

BAB IV

**ANALISIS METODE DAN AKURASI *ḤISAB* GERHANA MATAHARI
GLOBAL MENURUT IBNU YAQŪB AL-BATAWY DALAM KITAB
RISĀLAH AL-ZAYN.**

A. Analisis Metode *Ḥisab* Gerhana Matahari Global Menurut Ibnu Yaquḇ al-Batawy Dalam Kitab *Risālah al-Zayn*.

Pada dasarnya *ḥisab* untuk memprediksi gerhana matahari dilakukan agar umat *Islam* dapat menyelenggarakan pelaksanaan *sholat sunnah* gerhana matahari yang dianjurkan untuk setiap umat *Islam* yang dapat menyaksikan peristiwa terjadinya gerhana matahari.¹ Sejumlah hal yang perlu diperhatikan dengan terjadinya gerhana matahari adalah kerucut bayangan yang mengenai bumi, bulan yang berada pada titik simpul atau dengan jarak tertentu dan bulan dalam konjungsi dengan matahari, sehingga kemungkinan akan terjadi gerhana matahari total apabila seluruh piringan bulan menutupi piringan matahari secara keseluruhan dikarenakan semi diameter bulan sama dengan diameter matahari, gerhana sebagian apabila sebagian piringan matahari tertutup oleh bulan dan gerhana matahari cincin apabila piringan matahari tidak tertutup secara keseluruhan dikarenakan semi diameter matahari jauh lebih besar dari pada diameter bumi.²

¹ A. Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak Panduan Lengkap dan Praktis Ḥisab Arah Kiblat, Waktu-Waktu Sholat, Awal Bulan dan Gerhana*. (Jakarta: Amzah, 2018) h.208

² A. Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak Panduan Lengkap dan Praktis Ḥisab Arah Kiblat, Waktu-Waktu Sholat, Awal Bulan dan Gerhana*. h.204

Secara keseluruhan kitab *Risālah al-Zayn* tergolong kitab dengan *ḥisab haqīqy ashry* (kontemporer), yang metodenya dengan memasukan suku-suku koreksi yang banyak sehingga hasilnya sangat sehingga hasil dari perhitungannya mendekati kenyataan dan hanya selisih beberapa detik dari perhitungan prediksi NASA.³

1. Teori *Ḥisab Gerhana Matahari Global* Kitab *Risālah al-Zayn*

Sebuah teori lahir dari keinginan manusia terhadap suatu kejadian atau keadaan, yang mana keinginan tersebut berangkat dari mitos kepada penelitian-penelitian ilmiah yang sederhana kemudian menghasilkan teori-teori tentang ilmu pengetahuan. Dengan adanya perkembangan baru ilmu pengetahuan dan teknologi, sering sekali meruntuhkan teori lama dengan adanya teori baru, dan tidak berarti teori lama tersebut menjadi tidak berarti karena sesungguhnya teori baru yang lebih mendekati kebenaran itu tercipta juga karena adanya teori lama.⁴

a. Teori Konsep Matahari Kitab *Risālah al-Zayn*

Dalam teorinya *Risālah al-Zayn* menggunakan teori *heliosentris*.⁵

Pada dasarnya orang pertama yang menemukan teori *heliosentris* bukanlah Nicolas Copernicus⁶, melainkan sebelum abad -13 SM, sudah

³ Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i dan Astronomi*. (Persis Pers: Bandung, 2019) h.79

⁴ Muhamad Hadi Basrowi, *Pengantar Ilmu Falak*. (Pustaka al-Kautsar: Jakarta) h.48.

⁵ Ibnu Yaquḥ al-Batāwy. *Wawancara Virtual* Via Whats App. 13 Januari 2021

⁶Nicolas Copernicus adalah seorang astronom, matematikawan dan juga ekonom yang berkebangsaan Polandia yang mengembangkan teori heliosentris yang di gunakan oleh sains, dilain sisi Nicolas Copernicus juga seorang kanon gereja, gubernur, administrator, hakim, astrolog, dan juga tabib. Teori *heliosentris* yang di perkenalkan oleh Nicolas Copernicus telah menjatuhkan teori *geosentris* yang myatakan bahwa bumi sebagai pusat tata surya dan menjadi fundamental astronomi dan sains moderen. Pada tahun 1945 didirikan sebuah Universitas yang bernama Universitas Nicolaus Compernicus di Torun sebagai wujud penghormatan kepada Nicolas Copernicus terhadap subangannya terhadap ilmu pengetahuan yang begitu besar. https://id.wikipedia.org/wiki/Nikolaus_compernicus. diakses tanggal 25 Mei 2021.

ada seorang Filosof Yunani bernama Aristarchus⁷ yang juga menyatakan bahwa bumi berputar mengelilingi matahari walaupun hanya sebatas hipotesa, yang mana pendapat tersebut juga tidak sejalan dengan pendapat Aristoteles.⁸

Teori *heliosentris* di publikasikan oleh Nicolas Copernicus dengan menulis sebuah buku besar yang berjudul *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, setelah Nicolas Copernicus mengenal ide-ide Aristarchus dan melakukan reset selama bertahun-tahun. Berdasarkan sejarah, telah terjadi *polemik* teori *heliosentris* dan juga *geosentris* dikarenakan bertentangan dengan keputusan Gereja yang berdasarkan kitab *Injil* pada abad pertengahan, sehingga Nicolas Copernicus dijatuhi hukuman mati. Perdebatan kedua teori ini berlangsung hingga abad XVIII, sampai akhirnya Galileo Galilei dan John Kepler menyatakan kebenaran adanya teori *heliosentris*, walaupun John Kepler berbeda pendapat dalam hal lintasan planet.⁹

⁷Aristarchus adalah seorang astronom dan matematikawan Yunani Kuno yang lahir di pulau Samos, dan merupakan orang yang pertama kali mengusulkan model *heliosentris*, tetapi pemikiran Aristarchus tidak diterima dengan baik dan tergantikan oleh pemikiran-pemikiran yang dimiliki oleh Aristoteles dan Ptolemaeus, hingga akhirnya teori *heliosentris* dibangun kembali setelah 2000 tahun kemudian oleh Nicolas Copernicus. https://id.wikipedia.org/wiki/Aristarkhos_dari_Samos .diakses tanggal 25 Mei 202.

⁸ Khotibul Umam, “Studi Pemikiran KH. Ahmad Ghozali Tentang Hisab Gerhana Matahari Global Dalam Kitab al-Durru Aniq”, (Skripsi, Progam Strata Satu Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang, 2019), h. 46.

⁹ Muhamad Hadi Basrowi, *Pengantar Ilmu Falak. Pengantar Ilmu Falak*. h.48.

b. Teori Bentuk Bumi Kitab *Risālah al-Zayn*

Dalam teori bentuk bumi, *Risālah al-Zayn* menggunakan teori bumi yang berbentuk bulat.¹⁰ Teori bumi berbentuk bulat sudah di perkenalkan oleh Aristoteles (330 SM)¹¹, kemudian Pythagoras (500 SM) yang mengikuti pendapat Aristoteles yang juga sama menyatakan bahwa bumi berbentuk bulat. Ptolemy juga mengumpulkan daftar dari setiap pengamatan ekstensif dan menyatakan bahwa bumi berbentuk bulat, dan bulan yang mengelilingi bumi dalam orbit yang paling dekat sedangkan bintang-bintang berada pada orbit yang paling jauh.¹²

Adanya teori bahwa bumi itu bulat juga di buktikan oleh seorang ilmuwan yang bernama Erasthenes (276 SM – 194 SM)¹³ yang merupakan ahli geografi, dan astronom zaman *helenistik*. Metode Erasthenes telah mengukur jari-jari dan juga keliling bumi dengan menggunakan logika matematika yang menunjukkan bahwa bumi adalah bulat di anggap sebagai realita. Erasthenes

¹⁰ Ibnu Yaḳūb al-Batāwy. *Wawancara Virtual Via Whats App*. 13 Januari 2021

¹¹ Aristoteles adalah seorang Filsuf Yunani yang merupakan murid dari Plato dan guru dari Alexander Agung. Aristoteles bersama dengan plato dan socrates dianggap sebagai seorang tokoh Filsuf yang sangat berpengaruh dalam pemikiran barat. Pemikiran Aristoteles banyak dipengaruhi oleh pemikiran Parmenides, Socrates, Plato, Heraclitus, Democritus dan banyak mempengaruhi pemikiran Alexander Agung, Avicenna, Ibnu Rushdy, Maimonides, Albertus, Magnus, Thomas Aquinas, Duns Scotus, Ptolemy, Copernicus, dan juga Galileo. Aristoteles banyak menulis buku tentang berbagai pemikiran yang meliputi fisika, metafisika, puisi, logika, retorika, politik, pemerintah, etnis, biologi dan juga zoologi. Salah satu gagasan dari Aristoteles adalah pemikirannya yang menyatakan bumi itu berbentuk bulat dan memberikan pada sekitar 330 SM, kemudian secara bertahap pemikiran Aristoteles tentang bentuk bumi mulai menyebar pada dunia helenistik sejak saat itu. <https://id.wikipedia.org/wiki/Aristoteles>. diakses tanggal 25 Mei 2020.

¹² Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Mengenal Karya-Karya Ilmu Falak Nusantara Transmisi, Anotasi, Biografi*. (LKIS: Yogyakarta, 2017) h.223.

¹³ Erasthenes adalah seorang matematikawan, ahli geografi dan juga astronom pada zaman helenistik. Erasthenes tercatat sebagai orang yang pertama kali memikirkan sistem koordinat geografi dan orang yang pertama diketahui menghitung keliling bumi. Percobaan yang dilakukan oleh Erasthenes pada saat itu sangat dipandang dan perkiraannya tentang ukuran bumi diterima hingga ratusan tahun sesudahnya, sehingga metodenya digunakan oleh Posidonius sekitar 150 tahun kemudian. <https://id.wikipedia.org/wiki/Eratosthenes>. diakses tanggal 25 Mei 2021.

mengestimasi keliling bumi sekitar 46.000 KM (hanya 15% lebih tinggi dari nilai aslinya). Walau metode Erasthenes cukup baik dalam melakukan pengukuran tetapi akurasi perhitungannya juga masih terbatas.¹⁴

Ilmuan lain yang menyatakan bahwa bumi itu bulat adalah Christopher Columbus (1451-1506)¹⁵ yang memimpin pelayaran ke samudra Atlantik dan menemukan benua Amerika pada tahun 1492, 1493, 1498, dan 1506. Christopher Columbus melakukan pelayaran yang bertujuan untuk membuktikan bahwa bentuk bumi adalah bulat seperti yang Christopher Columbus percayai.¹⁶

c. Teori Bentuk Orbit Kitab *Risālah al-Zayn*

Berdasarkan teori bentuk orbit kitab *Risālah al-Zayn* menggunakan teori berbentuk elips.¹⁷ Nicolas Copernicus (1473-1543) pada abad ke 15 M, mengemukakan teori *heliocentris* bahwa semua benda langit berputar mengelilingi matahari dengan orbit yang berbentuk lingkaran.¹⁸ Tycho Brahe (1546-1601)¹⁹ dari Denmark menolak adanya teori *heliocentris* dan

¹⁴ Didit Ardianto dan Harry Firman “Apakah Teori Bumi Datar Dapat Dipandang Sebagai Realita” *Journal of Science Education And Practice*. Vol. 01, (Desember: 2017). h.70.

¹⁵ Christopher Columbus lahir pada tanggal 20 Mei 1506 merupakan seorang penjelajah dan pedagang yang berasal dari Genoa, Italia yang menyebrangi Samudra Atlantik dan sampai ke benua Amerika pada tanggal 12 Oktober 1492. Perjalanan yang dilakukan oleh Christopher Columbus didanai oleh Ratu Isabella yang berasal dari Kastilia Spanyol yang telah berhasil menaklukkan Andalusia. Christopher Columbus percaya bahwa bumi berbentuk seperti layaknya bola kecil yang berbentuk bulat dan beranggapan bahwa kapal yang berlayar dapat sampai ke jalur timur jauh melalui jalur barat. http://id.wikipedia.org/wiki/Kristoforus_Kolombus diakses tanggal 25 Mei 2021.

¹⁶ Didit Ardianto dan Harry Firman “Apakah Teori Bumi Datar Dapat Dipandang Sebagai Realita” h. 71

¹⁷ Ibnu Yaquūb al-Batāwī. *Wawancara Virtual Via Whats App*. 13 Januari 2021

¹⁸ Leonia M.F.B Da Silva, Ali Warsito, Andreas Ch. Louk, “Analisa Komputasi Pergerakan Orbit Bumi Terhadap Matahari Berdasarkan Hukum Kepler Memanfaatkan Wolfram Mathematica”, *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya*. Vol. 04, (April: 2019). h.17.

¹⁹ Tycho Brahe adalah seorang bangsawan yang berasal dari Denmark yang terkenal sebagai astronomi dan juga kimiawan. Tycho Brahe memiliki sebuah observatorium bernama Uraniborg yang berada di pulau Hven yang menjadi sebuah lembaga penelitian. Pada zamannya Tycho Brahe menjadi seorang astronom yang paling menonjol pada zaman Pra Teleskop dengan akurasi pengamatan pada benda-benda langit yang sangat tinggi sehingga tidak dapat tertandingi pada zamannya. Tycho Brahe memiliki asisten bernama Johannes Kepler, setelah wafatnya Tycho Brahe,

mendukung teori matahari dan bulan mengelilingi bumi sementara planet lainnya mengelilingi matahari. Pada tahun 1576 Tycho Brahe telah membangun sebuah observatorium di pulau Hven yang berada di laut Blantik untuk melakukan penelitian sampai pada tahun 1576.²⁰

Pada tahun 1576 Tycho Brahe pindah ke Prauge dan menghabiskan sisa hidupnya untuk menyelesaikan tabel gerak planet dengan bantuan Johannes Kepler (1571-1630).²¹ Setelah wafatnya Tycho Brahe, Johannes Kepler menelaah data yang ditinggalkan oleh Tycho Brahe dan menyatakan bahwa orbit planet tidak sirkular, melainkan eliptik.²²

Setelah menelaah data yang di tinggalkan oleh Tycho Brahe, Johannes Kepler menemukan hukum yang menjelaskan tentang gerak orbit planet yang disebut dengan hukum Kepler. Johannes Kepler mengeluarkan tiga hukum gerak orbit yang terdiri dari bentuk planet dan posisi matahari, kecepatan sudut planet dengan orbit yang bervariasi dengan jaraknya dari matahari, dan perbedaan ukuran pada orbit dalam sistem untuk periode setiap planet.²³

Johannes Kepler menelaah data-data yang ditinggalkan oleh Tycho Brahe dan menyokong teori *heliosentris*. https://id.wikipedia.org/wiki/Tycho_Brahe .diakses tanggal 25 Mei 2021.

²⁰ Muhamad Hadi Basrowi, *Pengantar Ilmu Falak*. h. 35.

²¹ Johannes Kepler lahir pada tanggal 27 Desember 1571, Johannes Kepler merupakan seorang guru matematika di sekolah Seminari di Graz, dimana Johannes Kepler menjadi salah satu rekan Pangeran Hans Ulrich Von Eggenberg, kemudian menjadi asisten astronom Tycho Brahe di Praha, dan akhirnya menjadi metematikawan Kaisar Rudof II dan dua penerusnya Matthias dan Ferdinand II. Johannes Kepler juga mengajar matematika di Linsz, selain itu Johannes Kepler juga melakukan pekerjaan mendasar di bidang optik dan menemukan teleskop pembias. Johannes Kepler hidup pada zaman dimana Astronomi dan juga Astrologi tidak ada perbedaan yang jelas tetapi terdapat pembagian yang kuat antara Astronomi dan fisika. Johannes Kepler merupakan tokoh kunci dalam revolusi ilmiah abad ke 17 yang terkenal dengan hukum gerak planetnya dan karya-karya nya diantaranya adalah *Astronomia Nova*, *Harmonices Mundi* dan *Epitome Astronomiae Copernicanae*. https://en.wikipedia.org/wiki/Johanes_Kepler .diakses tanggal 25 Mei 2021.

²² Muhamad Hadi Basrowi, *Pengantar Ilmu Falak*. h. 35.

²³ Arif Bagus Prakoso, dkk, "Pemodelan Gerak Orbit Planet Secara Komputasi Menggunakan Matlab." *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*. Vol. 03 (Juni, 2019). h.11.

d. Teori Sistem Koordinat Kitab *Risālah al-Zayn*

Allah SWT telah menentukan waktu beredarnya benda-benda langit sebagaimana telah dijelaskan dalam al-Quran, dalam dunia sains ilmuwan menyebutnya dengan sistem koordinat. Sistem koordinat dapat digunakan untuk mengetahui posisi benda-benda langit dan setiap benda langit memiliki koordinat masing-masing sehingga setiap posisi benda langit seperti matahari dan benda-benda langit lainnya dapat dinyatakan dalam sistem koordinat tertentu.²⁴

Dalam sistem koordinat, *Risālah al-Zayn* menggunakan sistem koordinat Geosentrik.²⁵ sistem koordinat Geosentrik adalah sistem koordinat yang pusat sumbunya berada di pusat bumi.²⁶ Sistem koordinat *geosentrik* banyak digunakan oleh metode-metode penentuan posisi ekstra-terestis yang menggunakan satelit dan juga benda-benda langit lainnya, dan umumnya digunakan untuk menyatakan posisi titik-titik yang berada pada bumi.²⁷

²⁴ M. Basthoni, “Karakteristik Data Ephemeris Gerhana Matahari Berbasis *Jet Propulsion Laboratory* Nasa”, (Tesis, Progam Megister Universitas Islam Negri Walisongo, Semarang, 2017), h. 38.

²⁵ Ibnu Yaqūb al-Batāwy. *Wawancara Virtual* Via Whats App. 26 Mei 2021

²⁶ Raka Angga Prawira, Bamabang Darmo Yuwono dan Bamabang Sudarsosno, “Studi Deformasi Waduk Pendidikan Diponegoro Tahun 2017”, *Jurnal Geodesi UNDIP*, Vol. 07 (Januari, 2018), h. 234.

²⁷ Herry Risdianto, “Penentuan Koordiant Geodetik Titik BM Pasut Jawa Dari Data Pengamatan GPS” *Jurnal Tekno Global*, Vol. 3 (Desember, 2014) h. 25

2. Analisis Proses Perhitungan Gerhana Matahari Global Kitab *Risālah al-Zayn*

Keteraturan pergerakan benda langit dapat dirumuskan dalam perhitungan. Pada pembahasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa terjadinya gerhana matahari bisa di hitung menggunakan siklus *saros* yang selama ratusan, bahkan ribuan tahun telah teruji ketepatannya. Siklus *saros* mampu memprediksi gerhana matahari secara global dengan tipe beserta tempat kejadiannya, akan tetapi perhitungan siklus *saros* saja tidaklah cukup dan perlu adanya perhitungan yang lebih lanjut lagi.²⁸

Algoritma suatu perhitungan mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap hasil akurasi, termasuk algoritma kitab *Risālah al-Zayn* terhadap hasil prediksi perhitungan gerhana matahari global, sehingga perlu dilakukan analisa lebih lanjut lagi untuk mengetahui tingkat akurasi dari kitab *Risālah al-Zayn*.²⁹

a. Analisis *Hisab* Gerhana Matahari Global Kitab *Risālah al-Zayn*.

Dalam analisis yang dilakukan, penulis menggunakan perbandingan antara kitab *Risālah al-Zayn* dengan buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus. Penulis sengaja membandingkan kedua rumus tersebut dikarenakan NASA tidak menyediakan rumus gerhana matahari global dan Jean Meeus merupakan salah satu dari referensi NASA.³⁰

²⁸ Ibnu Yaqūb al-Batāwy. Wawancara Virtual Via Whats App. 13 Januari 2021

²⁹ Alfian Maghfuri, *Algoritma Gerhana: Kajian Mengenai Perhitungan Gerhana Matahari dengan Data Ephemeris Hisab Ru'yah*, (Madza Media: Malang, 2020), h.79

³⁰ Khotibul Umam, "Studi Pemikiran K.H Ahmad Ghozali Tentang Metode Gerhana Matahari Global Dalam Kitab al-Durru al-Aniq." (Skripsi, Progam Strata Satu Universitas Islam Negri Walisongo, Semarang, 2019), h. 96

1) Analisis Alogitma Kitab

Dalam sebuah analisa terdapat kemungkinan untuk terjadi persamaan dan juga perbedaan satu sama lain. Kemungkinan terjadinya hal tersebut adalah suatu hal yang wajar. Salah satu penyebab kemungkinan terjadinya persamaan adalah dikarenakan inti dari rumus trigonometri adalah sama.³¹

a) Analisis Persamaan Algoritma Kitab *Risālah al-Zayn* dan Jean Meeus

Dalam segi algoritma terdapat persamaan antara kitab *Risālah al-Zayn* dan buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus, seperti dalam segi rumus H, T, JDE, M, M', Ω , F, Imkan, A, Iterasi, q, P, W, Y dan U. Persamaan tersebut disebabkan karena salah satu rujukan algoritma *Risālah al-Zayn* berasal dari Jean Meeus. Dalam segi simbol tidak ada perbedaan antara kitab *Risālah al-Zayn* dan buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus keduanya sama-sama memakai simbol yang biasa digunakan dalam perhitungan secara umumnya, dengan tujuan untuk mempermudah.³²

b) Analisis Perbedaan Algoritma Kitab *Risālah al-Zayn* dan Jean Meeus

Dalam algoritma kitab *Risālah al-Zayn* terdapat algoritma yang tidak terdapat dalam buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus. Algoritma tersebut merupakan bentuk inovasi baru karya Yaqūb al-Batawy dalam perhitungan gerhana matahari global, Ibnu Yaqūb al-Batawy juga melakukan transformasi kalender *hijriyah* ke masehi, dikarenakan Jean Meeus hanya

³¹ Khotibul Umam, "Studi Pemikiran K.H Ahmad Ghozali Tentang Metode Gerhana Matahari Global Dalam Kitab al-Durru al-Aniq." (Skripsi, Progam Strata Satu Universitas Islam Negri Walisongo, Semarang, 2019), h. 97

³² Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell, 1998) h.380

menyediakan perhitungan dalam bentuk kalender masehi saja.³³ Dalam kitab *Risālah al-Zayn*, Ibnu Yaqūb al-Batawy tidak menambahkan rumus Delta T dikarenakan salah satu tujuan dikarangnya kitab ini adalah untuk mempermudah perhitungan, terutama bagi para pemula, walaupun itu rumus Delta T tidak terlalu rumit.³⁴

Dari segi penanggalana kitab *Risālah al-Zayn* dan Jean Meeus berbeda dalam segi penanggalan, hal tersebut dikarenakan kitab *Risālah al-Zayn* menyesuaikan kalender *hijriyah*, tidak hanya menggunakan kalender masehi saja, dilain sisi kitab *Risālah al-Zayn* juga menggunakan kalender jawa yang di sesuaikan dengan perhitungan pasaran.³⁵

$$\text{GMT} = \text{Pecahan (JDE TD)} \times 24$$

$$\text{WD} = \text{Pecahan (JDE WD)} \times 24$$

$$Z = \text{INT (JDE WD)}$$

$$\alpha = \text{INT} ((Z - 1867216.25)/36524.25)$$

$$A = Z < 2299161 \qquad A = Z$$

$$= Z > 229961 \qquad A = Z + 1 + \alpha - \text{INT} (\alpha/4)$$

$$A = \text{INT} ((Z - 1867216.25)/ 36524.25)$$

$$B = A + 1524$$

³³ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, h. 380

³⁴ Ibnu Yaqūb al-Batāwy, *Wawancara Virtual Via Whats App*. 20 Januari 2021

³⁵ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, h.382

$$C = \text{INT} (B - 122.1) / 365.25)$$

$$E 1 = \text{INT} ((B - D) / 30.600)$$

$$\text{TGL} = B - D - \text{INT} (30.6001 E)$$

$$\text{BLN} = E = 14,15 \quad E - 13$$

$$E < 14 \quad E - 1$$

$$\text{THN} = \text{BLN} = 1,2 \quad C - 4715$$

$$\text{BLN} > 2 \quad C - 4716$$

$$\text{HA} = (Z + 2) / 7$$

Dalam segi perhitungan kitab *Risālah al-Zayn* tidak hanya menghitung kapan terjadinya, tipe, arah, waktu tengah dan juga magnitudo gerhana, tetapi juga menghitung awal akhir, dan juga durasi gerhana.³⁶

$$H = 1 + U + 0.5461$$

$$P = 1 + U$$

$$n = 0.5458 + 0.0400 \text{ COS } M'$$

$$\text{MPr} = (1.5433 + u - [Y]) / (0.5461 + 2 u)$$

$$\text{TTS} = \sqrt{(H^2 - Y^2)} / n$$

$$\text{TS} = \sqrt{(P^2 - Y^2)} / n$$

$$\text{TTS } 2$$

$$\text{TS } 2$$

³⁶ Ibnu Yaqūb al-Batāwy, *Risālah al-Zayn*. (Jakarta, 2020), h. 45

2) Ketentuan Gerhana Matahari

Dalam gerhana matahari y direpresentasikan jarak terdekat dari sumbu bayangan bulan kepusat bumi, dalam satuan radius *equator* bumi. Kualitas y , nilainya bisa jadi positif dan juga negatif, hal tersebut tergantung pada sumbu jalur bayangan antara utara atau selatan dari pusat bumi, jika y nilainya diantara $+0.9972$ dan -0.9972 maka akan terjadi gerhana matahari sentral, dan gerhana matahari non sentral akan terjadi apabila $y > 0.9972$ dan < -0.9972 , jika $|y| > 1.5433 + u$, maka tidak akan terjadi gerhana dan Jika y nilainya antara 0.9972 dan $1.5433 + u$ maka akan terjadi gerhana matahari partial.³⁷

a) Analisis Persamaan Ketentuan Gerhana Matahari Kitab *Risālah al-Zayn* dan Jean Meeus

Dalam gerhana matahari global, *Risālah al-Zayn* dan Jean Meeus sama-sama memiliki kesamaan dalam menentukan gerhana matahari sentral, non sentral, partial dan juga ketentuan tidak terjadinya gerhana matahari. Persamaan tersebut dikarenakan sebagian dari pemikiran Ibnu Yaqūb al-Batāwy di ambil dari pemikiran Jean Meeus untuk merumuskan kitab *Risālah al-Zayn*.³⁸

³⁷ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, h.382

³⁸ Ibnu Yaqūb al-Batāwy. *Wawancara Virtual Via Whats App*. 13 Januari 2021

b) Analisa Perbedaan Ketentuan Gerhana Matahari Kitab *Risālah al-Zayn* dan Jean Meeus

Dalam ketentuan gerhana Ibnu Yaqūb al-Batāwy tidak memiliki perbedaan dengan Jean Meeus dikarenakan sebagian dari pemikiran Ibnu Yaqūb al-Batāwy di ambil dari pemikiran Jean Meeus.³⁹ Pemikiran Jean Meeus menjadi rujukan kitab falak kontemporer Indonesia seperti Ahmad Ghozali dari Sampang Madura, dan Ali Musthofa⁴⁰ dari Kediri Jawa Timur yang perhitungannya sudah tergolong akurat.⁴¹ Pertimbangan lain Ibnu Yaqūb al-

³⁹ Ibnu Yaqūb al-Batāwy. *Wawancara Virtual Via Whats App*. 13 Januari 2021

⁴⁰ Ali Musthofa merupakan salah satu ahli falak yang berasal dari Jawa Timur yang bertempat tinggal di Ploso, Desa Maesan, Kecamatan Mojo Kabupaten Kediri. Ali Musthofa lahir pada tanggal 24 Maret 1983 M yang merupakan anak kedua dari bapak Mustaghfir dan ibu Malikhah. Ali Musthofa mengawali pendidikan di SDN 2 Maesan Kediri yang selesai pada tahun 1996 M, kemudian tingkat *Tsanawiyah* di MTS Sunan Kalijaga Mojo Kediri yang lulus pada tahun 1999 M, kemudian melanjutkan di MAK al-Hikmah Purwosari Kediri dan terahir di Institut Agama Islam Tribakti (IAIT) Lirboyo Kediri dan lulus pada tahun 2003. Selain itu beliau juga mengajar di PP al-Falah Ploso Kediri. Pada tahun 2002 Ali Musthofa mulai menekuni ilmu falak dan mulai belajar pada Ustadz Mahsus Izzi di Tulungagung yang pada saat itu mengkaji kitab *Tibyan al-Miqat* dan *Sulam al-Nayirayn*. Kemudian Ali Musthofa belajar kitab *Durusu al-Falakiyah* kepada KH. Zainudin Basyari. Ali Musthofa kemudian meneruskan belajarnya kepada H. Shofiyudin dan mengkaji kitab *Risalah al-Qamaroyn*, *Nur al-Anwar*, dan *Ephemeris*. Selain itu beliau juga belajar ilmu falak kepada tokoh-tokoh falak di antaranya adalah Sriyatin Ma'muri Abdus Shomad, Cecep Nur Wendiya, Slamet Hambali, Ahmad Izzuddin, Hendro Setyanto, Shofiyullah, Ahmad Tolhah, Ismail Abay, Raden Muhamad Wasil dan Sahlan Rasidi. Pada tahun 2004 Ali Musthofa di amanati untuk mengajar di PP al-Falah Ploso sebagai pengajar mata pelajaran *falak*, *Faroid*, *Mantiq*, *Fiqh*, dan *Nahwu*. Ali Musthofa banyak mengembangkan wawasan tentang falak di PP Ploso dengan menerapkan kurikulum standar berupa kajian kitab *Tibyan al-Miqat* dan *Sulam al-Nayirayn*, Ali Musthofa juga memberikan jam tambahan bagi siapa saja yang ingin mendalami ilmu falak dengan berbagai kitab ilmu falak seperti *al-Durru al-Aniq*, *Ephemeris* dan berbagai kitab karya Ali Musthofa sendiri dan pembuatan teleskop *Handmade*. Selain mengajar di PP Ploso, Ali Musthofa juga menjadi Pimpinan Cabang Nahdhotul Ulama (PCNU) Kediri, Lembaga Sosial Keagamaan Nahdhotul Ulama Kediri dan juga sering menjadi pembicara di berbagai tempat. Adapun karya Ali Musthofa dalam bidang ilmu falak antara lain adalah Formula-Formula Falak Dengan Casio 4500, *Khulashah al-Tibyan*, *Bulugh al-Amali*, *al-Sulam al-Tagribi wa Tahqiqy*, *al-Istiqbal al-Nayyiroin*, *al-Kusuf al-Jawi* Falak Nusantara, *at-Taisir*, *Sulam al-Qadiriyyah*, *al-Kausar Ali Jadid*, *Tahshil al-Wildan*, *al-Natijah al-Mahsunah*, *Tsamarul al-Mustafid*, *Tsamarul Murid*, Pengembangan *Hisab Taqriby* Menjadi *Hisab Tahqiqy*, *Visual Basic* untuk Ilmu Falak dan *Hisab*. Muhamad falih, "Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa dalam Kitab *al-Natijah al-Mahsunah*." (Skripsi, Progam Strata Satu Universitas Islam Negri Walisongo, Semarang, 2019), h.48

⁴¹ Muhamad falih, "Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa dalam Kitab *al-Natijah al-Mahsunah*." h.31

Batāwy mengambil pemikiran dari Jean Meeus, dikarenakan rumus yang disediakan oleh Jean Meeus sederhana dan memadai hasilnya.⁴²

b. *Formula Microsoft Excel Gerhana Matahari Global Kitab Risālah al-Zayn*

Microsoft Excel atau *Microsoft Office Excel* atau *Excel* adalah sebuah program aplikasi lembar kerja spreadsheet yang di distribusikan oleh Microsoft Corporation untuk sistem operasi *windows* dan Mac OS. Aplikasi *Microsoft Excel* memiliki kalkulasi dan pembuatan grafik, strategi *marketing* yang sangat tinggi telah menjadikan *Microsoft Excel* sebagai salah satu program yang populer digunakan didalam komputer mikro hingga saat ini.⁴³ Kitab *Risālah al-Zayn* merupakan salah satu kitab ilmu falak yang dilengkapi dengan rumus *excel* dalam pengerjaannya. Rumus *Excel* pada kitab *Risālah al-Zayn* tidak hanya untuk mempermudah pengerjaan ilmu falak saja, tetapi juga sebagai bentuk wujud bahwa, ilmu falak akan terus berkembang dengan dengan kemajuan teknologi di masa depan. Respon akan kemajuan teknologi telah membuat Ibnu Yaqūb al-Batawy mencantumkan beberapa rumus *Excel* dalam setiap bab pada kitab *Risālah al-Zayn*.⁴⁴ Adapun rumus *Excel* dalam bab gerhana matahari global adalah sebagai berikut:

⁴² Ibnu Yaqūb al-Batāwy. *Wawancara Virtual Via Whats App*. 8 Juni 2021

⁴³ Ikhwanudin, "Implementasi Algoritma Astronomi Modern Dengan *Microsoft Office Excel* Dalam Ilmu Falak." (Skripsi, Progam Strata Satu Institut Agama Islam Tribakti, Kediri, 2020), h.7

⁴⁴ Ibnu Yaqūb al-Batāwy. *Wawancara Virtual Via Whats App*. 8 Juni 2021

1.4 Tabel *Formula Excel Gerhana Matahari Global Kitab Risālah al-Zayn*⁴⁵

No	Rumus	Fungsi
1	SIN	Berfungsi untuk mengembalikan nilai sinus sudut dari angka dalam radian. Rengnya antara $-\pi/2$ sampai $+\pi/2$. Hasilnya nilai ASIN akan ditampilkan.
2	RADIANS	Berfungsi untuk mengkonversi nilai derajat ke radian, hanya dengan memasukan argumen nilai derajat untuk fungsi RADIANS.
3	IF	Berfungsi untuk mengembalikan satu nilai berdasarkan kondisi yang ditentukan atau untuk menampilkan kondisi lainnya yang dipenuhi.
4	SUM	Berfungsi mengoperasikan aritmatika dasar penjumlahan . dengan menyertakan setidaknya satu angka yang mengacu pada sel atau rentan sel.
5	ABS	Berfungsi mengembalikan nilai absolut dengan argumen angka tertentu. Apabila angka yang dimasukan nilainya positif sementara nilainya negatif maka akan kembali pada nilai positif.
6	INT	Berfungsi untuk membulatkan kebawah sebuah angka pada integer terdekat.
7	MOD	Berfungsi untuk mengambil sisa pembagian atau modulus. Dengan dua argumen nilai yang dibagi dan nilai yang membagi.
8	TEXT	Berfungsi untuk mengkonversi nilai numerik ke teks dan memungkinkan menampilkan peformatan dengan menggunakan string khusus. Fungsi ini sangat berguna ketika ingin menampilkan nomor dengan format yang lebih mudah dibaca.

B. Analisis Akurasi *Hisab Gerhana Matahari Global Menurut Ibnu Yaqu̇b al-Batawy Dalam Kitab Risālah al-Zayn*.

Hisab gerhana matahari global sama dengan *hisab* waktu sholat, *hisab* awal bulan *hijriyah* dan *hisab* yang lain yang termasuk *hipotesis* sedangkan untuk verifikasi atau pembuktiannya adalah dengan melakukan observasi. Dalam acuan akurasi *hisab* atau perhitungan mempunyai acuan akurasi masing-masing. Dalam gerhana matahari global, acuan yang digunakan adalah NASA dikarenakan untuk

⁴⁵ Ikhwanudin, "Implementasi Algoritma Astronomi Moderen Dengan *Microsoft Office Excel* Dalam Ilmu Falak." (Skripsi, Progam Strata Satu Institut Agama Islam Tribakti, Kediri, 2019) h. 75.

saat ini lembaga yang menjadi rujukan dunia adalah NASA, khusus untuk bidang gerhana matahari dan bulan dan juga transit planet NASA menyediakan *website* tersendiri yaitu eclipse.gsfc.nasa.gov.⁴⁶

Dalam *website* tersebut pengunjung dapat mengeksplorasi gerhana matahari lebih mendalam karena data-data hasil prediksi gerhana yang disajikan cukup lengkap. Terdapat *javascrib solar eclipse explorer* untuk menghitung gerhana matahari lokal sesuai dengan lintang dan bujur yang di inginkan, data gerhana pada tahun yang sudah terjadi dan yang akan terjadi, serta penggambaran simulasi *map* dunia untuk daerah yang mengalami gerhana.⁴⁷

Perbedaan data akan menjadi selisih pada hasil akhir, untuk mengetahui tingkat akurasi *hisab* gerhana matahari global dalam kitab *Risālah al-Zayn*, penulis membandingkan hasil prediksi dari kitab *Risālah al-Zayn* dengan hasil prediksi dari NASA yang berguna untuk mengetahui tingkat akurasi kitab *Risālah al-Zayn*.

1. Gerhana Matahari Sentral

Dalam perhitungan gerhana matahari sentral *Risālah al-Zayn* dan juga NASA memiliki selisih yang cukup besar. Pada gerhana matahari sentral total, terjadi selisih yang cukup besar pada fase gerhana karena selisihnya sudah terbilang menit, sedangkan untuk gerhana matahari sentral cincin terdapat selisih yang cukup kecil karena selisihnya hanya pada detik saja. Untuk *Greatest Eclipse* selisih terbilang juga masih cukup besar kecuali pada

⁴⁶ Ibnu Yaqūb al-Batāwy, *Wawancara Virtual Via Whats App*. 20 Januari 2021

⁴⁷ Data-data hasil prediksi gerhana matahari oleh NASA. eclipse.gsfc.nasa.gov

gamma pada saat gerhana matahari sentral cincin yang selisihnya terbilang cukup kecil karena masih tidak terlalu jauh.

a. Gerhana Matahari Sentral Total

Pada gerhana matahari sentral total 8 April 2024 terdapat selisih dari dua hasil *hisab* gerhana matahari global *Risālah al-Zayn* dan juga NASA, selisih untuk waktu terjadinya gerhana matahari global terbilang cukup besar karena sudah pada menit.⁴⁸ Selisih antara dua hasil perhitungan untuk fase gerhana mencapai $20,9^s - 5^m13,7^s$, sedangkan untuk gamma sudah mencapai 0,6595 dan magnitudo sudah mencapai 1,2213.⁴⁹

2.4 Komparasi Fase Gerhana matahari sentral total 8 April 2024

Fase Gerhana	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Awal Penumbral (P1)	15: 43: 08UT	15: 42: 07,0 UT	1 ^m 01 ^s
Awal Umbral (U1)	16: 41: 48UT	16: 38: 44,4 UT	3 ^m 3,6 ^s
Puncak Gerhana	18: 17: 34UT	18: 17: 13,1 UT	0 ^m 20,9 ^s
Akhir Umbral (U4)	19: 53: 20UT	19: 55: 29,1 UT	2 ^m 09,1 ^s
Akhir Penumbral (P4)	20: 52: 00UT	20: 52: 13,8 UT	0 ^m 13,8 ^s
Durasi Parsial	05: 08: 53	05: 10: 06,8	1 ^m 13,8 ^s
Durasi Total	03: 11: 31	03:16: 44,7	5 ^m 13,7 ^s

3.4 Komparasi Puncak Gerhana (*Greatest Eclipse*) 8 April 2024

Data	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Gamma	0.3438	1.0033	0,6595
Magnitudo	2.2623	1.0410	1,2213

⁴⁸ Khotibul Umam, “Studi Pemikiran KH. Ahmad Ghozali Tentang Hisab Gerhana Matahari Global Dalam Kitab al-Durru Aniq”, (Skripsi, Progam Strata Satu Universitas Islam Negri Walisongo, Semarang, 2019), h. 102.

⁴⁹ Fred Espenak, NASA GSFC Emeritus, “*Nasa Eclipse: Gerhana Matahari 2021-2030*, <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade2021.html>, diakses tanggal 12 Mei 2021.”

b. Gerhana Matahari Sentral Cincin

Pada hasil perhitungan gerhana matahari sentral cincin 10 Juni 2021 ada selisih antara hasil perhitungan *Risālah al-Zayn* dan juga NASA. Dalam fase gerhana selisih perhitungan antara *Risālah al-Zayn* dan juga NASA terbilang cukup kecil karena selisihnya hanya pada detik saja yaitu 02,4^s - 25,5^s. Pada gamma selisihnya masih cukup kecil yaitu 0.0028 dan pada magnitudo selisih antara keduanya masih cukup besar yaitu 0.1612.⁵⁰

4.4 Komparasi Fase Gerhana matahari sentral cincin 10 Juni 2021

Fase Gerhana	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Awal Penumbral (P1)	08: 12: 41UT	08: 12: 15,5 UT	25,5 ^s
Awal Umbral (U2)	09: 50: 03UT	09: 49: 43,4 UT	19,6 ^s
Puncak Gerhana	10: 42: 00UT	10: 41: 51,5 UT	08,5 ^s
Akhir Umbral (U4)	11: 33: 56UT	11: 33: 44,7 UT	11,3 ^s
Akhir Penumbral (P4)	13: 11: 18UT	13: 11: 15,6 UT	02,4 ^s
Durasi Parsial	04: 58: 38	04: 59:00,1	22,1 ^s
Durasi Total	01: 43: 53	01: 44: 01,3	08,3 ^s

5.4 Komparasi Puncak Gerhana (*Greatest Eclipse*) 10 Juni 2021

Data	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Gamma	0.9180	0.9152	0.0028
Magnitudo	1.1047	0.9435	0.1612

2. Gerhana Matahari Non Sentral

Pada gerhana matahari non sentral selisih antara *Risālah al-Zayn* dan juga NASA terbilang kecil untuk fase gerhana non sentral total dan non sentral

⁵⁰ Fred Espenak, NASA GSFC Emeritus, “*Nasa Eclipse: Gerhana Matahari 2021-2030*, <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade2021.html>, diakses tanggal 12 Mei 2021.”

cincin dikarenakan hanya satuan detik saja. Untuk *Greatest Eclipse* pada gerhana matahari non sentral total terbilang besar sedangkan untuk non sentral cincin sudah terbilang kecil dan untuk magnitudo pada gerhana matahari non sentral total dan juga non sentral cincin sudah terbilang cukup kecil.⁵¹

a. Gerhana Matahari Non Sentral Total

Pada gerhana matahari non sentral total 9 April 2043 memiliki selisih yang terbilang kecil, pada fase gerhana selisih hanya berkisar antara 01^s - $20,4^s$. Untuk *Greatest Eclipse* selisih pada gamma terbilang besar dengan hasil 0.0375, sedangkan magnitudo terbilang masih cukup kecil dengan hasil 0.0051.⁵²

6.4 Komparasi Gerhana Matahari Non Sentral Total 9 April 2043

Fase Gerhana	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Awal Penumbral (P1)	16: 55: 58 UT	16: 55: 57, 0 UT	01^s
Puncak Gerhana	18: 55: 51 UT	18: 56: 11, 4 UT	$20,4^s$
Akhir Penumbral (P4)	20: 55: 44 UT	20: 56: 01,6 UT	$17,6^s$
Durasi Parsial	03: 59: 46	04: 00: 4,6	$18,6^s$

7.4 Komparasi Puncak Gerhana (*Greatest Eclipse*) 9 April 2043

Data	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Gamma	1.0035	1.0410	0.0375
Magnitudo	1.0084	1.0033	0.0051

⁵¹ Fred Espenak, NASA GSFC Emeritus, “*Nasa Eclipse: Gerhana Matahari 2021-2030*, <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade2021.html>, diakses tanggal 12 Mei 2021.”

⁵² Fred Espenak, NASA GSFC Emeritus, “*Nasa Eclipse: Gerhana Matahari 2021-2030*, <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade2021.html>, diakses tanggal 12 Mei 2021.”

b. Gerhana Matahari Non Sentral Cincin

Pada gerhana matahari non sentral cincin 3 Oktober 2043 selisih yang terjadi pada fase gerhana terbilang kecil karena pada detik saja yaitu $02,9^s - 43^s$. Pada *Greatest Eclipse* selisih gamma terbilang kecil karena hanya 0.0001 dan untuk magnitudo terbilang cukup kecil hanya 0.0054.⁵³

8.4 Komparasi Gerhana Matahari Non Sentral Cincin 3 Oktober 2043

Fase Gerhana	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Awal Penumbral (P1)	00: 43: 19 UT	00: 42: 36,0 UT	43 ^s
Puncak Gerhana	03: 00: 39 UT	03: 00: 07,6 UT	31,4 ^s
Akhir Penumbral (P4)	05: 18: 00 UT	05: 17: 18,9 UT	41,1 ^s
Durasi Parsial	04: 34: 40	04: 34: 42,9	02,9 ^s

9.4 Komparasi Puncak Gerhana (*Greatest Eclipse*) 3 Oktober 2043

Data	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Gamma	-1.0102	-1.0103	0.0001
Magnitudo	0.9488	0.9434	0.0054

3. Gerhana Matahari Partial

Pada gerhana matahari partial 25 oktober 2022 selisih fase gerhana antara *Risālah al-Zayn* dan juga NASA terbilang besar karena dalam satuan menit selisih tersebut berkisar antara $11,6^s - 1^m39,4^s$. Pada *Greatest Eclipse* selisih gamma terbilang cukup kecil hanya 0.0026, sedangkan untuk magnitudo selisih terbilang cukup besar yaitu 0.0042.⁵⁴

⁵³ Fred Espenak, NASA GSFC Emeritus, “*Nasa Eclipse: Gerhana Matahari 2041-2050*, <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade2021.html>, diakses tanggal 12 Mei 2021.”

⁵⁴ Fred Espenak, NASA GSFC Emeritus, “*Nasa Eclipse: Gerhana Matahari 2021-2030*, <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade2021.html>, diakses tanggal 12 Mei 2021.”

10.4 Komparasi Gerhana Matahari Partial 25 Oktober 2022

Fase Gerhana	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Awal Penumbral (P1)	08: 59: 03 UT	08: 58: 10,3 UT	52,7 ^s
Awal Umbral (U2)	-	-	-
Puncak Gerhana	11: 00: 12 UT	11: 00: 00,4 UT	11,6 ^s
Akhir Umbral (U2)	-	-	-
Akhir Penumbral (P2)	13: 01: 21 UT	13: 02: 07,7 UT	46,7 ^s
Durasi Parsial	04: 02: 18	04: 03: 57,4	1 ^m 39,4 ^s

11.4 Komparasi Puncak Gerhana (*Greatest Eclipse*) 25 Oktober 2022

Data	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Gamma	1.0726	1.0700	0.0026
Magnitudo	0.8569	0.8611	0.0042

4. Gerhana Matahari Hibryd

Pada gerhana matahari hibryd 20 April 2023 antara *Risālah al-Zayn* dan juga NASA untuk selisih fase gerhana matahari terbilang besar karena berkisar antara 04,5^s - 1^m35,7^s. Pada *Greatest Eclipse* selisih gamma terbilang kecil karena hanya -0,0007, sedangkan untuk magnitudo gerhana terbilang besar karena selisihnya adalah 1,0839.⁵⁵

12.4 Komparasi Gerhana Matahari Hibryd 20 April 2023

Fase Gerhana	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Awal Penumbral (P1)	01: 35: 01 UT	01: 34: 15,8 UT	45,2 ^s
Awal Umbral (U1)	02: 37: 19 UT	02: 36: 56,2 UT	22,8 ^s
Puncak Gerhana	04: 16: 42 UT	04: 16: 37,5 UT	04,5 ^s
Akhir Umbral (U4)	05: 56: 05 UT	05: 56: 35,5 UT	30,5 ^s
Akhir Penumbral (P4)	06: 58: 23 UT	06: 59: 13,5 UT	50,5 ^s
Durasi Parsial	05: 23: 22	05: 24: 57,7	1 ^m 35,7 ^s
Durasi Total	03: 18: 46	03: 19: 39,3	0 ^m 53,3 ^s

⁵⁵ Fred Espenak, NASA GSFC Emeritus, "Nasa Eclipse: Gerhana Matahari 2021-2030, <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade2021.html>, diakses tanggal 12 Mei 2021."

13.4 Komparasi Puncak Gerhana (*Greatest Eclipse*) 20 April 2023

Data	<i>Risālah al-Zayn</i>	NASA	Selisih
Gamma	-0.3958	-0.3951	-0,0007
Magnitudo	2.0971	1. 0132	1,0839

