewat alat komunikasi dengan mendengarkan secara langsung informasi-informasi atau keterangan-keterangan.<sup>41</sup>

4. Metode Analisis Data

Setelah data diperoleh, selanjutnya penulis menganalisis data tersebut dengan menggunakan beberapa metode, antara lain:

a) Komparatif

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode komparatif, yaitu dengan mengkomparasikan antara hasil perhitungan algoritma Jean Meeus dengan algoritma Newcomb, hingga kemudian dapat diketahui apakah hasil perhitungan dari kedua algoritma ini sama, meskipun data yang diproses memiliki perbedaan. Di samping itu, penulis juga membandingkan dengan data *equation of time* dalam sistem

---

<sup>41</sup> Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif dan R&D*, Bandung: Alfabeta, cet. X, 2010, hlm.138.

perhitungan yang kontemporer, yaitu Almanak Nautika, sehingga dari komparasi kedua algoritma tersebut dapat diketahui hasil yang lebih dekat dan akurat dengan sistem kontemporer.

b) *Content* Analisis

*Content* analisis, atau dikenal juga dengan analisis isi, yaitu analisis yang dilakukan untuk mencari dan menentukan konsep konsep yang dibicarakan di dalam dokumen dan disajikan kepada pengguna informasi sebagai kata kunci.<sup>42</sup> Dalam penelitian ini, penulis menganalisa karya karya Jean Meeus dan Newcomb seperti *Astronomichal Algorithm* yang digunakan oleh Jean Meeus, buku *A Compendium of Spherical Astronomy* yang digunakan oleh Newcomb dan makalah tentang *Perhitungan Awal Bulan Menurut Sistem Newcomb* karya Abdur Rachim. Dalam hal ini penulis menganalisa bagaimana algoritma yang digunakan oleh Jean Meeus dan Newcomb, sehingga diharapkan dapat menjadi salah satu pedoman untuk menentukan *equation of time*.

---

<sup>42</sup> Sulastuti Shopia, *Analisi Isi Informasi: Menentukan Konsep–Konsep Penting Untuk Dijadikan Kata Kunci*, Bogor: Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2003, hlm. 1.

## G. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini terdiri atas lima bab yang diperjelas dengan sub-bab yang ada. Sistematika tersebut adalah:

BAB I: Pendahuluan. Dalam bab ini, penulis menerangkan tentang latar belakang masalah yang akan diteliti. Setelah itu penulis mengemukakan tujuan dan manfaat penelitian, serta tentang permasalahan penelitian yang berisi pembatasan masalah. Selanjutnya dikemukakan Tinjauan Pustaka dan Metode Penelitian. Terkait dengan metode penelitian, penulis memaparkan bagaimana teknik atau cara dan analisa yang dilakukan dalam penelitian. Terakhir, penulis menuliskan tentang sistematika penulisan.

BAB II: Tinjauan Umum Tentang *Equation of Time*. Dalam bab ini penulis memaparkan kerangka teori landasan keilmuan, dengan judul utama *Equation of Time* yang di dalamnya membahas tentang pemahaman serta konsep dari *equation of time*. Selain pembahasan tentang *equation of time*, dalam bab ini penulis juga memaparkan tentang Hukum Kepler, pergerakan Matahari dan Bumi yang menjadi dasar *equation of time* dan gambaran umum tentang Almanak Nautika yang menjadi parameter tingkat akurasi kedua algoritma tersebut.

BAB III: Algoritma *Equation of Time* Versi Jean Meeus dan Newcomb. Dalam bab ini penulis mendeskripsikan tentang biografi, hasil

temuan, karya ilmiah dari Jean Meeus dan Newcomb, serta proses perhitungan yang dilakukan.

BAB IV: Analisis Algoritma *Equation of Time* Versi Jean Meeus dan Newcomb. Bab ini merupakan pokok dari pembahasan penelitian yang penulis lakukan, yakni *Pertama*: Algoritma penentuan *equation of time* versi keduanya. *Kedua*: Tingkat akurasi hasil perhitungan algoritma keduanya dengan membandingkan hasil data dari Almanak Nautika. *Ketiga*: Kelebihan dan kekurangan dari kedua algoritma tersebut.

BAB V: Penutup. Dalam bab ini merupakan akhir dari pembahasan skripsi ini yang meliputi kesimpulan, saran, dan penutup.