

Menelisis Akurasi Hisab Gerhana Matahari dalam Kitab *Al-Durru Al-Anīq***Muhammad Farid Azmi^{1*}**¹Institut Agama Islam Negeri Pekalongan^{1*}Email: mfaridazmi1415@gmail.com

Abstract

Al-Durru Al-Anīq is one of the phenomenal works which is believed to be very accurate in predicting the timing of a solar eclipse. Many astronomers have made comparisons of the calculated data from the book with their observations. Unfortunately, almost none of these comparative data are published, so there are still many people who do not know for sure how high the level of accuracy is. This study answers this, by using a quantitative approach and comparative analysis to describe the accuracy of the calculations. The findings in the study are the calculation of the solar eclipse version of the book *Al-Durru Al-Anīq* is very close to the fact of observation, so it is highly recommended to be used as a reference for predicting the timing of a solar eclipse very accurately.

Keywords : *Al-Durru Al-Anīq, Solar Eclipse, Astronomy.*

Abstrak

Al-Durru Al-Anīq merupakan salah satu karya fenomenal yang dipercaya sangat akurat dalam memprediksi waktu gerhana matahari. Sudah banyak ahli falak melakukan perbandingan data hasil perhitungan kitab tersebut dengan observasi yang mereka lakukan. Sayangnya hampir tidak ada satupun data perbandingan yang dipublikasikan, sehingga masih banyak orang yang tidak tahu secara pasti seberapa jauh tingkat akurasi. Penelitian ini menjawab hal tersebut, dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dan analisis komparatif untuk menjabarkan akurasi perhitungannya. Hasil temuan dalam penelitian ini adalah perhitungan gerhana matahari kitab *Al-Durru Al-Anīq* sangat mendekati kenyataan observasi sehingga dapat dijadikan sebagai acuan memprediksi waktu gerhana matahari dengan sangat akurat.

Kata Kunci : *Al-Durru Al-Anīq, Gerhana Matahari, Ilmu Falak.*

Artikel Info**Received:**

02 Januari 2021

Revised:

23 Maret 2021

Accepted:

23 April 2021

Published:

08 Juni 2020

A. Pendahuluan

Banyak sekali ahli falak modern telah menelurkan buah karya pemikiran mereka ke dalam buku atau kitab, dengan berbagai alternatif metode hisab yang mereka sajikan. Kitab-kitab tersebut memiliki klasifikasi tingkat akurasi, mulai dari akurasi rendah hingga yang paling tinggi. Salah satu karya yang sangat terkenal di kalangan ahli falak Indonesia ialah kitab *Al-Durru Al-Anīq*. Kitab karya ulama asli Madura, KH. Ahmad Ghozali Fathullah, menurut kajian Lajnah Falakiyyah PWNU Jawa Timur memiliki algoritma perhitungan waktu gerhana dengan akurasi sangat tinggi, bahkan setara dengan data NASA.¹ Kitab ini dapat dikatakan sebagai pemantik awal munculnya kitab-kitab *tadqīqi* (kontemporer) lain karya ahli falak Indonesia. Oleh karena itu, kitab ini sering dijadikan rujukan hisab ahli falak, khususnya di Indonesia untuk memprediksi waktu gerhana, baik matahari atau bulan.

Berbagai perbandingan hasil observasi dengan data prediksi kitab *Al-Durru Al-Anīq* juga telah dilakukan, namun sayangnya jarang sekali dipublikasikan ke khalayak umum sehingga tidak banyak orang tahu seberapa jauh deviasi hasil perbandingan itu.

¹ NU Online, *LFNU Se-Jatim Amati Gerhana Bulan Hari Ini*, 2015 <<https://www.nu.or.id/post/read/58636/lfnu-se-jatim-amati-gerhana-bulan-hari-ini>, nu.or.id,>.

Dalam penelitian saat ini, peneliti mencoba menyajikan sekelumit data perbandingan tersebut. Peneliti membandingkan data hasil observasi NASA dan Exploratorium² dengan data perhitungan kitab *Al-Durru Al-Anīq*, untuk membuktikan sejauh mana tingkat akurasi perhitungannya. Dengan adanya tulisan ini diharapkan dapat memberikan gambaran secara umum mengenai tingkat akurasi hisab gerhana matahari dalam kitab *Al-Durru Al-Anīq*.

Telaah mengenai kitab *Al-Durru Al-Anīq* cukup banyak dilakukan, seperti skripsi Restu Trisna Wardani berjudul “*Studi Komparatif Kitab Al-Durru Al-Anīq Dengan Astronomical Algorithm Jean Meeus Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah*”. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa kategori hisab yang dimiliki kitab *Al-Durru Al-Anīq* adalah metode hisab kontemporer dengan akurasi yang mendekati kenyataan praktiknya. Sedangkan deviasi perbandingan terhadap perhitungan *Astronomical Algorithm* hanya berkisar orde menit dan detik, deviasi waktu ijtima’ sebesar 3,64 detik dan deviasi ketinggian hilal mar’i sebesar 57,55 detik busur.³

² Exploratorium, *Diakses 13 Januari 2021*, 2021 <<https://www.exploratorium.edu/about/our-story>>.

³ Restu Trisna Wardani, *Studi Komparatif Kitab Al-Durru Al-Anīq Dengan Astronomical Algorithm Jean Meeus Dalam Penentuan Awal Bulan*

Berbeda jauh dengan apa yang dikaji dalam penelitian ini. Peneliti melakukan perhitungan waktu gerhana matahari kemudian mengkomparasikannya terhadap video hasil observasi NASA dan Exploratorium, agar dapat diketahui nilai deviasi dari kenyataan observasi. Dari hasil yang dipaparkan dapat memberikan gambaran seberapa jauh tingkat akurasi perhitungan gerhana matahari versi kitab *Al-Durru Al-Anīq* dalam memprediksi waktu gerhana.

Jenis penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan analisis komparatif. Peneliti menyajikan perhitungan gerhana matahari versi kitab *Al-Durru Al-Anīq* kemudian melakukan perbandingan terhadap data hasil observasi NASA dan dianalisis sejauh mana tingkat akurasi. Teknik pengumpulan data menggunakan dokumentasi, mengumpulkan literatur terkait gerhana matahari, sekaligus mengumpulkan video-video hasil observasi NASA dalam beberapa tahun belakangan ini, lalu dibandingkan dengan hasil perhitungan.

Definisi dan Klasifikasi Gerhana Matahari.

Gerhana memiliki persamaan makna dengan kata *eclipse* (Inggris) atau *ekleipsis*

(Yunani) atau *eklipsis* (Latin).⁴ Dalam bahasa Arab kata gerhana sering disebut sebagai *Kusūf* atau *Khusūf*.⁵ Namun dua kata tersebut memiliki penggunaan masing-masing. Kata *kusūf* sering digunakan untuk penyebutan gerhana matahari, sedangkan *khusūf* digunakan untuk penyebutan gerhana bulan.⁶ *Kusuf* berarti “menutupi”, sehingga *kusūfu al-syams* menggambarkan peristiwa ketika bulan menutupi matahari baik secara keseluruhan maupun sebagian.⁷

Jadi secara terminologi gerhana matahari adalah fenomena terhalangnya sinar matahari yang menuju ke bumi, dikarenakan terhalang oleh bulan saat berada dalam satu garis lurus di antara bumi dan matahari. Atau bisa didefinisikan sebagai fenomena piringan bulan menutupi piringan matahari dilihat dari bumi baik sebagian atau seluruhnya. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari pada matahari, bulan mampu menghalangi cahaya matahari sepenuhnya akibat jarak rata-rata bulan sebesar 384.400 km lebih dekat dari bumi dibandingkan dengan jarak rata-rata matahari sebesar

Kamariah (Semarang: Skripsi Fakultas Syariah UIN Walisongo, 2018).

⁴ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta* (Banyuwangi: Bismillah Publisher, cet. I, 2012).

⁵ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis* (Semarang: Pustaka Rizki Putra, cet. I, 2012).

⁶ A. Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak Panduan Lengkap Dan Praktis* (Jakarta: Amzah, cet. I, 2012).

⁷ Abu Saiful Mujab, *Risalah Nurul Anwar* (Kudus: Madrasah TBS, 2006).

149.680.000 km.⁸

Hanya saja, karena bulan lebih kecil dari pada matahari maka bayangan inti bulan yang menutupi matahari tidak dapat jatuh merata di seluruh permukaan bumi, hal ini menyebabkan gerhana matahari hanya dialami pada sebagian permukaan bumi saja, yaitu daerah dimana kerucut bayangan inti bulan jatuh. Sangat berbeda jauh dengan gerhana bulan yang mana selalu dialami oleh setengah permukaan bumi yang mengalami malam hari.⁹

Kemudian terkait tipe gerhana matahari dapat ditinjau dari segi lokal dan global. Dari tinjauan satu lokasi (lokal), gerhana matahari terbagi menjadi tiga macam yakni (1) gerhana matahari total, (2) gerhana matahari partial dan (3) gerhana matahari cincin. Gerhana matahari total terjadi apabila saat puncak gerhana, piringan matahari tertutup sepenuhnya oleh piringan bulan. Pada tipe gerhana ini, matahari-bulan-bumi harus benar-benar berada pada garis lurus. Piringan bulan minimal berukuran sama besar dengan piringan matahari atau bahkan lebih besar jika dilihat dari pengamat yang berada di bumi.

Selanjutnya gerhana matahari partial terjadi manakala piringan bulan saat puncak gerhana hanya menutupi sebagian dari

piringan matahari, sehingga posisi matahari-bulan-bumi tidak benar-benar tepat pada satu garis lurus. Lalu tipe yang terakhir adalah gerhana matahari cincin, terjadi apabila matahari-bulan-bumi tepat berada pada satu garis lurus namun ukuran piringan bulan lebih kecil dari piringan matahari, sehingga piringan bulan tidak sepenuhnya menghalangi piringan matahari. Bagian matahari yang tidak tertutup oleh piringan Bulan berada melingkar di tepi piringan matahari, terlihat seperti cincin yang bercahaya.¹⁰



Gambar 1. Tipe Gerhana Matahari

Jika ditinjau dari bayangan yang jatuh ke permukaan bumi (global), gerhana matahari dibedakan menjadi enam macam yakni (1) gerhana matahari sebagian, (2) gerhana matahari total tidak sentral, (3) gerhana matahari total sentral, (4) gerhana matahari total sentral sempurna, (5) gerhana matahari total sentral lengkap dan (6) gerhana matahari hibrida.¹¹ Gerhana matahari sebagian terjadi ketika bumi hanya masuk ke dalam bayangan penumbra saja

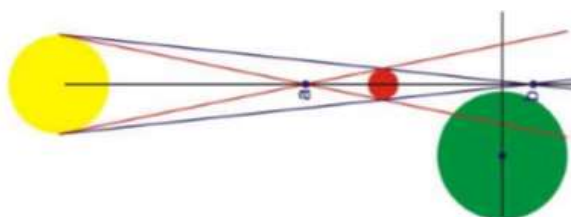
¹⁰ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Metode Hisab-Rukyah Dan SolusiPermasalahannya* (Semarang: Komala Grafika, 2006).

¹¹ Muhammad Wasil, *Perhitungan Gerhana Matahari Metode Tracking*, 2013 <<http://liekwasil.blogspot.com/2013/12/perhitungan-gerhana-matahari-metode.html>>.

⁸ Slamet Hambali.

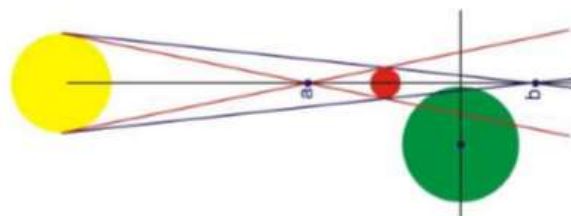
⁹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004).

tanpa sedikitpun menyentuh tepi umbra bulan. Gerhana tipe ini mengakibatkan seluruh permukaan bumi yang menyentuh penumbra bulan dapat melihat gerhana sebagian (perspektif lokal) namun tidak ada satu pun daerah yang mengalami gerhana total.



Gambar 2. Gerhana Matahari Sebagian

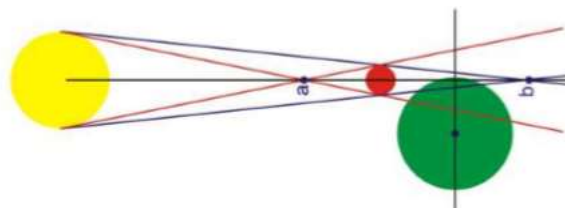
Gerhana matahari total tidak sentral ialah apabila bumi masuk ke dalam bayangan umbra bulan, akan tetapi tidak sampai menyentuh titik pusat (sentral) bayangan. Pada tipe ini, pengamat yang berada di bumi ada yang dapat melihat gerhana matahari total dan juga ada pula yang dapat melihat gerhana matahari sebagian.



Gambar 3. Gerhana Matahari Total Tidak Sentral

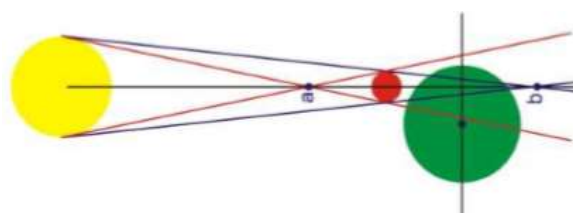
Selanjutnya gerhana matahari total sentral, terjadi ketika titik sentral bayangan gerhana mengenai permukaan bumi, namun

tidak seluruh medan umbra menyentuh permukaan bumi. Gerhana ini mengakibatkan ada permukaan bumi yang memiliki tingkat kegelapan maksimum (benar-benar gelap) yaitu di daerah yang terkena titik sentral bayangan.



Gambar 4. Gerhana Matahari Total Sentral

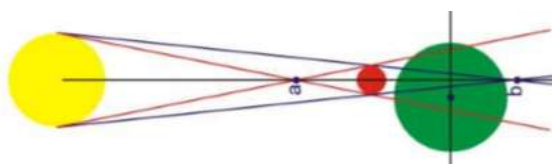
Gerhana matahari total sentral sempurna terjadi manakala bayangan umbra telah masuk seluruhnya ke permukaan bumi. Tipe gerhana ini, dapat membentuk garis batas umbra di bagian utara dan selatan, namun belum bisa membentuk garis batas penumbra, mengingat tepi penumbra yang lain belum sepenuhnya menyentuh bumi dan juga daerah yang mengalami gerhana total (perspektif lokal) akan lebih luas dibanding dua tipe sebelumnya.



Gambar 5. Gerhana Matahari Total Sentral Sempurna

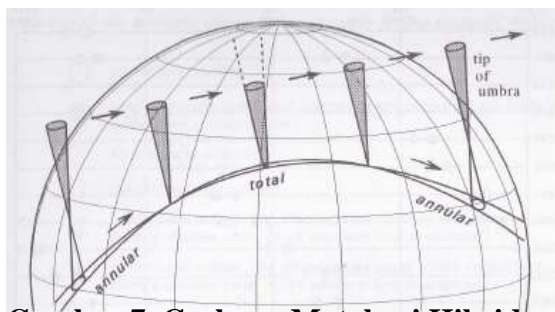
Lalu ada gerhana matahari total sentral lengkap, yakni manakala bayangan umbra dan penumbra bulan sudah masuk

seluruhnya ke permukaan bumi. Tipe ini tidak hanya membentuk batas umbra melainkan juga membentuk batas penumbra secara lengkap, baik utara maupun selatan. Dari seluruh tipe-tipe gerhana yang telah disebutkan, tipe inilah yang paling luas medan penampang gerhananya.



Gambar 6. Gerhana Matahari Total Sentral Lengkap

Dan yang terakhir adalah gerhana matahari hibrida, ialah gerhana matahari sentral dimana sebagian proses gerhana, titik simpul berada di atas suatu wilayah permukaan bumi (tanpa menyentuh permukaan bumi) sedangkan pada proses berikutnya titik simpul menyentuh permukaan bumi atau bahkan masuk ke perut bumi. Tipe ini mengakibatkan sebagian pengamat di bumi dapat melihat gerhana matahari total dan sebagian lainnya dapat melihat gerhana matahari cincin.



Gambar 7. Gerhana Matahari Hibrida.

Mengenal Kitab *Al-Durru Al-Anīq*.

Copyright ©2021. *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*. This is an open access article under the CC-BY-SA licence (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Kitab *Al-Durru Al-Anīq* merupakan kitab falak kontemporer berbahasa arab buah karya ahli falak sekaligus kyai alim bernama lengkap Ahmad Ghozali bin Muhammad bin Fathullah bin Sa'idah al-Samfani al-Maduri. Beliau lahir pada tanggal 7 Januari 1962 M atau bertepatan pada Ahad Pon, 30 Rajab 1381 H di kampung Lanbulan, desa Baturasang, kecamatan Tambelangan, kabupaten Sampang, Jawa Timur. Lahir dari pasangan suami-istri bernama KH. Muhammad Fathullah dan Ibu Nyai Hj. Zainab Khoirudin.¹²

Kitab ini adalah salah satu kitab dari sekian banyak karya KH. Ahmad Ghozali dalam bidang ilmu falak. Seperti kitab *Al-Taḥyīdātu al-Jāliyah*, *Faiḍu al-karīm*, *Bugyatu al-Rafīq*, *Anfa'u al-Waṣīlah*, *Šamaratu al-Fikar*, *Irsyādu al-Murīd*, *Bulūgu al-Waṭār* dan *Maslaku al-Qaṣīd*. Di samping itu, beliau juga memiliki karya-karya lain selain bidang ilmu falak seperti kitab *Azharu al-Bustān* (fikih), *Ḍaw'u al-Badr* (fikih), *Al-Zahrātu al-Wardiyyah* (fara'id), *Al-Nujūmu al-Nayyirah* (hadits), *Al-Qawlu al-Mukhtaṣar* (mustholah hadits), *Bugyatu al-Wildān* (tajwid), *Tuḥfatu al-Rāwy* (tarajim), *Tuḥfatu al-Arib* (tarajim), *al-Futūhāt al-Rabbaniyyah* (mada'ih

¹² Purkon Nur Ramdhan, *Studi Analisis Hisab Arah Kiblat KH. Ahmad Ghozali Dalam Kitab Irsyād Al-Murīd* (Semarang: Skripsi Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, 2012).

nabawiyah), al-Fawāqihu al-Syahiyah (kutbah mimbar), *Bugyatu al-Aḥbāb (Fî al-Awrād Wa al-Ahzāb)*, *Majma' al-Faḍā'il (Fî Ad'iyah Wa al-Nawāfil)*, *Irsyādu al-Ibād (Fî al-Awrād)* dan masih banyak lagi yang masih belum dicetak.¹³

Al-Durru Al-Anīq dipublikasikan pertama kali pada tahun 2013 dan dicetak ulang dengan revisi pada tahun 2016. Meskipun karya ini tergolong hisab *tadqīqī* (kontemporer) namun ciri khas klasik masih tetap dipertahankan dan ditonjolkan oleh pengarang, tanpa mengurangi tingkat akurasi dari metode kontemporer yang disajikan. Pada bagian pendahuluannya, KH. Ahmad Ghozali menuturkan mengenai latar belakang dari penyusunan kitab *Al-Durru Al-Anīq*, yaitu sebagai penyempurna dari karya-karya beliau sebelumnya, lebih tepatnya menyempurnakan kitab *Šamaratu al-Fikar* dan *Irsyādu al-Murīd*, yang mana sama-sama bermodel hisab kontemporer. Selain itu juga disinggung tiga klasifikasi hisab yang selama ini berkembang, seperti model hisab *taḥqīqī bi al-taqrīb*, *taḥqīqī bi al-taḥqīq*, dan *taḥqīqī bi al-tadqīq*.¹⁴

Secara garis besar, ada tiga pokok pembahasan yang termuat dalam kitab ini, yaitu mengenai algoritma perhitungan awal

bulan kamariah, perhitungan gerhana bulan dan perhitungan gerhana matahari. Sebelum direvisi, algoritma perhitungan gerhana matahari hanya tersaji sebagai perhitungan gerhana lokal, artinya perhitungan difokuskan untuk menentukan waktu terjadinya kontak gerhana di suatu tempat pengamatan tertentu. Setelah direvisi pada tahun 2016, algoritma gerhana matahari global mulai dimunculkan, membahas tentang cara menghitung koordinat di permukaan bumi yang terkena bayangan gerhana pada referensi waktu sentral tertentu. Perhitungan ini meliputi koordinat titik sentral, batas sentral utara-selatan dan batas penumbral utara-selatan gerhana matahari.

Data-data astronomis gerhana yang disajikan dalam kitab ini sebenarnya diambil dari data Elemen Besselian¹⁵ sebagaimana data yang digunakan NASA, akan tetapi sedikit berbeda dari data aslinya. Data besseel tersebut telah diolah mandiri sedemikian rupa oleh pengarang. Terbukti dari komponennya yang semula ada tiga sampai empat komponen, masing-masing disajikan hanya dua komponen saja. Seperti data X dan Y yang mulanya ada empat komponen dipersingkat menjadi dua. Data D yang mulanya ada tiga, hanya disajikan dua,

¹³ Purkon Nur Ramdhan.

¹⁴ Ahmad Ghazali Muhammad Fathullah, *Al-Durru Al-Anīq* (Sampang: LAFAL Publishing, cet. ke-2, 1437).

¹⁵ Jean Meeus, *Elements of Solar Eclipses 1951 - 2200* (Willmann-Bell, Inc: Richmond, 1989).

bahkan data L yang mulanya ada enam, disajikan hanya empat komponen. Namun meskipun demikian, keakuratan kitab ini justru mendekati observasi sebenarnya dibanding dengan data NASA, seperti yang akan peneliti jabarkan di subbab berikutnya.

Algoritma Perhitungan Gerhana Matahari Versi Kitab *Al-Durru Al-Anīq*.

Data-data awal yang perlu disiapkan sebelum menghitung gerhana matahari versi kitab *Al-Durru Al-Anīq* adalah data koordinat tempat meliputi lintang, bujur, *time zone* dan ketinggian tempat pengamatan. Selebihnya data input telah disajikan berbentuk tabel, seperti tarikh masehi, tarikh hijriah, tipe gerhana, TD, A0, A1, B0, B1, d0, d1, W0, W1, R0, R1, S0, S1, Z0 dan Z1.¹⁶

Selain data tabel di atas, ada pula tabel untuk menentukan ‘*Arḍu iqlīmi al-ru’yah*’ (P’1 dan P’2). Namun menurut peneliti, tabel ini lebih baik jika diganti dengan rumus langsung versi Jean Meeus seperti yang telah dijelaskan dalam buku *Elements of Solar Eclipses: 1951 - 2200*. Dengan menggunakan rumus tersebut, data ‘*Arḍu iqlīmi al-ru’yah*’ tidak perlu dicari lewat tabel, cukup menggunakan formula $P'1 = P1 + Z$ dan $P'2 = P2 + Z$, dimana $Z = (\text{tinggi tempat mdpl} / 6378140) \times \cos \phi$.¹⁷

¹⁶ Ahmad Ghazali Muhammad Fathullah.

¹⁷ Ahmad Ghazali Muhammad Fathullah.

Satu data lagi yang perlu diketahui, yakni data delta T yang merupakan selisih *dynamical time* dan *universal time*. Formula ini diadopsi dari buku Fred Espenak dan Jean Meeus berjudul *Five Millennium Canon of Lunar Eclipses : -1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE)*, yang mana rumus ini juga digunakan NASA dalam website resminya.

¹⁸ Dari seluruh data input di atas, gerhana matahari dihitung sesuai algoritma berikut :¹⁹

Perhitungan *ta’dīl* untuk waktu tengah gerhana.

$$H = W0 + \lambda - 0.00417807 \times \text{Delta T}$$

$$p = P'2 \times \sin H$$

$$q = P'1 \times \cos d0 - P'2 \times \cos H \times \sin d0$$

$$r = P'1 \times \sin d0 + P'2 \times \cos H \times \cos d0$$

$$p' = 0.01745329 \times W1 \times P'2 \times \cos H$$

$$q' = 0.01745329 \times (W1 \times p \times \sin d0 - r \times d1)$$

$$u = A0 - p$$

$$v = B0 - q$$

$$a = A1 - p'$$

$$b = B1 - q'$$

$$n^2 = a^2 + b^2$$

$$tm1 = -(u.a + v.b) / n^2$$

Perhitungan ‘*awāmil*’ berdasarkan *ta’dīl* 1

¹⁸ Fred Espenak and Jean Meeus, *Five Millennium Canon of Lunar Eclipses : -1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE)* (NASA: TP-2009-24172, 2009).

¹⁹ Ahmad Ghazali Muhammad Fathullah.

tengah gerhana (tm1).

$$A = A_0 + A_1 \times tm_1$$

$$B = B_0 + B_1 \times tm_1$$

$$d = d_0 + d_1 \times tm_1$$

$$W = W_0 + W_1 \times tm_1$$

$$H = W + \lambda - 0.00417807 \times \text{Delta T}$$

$$p = P^2 \times \sin H$$

$$q = P^1 \times \cos d - P^2 \times \cos H \times \sin d$$

$$r = P^1 \times \sin d + P^2 \times \cos H \times \cos d$$

$$p' = 0.01745329 \times W_1 \times P^2 \times \cos H$$

$$q' = 0.01745329 \times (W_1 \times p \times \sin d - r \times d_1)$$

$$u = A - p$$

$$v = B - q$$

$$a = A_1 - p'$$

$$b = B_1 - q'$$

$$n^2 = a^2 + b^2$$

$$tm = -(u.a + v.b) / n^2$$

$$tm_2 = tm_1 + tm$$

Perhitungan 'awāmil berdasarkan *ta'dīl* 2

tengah gerhana (tm2).

$$A = A_0 + A_1 \times tm_2$$

$$B = B_0 + B_1 \times tm_2$$

$$d = d_0 + d_1 \times tm_2$$

$$W = W_0 + W_1 \times tm_2$$

Proses sama dengan poin tm1 (dari H sampai tm).

$$tm_3 = tm_2 + tm$$

Perhitungan 'awāmil berdasarkan *ta'dīl* 3

tengah gerhana (tm3).

$$A = A_0 + A_1 \times tm_3$$

$$B = B_0 + B_1 \times tm_3$$

$$d = d_0 + d_1 \times tm_3$$

$$W = W_0 + W_1 \times tm_3$$

$$R = R_0 + R_1 \times tm_3$$

$$S = S_0 + S_1 \times tm_3$$

Proses sama dengan poin tm1 (dari H sampai tm).

$$tk = tm_3 + tm$$

Perhitungan waktu tengah gerhana (T0) dan posisi gerhana (h, Az).

$$T_0 = TD + tk - \text{Delta T} + \text{time zone}$$

$$h = \sin^{-1} (\sin \phi \sin d + \cos \phi \cos d \cos H)$$

$$x = \sin d \cos \phi - \cos d \sin \phi \cos H$$

$$y = -\cos d \sin H$$

$$Az = \tan^{-1} (y / x).$$

Jika x dan y positif maka Az tetap, jika x dan y negatif atau x negatif dan y positif maka Az + 180, jika x positif dan y negatif maka Az + 360.

Perhitungan magnitudo (G) dan tipe gerhana.

$$R' = R - r \times Z_0$$

$$S' = S - r \times Z_1$$

$$m = \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$G = (R' - m) / (R' + S')$$

Tipe = diketahui dari nilai G, m dan S'.

Jika $G < 0$ maka tidak terjadi gerhana, jika $m < \text{abs}(S')$ dan $S' < 0$ maka terjadi gerhana total, jika $m > S'$ maka terjadi gerhana partial, jika $m < S'$ dan $S' > 0$ maka terjadi gerhana cincin.

$$n = \sqrt{n^2}$$

$$k = (a.v - u.b) / (n \times R')$$

$$T1 = \text{abs}((R' / n) \times \sqrt{(1 - k^2)})$$

Perhitungan waktu awal total / cincin (Awl2) dan posisi gerhana.

$$y = (a.v - u.b) / (n \times S')$$

$$T2 = \text{abs}((S' / n) \times \sqrt{(1 - y^2)})$$

$$Awl2 = T0 - T2$$

$$H = H(\text{tengah gerhana}) - (T2 \times 15)$$

$$h = \sin^{-1}(\sin \phi \sin d + \cos \phi \cos d \cos H)$$

$$x = \sin d \cos \phi - \cos d \sin \phi \cos H$$

$$y = -\cos d \sin H$$

$$Az = \tan^{-1}(y / x)$$

Perhitungan waktu akhir total / cincin (Akr2), posisi gerhana dan durasi total / cincin (Drs2).

$$Akr2 = T0 + T2$$

$$H = H(\text{tengah gerhana}) + (T2 \times 15)$$

$$h = \sin^{-1}(\sin \phi \sin d + \cos \phi \cos d \cos H)$$

$$x = \sin d \cos \phi - \cos d \sin \phi \cos H$$

$$y = -\cos d \sin H$$

$$Az = \tan^{-1}(y / x)$$

$$Drs2 = Akr2 - Awl2$$

Perhitungan waktu awal gerhana (Awl1) dan posisi gerhana.

$$tm4 = tk - T1$$

$$A = A0 + A1 \times tm4$$

$$B = B0 + B1 \times tm4$$

$$d = d0 + d1 \times tm4$$

$$W = W0 + W1 \times tm4$$

$$R = R0 + R1 \times tm4$$

Proses sama dengan poin tm1 (dari H sampai n²).

$$n = \sqrt{n^2}$$

$$R' = R - r \times Z0$$

$$k = (a.v - u.b) / (n \times R')$$

$$tm5 = -(u.a + v.b) / n^2 - (R' / n) \times \sqrt{(1 - k^2)}$$

$$tm6 = tm4 + tm5$$

$$A = A0 + A1 \times tm6$$

$$B = B0 + B1 \times tm6$$

$$d = d0 + d1 \times tm6$$

$$W = W0 + W1 \times tm6$$

$$R = R0 + R1 \times tm6$$

Proses sama dengan poin tm1 (dari data H sampai n²).

$$n = \sqrt{n^2}$$

$$R' = R - r \times Z0$$

$$k = (a.v - u.b) / (n \times R')$$

$$tm7 = -(u.a + v.b) / n^2 - (R' / n) \times \sqrt{(1 - k^2)}$$

$$tm8 = tm6 + tm7$$

$$Awl1 = TD + tm8 - \text{Delta T} + \text{time zone}$$

$$h = \sin^{-1}(\sin \phi \sin d + \cos \phi \cos d \cos H)$$

$$x = \sin d \cos \phi - \cos d \sin \phi \cos H$$

$$y = -\cos d \sin H$$

$$Az = \tan^{-1} (y / x)$$

Perhitungan waktu akhir gerhana (Akr1), posisi gerhana dan durasi gerhana (Drs1).

$$tm9 = tk + T1$$

$$A = A0 + A1 \times tm9$$

$$B = B0 + B1 \times tm9$$

$$d = d0 + d1 \times tm9$$

$$W = W0 + W1 \times tm9$$

$$R = R0 + R1 \times tm9$$

Proses sama dengan poin tm1 (dari H sampai n^2).

$$n = \sqrt{n^2}$$

$$R' = R - r \times Z0$$

$$k = (a.v - u.b) / (n \times R')$$

$$tm10 = -(u.a + v.b) / n^2 - (R' / n) \times \sqrt{(1 - k^2)}$$

$$tm11 = tm9 + tm10$$

$$A = A0 + A1 \times tm11$$

$$B = B0 + B1 \times tm11$$

$$d = d0 + d1 \times tm11$$

$$W = W0 + W1 \times tm11$$

$$R = R0 + R1 \times tm11$$

Proses sama dengan poin tm1 (dari H sampai n^2).

$$n = \sqrt{n^2}$$

$$R' = R - r \times Z0$$

$$k = (a.v - u.b) / (n \times R')$$

$$tm12 = -(u.a + v.b) / n^2 - (R' / n) \times \sqrt{(1 - k^2)}$$

$$tm13 = tm11 + tm12$$

$$Akr1 = TD + tm13 - \text{Delta T} + \text{time zone}$$

$$h = \sin^{-1} (\sin \phi \sin d + \cos \phi \cos d \cos H)$$

$$x = \sin d \cos \phi - \cos d \sin \phi \cos H$$

$$y = -\cos d \sin H$$

$$Az = \tan^{-1} (y / x)$$

$$Drs1 = Akr1 - Awl1$$

Komparasi Perhitungan *Al-Durru Al-Aniq* dengan Observasi NASA.

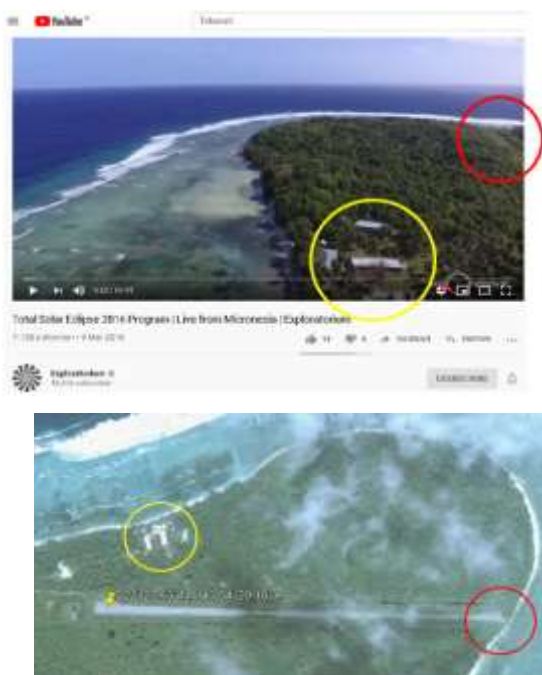
Dalam subbab ini, peneliti berupaya melakukan perbandingan data dari beberapa referensi pendukung yang telah peneliti dapatkan. Upaya ini dilakukan untuk membuktikan seberapa tingkat akurasi metode hisab gerhana matahari kitab *Al-Durru Al-Aniq*. Berikut adalah beberapa perbandingan data dari fenomena gerhana yang telah diabadikan oleh tim Exploratorium dan NASA.

Pertama, gerhana matahari total di Woleai Atoll, Micronesia. Dalam video Youtube yang diupload chanel Exploratorium menayangkan liputan proses terjadinya gerhana matahari total di Woleai Atoll pada 9 Maret 2016.²⁰ Di awal video sempat ditayangkan suasana di sekitar lokasi pengamatan. Peneliti menelusuri tempat tersebut menggunakan aplikasi *google earth*. Peneliti menemukan lokasi pengamatan itu,

²⁰ Diakses 13 Januari 2021, 10:55. <<https://www.youtube.com/watch?v=9upX6qw4cJc>>.

yaitu sebuah pulau kecil bernama Falealop dengan koordinat $7^{\circ} 22' 27,63''$ LU, $143^{\circ} 54' 20,10''$ BT, berketinggian 5 mdpl.

Atas dasar koordinat tersebut, peneliti melakukan perhitungan gerhana matahari versi kitab *Al-Durru Al-Anāq*, kemudian membandingkannya dengan video lain yang diupload chanel yang sama.²¹ Video kedua ini merupakan video proses terjadinya gerhana total yang mencantumkan waktu *live* gerhana. Dari video inilah penulis dapat mengetahui secara pasti waktu-waktu terjadinya kontak gerhana



Gambar 8. Lokasi Pengamatan 1

²¹ Diakses 13 Januari 2021, 10:57.
(https://www.youtube.com/watch?v=2urU7tUzF_o).

Hasil perbandingan data tersebut ditunjukkan pada Tabel 1. sebagai berikut :

Tabel 1. Perbandingan Hasil *Al-Durru Al-Anīq* dengan Hasil Wabsite NASA

Kontak Gerhana	Video Observasi	Hasil <i>Al-Durru Al-Anīq</i>	Deviasi <i>Al-Durru Al-Anīq</i>	Hasil Wabsite NASA	Deviasi Web NASA
Awal Total	01:38:02 UT	01:38:01 UT	1 dtk	01:38:05.9 UT	3.9 dtk
Tengah Gerhana	01:40:03 UT	01:40:04 UT	1 dtk	01:40:08.3 UT	5.3 dtk
Akhir Total	01:42:04 UT	01:42:06 UT	2 dtk	01:42:11.1 UT	7.1 dtk
Durasi Total	4 mnt 2 dtk	4 mnt 5 dtk	3 dtk	4 mnt 5.2 dtk	3.2 dtk

Dari Tabel 1. diatas dapat terlihat perbandingan Hasil *Al-Durru Al-Anīq* dengan Hasil Wabsite NASA dapat terlihat deviasi yang tidak terlalu signifikan. Kedua, gerhana matahari total di Madras Oregon, USA pada tanggal 21 Agustus 2017. NASA memposting sebuah foto *time lapse* fenomena gerhana matahari total di kota Madras Oregon.²² Peneliti menelusuri lokasi pengamatan dengan mengacu foto tersebut dan menduga bahwa NASA melakukan pengamatan gerhana di lapangan olahraga *Rugby* sekitar kota Madras, yakni di koordinat 44° 37' 47,48" LU, 121° 7' 9,38" BB berketinggian 687 mdpl.



Gambar 9. Lokasi Pengamatan 2

Tidak hanya menggunakan data tersebut. Peneliti mencari data lain untuk memverifikasi kontak gerhana dengan waktu *real* pengamatan. Ada satu video yang diupload chanel *SciNews*,²³ dimana video tersebut memperlihatkan hasil dokumentasi

²² Diakses 13 Januari 2021, 10:59. <<https://www.nasa.gov/image-feature/total-solar-eclipse-over-madras-oregon>>.

²³ Diakses 13 Januari 2021, 11:00. <<https://www.youtube.com/watch?v=nfNe1CcdVm4&t=1s>>.

NASA disertai dengan waktu *live* observasi. Video inilah yang dijadikan landasan perbandingan. Berikut data hasil

perbandingannya yang ditunjukkan pada Tabel 2. Dibawah ini

Tabel 2. Perbandingan Hasil Video Observasi *Al-Durru Al-Anīq* dengan Hasil Wabsite NASA

Kontak Gerhana	Video Observasi	Hasil <i>Al-Durru Al-Anīq</i>	Deviasi <i>Al-Durru Al-Anīq</i>	Hasil Wabsite NASA	Deviasi Web NASA
Awal Total	17:19:33 UT	17:19:33 UT	0 dtk	17:19:37.0 UT	4 dtk
Tengah Gerhana	17:20:35 UT	17:20:33 UT	2 dtk	17:20:37.8 UT	2.8 dtk
Akhir Total	17:21:36 UT	17:21:34 UT	2 dtk	17:21:38.8 UT	2.8 dtk
Durasi Total	2 mnt 3 dtk	2 mnt 1 dtk	2 dtk	2 mnt 1,9 dtk	1.1 dtk

Dari Tabel 2. diatas dapat terlihat perbandingan Hasil *Al-Durru Al-Anīq* dengan Hasil Wabsite NASA dapat terlihat deviasi yang tidak terlalu signifikan. *Ketiga*, gerhana matahari total di Chile pada tanggal 2 Juli 2019. Sebuah video Youtube yang diupload chanel NASA Video, menayangkan proses terjadinya gerhana matahari total pada 2 Juli 2019.²⁴ Di dalam video tersebut, pengamatan dilakukan di NSF Cerro Tololo Inter-American Observatory, Chile. Peneliti menelusurinya menggunakan *google earth* dan menemukan observatorium tempat gerhana itu diamati, yakni di koordinat 30°

10' 10,52" LS, 70° 48' 23,32" BB berketinggian 2204 mdpl.



Gambar 10. Lokasi Pengamatan 3

²⁴ Lihat

<https://www.youtube.com/watch?v=0N693qfeRx> E, diakses 13 Januari 2021, 11:01.

Berikut data hasil perbandingannya yang ditunjukkan pada Tabel 3. dibawah ini :

Tabel 3. Perbandingan Hasil *Al-Durru* dengan Hasil Website NASA Lokasi 3

Kontak Gerhana	Video Observasi	Hasil <i>Al-Durru Al-Anīq</i>	Deviasi <i>Al-Durru Al-Anīq</i>	Hasil Wabsite NASA	Deviasi Web NASA
Awal Total	20:38:34 UT	20:38:37 UT	3 dtk	20:38:32.8 UT	1.2 dtk
Tengah Gerhana	20:39:36 UT	20:39:36 UT	0 dtk	20:39:36.1 UT	0.1 dtk
Akhir Total	20:40:37 UT	20:40:36 UT	1 dtk	20:40:39.1 UT	2.1 dtk
Durasi Total	2 mnt 3 dtk	1 mnt 59 dtk	4 dtk	2 mnt 6.3 dtk	3.3 dtk

Penutup

Dari Tabel 3. diatas dapat terlihat perbandingan Hasil *Al-Durru Al-Anīq* dengan Hasil Wabsite NASA dapat terlihat deviasi yang tidak terlalu signifikan. Dengan demikian dari ketiga perbandingan tersebut, data prediksi kitab *Al-Durru Al-Anīq* banyak yang mendekati data *real* observasi, begitu pula data prediksi NASA.²⁵ Hal ini membuktikan bahwa perhitungan gerhana matahari kitab *Al-Durru Al-Anīq* akurasi sangat tinggi, sangat mendekati realita hasil observasi. Bahkan bisa dikatakan akurasi sebanding dengan perhitungan NASA. Perhitungan kitab *Al-Durru Al-Anīq* ini layak digunakan untuk memprediksi fenomena gerhana matahari yang akan datang.

Perhitungan gerhana matahari dalam kitab *Al-Durru Al-Anīq* merupakan perhitungan berjenis *taḥqīqī bi al-tadqīq* (kontemporer) berbasis data *element Besselian*. Berdasarkan perbandingan yang telah dilakukan peneliti, menunjukkan bahwa tingkat akurasi sangat tinggi, hanya mempunyai selisih dari kenyataan observasi sekitar 0 sampai 4 detik saja (orde detik). Hasil penelitian ini bersesuaian dengan kajian Lajnah Falakiyyah PWNU Jawa Timur yang menyimpulkan bahwa kitab *Al-Durru Al-Anīq* memiliki akurasi sangat tinggi. Sehingga tak heran jika kitab ini sangat populer dan sering digunakan para pegiat ilmu falak untuk memprediksi gerhana matahari secara akurat dan tepat.

²⁵ Diakses 13 Januari 2021, 11:05.

<<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/solar.html>, >.

Daftar Pustaka

- A. Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak Panduan Lengkap Dan Praktis* (Jakarta: Amzah, cet. I, 2012)
- Abu Saiful Mujab, *Risalah Nurul Anwar* (Kudus: Madrasah TBS, 2006)
- Ahmad Ghazali Muhammad Fathullah, *Al-Durru Al-Aniq* (Sampang: LAFAL Publishing, cet. ke-2, 1437)
- Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Metode Hisab-Rukyah Dan SolusiPermasalahannya* (Semarang: Komala Grafika, 2006)
- , *Ilmu Falak Praktis* (Semarang: Pustaka Rizki Putra, cet. I, 2012)
- Diakses 13 Januari 2021, 10:55. <<https://www.youtube.com/watch?v=9upX6qw4cJc>>
- Diakses 13 Januari 2021, 10:57. (https://www.youtube.com/watch?v=2urU7tUzF_o)
- Diakses 13 Januari 2021, 10:59. <<https://www.nasa.gov/image-feature/total-solar-eclipse-over-madras-oregon>>
- Diakses 13 Januari 2021, 11:00. <<https://www.youtube.com/watch?v=nfNe1CcdVm4&t=1s>>
- Diakses 13 Januari 2021, 11:05. <<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/solar.html>, >
- Exploratorium, Diakses 13 Januari 2021, 2021 <<https://www.exploratorium.edu/about/our-story>,>
- Fred Espenak and Jean Meeus, *Five Millennium Canon of Lunar Eclipses : -1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE)* (NASA: TP-2009-24172, 2009)
- Jean Meeus, *Elements of Solar Eclipses 1951 - 2200* (Willmann-Bell, Inc: Richmond, 1989)
- Muhammad Wasil, *Perhitungan Gerhana Matahari Metode Tracking*, 2013 <<http://liekwasil.blogspot.com/2013/12/perhitungan-gerhana-matahari-metode.html>,>
- Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004)
- NU Online, *LFNU Se-Jatim Amati Gerhana Bulan Hari Ini*, 2015 <<https://www.nu.or.id/post/read/58636/lfnu-se-jatim-amati-gerhana-bulan-hari-ini>, nu.or.id,>
- Purkon Nur Ramdhan, *Studi Analisis Hisab Arah Kiblat KH. Ahmad Ghazali Dalam Kitab Irsyad Al-Murid* (Semarang: Skripsi Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, 2012)
- Restu Trisna Wardani, *Studi Komparatif Kitab Al-Durru Al-Aniq Dengan Astronomical Algorithm Jean Meeus Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah* (Semarang: Skripsi Fakultas Syariah UIN Walisongo, 2018)
- Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta* (Banyuwangi: Bismillah Publisher, cet . I, 2012)