

Perhitungan Waktu Ijtimak Awal Bulan Hijriyah Dengan Aplikasi Microsoft Excel Memanfaatkan Algoritma Jean Meeus

Emye Tegar Handhita

Hukum Keluarga Islam, Fakultas Syari'ah, Institut Agama Islam Negeri Ternate, Ternate, Indonesia
Jl. Lumba-Lumba No.8, Dufa Dufa, Kec. Kota Ternate Utara, Kota Ternate, Maluku Utara, Indonesia

Email: emye.tegar@iain-ternate.ac.id

(*: coressponding author)

Abstrak-Umat Muslim memiliki beberapa ibadah yang dilaksanakan pada hari-hari tertentu seperti puasa Ramadhan, hari raya Idul Fitri dan Ibadah Haji. Pelaksanaan ibadah-ibadah ini erat kaitannya dengan sistem penanggalan Hijriyah. Sistem kalender Hijriyah didasarkan pada periode revolusi Bulan mengelilingi Bumi. Secara umum terdapat dua metode penentuan awal bulan Hijriyah, yaitu Imkanu Rukyat dan Wujudul Hilal. Berbeda dengan Imkanu Rukyat yang mengharuskan pengamatan hilal, Wujudul Hilal menetapkan awal bulan Hijriyah sepenuhnya dengan perhitungan matematis. Salah satu variabel penting dalam penetapan awal bulan Hijriyah adalah waktu Ijtimak, yaitu saat di mana Matahari mendahului Bulan dari belakang. Salah satu metode perhitungan yang dapat digunakan untuk menghitung waktu Ijtimak adalah dengan menggunakan Algoritma Jean Meeus. Algoritma Jean Meeus memiliki banyak langkah perhitungan dan beberapa rumus yang cukup kompleks. Untuk membantu dalam melakukan perhitungan ini salah satunya dapat digunakan aplikasi Microsoft Excel. Untuk mengetahui tingkat akurasi data waktu Ijtimak yang telah dihitung selanjutnya dibandingkan dengan data yang terdapat di situs SKYCAL milik NASA.

Kata Kunci: Ijtimak; Jean Meeus; Excel; SKYCAL.

Abstract-Muslims have several religious rituals that are being done on certain dates such as the fasting of Ramadan, Eid al-Fitr and the Hajj pilgrimage. These religious rituals are closely related to the Hijri calendar system. The Hijri calendar system is based on the period of Moon's revolution around the Earth. Meanwhile, there are two methods for determining the beginning of the Hijri month, they are Imkanu Rukyat and Wujudul Hilal. Unlike Imkanu Rukyat which requires observation of the Hilal, Wujudul Hilal determines the beginning of the Hijri month entirely based on mathematical calculations. One of important variable in determining the beginning of the Hijri month is the Ijtimak time, which is the time when the Sun overtake the Moon from behind. One of calculation method that can be used to calculate the Ijtimak time is Jean Meeus Algorithm. The Jean Meeus Algorithm has many calculation steps and several complex formulas. To help us doing this calculation, we can use Microsoft Excel application. To find out the accuracy level of the Ijtimak time that has been calculated, it is then compared with the data from NASA's SKYCAL site.

Keywords: Ijtimak; Jean Meeus; Excel; SKYCAL.

1. PENDAHULUAN

Beberapa ibadah yang dilaksanakan oleh umat Muslim tidak dapat dilepaskan dari fenomena alam yang terjadi di sekitar kita. Sebagai contoh, ibadah salat lima waktu yang terkait dengan pergerakan dan posisi Matahari, atau puasa Ramadhan yang terkait dengan pergerakan dan posisi Bulan (Hilal). Untuk menentukan pelaksanaan kegiatan ibadah ini, dapat dilakukan dengan dua cara yaitu melalui pengamatan (rukyyat) dan melalui perhitungan matematis (hisab) [1]. Dalam hal ibadah puasa Ramadhan, hari raya Idul Fitri, dan hari raya Idul Adha seringkali ditemukan adanya perbedaan di masyarakat. Perbedaan ini bukanlah hal yang baru dan akan selalu menarik untuk dibahas sebagaimana yang telah dinyatakan oleh Ibrahim Hosen[2].

Tidak seperti sistem penanggalan Maschi yang didasarkan pada peredaran Bumi mengelilingi Matahari (revolusi Bumi), sistem penanggalan Hijriyah didasarkan pada peredaran Bulan mengelilingi Bumi (revolusi Bulan). Periode revolusi bulan sendiri terbagi menjadi dua, yaitu: (1) Periode Sideris yang merupakan waktu yang dibutuhkan oleh Bulan untuk melakukan satu kali putaran revolusi (360°) dengan waktu selama 27,32166 hari dan (2) Periode Sinodis yang merupakan waktu yang dibutuhkan Bulan untuk bergerak dari satu konjungsi ke konjungsi berikutnya dengan waktu selama 29,53059 hari [3]. Dalam penanggalan Hijriyah yang digunakan adalah periode Sinodis, di mana hal ini menyebabkan satu bulan di penanggalan Hijriyah memiliki panjang 29 sampai 30 hari [4]. Meskipun demikian tidak ada ketentuan khusus yang mengatur mengenai bulan mana yang lamanya 29 hari dan bulan mana yang panjangnya 30 hari [5].

Sebagaimana yang telah dijelaskan di atas, untuk menentukan masuknya bulan baru dalam penanggalan Hijriyah dapat dilakukan melalui dua cara yaitu Rukyyat dan Hisab. Rukyyat dilakukan melalui observasi pada tanggal 29 di akhir bulan Hijriyah, jika hilal terlihat maka sejak saat itu sudah masuk bulan baru, jika tidak maka dicukupkan 30 hari [6]. Sedangkan Hisab dilakukan dengan perhitungan matematis yang secara garis besar terbagi ke dalam tiga langkah yaitu: (1) menentukan waktu ijtimak, (2) menentukan waktu Matahari terbenam, dan (3) menentukan parameter Hilal pada saat Matahari terbenam.

Peristiwa Ijtimak adalah saat di mana Matahari dan Bulan berada pada bujur astronomi yang sama [7]. Jika diamati dari Bumi, maka Matahari dan Bulan akan nampak bergerak mengitari Bumi. Namun demikian kedua objek ini memiliki kecepatan gerak yang berbeda, di mana Matahari nampak sedikit lebih cepat daripada Bulan. Hal ini menyebabkan setiap satu bulan sekali Matahari akan tampak mendahului Bulan dari arah belakang. Peristiwa inilah yang disebut sebagai Ijtimak, salah satu faktor penentuan awal masuknya bulan Hijriyah. Salah satu algoritma yang sering dipergunakan dalam perhitungan fase Bulan adalah algoritma perhitungan milik Jean Meeus. Algoritma perhitungan ini memiliki hasil yang

akurat, namun rumus yang digunakan cukup kompleks dan panjang. Karenanya untuk membantu dalam melakukan perhitungan peneliti memanfaatkan aplikasi Microsoft Excel.

Aplikasi Microsoft Excel adalah salah satu bagian dari produk Office yang dikembangkan oleh perusahaan Microsoft Corporation. Aplikasi ini berbentuk lembar kerja spreadsheet yang memungkinkan pengguna untuk mengolah data seperti laporan keuangan, data statistik, ataupun melakukan perhitungan otomatis menggunakan rumus dan logika [8]. Penelitian yang membahas penggunaan algoritma Jean Meeus dalam bentuk jurnal nasional antara lain adalah yang telah ditulis oleh Arif Agus P., Sugeng Rianto, dan Abdurrouf dalam artikelnya yang berjudul Pembuatan Aplikasi untuk Menentukan Fase dan Visibilitas Bulan dengan Menggunakan Algoritma Jean Meeus [9].

Penelitian ini berfokus pada pembuatan aplikasi berbasis Java yang dapat melakukan perhitungan fase Bulan dengan memanfaatkan algoritma Jean Meeus. Hasil dari penelitian ini didapati bahwa data fase Bulan yang dihitung menggunakan algoritma Jean Meeus memiliki akurasi yang sangat baik jika dibandingkan dengan data yang terdapat pada situs www.nasa.gov. Penelitian lain dilakukan oleh Atiqo Shofi Wardana, Erna Dwi Astuti, dan Muslim Hidayat dalam artikelnya yang berjudul Rancang Bangun Aplikasi Penghitung Awal Bulan Hijriyah Menggunakan Algoritma Jean Meeus Sebagai Media Pembelajaran Ilmu Falak Pada Kitab Taqyidatul Jaliyah [10]. Penelitian ini lebih menitikberatkan pada pembuatan aplikasi media pembelajaran ilmu falak dan memastikan apakah aplikasi tersebut dapat berjalan dengan baik. Mengenai akurasi dari data Hilal yang dihasilkan oleh aplikasi tersebut tidak terlalu dibahas dalam penelitian ini.

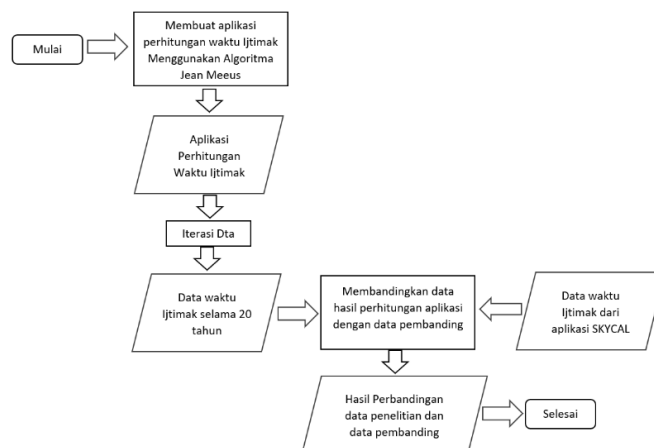
Satu lagi penelitian lain yang terkait dengan algoritma Jean Meeus adalah yang ditulis oleh Baiq Anggi Andinia, Siti Rabi'atul Adawiyah, dan Arino Bemis Sado dalam artikel yang berjudul Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Perhitungan Gerhana Bulan dan Matahari [11]. Penelitian ini memiliki kesamaan dalam hal pemanfaatan aplikasi Microsoft Excel untuk melakukan perhitungan, namun dengan perbedaan bahwa data yang dihitung adalah waktu terjadinya gerhana Bulan dan Matahari.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa data waktu gerhana Bulan dan gerhana Matahari yang dihitung menggunakan aplikasi yang telah dibuat memiliki akurasi yang sangat baik jika dibandingkan dengan data yang diperoleh dari NASA, dengan perbedaan rata-rata dalam orde detik saja. Penelitian yang dilakukan kali ini berfokus pada pembuatan aplikasi perhitungan waktu Ijtimak dengan menggunakan bantuan program Microsoft Excel dan memanfaatkan algoritma perhitungan Jean Meeus. Selanjutnya data waktu Ijtimak yang sudah dihitung akan dibandingkan dengan data dari situs SKYCAL milik NASA untuk memastikan apakah aplikasi yang telah dibuat dapat berjalan dengan baik dan menghasilkan data yang akurat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alur Tahapan Penelitian

Penelitian ini berfokus pada pembuatan aplikasi perhitungan waktu Ijtimak awal bulan Hijriyah yang dibuat menggunakan bantuan aplikasi Microsoft Excel dan memanfaatkan algoritma perhitungan Jean Meeus. Penelitian ini dimulai dengan pembuatan aplikasi perhitungan waktu Ijtimak di Microsoft Excel, dan selanjutnya dilanjutkan dengan pengecekan dan perbaikan apabila terdapat kesalahan dalam penulisan rumus. Setelah aplikasi selesai dibuat, selanjutnya dilakukan iterasi data waktu Ijtimak yang dilakukan untuk rentang waktu 20 tahun yaitu dari tahun 1446 H hingga 1465 H. Setelah data waktu Ijtimak selesai dihitung, selanjutnya data tersebut dibandingkan dengan data waktu Ijtimak yang terdapat di situs SKYCAL milik NASA untuk melakukan perbandingan guna mencari tahu tingkat akurasi dari data Ijtimak yang dihitung menggunakan algoritma Jean Meeus. Dalam bentuk bagan alur penelitian ini dapat dijelaskan melalui Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian Perhitungan Waktu Ijtimak Menggunakan Aplikasi Microsoft Excel Memanfaatkan Algoritma Jean Meeus

2.2 Batasan Penelitian

Beberapa batasan-batasan perlu ditetapkan oleh peneliti dalam melaksanakan penelitian kali ini, adapun batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

- Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah aplikasi perhitungan waktu Ijtimak yang dapat berjalan secara otomatis dan dapat dioperasikan oleh semua orang tanpa perlu memiliki basis ilmu pemrograman ataupun basis ilmu falak
- Aplikasi dibuat menggunakan algoritma perhitungan milik Jean Meeus yang kemudian dituliskan ke dalam program Microsoft Excel
- Iterasi data waktu Ijtimak dilakukan untuk kurun waktu 20 tahun, yaitu dari tahun 1446 hingga tahun 1465 H
- Perhitungan dilakukan untuk daerah zona waktu GMT +0, jadi data waktu Ijtimak yang dihasilkan adalah untuk daerah dengan zona waktu tersebut
- Data perbandingan diambil dari situs SKYCAL milik NASA yang dapat diakses melalui tautan <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SKYCAL/SKYCAL.html>
- Data yang diambil dari situs SKYCAL ini adalah data waktu terjadinya Bulan baru (*new moon*) dan data ini diasumsikan adalah akurat sehingga dijadikan sebagai perbandingan
- Perbandingan data dilakukan semata-mata untuk memastikan bahwa aplikasi Microsoft Excel yang telah dibuat dapat berjalan dengan lancar dan dapat memberikan hasil perhitungan yang akurat

2.3 Metode Perhitungan Waktu Ijtimak Algoritma Jean Meeus

Berikut ini adalah langkah perhitungan waktu Ijtimak yang dilakukan menggunakan algoritma Jaen Meeus[12]

$$k = 12 \times \text{Tahun Hijriyah} + \text{Bulan Hijriyah} - 17050$$

$$T = K/1236,85$$

$$M = 2,5534 + 29,10535670k - 0,0000014T^2 - 0,00000011T^3 \text{ mod } 360$$

$$M' = 201,5643 + 385,81693528k + 0,0107582T^2 + 0,00001238T^3 - 0,000000058T^4 \text{ mod } 360$$

$$F = 160,7108 + 390,67050284k - 0,0016118T^2 - 0,00000227T^3 + 0,000000011T^4 \text{ mod } 360$$

$$\Omega = 124,7746 - 1,56375588k + 0,0020672T^2 + 0,00000215T^3 \text{ mod } 360$$

$$A1 = 299,77 + 0,107408k - 0,009173T^2 \text{ mod } 360$$

$$A2 = 251,88 + 0,016321k \text{ mod } 360$$

$$A3 = 251,83 + 26,651886k \text{ mod } 360$$

$$A4 = 349,42 + 36,412478k \text{ mod } 360$$

$$A5 = 84,66 + 18,206239k \text{ mod } 360$$

$$A6 = 141,74 + 53,303771k \text{ mod } 360$$

$$A7 = 207,14 + 2,453732k \text{ mod } 360$$

$$A8 = 154,84 + 7,30686k \text{ mod } 360$$

$$A9 = 34,52 + 27,261239k \text{ mod } 360$$

$$A10 = 207,19 + 0,121824k \text{ mod } 360$$

$$A11 = 291,34 + 1,844379k \text{ mod } 360$$

$$A12 = 161,72 + 24,198154k \text{ mod } 360$$

$$A13 = 239,56 + 25,513099k \text{ mod } 360$$

$$A14 = 331,55 + 3,592518k \text{ mod } 360$$

$$JD = 2451550,09765 + 29,530588861k + 0,00015437T^2 - 0,000000150T^3 + 0,00000000073T^4$$

$$E = 1 - 0,002516T - 0,0000074T^2$$

$$C1 = 0,000325 \times \sin A1 + 0,000165 \times \sin A2 + 0,000164 \times \sin A3 + 0,000126 \times \sin A4 + 0,000110 \times \sin A5 \\ + 0,000062 \times \sin A6 + 0,000060 \times \sin A7 + 0,000056 \times \sin A8 + 0,000047 \times \sin A9 \\ + 0,000042 \times \sin A10 + 0,000040 \times \sin A11 + 0,000037 \times \sin A12 + 0,000035 \times \sin A13 \\ + 0,000023 \times \sin A14$$

$$C2 = -0,40720 \times \sin M' + 0,17241 \times E \times \sin M + 0,01608 \times \sin 2M' + 0,01039 \times \sin 2F \\ + 0,00739 \times E \times \sin(M' - M) - 0,00514 \times E \times \sin(M' + M) + 0,00208 \times E^2 \times \sin 2M \\ - 0,00111 \times \sin(M' - 2F) - 0,00057 \times \sin(M' + 2F) + 0,00056 \times E \times \sin(2M' + M) \\ - 0,00042 \times \sin 3M' + 0,00042 \times E \times \sin(M + 2F) + 0,00038 \times E \times \sin(M - 2F) \\ - 0,00024 \times E \times \sin(2M' - M) - 0,00017 \times \sin \Omega - 0,00007 \times \sin(M' + 2M) \\ + 0,00004 \times \sin(2M' - F) + 0,00004 \times \sin 3M + 0,00003 \times \sin(M' + M - 2F) \\ + 0,00003 \times \sin(2M' + F) - 0,00003 \times \sin(M' + M + 2F) + 0,00003 \times \sin(M' - M + 2F) \\ - 0,00002 \times \sin(M' - M - 2F) - 0,00002 \times \sin(3M' + M) + 0,00002 \times \sin 4M' [13]$$

$$JD' = JD + C1 + C2$$

$$CJD = JD' + 0,5 + \text{zona waktu}/24$$

$$CJDN = INT(CJD)$$

$$FracD = CJD - CJDN$$

$$\alpha = INT\left(\frac{CJDN - 1867216,25}{36524,25}\right)$$

$$\beta = 1 + \alpha - INT(\alpha/4)$$

$$Goor = IF(CJDN \geq 2299161, Goor = \beta, Goor = 0)$$

$$A = CJDN + Gcor$$

$$B = A + 1524$$

$$C = INT((B - 122,1)/365,25)$$

$$D = INT(365,25 \times C)$$

$$E = INT((B - D)/30,6001)$$

$$TGL = B - D - INT(30,6001 \times E)$$

$$BLN = IF(E \geq 14, BLN = E - 13, BLN = E - 1)$$

$$THN = IF(BLN > 2, THN = C - 4716, THN = C - 4751)$$

$$Pukul ET = FracD \times 24$$

$$Y = THN + \frac{BLN - 1}{12} + \frac{TGL}{365}$$

Langkah berikutnya adalah menghitung U dan ΔT yang mana rumusnya bergantung pada nilai THN yang telah diperoleh dari langkah sebelumnya. Adapun rumus perhitungan nilai U dan ΔT dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Rumus perhitungan nilai U dan ΔT

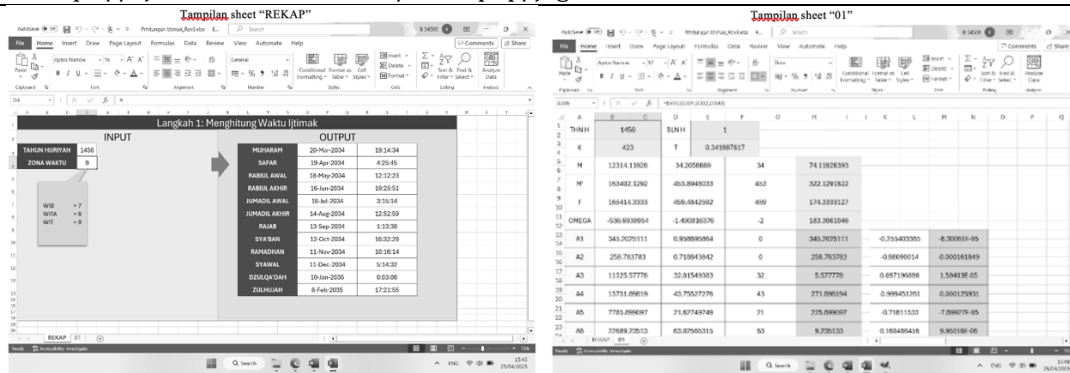
Periode	U	ΔT (detik)
Sebelum 500 SM	(Y-1820)/100	-20 + 32U ²
500 SM sampai 500 M	Y/100	10583,6 - 1014,41U + 33,78311U ² - 5,952053U ³ - 0,7198452U ⁴ + 0,022174192U ⁵ + 0,0090316521U ⁶
500 M sampai 1600 M	(Y-1000)/100	1574,2 - 556,01U + 71,23472U ² + 0,319781U ³ - 0,8503463U ⁴ - 0,005050998U ⁵ + 0,0083572073U ⁶
1600 M sampai 1700 M	(Y-1600)/100	120 - 98,08U - 153,2U ² + U ³ /0,007129
1700 M sampai 1800 M	(Y-1700)/100	8,83 + 16,03U - 59,285U ² + 133,36U ³ - U ⁴ /0,01174
1800 M sampai 1860 M	(Y-1800)/100	13,72 - 33,2447U + 68,612U ² + 4111,6U ³ - 37436U ⁴ + 12172U ⁵ - 169900U ⁶ + 87500U ⁷
1860 M sampai 1900 M	(Y-1860)/100	7,62 + 57,37U - 2517,54U ² + 16806,68U ³ - 44736,24U ⁴ + U ⁵ /0,000233174
1900 M sampai 1920 M	(Y-1900)/100	-2,79 + 149,4119U - 598,939U ² + 6196,6U ³ - 19700U ⁴
1920 M sampai 1941 M	(Y-1920)/100	21,2 + 84,493U - 761U ² + 2093,6U ³
1941 M sampai 1961 M	(Y-1950)/100	29,07 + 40,7U - U ² /0,0233 + U ³ /0,002547
1961 M sampai 1986 M	(Y-1975)/100	45,45 + 106,7U - U ² /0,026 - U ³ /0,000717
1986 M sampai 2005 M	(Y-2000)/100	63,86 + 33,45U - 603,74U ² + 1727,5U ³ + 65181,4U ⁴ + 237359,9U ⁵
2005 M sampai 2050 M	(Y-2000)/100	62,92 + 32,217U + 55,89U ²
2050 M sampai 2150 M	(Y-1820)/100	-205,72 + 56,28U + 32U ²
Setelah 2150 M	(Y-1820)/100	-20 + 32U ²

Langkah terakhir hitung nilai Pukul LT menggunakan rumus sebagai berikut: $Pukul LT = Pukul ET - \Delta T$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Keluaran Aplikasi Microsoft Excel

Program perhitungan waktu Ijtimak dibuat dalam satu dokumen Excel yang terdiri atas dua sheet, yaitu sheet “REKAP” dan sheet “01”. Sheet “REKAP” adalah tempat untuk memasukkan data input dan sekaligus juga menampilkan data output hasil perhitungan waktu Ijtimak. Sheet “01” adalah tempat di mana aplikasi Microsoft Excel melakukan perhitungan waktu Ijtimak sesuai dengan data input yang telah dimasukkan. Adapun tampilan dari sheet “REKAP” dan sheet “01” dimaksud dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Tampilan Aplikasi Microsoft Excel Perhitungan Waktu Ijtimaq

Untuk mengoperasikan aplikasi ini pengguna perlu memasukkan dua data yaitu data tahun Hijriyah dan data zona waktu. Untuk data tahun Hijriyah pengguna dapat memasukkan angka secara bebas, sedangkan untuk data zona waktu harus disesuaikan dengan lokasi tempat perhitungan. Adapun wilayah Indonesia terbagi ke dalam tiga daerah waktu yaitu: Waktu Indonesia Barat (WIB), Waktu Indonesia Tengah (WITA), dan Waktu Indonesia Timur (WIT) [14]. Untuk daerah WIB maka data di kolom zona waktu dapat dimasukkan angka 7, untuk daerah WITA masukkan angka 8, dan untuk WIT masukkan angka 9. Meskipun demikian, sebenarnya data zona waktu ini dapat pula diisikan dengan nilai yang lain apabila perhitungan ingin dilakukan untuk daerah yang berada di luar wilayah Indonesia.

Jika data input sudah dimasukkan maka aplikasi akan melakukan perhitungan waktu Ijtimaq secara otomatis untuk rentang waktu selama satu tahun Hijriyah (dari bulan Muharam bulan Hijriyah). Perhitungan ini sendiri dilakukan di latar belakang, atau lebih tepatnya di sheet “01”. Hasil perhitungan selanjutnya diambil dan ditampilkan di kolom output sebelah kanan. Aplikasi perhitungan waktu Ijtimaq menggunakan algoritma Jean Meeus yang telah dibuat dengan Microsoft Excel ini dapat diunduh di tautan berikut: <https://bit.ly/ijtimakjeanmeeus>

3.2 Hasil Perhitungan Algoritma Jean Meeus

Untuk parameter input bulan Muharam tahun 1446 H, dengan zona waktu GMT +0, maka jika dilakukan perhitungan algoritma Jean Meeus akan diperoleh data-data sebagai berikut:

$k = 303$	$A10 = 244,102672$	$Goor = 13$
$T = 0,24497716$	$A11 = 130,186837$	$A = 2460510$
$M = 181,47648$	$A12 = 293,760662$	$B = 2462034$
$M' = 104,0963357$	$A13 = 50,028997$	$C = 6740$
$F = 93,87306376$	$A14 = 340,082954$	$D = 2461785$
$\Omega = 10,95669245$	$JD = 2460497,866$	$E = 8$
$A1 = 332,3140735$	$E = 0,999383193$	$TGL = 5$
$A2 = 256,825263$	$C1 = -0,000337326$	$BLN = 7$
$A3 = 47,351458$	$C2 = -0,408537958$	$THN = 2024$
$A4 = 222,400834$	$JD' = 2460497,475$	$Pukul ET$
$A5 = 201,150417$	$CJD = 2460497,957$	$= 22: 58: 22,84$
$A6 = 92,782613$	$CJDN = 2460497$	$Y = 2024,513699$
$A7 = 230,620796$	$FracD = 0,957208861$	$U = 0,245136986$
$A8 = 208,81858$	$\alpha = 16$	$\Delta T = 1 \text{ menit } 14 \text{ detik}$
$A9 = 14,675417$	$\beta = 13$	$Pukul LT = 22: 57: 0$

Dari data-data di atas maka diperoleh waktu Ijtimaq jatuh pada tanggal 5 Juli 2024 pukul 22:57:09 GMT

3.3 Mengatasi Masalah Rumus yang Panjang

Dalam perhitungan waktu Ijtimaq yang dilakukan dengan algoritma Jean Meeus, terdapat beberapa rumus perhitungan yang sangat panjang misalnya rumus C1, C2, dan rumus perhitungan ΔT . Rumus perhitungan yang sangat panjang ini dapat menyebabkan terjadinya resiko munculnya kesalahan dalam penulisan rumus. Untuk mengurangi resiko ini, maka rumus tersebut dapat dipecah ke dalam bagian-bagian yang lebih kecil. Namun demikian, dalam melakukan pemecahan rumus tersebut tetap harus memperhatikan kaidah-kaidah yang berlaku dalam perhitungan matematika dasar. Sebagai contoh, misalnya jika terdapat persamaan matematika sebagai berikut: $X = A \times B + C \times D \times E - F \times G$.

Secara kaidah matematika dasar, maka perhitungan perkalian dan pembagian harus didahulukan terhadap perhitungan penjumlahan dan pengurangan. Dengan menggunakan kaidah ini, maka rumus di atas dapat dituliskan kembali sebagai berikut: $X = (A \times B) + (C \times D \times E) - (F \times G)$. Selanjutnya rumus ini dapat dipecah ke dalam bagian-bagian yang lebih kecil, misal seperti berikut:

$$X1 = (A \times B)$$

$$X2 = (C \times D \times E)$$

$$X3 = (F \times G \times (-1))$$

Untuk rumus X3 terdapat perkalian dengan bilangan -1, hal ini dilakukan variabel X3 dihitung dengan cara dikurang dan bukan dijumlah, sebagaimana rumus X yang tertulis di atas. Dengan demikian maka untuk melakukan perhitungan nilai X dapat dilakukan dengan menggunakan rumus =SUM atau dengan penjumlahan sebagai berikut: $X = X1 + X2 + X3$. Adapun implementasi Microsoft Excel dari penyederhanaan rumus rumus ini dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
48	M	322.1291822		-0.613883219		1		-0.4072		0.249973247									
49	M	74.11928393		0.961833461		0.999138668		0.17241		0.165686873									
50	2M	644.2583645		-0.969194964		1		0.01608		-0.015584655									
51	2F	348.6666254		-0.196517315		1		0.01039		-0.002041815									
52	M+M	248.0098983		-0.927248557		0.999138668		0.00739		-0.006846465									
53	M+M	396.2484662		0.591288059		0.999138668		-0.00514		-0.003036603									
54	2M	148.2385679		0.626383883		0.998278078		0.00208		0.001092993									
55	M+2F	-26.53744318		-0.446782563		1		-0.00111		0.000495929									
56	M+2F	670.7958077		-0.757042865		1		-0.00057		0.000431514									
57	2M+M	718.3776484		-0.028311593		0.999138668		0.00056		-1.58408E-05									
58	3M	966.3875467		-0.916275692		1		-0.00042		0.000384836									
59	M+2F	422.7859094		0.889303933		0.999138668		0.00042		0.000373186									
60	M	-274.5473415		0.996852165		0.999138668		0.00038		0.000378478									
61	2M+M	570.1390805		-0.502100727		0.999138668		-0.00024		0.0001204									
62	OMEGA	183.3061046		-0.057670396		1		-0.00017		9.80397E-06									

Gambar 3. Perhitungan nilai C2 dengan cara menguraikan rumus ke dalam bagian-bagian yang pendek

3.4 Pemanfaatan Sistem Flag

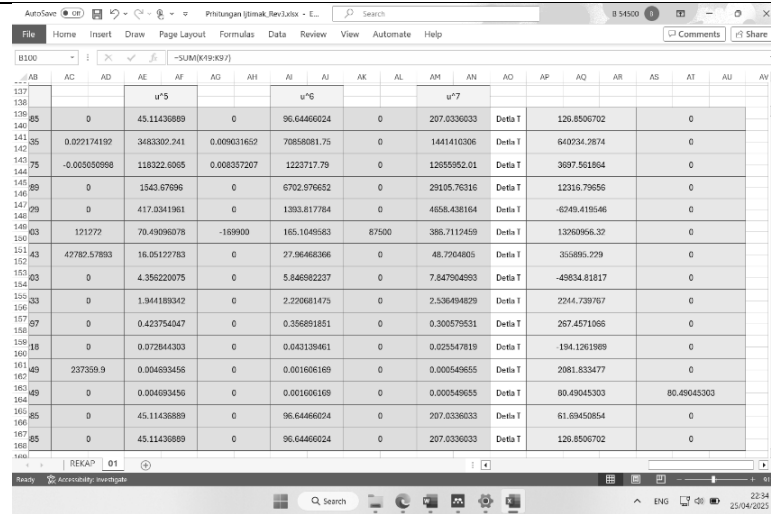
Dalam membuat aplikasi perhitungan waktu Ijtimak ini, peneliti memiliki target agar aplikasi dapat dengan semudah mungkin oleh kalangan masyarakat umum. Untuk itu peneliti harus dapat memastikan agar aplikasi dapat berjalan secara otomatis, dan hanya memerlukan data input yang seminimal mungkin. Sementara itu jika dilihat pada perhitungan nilai U dan nilai ΔT , terdapat sangat banyak rumus yang penggunaannya bergantung pada hasil perhitungan tahun Masehi pada langkah 26. Ini artinya, program Excel yang dibuat harus dapat menentukan secara otomatis rumus mana yang harus digunakan untuk melakukan perhitungan nilai U dan ΔT . Sebagai solusi dari permasalahan ini peneliti memanfaatkan sistem "flag" yang biasa digunakan pada game RPG.

Flag adalah sebuah variabel yang digunakan sebagai sinyal dalam suatu proses atau fungsi. Dalam dunia pemrograman flag dapat digunakan sebagai sarana pengambilan keputusan, sehingga komputer bisa tahu langkah apa yang harus dilakukan selanjutnya [15]. Berikut ini adalah contoh penggunaan sistem flag untuk menentukan tahun kabisat misalnya untuk tahun 2100 Masehi. Pertama-tama kita harus definisikan terlebih dahulu kriteria tahun kabisat sebagai berikut:

- Tahun yang habis dibagi 4 adalah tahun kabisat
- Tahun yang habis dibagi 100 bukan tahun kabisat
- Tahun yang habis dibagi 400 adalah tahun kabisat [16]

Dari tiga ketentuan di atas, maka bilangan tahun 2100 memenuhi dua di antaranya yaitu habis dibagi 4 dan habis dibagi 100. Jika untuk setiap ketentuan yang terpenuhi diberikan satu buah flag maka bilangan tahun 2100 akan memperoleh 2 buah flag. Hal yang menarik dari ketentuan tahun kabisat adalah bahwa tahun yang habis dibagi 100 sudah pasti habis juga dibagi 4, dengan jumlah flag sebanyak 2. Sedangkan tahun yang habis dibagi 400, sudah pasti habis juga dibagi 100 dan dibagi 4, dengan jumlah flag sebanyak 3. Tahun kabisat adalah yang habis dibagi 4 atau yang habis dibagi 400, artinya yang memiliki jumlah flag sebanyak 1 atau 3. Dari sini kita dapat membuat rumus menentukan tahun kabisat menggunakan rumus =IF dengan ketentuan jika jumlah flag adalah 1 atau 3, maka tahun tersebut kabisat, jika tidak maka bukan tahun kabisat. Tahun 2100 memperoleh 2 buah flag, maka bukan tahun kabisat.

Adapun implementasi Microsoft Excel dari penggunaan sistem flag ini dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Pemanfaatan sistem flag untuk melakukan perhitungan nilai ΔT

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pada kolom AS banyak cell yang berisikan data dengan nilai 0. Hal ini dikarenakan angka tahun yang terdapat pada baris tersebut tidak sesuai dengan nilai tahun yang diperoleh dari hasil perhitungan langkah 26.

3.5 Perbandingan Dengan Data SKYCAL

Hasil perbandingan data waktu Ijtimak yang diperoleh dari hasil perhitungan terhadap data yang diambil dari situs SKYCAL milik NASA tersaji pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Perbandingan data waktu Ijtimak hasil perhitungan dengan data dari SKYCAL NASA

Bulan Hijriyah	Data Perhitungan Microsoft Excel (Waktu GMT)	Data SKYCAL (Waktu GMT)	Selisih (detik)
Muharam 1446 H	5 Juli 2024 22:57:09	5 Juli 2024 22:57:00	9
Safar 1446 H	4 Agustus 2024 11:12:56	4 Agustus 2024 11:13:00	-4
Rabiul Awal 1446 H	3 September 2024 1:55:36	3 September 2024 1:55:00	36
Rabiul Akhir 1446 H	2 Oktober 2024 18:49:17	2 Oktober 2024 18:49:00	17
Jumadil Awal 1446 H	1 November 2024 12:47:07	1 November 2024 12:47:00	7
Jumadil Akhir 1446 H	1 Desember 2024 6:21:30	1 Desember 2024 6:21:00	30
Rajab 1446 H	30 Desember 2024 22:26:53	30 Desember 2024 22:27:00	-7
Sya'ban 1446 H	29 Januari 2025 12:35:55	29 Januari 2025 12:36:00	-5
Ramadhan 1446 H	28 Februari 2025 0:44:38	28 Februari 2025 0:45:00	-22
Syawal 1446 H	29 Maret 2025 10:57:39	29 Maret 2025 10:58:00	-21
Zulqa'dah 1446 H	27 April 2025 19:31:09	27 April 2025 19:31:00	9
Zulhijjah 1446 H	27 Mei 2025 3:02:24	27 Mei 2025 3:02:00	24
Muharam 1447 H	25 Juni 2025 10:31:28	25 Juni 2025 10:31:00	28
Safar 1447 H	24 Juli 2025 19:10:57	24 Juli 2025 19:11:00	-3
Rabiul Awal 1447 H	23 Agustus 2025 6:06:27	23 Agustus 2025 6:06:00	27
Rabiul Akhir 1447 H	21 September 2025 19:54:07	21 September 2025 19:54:00	7
Jumadil Awal 1447 H	21 Oktober 2025 12:25:03	21 Oktober 2025 12:25:00	3
Jumadil Akhir 1447 H	20 November 2025 6:47:09	20 November 2025 6:47:00	9
Rajab 1447 H	20 Desember 2025 1:43:23	20 Desember 2025 1:43:00	23
Sya'ban 1447 H	18 Januari 2026 19:52:06	18 Januari 2026 19:52:00	6
Ramadhan 1447 H	17 Februari 2026 12:01:10	17 Februari 2026 12:01:00	10
Syawal 1447 H	19 Maret 2026 1:23:21	19 Maret 2026 1:23:00	21
Zulqa'dah 1447 H	17 April 2026 11:51:36	17 April 2026 11:52:00	-24
Zulhijjah 1447 H	16 Mei 2026 20:00:55	16 Mei 2026 20:01:00	-5

Data di atas adalah data waktu Ijtimak untuk periode selama dua tahun Hijriyah yaitu dari tahun 1446 hingga tahun 1447 H. Perhitungan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk rentang waktu 20 tahun Hijriyah yaitu dari tahun 1446 hingga 1465 H, jadi data di atas sifatnya hanya sebagian saja. Dari keseluruhan data yang telah dibandingkan, dapat diketahui bahwa hasil perhitungan waktu Ijtimak yang dilakukan menggunakan algoritma Jean Meeus dengan

bantuan Microsoft Excel memiliki hasil yang tidak berbeda jauh jika dibandingkan dengan data yang diambil dari situs SKYCAL milik NASA.

Didapati selisih data terkecil adalah sebesar 0 detik, selisih data terbesar adalah 41 detik, dan rata-rata selisih data keseluruhan adalah sebesar 15,97 detik. Selisih data yang diperoleh hanya dalam orde detik saja, tidak sampai satu menit, ini artinya bahwa aplikasi Microsoft Excel yang telah dibuat dapat menghasilkan data yang waktu Ijtimak yang akurat [17].

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini antara lain adalah: (1) Aplikasi perhitungan waktu Ijtimak menggunakan algoritma Jean Meeus berhasil dibuat dengan menggunakan bantuan program Microsoft Excel. (2) Aplikasi dapat dioperasikan secara mudah dengan hanya memasukkan data tahun Hijriyah dan data zona waktu. (3) Aplikasi dapat melakukan perhitungan secara otomatis dengan hasil output berupa data waktu Ijtimak dalam kurun waktu selama satu tahun (12 bulan Hijriyah). (4) Data waktu ijtimak memiliki tingkat akurasi yang baik jika dibandingkan dengan data yang diambil dari situs SKYCAL milik NASA. Selisih data yang dihasilkan hanya dalam orde detik saja dan tidak sampai satu menit. Tentu saja peneliti sepenuhnya paham bahwa masih sangat banyak kekurangan yang terdapat dalam pelaksanaan penelitian ini. Untuk itu di sini peneliti juga menyertakan beberapa saran bagi diri peneliti sendiri maupun bagi peneliti lain yang barangkali tertarik untuk melanjutkan penelitian ini. Adapun saran tersebut antara lain: (1) Untuk saat ini peneliti sepenuhnya sadar bahwa kemampuan pemrograman komputer yang dimiliki masih sangatlah terbatas. Karena alasan inilah maka progra perhitungan waktu Ijtimak yang dibuat masih sebatas menggunakan Microsoft Excel. Ke depannya peneliti berharap dapat belajar lebih banyak mengenai bahasa pemrograman yang lain, sehingga di kemudian hari nanti peneliti mungkin dapat membuat aplikasi dengan lebih baik lagi. (2) Di Indonesia terdapat sebuah organisasi Islam besar bernama Muhammadiyah. Dalam melakukan penentuan awal bulan Hijriyah organisasi ini menggunakan metode Wujudul Hilal [18]. Dalam perhitungan wujudul Hilal, waktu Ijtimak hanyalah salah satu dari sekian banyak parameter hilal yang dihitung. Untuk saat ini aplikasi yang peneliti buat memang hanya terbatas pada perhitungan waktu Ijtimak saja. Namun demikian peneliti berharap untuk bisa melanjutkan pengembangan aplikasi ini sehingga dapat digunakan untuk menghitung parameter hilal yang lain, sehingga nantinya mungkin aplikasi ini diharapkan dapat digunakan dalam melakukan perhitungan hilal awal bulan Hijriyah.

REFERENCES

- [1] M. Khusurur, "Perpaduan Hisab dan Rukyat Sebagai Metode Penentuan Awal Bulan Hijriyah," *Al-Wasith: Jurnal Studi Hukum Islam*, vol. 5, pp. 150–161, Dec. 2020.
- [2] A. Y. Siregar, "Metode Hisab dalam Rangka Menyelesaikan Perbedaan Puasa Arafah Antara Indonesia dan Arab Saudi: Telaah Atas Pemikiran Profesor Syamsul Anwar," *At-Tafahun: Journal of Islamic Law*, vol. 1, no. 1, p. 19, 2017.
- [3] M. Raharto, N. Sopwan, and K. K. Astronomi, *Fenomena Gerhana Bulan dan Gerhana Matahari dalam Sistem Kalender*, 1st ed., vol. 1. Bandung: Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2019, 2019.
- [4] A. Julianti and D. Tanjung, "Unifikasi Kalender Hijriyah Umat Muslim di Indonesia," *Astroislamica: Journal of Islamic Astronomy*, vol. 2, no. 1, p. 80, Jun. 2023, doi: 10.47766/astroislamica.v1i1.1168.
- [5] N. Rohmah, "Ijtimak Sebagai Prasarat Pergantian Bulan Baru Dalam Kalender Hijriyah," *Al-Mikraj: Indonesian Journal of Islamic Studies and Humanities*, vol. 1, no. 1, p. 80, 2020.
- [6] M. Fadhlil, Fatmawati, and Muh. S. Ridwan, "Korelasi Antara Hisab dan Rukyat Dalam Perumusan Penanggalan Hijriyah," *Hisabuna: Jurnal Ilmu Falak*, vol. 3, no. 3, p. 106, Sep. 2022.
- [7] M. C. Nizar and B. Alwi, "Analysis of accuracy of the beginning of hijriah months reckoning of ad-Dur al-Aniq book in 20 years," *Ulul Albab: Jurnal Studi dan Penelitian Hukum Islam*, vol. 4, no. 1, p. 67, Nov. 2020, doi: 10.30659/jua.v4i1.12811.
- [8] Ermayanti Astuti, Putri Yunita, Frinto Tambunan, Fitrah Sri Wahyuni, and Rikha Ira Setiyawati, "Pelatihan Pengenalan dan Penerapan Aplikasi Komputer Microsoft Excel pada SMU Swasta Dharmawangsa Medan," *ABDIKAN: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 1, pp. 50–57, Feb. 2023, doi: 10.55123/abdikan.v2i1.1660.
- [9] A. Agus P, S. Rianto, and Abdurouf, "Pembuatan Aplikasi untuk Menentukan Fase dan Visibilitas Bulan dengan Menggunakan Algoritma Jean Meeuse," *Brawijaya Physics Student Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 49–52, 2013.
- [10] A. Shofi Wardana and E. D. Astuti, "RANCANG BANGUN APLIKASI PENGHITUNG AWAL BULAN HIJRIYAH MENGGUNAKAN ALGORITMA JEAN MEEUS SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN ILMU FALAK PADA KITAB TAQYIDATUL JALIYAH," *BINER: Jurnal Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 142–147, 2023.
- [11] B. Anggi Andini et al., "Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Penentuan Gerhana Bulan dan Matahari," *Al-Alaq: Jurnal Ilmu Falak dan Astronomi*, vol. 5, no. 1, p. 57, 2023.
- [12] A. Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i dan Astronomi*, 1st ed., vol. 2. Bandung: Persis Pers, 2019.
- [13] Jean Meeus, *Astronomical Algorithm*, 1st ed., vol. 1. Virginia: Willman Bell, 1998.
- [14] N. Rahmi and I. Suriani, "Zona Waktu dan Implikasinya Terhadap Penetapan Awal Waktu Shalat Pengaruh Zona Waktu Terhadap Penetapan Awal Waktu Shalat," *Proceeding IAIN Batusangkar*, vol. 1, no. 1, p. 169, 2020.
- [15] V. Hanada, W. S. Wardhono, and M. A. Akbar, "Penggunaan Flag Untuk Mengurangi Permasalahan Input yang Tidak Disengaja Pada Controller yang Menggunakan Kinect," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 9, p. 9106, 2019.

- [16] M. Saifulloh, L. A. Farah, and J. Roesuldi, "Studi Komparasi Sejarah dan Aturan Kalender Tahun Masehi: Julian dan Gregorian," *Al-Afaq: Jurnal Ilmu Falak dan Astronomi*, vol. 4, no. 1, p. 70, 2022.
- [17] Wahidin and A. K. Faiz, "Variasi Waktu Salat (Studi Kasus Masjid-Masjid di Kota Parepare Dalam Perspektif Hisab Kontemporer dan Hukum Islam)," *ELFALAKY: Jurnal Ilmu Falak*, vol. 6, no. 2, p. 223, 2022.
- [18] I. Koto, L. P. Hati, A. S. Manurung, and A. S. Siregar, "Islamic Holy Days: The Contention of Rukyatul Hillal and Hisab Hakiki Wujudul Hilal Disputes for Muslims in Indonesia," *Pharos Journal of Theology*, vol. 105, no. 2, pp. 1–14, 2024, doi: 10.46222/pharosjot.105.210.