

BAB IV

ANALISIS PEMIKIRAN SAADOE'DDIN DJAMBEK TENTANG PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH

A. Analisis Algoritma Hisab Awal Bulan Kamariah Saadoe'ddin Djambek

Istilah algoritma¹ memang umum dikenal dalam ilmu komputer atau teknik informatika, namun program dan algoritma itu berbeda. Dalam hal ini, algoritma bukanlah tahapan yang digunakan sebagai pernyataan untuk program komputer, namun algoritma dalam pengertian urutan langkah-langkah logis dalam penyelesaian masalah yang disusun secara sistematis.² Adapun alur suatu algoritma yakni *Input* → *Process* → *Output*, maka sebelum melalui suatu proses perlu diketahui *Input* datanya terlebih dahulu. Dalam hal ini Saadoe'ddin Djambek menggunakan *input* data *Almanak Nautika*.

Almanak Nautika ialah data astronomis yang merupakan prediksi terhadap posisi geografis untuk pengamatan benda angkasa yang dipublikasi secara tahunan oleh *United States Naval Observatory*, *H.M. Nautical Almanac Office* dan *Royal Greenwich Observatory*. Informasi yang tersusun dalam tabelnya hingga mendekati ketelitian 0,1 arc dan 1 detik waktu. Berdasarkan hal tersebut ketelitian data astronomis ini dapat dikatakan sudah baik.³

¹ Istilah algoritma ini berasal dari Abu Ja'far Muhammad Ibn Musa al-Khawarizmi yang menulis buku berjudul *al-Jabr al-Muqabala (Rules of Restoration)* tahun 825M. Terdapat beberapa padanan kata algoritma seperti *algorism* dan *algorthmus*. Kata *algorism* dipakai untuk proses perhitungan aritmatika dengan menggunakan angka Arab. Kata *algorithm* muncul pada kamus matematika, yakni *Mathematics Lexicon* menggunakan istilah ini untuk kombinasi empat jenis perhitungan matematika: penjumlahan, perkalian, pengurangan dan pembagian, lihat Thompson Susabda Ngoen, *Pengantar Algoritma dengan Bahasa C*, Jakarta: Salemba Teknika, 2009, hlm. 4

²*Ibid*

³http://www.msi.nga.mil/MSISiteContent/StaticFiles/NAV_PUBS/APN/Chapt-19.pdf
diakses pada tanggal 4 Juni 2014 pukul 08.25 WIB

Data yang terdapat pada *Almanak Nautika* diantaranya GHA (*Greenwich Hour Angle*)⁴ Bulan dan GHA Matahari, berbeda dengan data yang ditampilkan *Ephemeris Win Hisab* seperti *Ecliptic Longitude* Matahari dan *Apparent Longitude* Bulan.⁵ Perbedaan data ini karena tata koordinat langit yang digunakan, *Almanak Nautika* dengan tata koordinat equator dan *Ephemeris* tata koordinat ekliptika. Perbedaan *input* data pada kedua perhitungan ini menjadi hal mendasar yang perlu diperhatikan. Berikut ini akan dipaparkan algoritma perhitungan awal bulan kamariah Saadoe'ddin Djambek:

1. Menghitung waktu terbenam Matahari

Data yang diperlukan untuk menghitung waktu terbenam Matahari, yakni data bujur tempat, waktu Zuhur dan tinggi Matahari. Sebelum menghitung waktu terbenam Matahari, data yang perlu dihitung terlebih dahulu yakni sudut waktu Matahari.

a. Menghitung sudut waktu Matahari

Terdapat dua macam perhitungan untuk mendapatkan nilai sudut waktu Matahari, yakni *pertama* rumus yang diselesaikan dengan aturan logaritma dan *kedua* rumus *trigonometry* yang dapat diaplikasikan langsung dengan kalkulator. Berikut ini akan dijelaskan rumus pertama dengan turunannya:⁶

$$1) \text{ Rumus diturunkan dari persamaan } 2s = a + b + c \quad (1.1)$$

⁴ Lihat bab III D

⁵ *Ecliptic Longitude* (bujur astronomis Matahari), yaitu jarak Matahari yang diukur dari titik aries sepanjang lingkaran ekliptika, *Apparent Longitude* (bujur astronomis Bulan), yaitu jarak yang dari titik aries sampai titik perpotongan antara lingkaran kutub ekliptika yang melewati Bulan dengan lingkaran ekliptika, diukur sepanjang lingkaran ekliptika, Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta: Buana Pustaka, Cet. III, tt, hlm. 153

⁶ Abd. Rachim, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty, 1983, hlm.71-72

2) Persamaan tersebut diubah menjadi $(90^\circ - h) + (90^\circ - \varphi) = 3 \times 90^\circ - h$

$$- \delta - \varphi = 270^\circ - (h + \delta + \varphi) \quad (1.2)$$

3) Rumus seluruhnya menjadi

$$\sin^2 \frac{1}{2} t = \frac{\cos(a-\delta) \cos(a+\varphi)}{\cos \delta \cos \varphi} \quad (1.3)$$

4) Biasanya rumus dituliskan dengan bentuk berikut:

$$\sin \frac{1}{2} t = \sqrt{\frac{\cos(s+p) \cos(s+d)}{\cos p \cos d}} \quad (1.4)$$

$$2s = 270^\circ - (p+d+h) \quad (1.5)$$

Data yang diperlukan untuk perhitungan ini, yakni p (lintang tempat), d (deklinasi Matahari) dan h (tinggi Matahari). Lihat pemaparan contoh berikut ini:⁷

$$2s = 270^\circ - (-7^\circ 00' + 4^\circ 53.5' + 1^\circ 09')$$

$$= 270^\circ - (13^\circ 02' 30'')$$

$$= 283^\circ 02'$$

$$s = 141^\circ 31'$$

Proses perhitungan dimulai dengan mencari harga s menggunakan rumus (1.5), agar lebih mudah memahami, penulis membagi persamaan (1.4) menjadi dua bagian, yakni $\cos(s+p) \cos(s+d)$ dan bagian $\cos p \cos d$. Pada bagian pertama dapat menjumlahkan terlebih dahulu nilai s dengan p dan d.

$s = 141^\circ 31' p = -07^\circ 00'$	$s = 141^\circ 31' d = -4^\circ 53.5'$
$s+p = 134^\circ 31'$	$s+d = 136^\circ 38'$

⁷Tinggi Matahari ini dihitung dengan cara $0^\circ - \text{refraksi} - 51'$, sebagaimana yang telah dijelaskan pada bab III

$\text{Log cos } 134^{\circ} 31' = 9.8458 - 10^8$	(-)
$\text{Log cos } 136^{\circ} 38' = 9.8615 - 10 +$	(-)
$9.7073 - 10$	
$\text{Log cos } -07^{\circ} 00' = 9.9968 - 10$	
$\text{Log cos } +22^{\circ} 25.4' = 9.9984 - 10 +$	
$9.9952 - 10$	
	$9.7073 - 10$
	$\underline{9.9952 - 10} -$
$2 \text{ Log sin } \frac{1}{2} t =$	$9.7121 - 10$
$\text{Log sin } \frac{1}{2} t =$	$9.8560 - 10$
$\frac{1}{2} t =$	$45^{\circ} 52'$
$t =$	$91^{\circ} 44'$

Pada bagian pertama, rumus aljabar berupa perkalian ($\cos 134^{\circ} 31' \times \cos 136^{\circ} 38'$), cara penyelesaiannya dengan menerapkan sifat logaritma, yakni perkalian menjadi penjumlahan ($\log \cos 134^{\circ} 31' + \log \cos 136^{\circ} 38'$). Bagian kedua pun dihitung dengan cara yang sama ($\log \cos -07^{\circ} 00' + \log \cos +22^{\circ} 25.4'$). Selanjutnya, bagian pertama membagi bagian kedua ($\cos (s+p) \cos (s+d) \div \cos p \cos d$), dalam sifat logaritma pembagian diterapkan dengan pengurangan sebagaimana contoh di atas, yakni hasil pertama dikurangi hasil kedua ($(9.7073-10)-(9.9952-10)$).⁹

Rumus dengan logaritma memang cukup panjang, sehingga Saadod'ddin Djambek menawarkan rumus trigonometri yang dapat langsung diaplikasikan pada kalkulator, $\text{Cos } t = \tan \text{ Lt } \times \tan \text{ dec } + \text{ sec Lt}$

⁸Hasil logaritma ini disebut mantissa (desimal)

⁹Dalam perhitungan aljabar seperti: pembagian, perkalian, perpangkatan dan penarikan akar diselesaikan dengan penerapan sifat-sifat logaritma, diantaranya $\log (a \times b) = \log a + \log b$, $\log (a \div b) = \log a - \log b$, lihat sifat-sifat logaritma pada Johannes, dkk, *Kompetensi Matematika*, Jakarta: Yudhistira, 2006, hlm. 33

$x \text{ sec dec } x \sin h$. Cara pengaplikasian pada kalkulator, yakni shift cos
 $(-\tan Lt \times \tan dec + (\cos Lt)^{-1} \times (\cos dec)^{-1} \times \sin -01^\circ 13' = \text{shift derajat}$.

b. Menghitung waktu terbenam Matahari

Sebelum menghitung waktu terbenam, diperlukan data *Almanak Nautika*, yakni perata waktu dan lintas meridian. Dari data ini diketahui *equation of time* pada pukul 00^j dan pukul 12^j. Equation yang dibutuhkan yakni pukul 11 GMT. Cara menentukannya yaitu dengan mencari selisih dari kedua data perata waktu tersebut, lalu waktu Zuhur dihitung.

Day	Equation of Time		Mer. Pass
5	00 ^j	12 ^j	11.48
	11 ^m 30 ^d	11 ^m 39 ^d	

Setelah itu, menentukan terbenam Matahari waktu GMT, waktu Zuhur dan sudut waktu Matahari ($91^\circ 44'$) dijumlahkan, lalu hasil tersebut dikurangi bujur markaz lokasi ($110^\circ 24'$). Contoh berikut ini:¹⁰

$$\text{Waktu Dzuhur} = 11^j 48^m 22^d$$

$$\text{T Matahari} = \underline{06^j 06^m 56^d} + \\ 17^\circ 55' 18''$$

$$\text{Bujur Markaz}^{11} = \underline{07^\circ 21' 36''} -$$

$$\text{Terbenam Matahari} = 10^j 33^m 42^d \text{ GMT} / 17^j 33^m 42^d \text{ WIB}$$

2. Menentukan data-data Bulan

Data yang harus ditentukan, yakni deklinasi dan sudut waktu Bulan pada saat terbenam. Untuk mencari sudut waktu Bulan pada saat

¹⁰ t Matahari $\rightarrow 91^\circ 44' \div 15 = 05^h 53^m 41^s$

¹¹ Markaz Semarang $\rightarrow 110^\circ 24' \div 15 = 07^\circ 21' 36''$

gurub, maka harus dilakukan interpolasi dengan data GHA Bulan jam GMT (*Greenwich Mean Time*) sebelum dan sesudah Matahari terbenam serta nilai v .¹² Data yang diperlukan untuk menentukan deklinasi Bulan saat gurub yakni menggunakan data deklinasi Bulan jam GMT sebelum dan setelah gurub dan nilai d . Misalnya, dapat diperhatikan data yang tersedia berikut ini:

Jam	GHA Bulan	v	Deklinasi Bulan	d
10	327° 59.7'	10.9	N17 48.6	10.3
11	342° 31.4'	10.8	N17 43.6	10.2

Setelah penulis telusuri ternyata nilai v yang tercantum pada pada *Almanak Nautika* tahun 1974 an dan tahun 2013 berbeda dalam kisaran nilainya. Data v tahun 1974 berkisar di antara 868', sedangkan nilai v tahun-tahun berikutnya hanya berkisar 10'. Jadi apabila perhitungan mencari sudut waktu Bulan tersebut menggunakan cara interpolasi Saadoe'ddin Djambek, maka akan menghasilkan data salah serta mempengaruhi pula pada nilai tinggi Bulan. Hal ini disebabkan karena rumus Saadoe'ddin Djambek sudah tidak sesuai dengan *Almanak Nautika* saat ini.¹³

Abd. Rachim yang merupakan murid Saadoe'ddin Djambek menjelaskan bahwa data v yang tercantum dalam *Almanak Nautika* saat ini harus selalu ditambah 14°19', berbeda dengan *Almanak Nautika*

¹² Nilai v ialah pertambahan sudut waktu Bulan pada setiap jamnya. Lihat Saadoe'ddin Djambek, *Hisab Awal Bulan, op.cit*, hlm. 27

¹³ Misalnya seperti yang telah dilakukan penulis saat menghitung sudut waktu Bulan. Hal ini berdampak pula pada kesalahan nilai tinggi Bulan.

dahulu. Misalkan nilai data v sebesar $12'$, menjadi $14^{\circ}19'+0^{\circ}10.9' = 14^{\circ}29.9'$.¹⁴ Nilai v tersebut merupakan daftar interpolasi (*increment*) Bulan yang dihitung dengan kecepatan rata-rata $14^{\circ}19'$ per jam, sehingga selalu bernilai positif. Pertambahan GHA Bulan berubah-ubah berkisar $14^{\circ}20'$ hingga $14^{\circ}36'$.¹⁵ Dalam *Almanak Nautika* tahun 1974 nilai kecepatan Bulan sebesar $14^{\circ}19'$ tersebut dicantumkan dalam satuan menit yang telah ditambahkan perubahan kecepatan Bulan ($868,2' = 14^{\circ}28.2'$), sedangkan dalam *Almanak Nautika* saat ini hanya mencantumkan nilai perubahan kecepatan Bulan (misalkan $10.9'$) tanpa ditambahkan nilai kecepatan rata-rata Bulan.¹⁶

Nilai GHA pada jam terbenam harus dicari, apabila nilai GHA yang dicari bukan bilangan jam penuh GMT, misalkan $10^j 33^m 42^d$, maka harus ada penyisipan atau interpolasi. Saadod'din Djambek menjelaskan bahwa perubahan dalam satu jam (diubah ke dalam desimal) $33^m 42^d = 0.5616$ jam nilai interpolasi tersebut dikalikan dengan nilai v yakni $0.5616 \times 14^{\circ}29.9' = 8^{\circ}08.6'$. Padahal agar lebih mudah perubahan selisih menjadi desimal cukup mengkalikan selisih dengan nilai *increment* ($33^m 42^d \times 14^{\circ}29.9' = 8^{\circ}08.6'$), GHA Bulan pada jam GMT dijumlahkan dengan hasil *increment* tersebut, yakni $329^{\circ}04.9' + 8^{\circ}08.6' = 337^{\circ}13.5'$.¹⁷

¹⁴ Abd Rachim, *Ilmu Falak, op.cit*, hlm. 61-62

¹⁵ M. Pardi, *Almanak Nautika bagi Tjalon P.L.I dan M.P.B.I*, Jakarta: Gunung Agung, 1963, hlm. 15

¹⁶ Lihat *Almanak Nautika* online untuk tanggal 16 september 1974, besar nilai $v = 9.2'$ <http://www.tecepe.com.br/scripts/AlmanacPagesISAPI.dll/pages?date=09%2F16%2F1974> diakses pada pukul 15.35 WIB tanggal 31 Maret 2014

¹⁷ Abd. Rachim *Ilmu Falak, loc.cit*,

GHA diubah menjadi LHA (*Local Hour Angel*) dengan cara menjumlahkan nilai bujur tempat Barat dengan GHA pada jam yang sudah diperoleh. Contoh, nilai GHA tersebut dijadikan LHA Semarang, $337^{\circ} 13.5' + 110^{\circ} 24' = 447^{\circ} 37.6' - 360^{\circ} = 87^{\circ} 37.5'$.¹⁸ Adapun *increment* (d) untuk deklinasi Bulan langsung dikalikan dengan selisih jam ($33^m 2^d \times 10.3'$). Apabila menggunakan cara menghitung sudut Bulan versi Abd. Rachim, maka hasilnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 v &= 33^m 2^d \times 14^{\circ} 29.9' & d &= 33^m 2^d \times 10.3' \\
 &= 8^{\circ} 08.6' & &= 0^{\circ} 05.9'
 \end{aligned}$$

	v	d
pukul 10 GMT	329°04.9'	-8° 28.0'
v dan d	8° 08.6'	0° 05.9'
bujur markaz	<u>110° 24'</u> +	_____ -
	87° 37.5'	-8° 33.9'

3. Menentukan tinggi Bulan

Data yang dibutuhkan dalam menghitung tinggi Bulan yaitu p, t, dan d Bulan. Cara berikut ini pun masih perlu menggunakan aturan logaritma. Pertama yang perlu dihitung yakni nilai q, lalu menentukan nilai tinggi (h) Bulan.

$$\tan q = \cotan d \cos t \quad (3.1)^{19}$$

$$\sin h = \frac{\sin d \sin(p+q)}{\cos q} \quad (3.2)$$

¹⁸LHA dikurangi 360° karena hasilnya melebihi 360°, Abd.Rachim, *Ilmu Falak, op.cit.* hlm.62

¹⁹Saadoe'ddin Djambek, *Hisab Awal Bulan*, Jakarta: Tintamas, 1976, hlm. 28

Rumus tersebut dapat diterapkan sebagai berikut:

Log cotg $-8^{\circ} 34'$ (d)	= $10.8220 - 10$ (-)
Log cos $87^{\circ} 38'$ (t)	= $\underline{8.6158 - 10}$ +
Log tg q	= $9.4378 - 10$ (-)
q (bulan)	= $-15^{\circ} 19'$
P	= $\underline{-07^{\circ} 00'}$ +
q+p	= $-22^{\circ} 19'$
Log sin $-8^{\circ} 34'$ (d)	= $9.1730 - 10$ (-)
Log sin $-22^{\circ} 26'$ (q+p)	= $\underline{9.5794 - 10}$ + (-)
	= $8.7524 - 10$
Log cos $-15^{\circ} 19'$ (q)	= $\underline{9.9843 - 10}$ -
Log sin h	= $8.7681 - 10$
H (tinggi bulan)	= $3^{\circ} 21' 39.69''$ dibulatkan $3^{\circ} 22'$

Untuk menentukan tinggi Bulan diperlukan sudut bantu dengan rumus (3.1) yakni $\tan q = \cotan d \cos t$. Dalam logaritma perkalian diterapkan dengan penjumlahan $\log d \times t = \log d + \log t$. Jika telah mendapatkan sudut bantu, maka selanjutnya mencari tinggi Bulan. Proses perhitungan sama dengan penerapan persamaan (1.4). Selain rumus tersebut, terdapat pula rumus lain, yakni $\sin h_{\zeta} = \sin \phi^x \sin \delta_{\zeta} + \cos \phi^x \cos \delta_{\zeta} \cos t_{\zeta}$. Berikut ini cara aplikasi pada kalkulator, shift sin (-sin Lt x sin dec + cos Lt x cos dec x cos t = shift derajat).

4. Menghitung koreksi terhadap tinggi Bulan

Koreksi tinggi Bulan ini meliputi nilai paralaks, semi diameter, kerendahan ufuk dan refraksi. Adapun untuk memperoleh nilai koreksi memerlukan beberapa poin sebagai berikut:

a) Nilai paralaks didapatkan dengan menggunakan rumus $Par = HP \times \cos h'$

- b) Nilai refraksi didapatkan data lampiran II buku *Hisab Awal Bulan*, yang mana tabel tersebut pun dikutip dari *Almanak Nautika*
- c) Semi diameter (sd) diambil dari data *Almanak Nautika*, data Bulan disamakan dengan data Matahari
- d) Kerendahan ufuk (dip) memiliki nilai yang sama dengan Matahari.

$$\text{Rumusnya : } h' = h - \text{par} + \text{ref} + \text{sd} + \text{dip}$$

5. Menghitung Azimut Matahari dan Bulan

Azimut yang akan kita hitung ialah sudut yang dihitung pada lingkaran ufuk/horizon, dihitung dari titik Utara. Rumus azimut:

$$\text{Cotg } A = \frac{\text{cotg } t \cdot \cos(p+q)^{20}}{\sin q}$$

Nilai q merupakan sudut bantu, besar q Bulan telah diketahui sebelumnya ($-15^{\circ} 19'$), kemudian menentukan besar q Matahari dengan rumus (3.1) sebelum menentukan nilai azimut.

$$\text{Log cotg } -4^{\circ} 53' = 11.0683 - 10 \quad (-)$$

$$\text{Log cos } 91^{\circ} 44' = \underline{8.4807 - 10} + (-)$$

$$\text{Log tg } q = 9.5490 - 10$$

$$q = 19^{\circ} 30'$$

Penyelesaiannya:

	Matahari	Bulan
	$t = 91^{\circ} 44'$	$t = 87^{\circ} 38'$
	$p+q = 12^{\circ} 30''$	$p+q = -22^{\circ} 19'$
Log cotg t	$= 8.4809 - 10 \quad (-)$	$= 8.6162 - 10$
Log cos(p+q)	$= \underline{9.9896 - 10} +$	$= \underline{9.9662 - 10} +$

²⁰Saadoe'ddin Djambek, *Hisab Awal Bulan, op.cit*, hlm. 30

	= 8.4705 – 10	= 8.5824 – 10
Log sin q	= 9.5235 – 10 -	= 9.4286 – 10 – (-)
Log cotg A	= 8.9470 – 10 (-)	= 9.1538 – 10 (-)
A (Azimut)	= 95° 03' 29.37" (95° 03' 29")	= 98° 06' 35.19" (98° 06' 35")

Dalam hisab Saadoe'ddin Djambek ini, hasil perhitungan azimut Bulan dan Matahari dihitung dari titik Utara hingga titik Selatan (US) dan tidak menggunakan istilah UB (Utara Barat) dan SB (Selatan Barat) sebagaimana hisab *Ephemeris* pada umumnya. Apabila hasil $a < 90^\circ$ berarti azimut benda langit di arah Utara, sedangkan $a > 90^\circ$ maka azimut benda langit di arah Selatan.²¹ Rumus untuk mendapatkan posisi Bulan yakni dengan cara azimut Bulan dikurangi azimut Matahari. Jika positif berarti Bulan di sebelah Selatan Matahari sedangkan jika negatif berarti Bulan berada di sebelah Utara Matahari.

Selain rumus dengan kaidah logaritma di atas, terdapat pula rumus berikut: $\text{Cotg } A = -\sin p \text{ cotg } t + \cos p \text{ tg } d \text{ cosec } t$. Adapun cara pengaplikasian pada kalkulator, $\text{Shift tan } (-\sin -p \times (\tan t')^{x-1} + \cos p \times \tan d \times (\sin t)^{x-1}$. Untuk perhitungan dengan rumus trigonometri ini juga mengikuti aturan azimut yang telah dijelaskan di atas.

Rumus perhitungan Saadoe'ddin Djambek ini hanya menghasilkan beberapa *output* data, seperti data terbenam Matahari, sudut waktu Bulan, sudut waktu Matahari, tinggi Bulan hakiki, tinggi Bulan *mar'i*, azimut Bulan

²¹Lihat Saadoe'ddin Djambek, *Hisab Awal Bulan, op.cit*, hlm. 31, lihat pula Ahmad Musonnif, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Teras, 2011, hlm. 146

dan azimut Matahari, sedangkan *output* dalam *Ephemeris* meliputi ijtimak, nurul hilal, iluminasi hilal, lama hilal dan lainnya.²² Selain itu, rumus Saadoe'ddin Djambek memang tidak memberikan cara mencari ijtimak dalam perhitungannya, meskipun ia memang mengakui terhadap teori ijtimak.²³ Salah satu alasan Saadoe'ddin Djambek tidak menggunakan konsep ijtimak yakni kelemahan ijtimak yang sulit dalam observasi /berdasarkan *Compton Pictured Encyclopedia*.²⁴ Untuk mengetahui bulan baru ia menggunakan konsep pergantian siang dan malam dimana Matahari terbenam terlebih dahulu daripada Bulan.

Hal cukup menarik konsep yang ditawarkan Saadoe'ddin Djambek ini, namun konsep tersebut bisa jadi lebih menyulitkan dalam aplikasinya. Di sisi lain, menurut Susiknan Azhari, mengetahui ijtimak sangat penting dalam penentuan awal bulan kamariah, meskipun hanya sebagian kecil yang menetapkan bulan kamariah berdasarkan *ijtima' qabl al-ghurub*, akan tetapi mayoritas sepakat bahwa peristiwa ijtimak merupakan batas penentuan secara astronomis antara bulan kamariah yang berjalan dan bulan berikutnya.²⁵

Dalam istilah astronomis ijtimak disebut konjungsi (*conjunction*) atau *new moon*, sehingga konsep ijtimak lebih sesuai secara astronomis terlebih lagi hal ini telah disepakati mayoritas ahli.²⁶ Adapun pembuktian perhitungan ijtimak (toposentris) dapat dibuktikan dengan peristiwa gerhana Matahari yang

²²Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, Cet. ke-3, 2005, hlm.169

²³Saadoe'ddin Djambek, *Hisab Awal Bulan*, *op.cit*, hlm. 10

²⁴*Ibid*

²⁵Lihat kata "ijtimak" Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, *op.cit*, hlm. 94

²⁶Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, *op.cit*, hlm. 138

tidak bisa dibuktikan jika tidak terjadi gerhana Matahari, berdasarkan keterangan NU (Nadhlatul Ulama) pada situs resminya.²⁷

Berkenaan langkah perhitungan, pada dasarnya rumus logaritma yang telah dijabarkan di atas dapat menggunakan tabel logaritma 4 desimal ataupun 5 desimal. Saat ini rumus tersebut dapat pula diterapkan pada kalkulator, sehingga operasi perhitungan menjadi lebih praktis. Berikut ini cara penerapan logaritma pada kalkulator:²⁸

- a) Log sin a, jika operasinya $\log a = x$, maka desimalnya $x + 10$ atau operasinya yakni $((\log \sin a)+10)$. Nilai desimal ditandai dengan negatif jika $a =$ negatif, begitupula sebaliknya untuk nilai positif.
- b) Log cos a, maka operasi nilai desimalnya, jika nilai $a < 90^\circ$, maka operasi kalkulatornya $((\log \cos a)+10)$. Contoh $((\log \cos 7^\circ)+10) = 9.9968$. Jika $a > 90^\circ$, maka pejet pada kalkulatornya, $((\log \sin (a - 90^\circ))+10)$.
- c) Log cotg a, apabila nilai $a < 90^\circ$ maka operasi tangen pada kalkulator dengan cara $((20 - \log \tan a) - 10)$, sedangkan jika $a > 90^\circ$, maka caranya $((\log \tan (a - 90^\circ)) + 10)$.
- d) Operasi untuk nilai desimal (n), penjumlahannya $((n_1 + n_2) - 10)$ misalkan $((9.8458 + 9.8615) - 10) = 9.7073$, sedangkan operasi pengurangan $n_1 + n_2 = x$ dan $x + 10 = y$
- e) $2 \log \sin \frac{1}{2} a$ menjadi $\log \sin \frac{1}{2} a$, operasinya yakni $((n - 10) \div 2) + 10$, berikut contoh hitungannya $((9.7121 - 10) \div 2) + 10 = 9.8560$.

²⁷ <http://www.nu.or.id/a,public-m,dinamic-s,detail-ids,14-id,51616-lang,id-t,Gerhana+Matahari+29+April+2014-.phpx> diakses pada tanggal 4 Juni 2014 pukul 09.30

²⁸ Lihat Johannes, dkk, *Kompetensi Matematik, op.cit*, hlm 28, dan John Napier, *Daftar Logaritma 4 Desimal Dengan Bunga Delapan Desimal, op.cit*, hlm. 103

f) Mengubah nilai desimal menjadi derajat, untuk sinus operasinya shift sin shift log (n – 10) = shift derajat, sedangkan untuk tangen yakni, shift tan shift log (n–10) = shift derajat. Adapun cara penerapan kalkulator untuk cotangen, jika n = +n maka shift tan (shift log(n – 10))^{x-1} atau shift tan (shift log (10– n)). Jika n = -n maka shift tan (shift log(10– n)) dan hasilnya dijumlahkan dengan 90°.

Setelah membahas seluruh langkah perhitungan maka dapat disimpulkan kelebihan dan kekurangan hisab awal bulan kamariah Saadoe'ddin Djambek. Menurut pendapat penulis kelebihan yakni, hisabnya mudah diaplikasikan, telah menggunakan kaidah segitiga bola (*spherical trigonometry*) dan *input* data *Almanak Nautika* yang valid, dapat dijadikan sebagai metode pembelajaran hisab awal Bulan terutama tentang kaidah logaritmanya. Terdapat pula kekurangan hisab ini, diantaranya proses perhitungannya panjang dan konsep masih sederhana karena disesuaikan dengan kalkulator pada masa itu, serta tidak didukung rumus perhitungan ijtimaq sebagaimana metode hisab pada umumnya sehingga perhitungannya menjadi lebih sulit.

B. Analisis Akurasi Hisab Awal Bulan Kamariah Saadoe'ddin Djambek

Sesuai perkembangan keilmuan falak, metode-metode perhitungan dalam penentuan awal bulan kamariah memperoleh hasil akurasi yang semakin baik.²⁹ Teori yang dikembangkan oleh Saadoe'ddin Djambek dengan konsep

²⁹Lihat penjelasan model hisab yang telah dibahas pada bab II, yaitu hisab *'urfi*, hisab *istilahi*, hisab *haqiqi bi at-taqrib*, hisab *haqiqi bi at-tahqiq* dan hisab *haqiqi* kontemporer.

perhitungan menggunakan data *Almanak Nautika* ini perlu mendapat perhatian, agar dapat diketahui keakurasian serta konsep hisab menurut hisab astronomi modern. Maka dari itu, penulis mencoba membandingkan perhitungan Saadoe'ddin Djambek dengan model hitungan lain yang dianggap akurat pula yakni sistem *Ephemeris*³⁰ (data *Win Hisab*).

Penulis membuat contoh perhitungan dalam empat waktu (*time*), yakni awal Zulhijah 1434H (dihitung pada 29 Zulkaidah 1434 H/ 5 Oktober 2013M), awal Rabiul Awal 1435H (dihitung pada 29 Safar 1435Hr/ 1 Januari 2014M), awal Ramadan 1435H (dihitung pada 29 Syaban 1435H/ 27 Juni 2014M). Dan awal Syawal 1435H (dihitung pada 29 Ramadan 1435H/ 26 Juli 2014M) Perhitungan ini menggunakan markaz Semarang (BT = 110° 24°, LS = -7° 00°, dan tt = 100m).

Sebagaimana yang telah dijelaskan bahwa alur suatu algoritma meliputi *input*, proses, dan *output*. Terdapat perbedaan pada data-data antara *Almanak Nautika* dan *Ephemeris* yang digunakan sebagai *input* data hisab. Maka dari itu, berikut ini ditampilkan perbandingan *Input* data yang sama antara perhitungan Saadoe'ddin Djambek yang menggunakan data *Almanak Nautika* dengan data *Ephemeris*, yakni:

Tanggal	Data Astronomis	Almanak Nautika	Ephemeris
5 / Okt/ 2013	Dekl. Bulan (10 GMT)	-08° 28'00"	-08° 27'45"
	Dekl. Matahari (11 GMT)	-04° 53'30"	-04° 53'14"
	<i>Eqn.</i> Matahari (12 GMT)	+11 ^m 39 ^d	11 ^m 38 ^d

³⁰Sistem yang digunakan sebagai perbandingan yakni sistem *Ephemeris* Slamet Hambali, yang mana materi hisab awal bulan Slamet Hambali, disampaikan pada "Pelatihan Hisab Rukyat di Pondok Pesantren Salafiyah Pulutan Salatiga, Jawa Tengah" tanggal 14-16 Zulhijah 1429 H/12-14 Desember 2008 M.

1/ Jan/ 2014	Dekl. Bulan (10 GMT)	-18° 29' 42"	-18° 29' 53"
	Dekl. Matahari (11 GMT)	-22° 59' 00"	-22° 59' 02"
	<i>Eqn.</i> Matahari (12 GMT)	-03 ^m 33 ^d	-3 ^m 33 ^d
27/ Jun/ 2014	Dekl. Bulan (10 GMT)	+18° 32' 00"	+18° 32' 00"
	Dekl. Matahari (11 GMT)	+23° 18' 36"	+23° 18' 39"
	<i>Eqn.</i> Matahari (12 GMT)	-03 ^m 03 ^d	-03 ^m 03 ^d
27/ Jul/ 2014	Dekl. Bulan (10 GMT)	+13° 15' 30"	+13° 15' 48"
	Dekl. Matahari (11 GMT)	+19° 10' 06"	+19° 10' 06"
	<i>Eqn.</i> Matahari (12 GMT)	- 06 ^m 32 ^d	- 06 ^m 32 ^d

NB: Data diambil dari *Almanak Nautika* dan *Ephemeris Win Hisab*³¹

Selisih nilai kedua data astronomis di atas hanya dalam kisaran detik, sehingga dimungkinkan tidak menghasilkan *output* yang berbeda jauh. Berikut ini *output* yang dihasilkan dari poses perhitungan *Almanak Nautika* dan *Ephemeris* pada awal bulan Zulhijah 1434 H.

	Saadoe'ddin Djambek	Ephemeris
Ijtimak	-	07 ^j 36 ^m 13 ^d WIB
Gurub Matahari	7 ^j 33 ^m 42 ^d WIB	17 ^j 33 ^m 45 ^d WIB
Azimut Matahari	264° 56' 31"	264° 56' 35.72"
Azimut Bulan	261° 58' 31"	261° 46' 41.65"
Posisi Bulan	03° 03' 06" (Selatan Matahari)	03° 09' 54.07" (Selatan Matahari)
Sudut waktu Bulan	87° 37' 30"	87° 38' 38.41"
Sudut waktu Matahari	91° 44' 00"	91° 44' 24.41"
Tinggi Bulan hakiki	03° 21' 39.69"	03° 21' 10.19"
Tinggi Bulan <i>mar'i</i>	03° 15' 18"	02° 53' 34.98"

Pada *output* data di atas terlihat bahwa perbedaan antara hisab awal Bulan model Saadoe'ddin Djambek dan *Ephemeris* tidaklah jauh berbeda,

³¹ Dek. = Deklinasi, Eq. = *Equation of Time*

yakni dalam kisaran detik dan menit, bahkan pada jam gurub Matahari dan tinggi Bulan hakiki selisih perbedaan hanya dalam kisaran detik yakni 3 detik dan 1.76 detik. Berikut ini hasil perhitungan awal Rabiul Awal 1435H.

	Saadoe'ddin Djambek	Ephemeris
Ijtimak	-	18 ^j 15 ^m 47 ^d WIB
Gurub Matahari	17 ^j 58 ^m 52 ^d WIB	17 ^j 58 ^m 49 ^d WIB
Azimut Matahari	246° 40' 06"	246° 40' 41.13"
Azimut Bulan	251° 06' 44"	251° 06' 54.83"
Posisi Bulan	04° 26' 38" (Utara Matahari)	04° 26' 41.83" (Utara Matahari)
Sudut waktu Bulan	94° 47' 24"	94° 47' 27.23"
Sudut waktu Matahari	94° 14' 50.71"	94° 13' 14.23"
Tinggi Bulan hakiki	-02° 17' 56.40"	-02° 17' 58.16"
Tinggi Bulan <i>mar'i</i>	-	-

Tinggi Bulan *mar'i* tidak dihitung karena tinggi Bulan hakiki terlalu rendah yakni sekitar -2°. Adapun hasil perhitungan awal Rabiul Awal 1435H, perbedaan hanya dalam kisaran menit saja. Lihat pula hasil perhitungan awal Ramadan 1435H (29 Syaban 1435H).

	Saadoe'ddin Djambek	Ephemeris
Ijtimak	-	15 ^j 10 ^m 21 ^d WIB
Gurub Matahari	17 ^j 34 ^m 18 ^d WIB	17 ^j 34 ^m 16 ^d WIB
Azimut Matahari	293° 35' 12.50"	293° 21' 04.02"
Azimut Bulan	288° 42' 53"	288° 42' 25.71"
Posisi Bulan	4° 37' 18" (Selatan Matahari)	04° 38' 38.30" (Selatan Matahari)

Sudut waktu Bulan	87° 14' 17"	87° 14' 21.70"
Sudut waktu Matahari	88° 12' 42"	88° 12' 15.15"
Tinggi Bulan hakiki	00° 23' 11"	00° 22' 48.40"
Tinggi Bulan <i>mar'i</i>	00° 27' 11"	00° 11' 37.13"

Hasil selisih perhitungan awal Ramadan 1435 H antara hisab Saadoe'ddin Djambek dengan *Ephemeris* tersebut hanya dalam kisaran detik saja. Dalam tinggi Bulan *mar'i* selisihnya mencapai 16 menit busur. Berikut ini data hasil hisab awal Syawal 1435H yang dihitung pada tanggal 29 Ramadan 1435H.

	Saadoe'ddin Djambek	Ephemeris
Ijtimak	-	06 ^j 43 ^m 39.38 ^d
Gurub Matahari	17 ^j 39 ^m 56 ^d	17 ^j 39 ^m 57 ^d
Azimut Matahari	289° 10' 20"	289° 10' 42"
Azimut Bulan	283° 47' 08"	283° 46' 58"
Posisi Bulan	05° 23' 12" (Selatan Matahari)	05° 23' 43.86" (Selatan Matahari)
Sudut waktu Bulan	84° 30' 06"	84° 31' 04.41"
Sudut waktu Matahari	88° 45' 04.16"	88° 45' 20.41"
Tinggi Bulan hakiki	03° 42' 47"	03° 41' 58.09"
Tinggi Bulan <i>mar'i</i>	03° 32' 47"	03° 17' 37.22"

Dalam memproses data, meskipun tidak signifikan terdapat pula perbedaan rumus antara Saadoe'ddin Djambek dengan *Ephemeris* yakni tinggi *mar'i* dan gurub Matahari. Pada tinggi Bulan *mar'i* terdapat perbedaan yang signifikan yakni mencapai 16' hingga 21'. Hal ini disebabkan karena Saadoe'ddin Djambek menambahkan koreksi semidiameter Bulan dalam rumusnya sedangkan koreksi tersebut tidak digunakan dalam rumus

Ephemeris.³² Selisih pada hasil gurub Matahari tidaklah besar, karena antara hasil gurub Matahari *taqribi* dan hakiki yang dihitung dengan rumus *Ephemeris* tidak memberi pengaruh besar.

Keseluruhan hasil perhitungan yang telah ditampilkan, secara umum perbedaan hasil hisab antara hisab Saadoe'ddin Djambek dengan *Ephemeris* tidak terlalu jauh, yakni dalam kisaran detik busur, berkisar 3'' hingga 49' atau dalam beberapa nilai perbedaan mencapai kisaran menit, 1' hingga 21' seperti dalam tinggi *mar'i*.³³ Perbedaan hasil hisab Saadoe'ddin Djambek dengan sistem hisab *Ephemeris* bukan hanya karena perbedaan *input* data saja, namun juga proses perhitungan keduanya.

Hisab Saadoe'ddin Djambek yang tergolong model hisab klasik masih cukup akurat, akan tetapi ada hal perlu diperhatikan seperti koreksi pada tinggi Bulan *mar'i* karena hisabnya ini menggunakan koreksi penambahan semi diameter. Hal yang menjadi pendukung keakuratan hisab yakni menggunakan data yang valid dan selalu diperbaharui *Almanak Nautika*. Hisab Saadoe'ddin Djambek yang menggunakan data *Almanak Nautika* ini termasuk metode kontemporer karena telah menggabungkan ilmu hisab dan astronomi murni, namun rumus-rumus untuk pengolahan data yang digunakan masih

³²Bulan tidak perlu diperhitungkan karena yang memantulkan cahaya bukan bagian atas, melainkan kadang kala busur bagian bawah kanan, kadang kala bawah kiri dan kadang kala busur bagian bawah tepat. Dalam hal ini adalah bagian bawah kanan. Lihat Slamet Hambali, materi disampaikan pada "Pelatihan Hisab Rukyat di Pondok Pesantren Salafiyah Pulutan Salatiga, Jawa Tengah" tanggal 14-16 Zulhijah 1429 H/12-14 Desember 2008 M

³³ $1^{\circ}-15'$ busur = $4^d - 1^m$ waktu, terdapat perbedaan antara satuan ukur sudut (derajat) dan satuan ukur jam (waktu) sehingga konversi berpedoman pada tempuhan semu Matahari sekali putaran (360°) memerlukan waktu 24 jam, jadi $360^{\circ} = 24^j$, $15^{\circ} = 1^j$, $1^{\circ} = 4^m$, $15' = 1^m$, $1' = 4^d$, dan $15'' = 1^d$, lihat Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik, op.cit*, hlm. 7

sederhana. Hal ini karena disesuaikan dengan kalkulator dahulu yang sederhana apabila dibandingkan dengan kalkulator saat ini.

Berdasarkan astronomi, perhitungan awal bulan kamariah Saadoe'ddin Djambek ini telah mengacu pada tata surya heliosentrik.³⁴ Konsep Saadoe'ddin Djambek sebagai model hisab kotemporer ini telah menggunakan konsep-konsep astronomi. Dalam bukunya dinyatakan bahwa hisab Saadoe'ddin Djambek telah menggunakan perhitungan yang bersifat geosentrik³⁵ dan terdapat beberapa koreksi yang dilakukannya sehingga hasil perhitungannya bersifat *topocentris*.³⁶ Hal tersebut tidak sepenuhnya tepat karena data hisab yang digunakan masih bersifat geosentrik, yakni *Almanak Nautika*. Untuk menjadikan hasil hisab bersifat toposentrik maka seluruh data *ephemeris* harus diubah menjadi toposentrik terlebih dahulu dengan ratusan koreksi pada benda langit seperti yang terdapat pada algoritma Jean Meeus.³⁷

Dapat diperhatikan penggunaan koreksi paralaks untuk tinggi *mar'i* pada rumus Saadoe'ddin Djambek, hal ini tidak menunjukkan bahwa perhitungan telah bersifat toposentrik. Perhitungan dapat disebut *topocentris* apabila telah menggunakan beberapa koreksi sebagaimana algoritma Jean Meeus, yakni untuk mendapatkan nilai koreksi paralaks dalam asensiorekta dan

³⁴ Teori tata surya heliosentrik yakni teori yang menyatakan bahwa pusat peredaran benda langit bukanlah Bumi melainkan Matahari, (*helios* = Matahari, *center* =pusat), Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak*, Jawa Timur: Bismillah Publisher, 2012, hlm. 187 dan lihat Zainul Arifin, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Lukita, 2012, hlm.104

³⁵ Geosentrik/ *geocentris* yaitu seperti yang terlihat dari pusat Bumi, hisab Djambek ini menggunakan data geosentrik sehingga hisabnya bersifat geosentrik pula, lihat Jean Meeus, *Algoritma Astronomi*, diterjemahkan oleh Ing Khafid, Semarang: IAIN Walisongo, tt, hlm.120

³⁶ *Topocentris*/ toposentrik yakni seperti yang terlihat dari tempat pengamat (yunani: *topos* = tempat), *Ibid*

³⁷ Lihat algoritma perhitungannya, Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, Richmond: Willmann-Bell, 1991

deklinasi toposentrik harus diketahui terlebih dahulu nilai geosentrisnya, lalu diubah menjadi data toposentrik.³⁸

Dalam buku *Selayang Pandang Hisab Rukyat*, dinyatakan bahwa koreksi-koreksi ini perlu diketahui yakni sebagai pembanding hasil pengamatan fenomena toposentrik,³⁹ sehingga kedudukan Bulan geosentrik secara teoritis faktor koreksi tersebut perlu diperhitungkan walaupun menghasilkan perbedaan yang kecil.⁴⁰ Dalam hal ini, kendatipun rumus Saadoe'ddin Djambek belum disebut toposentrik, akan tetapi dengan adanya koreksi tersebut menunjukkan bahwa hisabnya telah memperhatikan fenomena toposentrik.

³⁸ *Ibid*, hlm. 263, lihat terjemahannya Jean Meeus, *Algoritma Astronomi, loc. cit*

³⁹ Fenomena toposentrik yakni sesuatu yang diamati oleh pengamat di atas permukaan bola bumi, yakni ketika Matahari terbenam dan mengetahui apakah Bulan masih berada di atas horizon, sedangkan penentuan posisi Bulan dan matahari mengacu pada pusat bumi (geosentrik), lihat Direktorat Jenderal Bimas Islam dan Penyelenggaraan Haji, *Selayang Pandang Hisab Rukyat*, Jakarta: Direktorat Pembinaan Peradilan Agama, 2004, hlm. 152

⁴⁰ *Ibid*