

# HASIL OBSERVASI BULAN SABIT JANUARI 2007 – JANUARI 2008 RUKYATUL HILAL INDONESIA



**M. Ma'rufin Sudibyo**  
Rukyatul Hilal Indonesia

## A. DATA

No	Tempat	Lintang			Bujur			Elevasi (m dpl)	Tanggal	Status	Sunset /Sunrise	Moonset /Moonrise	First / Last Visibility	Best Time (menit)	Umur Bulan (jam)	Lag (menit)	s (°)	a <sub>b</sub> (°)	h (°)	a <sub>l</sub> (°)	DAz (°)	Vis. Mag	Fase (%)	R (°)	W (')	Obs	Alat
		°	'	LU /LS	°	'	BB /BT																				
1.	Kebumen	7	40	LS	109	40	BT	21	18-Jan-07	waning	05:39	04:32	05:12	27	-29,81	67	-6,420	14,918	8,498	15,696	4,895	-5,64	2,10	0,264	0,59	MMS	N
2.	Kebumen	7	40	LS	109	40	BT	21	18-Mar-07	waning	05:49	04:48	05:30	19	-28,21	61	-4,712	14,749	10,037	15,563	4,988	-5,63	2,07	0,277	0,61	MMS	N
3.	Kebumen	7	40	LS	109	40	BT	21	14-Jun-07	waning	05:54	04:45	05:05	49	-29,13	69	-11,34	15,535	4,193	16,348	5,116	-5,70	2,27	0,273	0,66	MMS	N
4.	Kebumen	7	40	LS	109	40	BT	21	16-Jun-07	waxing	17:29	18:42	17:49	20	31,60	73	-4,644	15,675	11,031	17,121	6,921	-5,77	2,46	0,268	0,71	MMS	N
5.	Bela Belu	8	4	LS	110	19	BT	40	16-Jun-07	waxing	17:25	18:38	17:35	10	31,37	73	-2,204	15,352	13,148	17,020	7,402	-5,76	2,42	0,268	0,70	MA	B
6.	Pabelan	7	33	LS	110	46	BT	111	16-Jun-07	waxing	17:26	18:37	17:59	33	31,77	71	-7,885	15,949	8,064	17,188	6,421	-5,77	2,48	0,268	0,72	ARSR	N
7.	Kebumen	7	40	LS	109	40	BT	21	13-Jul-07	waning	05:59	04:38	05:20	39	-37,73	81	-9,079	17,768	8,689	20,054	9,337	-6,04	3,31	0,268	0,98	MMS	N
8.	Wates	7	37	LS	110	9	BT	4	10-Sep-07	waning	05:39	04:39	05:30	9	-38,24	60	-2,339	14,412	12,073	17,534	10,050	-5,79	2,54	0,254	0,71	MMS	B
9.	Yogyakarta	7	42	LS	110	22	BT	114	10-Sep-07	waning	05:37	04:38	05:25	12	-38,32	59	-3,375	14,440	11,065	17,571	10,061	-5,80	2,55	0,254	0,71	MA	N
10.	Pabelan	7	33	LS	110	46	BT	111	10-Sep-07	waning	05:36	04:36	05:30	6	-38,24	60	-1,720	14,399	12,679	18,274	10,067	-5,79	2,54	0,254	0,71	ARSR	N
11.	Bela Belu	8	4	LS	110	19	BT	40	12-Sep-07	waxing	17:34	18:08	17:53	19	22,15	34	-5,007	8,548	3,541	9,751	4,697	-5,03	0,85	0,249	0,21	MA	N
12.	Condrodipo	7	10	LS	112	37	BT	120	12-Oct-07	waxing	17:21	18:06	17:31	10	29,51	45	-2,750	10,941	8,191	13,306	7,592	-5,38	1,50	0,246	0,40	AMZ	B
13.	Condrodipo	7	10	LS	112	37	BT	120	12-Oct-07	waxing	17:21	18:06	17:45	24	29,74	45	-6,189	11,128	4,939	13,394	7,465	-5,39	1,52	0,246	0,40	AMZ	N
14.	Juwiring	7	39	LS	110	49	BT	110	8-Dec-07	waning	5:14	3:42	4:53	21	-43,79	92	-5,094	19,733	14,639	19,753	0,896	-6,01	3,22	0,246	0,87	ARSR	N
15.	Juwiring	7	42	LS	110	44	BT	98	7-Jan-08	waning	5:29	4:06	5:15	14	-37,37	83	-3,432	17,034	13,602	17,418	3,664	-5,79	2,54	0,25	0,69	ARSR	N
16.	Parangkusumo	8	4	LS	110	19	BT	0	9-Jan-08	waxing	17:59	18:50	18:27	28	23,37	51	-6,416	10,771	4,355	10,874	1,493	-5,16	1,06	0,255	0,27	MA	B

### Keterangan :

- Tempat : Tempat pengamatan
- Lintang : garis lintang tempat pengamatan
- Bujur : garis bujur tempat pengamatan
- Elevasi : ketinggian tempat pengamatan dihitung dari permukaan laut
- Tanggal : tanggal pengamatan
- Status : status obyek yang diamati, waning = Bulan sabit tua, waxing = Bulan sabit muda (hilaal)
- Sunset/sunrise : waktu saat Matahari terbit (sunrise) untuk status waning atau waktu saat Matahari terbenam (sunset) untuk status waxing
- Moonset/moonrise : waktu saat Bulan terbit (moonrise) untuk status waning atau waktu saat Bulan terbenam (moonset) untuk status waxing
- First/Last visibility : waktu saat Bulan terakhir kali terlihat (last) untuk status waning atau waktu saat Bulan pertama kali terlihat (first) untuk status waxing
- Best time : selisih waktu antara sunset dengan first visibility atau selisih waktu antara last visibility dengan sunrise
- Umur Bulan : selisih waktu sejak terjadinya konjungsi hingga waktu pengamatan secara geosentrik

Lag : umur Bulan sabit, yakni selisih waktu antara moonrise dengan sunrise atau selisih waktu antara sunset dengan moonset  
 s : tinggi/depresi Matahari terhadap horizon pada waktu pengamatan  
 a<sub>D</sub> : selisih tinggi Bulan dengan tinggi Matahari pada waktu pengamatan  
 h : tinggi Bulan terhadap horizon pada waktu pengamatan  
 a<sub>L</sub> : jarak sudut/elongasi Bulan dan Matahari pada waktu pengamatan  
 DAz : selisih azimuth antara Bulan dan Matahari pada waktu pengamatan  
 Vis. Mag : magnitudo visual Bulan pada waktu pengamatan  
 Fase : fase Bulan pada waktu pengamatan  
 R : jari – jari apparent Bulan pada waktu pengamatan  
 W : lebar sabit Bulan secara toposentrik pada waktu pengamatan  
 Obs : pengamat atau ketua tim pengamat atau pelapor, MMS = Muh. Ma'rufin Sudibyo, MA = Mutoha Arkanuddin, ARSR = AR Sugeng Riyadi, AMZ = Abdul Muid Zahid  
 Alat : alat yang digunakan untuk pengamatan, N = naked eye (tanpa alat), B = binokular  
 Umur Bulan, Lag, s, a<sub>D</sub>, h, a<sub>L</sub>, DAz, Vis.Mag, fase, R dan W dihitung dengan Moon Calculator v6.0 dalam kondisi toposentrik dan mengabaikan dinamika atmosfer (airless).

**Prosedur seleksi data :**

Data – data yang bisa diterima di sini adalah yang memenuhi persyaratan :

- ❖ Ada deskripsi yang jelas tentang nama pengamat atau nama tim ketua pengamat atau nama pelapor.
- ❖ Ada deskripsi yang jelas tentang lokasi pelaksanaan pengamatan.
- ❖ Ada deskripsi yang jelas tentang waktu terjadinya sunset atau sunrise.
- ❖ Ada deskripsi yang jelas tentang waktu waning crescent mulai teramati dan menghilang menjelang sunrise, demikian juga waktu waxing crescent (hilaal) mulai teramati pasca sunset.
- ❖ Ada deskripsi yang jelas tentang bentuk dan/atau orientasi waxing/waning crescent, ataupun ada citra fotografisnya (lihat misalnya di gambar 1).
- ❖ Ada konsistensi antara estimasi elemen Bulan (misalnya tinggi Bulan di atas horizon) dengan prediksi software yang digunakan untuk analisis (dalam hal ini Moon Calculator v6.0) untuk waktu pengamatan yang disebutkan.

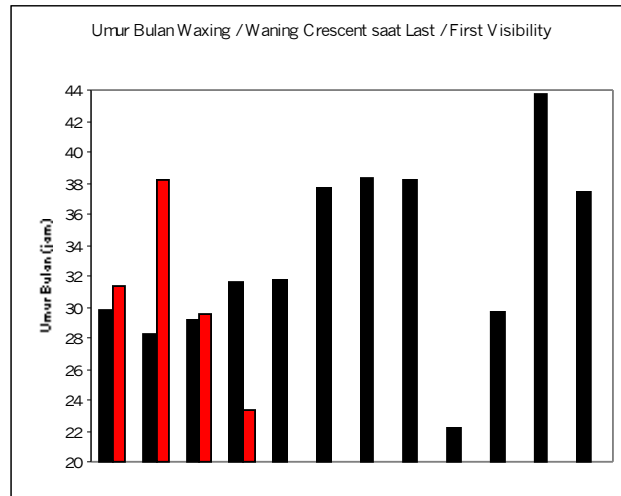


Gambar 1

Contoh citra waning dan waxing crescent. Kiri : citra waning crescent 18 Maret 2007 (data no.2), tengah : citra waxing crescent/hilaal 9 Januari 2008 (data no.16) dan kanan : citra waning crescent tanggal 7 Januari 2008 (data no. 15). Sumber citra : MMS, MA dan ARSR.

## B. TABULASI

### 1. Umur Bulan

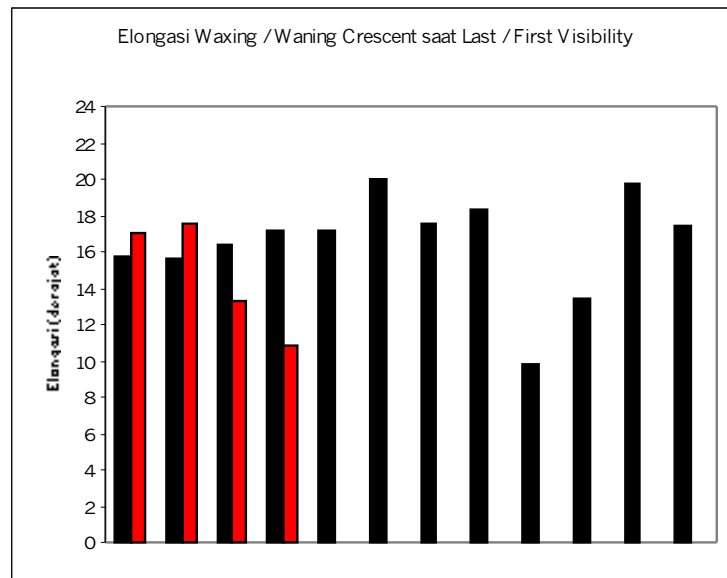


Gambar 2

Histogram umur Bulan, balok hitam untuk pengamatan dengan mata telanjang, balok merah untuk pengamatan dengan binokular.

Umur Bulan terkecil = 22,15 jam (naked eye, data no. 11) dan 23,37 jam (binokular, data no. 16). Standar deviasi umur Bulan = 5,98 jam (naked eye) dan 6,12 jam (binokular).

### 2. Elongasi

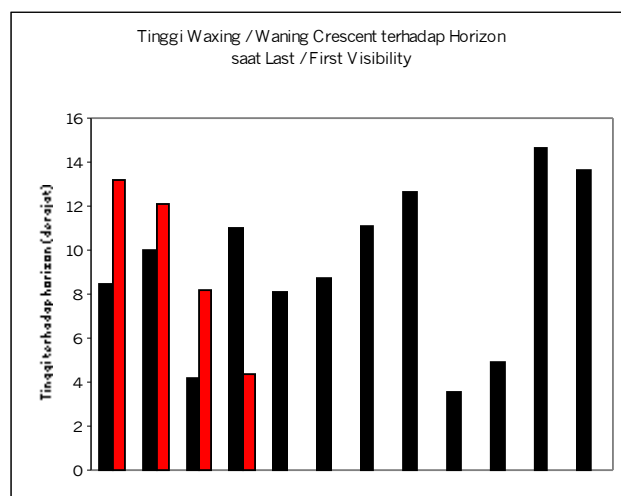


Gambar 3

Histogram elongasi Bulan – Matahari, balok hitam untuk pengamatan dengan mata telanjang, balok merah untuk pengamatan dengan binokular.

Elongasi Bulan – Matahari terkecil =  $9,751^{\circ}$  (naked eye, data no. 11) dan  $10,874^{\circ}$  (binokular, data no. 16). Standar deviasi elongasi Bulan – Matahari =  $2,79^{\circ}$  (naked eye) dan  $3,16^{\circ}$  (binokular).

### 3. Tinggi Bulan

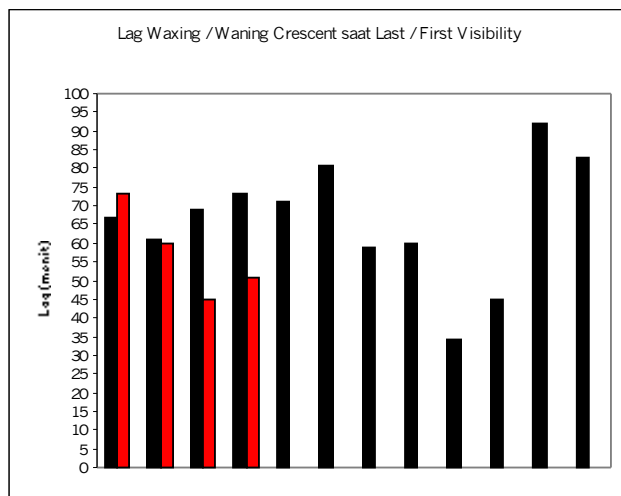


Gambar 4

Histogram tinggi Bulan terhadap horizon, balok hitam untuk pengamatan dengan mata telanjang, balok merah untuk pengamatan dengan binokular.

Tinggi Bulan terkecil =  $3,541^\circ$  (naked eye, data no. 11) dan  $4,355^\circ$  (binokular, data no. 16). Standar deviasi tinggi Bulan =  $3,64^\circ$  (naked eye) dan  $4,00^\circ$  (binokular).

#### 4. Lag Bulan

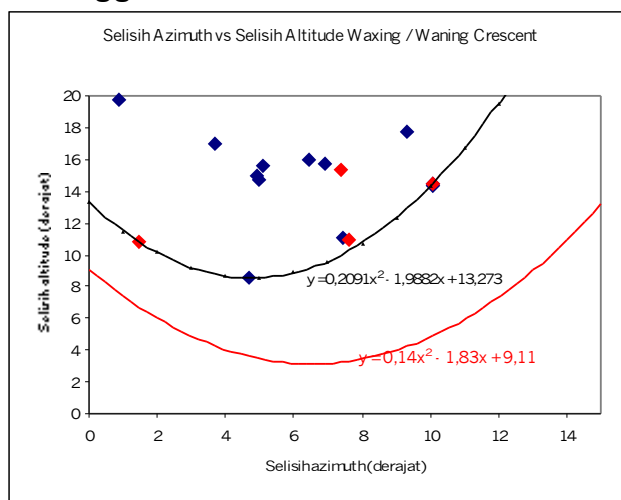


Gambar 5

Histogram Lag Bulan, balok hitam untuk pengamatan dengan mata telanjang, balok merah untuk pengamatan dengan binokular.

Lag Bulan terkecil = 34 menit (naked eye, data no. 11) dan 45 menit (binokular, data no. 12). Standar deviasi Lag Bulan = 16,091 menit (naked eye) dan 12,176 menit (binokular).

#### 5. Selisih Azimuth vs Selisih Tinggi



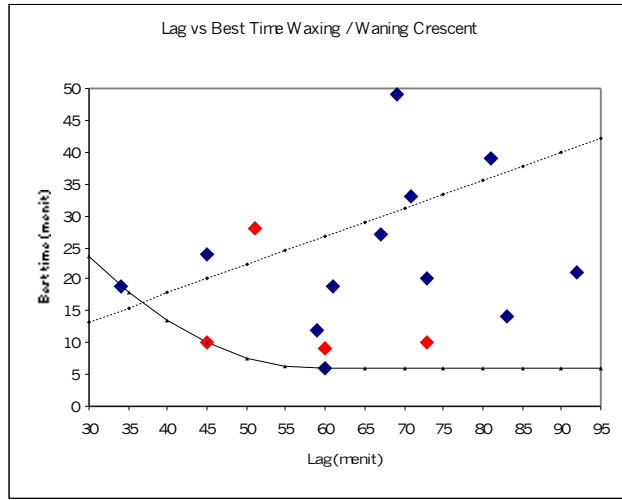
Gambar 6

Kurva selisih azimuth versus selisih tinggi (altitude), titik biru untuk pengamatan dengan mata telanjang, titik merah untuk pengamatan dengan binokular. Garis merah menunjukkan Kriteria LAPAN, garis hitam menunjukkan modifikasinya berdasarkan hasil pengamatan RHI.

Dr. Thomas Djamaluddin (Djamaluddin, 2000) telah memformulasikan kriteria LAPAN sebagai perbaikan dari “kriteria” MABIMS, dimana syarat minimum agar hilaal mungkin dapat terlihat (imkan rukyat) adalah :  $a_D \geq 0,14 \text{ DAz}^2 - 1,83 \text{ DAz} + 9,11$ . Hasil pengamatan RHI memperlihatkan elemen minimum hilaal/waning memiliki pertidaksamaan :

$$a_D \geq 0,2091 \text{ DAz}^2 - 1,9882 \text{ DAz} + 13,273 \quad (1)$$

#### 6. Lag vs Best Time



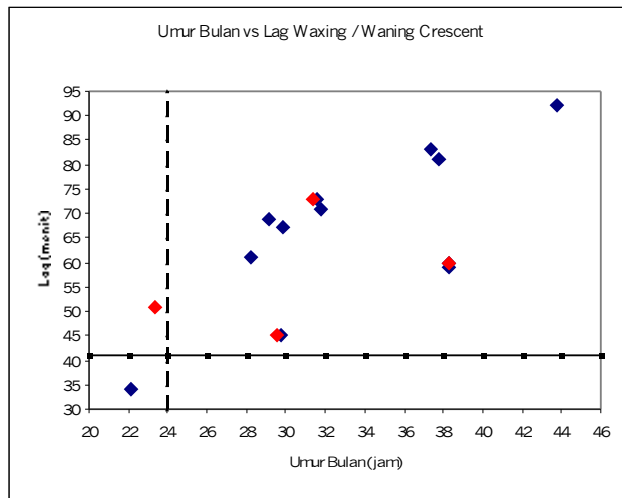
Gambar 7

Kurva lag versus best time, titik biru untuk pengamatan dengan mata telanjang, titik merah untuk pengamatan dengan binokular. Garis putus – putus menunjukkan persamaan best time dari Yallop, sementara garis tak terputus menunjukkan persamaan best time berdasarkan hasil pengamatan RHI.

Bernard Yallop (Yallop, 1997) memformulasikan hubungan antara best time ( $T_b$ ) dengan Lag dalam persamaan :  $T_b = T_{\text{sunset}} + \frac{4}{9} \text{Lag}$  (untuk waxing rumusnya dibalik menjadi :  $T_b = T_{\text{sunrise}} - \frac{4}{9} \text{Lag}$ ). Hasil pengamatan RHI menunjukkan bahwa :

$$\begin{aligned} \text{pada Lag} \leq 60 \text{ menit,} & \quad T_b \geq 0,021 \text{ Lag}^2 - 2,494 \text{ Lag} + 79,273 \\ \text{pada Lag} > 60 \text{ menit,} & \quad T_b \geq 5,959 \text{ menit.} \end{aligned} \quad (2)$$

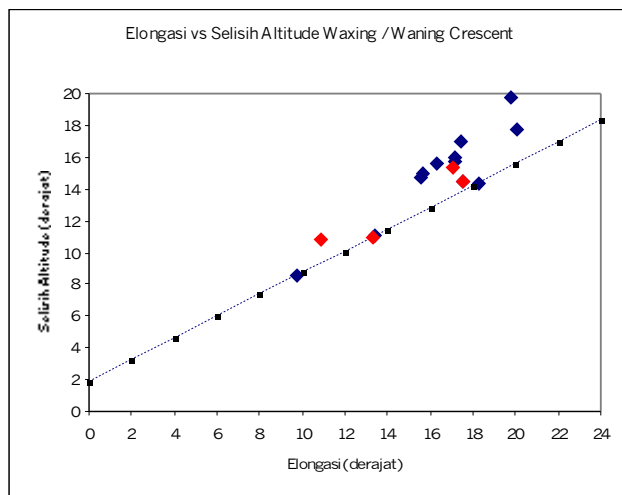
### 7. Umur Bulan vs Lag



Gambar 8

Kurva Umur Bulan versus Lag, titik biru untuk pengamatan dengan mata telanjang, titik merah untuk pengamatan dengan binokular. Garis putus – putus vertikal menunjukkan Umur Bulan minimum 24 jam, garis tak terputus horizontal menunjukkan Lag minimum 41 menit untuk daerah tropis, keduanya bagian dari kriteria Babilon.

### 8. Elongasi vs Selisih Tinggi



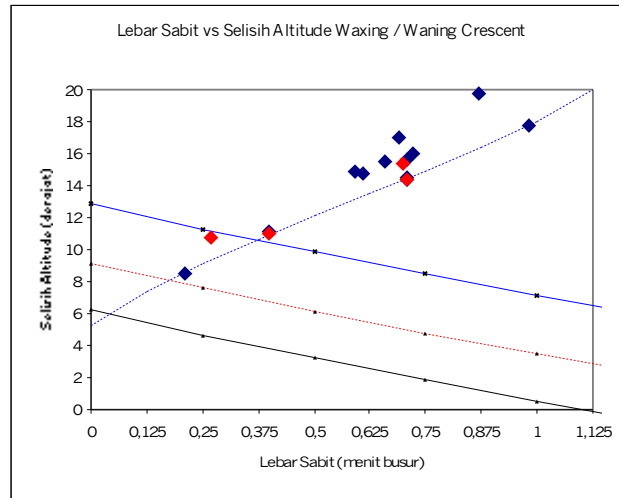
Gambar 9

Kurva elongasi versus selisih tinggi Bulan, titik biru untuk pengamatan dengan mata telanjang, titik merah untuk pengamatan dengan binokular. Garis biru putus – putus adalah batas minimum.

Hasil pengamatan RHI menunjukkan untuk pengamatan dengan mata telanjang, hubungan elongasi dengan selisih tinggi Bulan – Matahari memenuhi pertidaksamaan :

$$a_D \geq 0,6856 a_L + 1,8927 \quad (3)$$

## 9. Lebar Sabit vs Selisih Tinggi



Gambar 10

Kurva lebar sabit versus selisih tinggi Bulan – Matahari, titik biru untuk pengamatan dengan mata telanjang, titik merah untuk pengamatan dengan binokular. Garis biru tak terputus adalah kurva nilai  $V$  Odeh = 5,65, garis merah putus – putus untuk kurva  $V$  Odeh = 2 dan garis hitam tak terputus adalah kurva  $V$  Odeh = - 0,96. Garis biru putus – putus adalah kurva hubungan lebar sabit versus selisih tinggi Bulan dari RHI.

Moh. Odeh (Odeh, 2004) telah memformulasikan hubungan antara lebar sabit dengan selisih tinggi Bulan – Matahari dalam bentuk :  $V = a_D - (-0,1018 W^3 + 0,7319 W^2 - 6,3226W + 7,1651)$ , dengan  $V \geq 5,65$  = waxing/waning terlihat dengan mata telanjang;  $2 \leq V < 5,65$  = waning/waxing terlihat dengan binokular dan mungkin saja bisa dilihat dengan mata telanjang;  $-0,96 \leq V < 2,00$  = waning/waxing hanya bisa dilihat dengan binokular/teleskop dan  $V < -0,96$  = waning/waxing tidak bisa dilihat sama sekali dengan alat apapun.

Hasil pengamatan RHI menunjukkan bahwa pada pengamatan dengan mata telanjang, hampir semua data memenuhi  $V \geq 5,65$  terkecuali satu data (yakni data no. 11) yang memenuhi  $2 \leq V < 5,65$ . Sementara dengan menggunakan binokular, semua data memenuhi  $V \geq 2$ .

Hubungan lebar sabit dengan selisih tinggi Bulan – Matahari dalam data memenuhi pertidaksamaan :

$$a_D \geq 6,3916 W^3 - 11,233 W^2 + 17,605 W + 5,2871 \quad (4)$$

## C. PEMBAHASAN

### 1. Variabel Umur Bulan

Umur Bulan terkecil yang berhasil didokumentasikan adalah 22,15 jam (naked eye) dan 23,37 jam (binokular). Keduanya jauh di atas nilai umur Bulan minimum 8 jam, salah satu syarat “kriteria” MABIMS (Dirbinapera, 2000 dalam Djameluddin, 2000). Jika berdasarkan persamaan (2), karena  $T_b$  maksimum = Lag minimum, didapat Lag minimum = 27,103 menit. Mengingat langit bergeser  $1^\circ$  setiap 4 menit, maka jarak sudut (elongasi) Bulan – Matahari =  $6,78^\circ$ . Dan dengan kecepatan rata – rata pergerakan Bulan menjauhi Matahari sebesar  $0,5^\circ$  per jam, maka jarak sudut itu setara dengan umur Bulan 13,55 jam. Sebagai pembanding, dalam database ICOP umur Bulan terkecil adalah 15,02 jam (naked eye) dan 11,62 jam (binokular/teleskop) (Odeh, 2004). Sehingga masih terdapat ruang yang cukup memadai untuk melakukan pengamatan – pengamatan yang lebih teliti di masa datang sehingga nilai Umur Bulan terkecil bisa kian direduksi menjadi mendekati limit teoritik.

Guna melihat apakah variabel Umur Bulan bisa digunakan sebagai prediktor tunggal bagi visibilitas hilaal, dilakukan analisis seperti disarankan Schaefer (Schaefer, 1996). Standar deviasi pengamatan dengan mata telanjang adalah 5,98 jam, yang setara dengan lebar  $90^\circ$  bujur di permukaan Bumi ( $1 \text{ jam} = 15^\circ$ ). sehingga lebar zona ketidakpastiannya ( $1\sigma$ ) adalah  $180^\circ$  bujur. Lewat langkah yang sama, dengan memakai binokular deviasi sebesar 6,12 jam setara dengan zona ketidakpastian ( $1\sigma$ ) selebar  $184^\circ$  bujur. Lebar wilayah Indonesia (jarak titik

terbarat terhadap titik tertimur) hanya  $46^\circ$  bujur. Sehingga penggunaan umur Bulan sebagai prediktor tunggal visibilitas tidaklah disarankan, karena cukup jelek.

## 2. Variabel Lag Bulan

Lag Bulan terkecil adalah 34 menit (naked eye) dan 45 menit (binokular), dengan standar deviasi masing – masing 16,091 menit dan 12,176 menit. Nilai Lag terkecil ini masih berada di sekitar nilai Lag minimum 41 menit sebagaimana disarankan Ilyas (Ilyas, 1994) dari hasil revisi kriteria Babilon untuk daerah tropis.

Dari kurva Lag versus best time, berlainan dengan Yallop, diperoleh persamaan (2). Solusi persamaan tersebut menghasilkan  $T_b$  maksimum = Lag minimum = 27,103 menit, yang setara dengan elongasi minimum  $6,78^\circ$ . Angka ini tidak berbeda jauh dengan nilai limit Danjon dari Moh. Odeh yang besarnya  $6,4^\circ$  (Odeh, 2004). Adanya batasan bagi  $T_b$  maksimum dan sekaligus Lag minimum adalah satu langkah maju dari konsep best time sebagaimana dirumuskan oleh Yallop (Yallop, 1997).

Mengikuti langkah seperti di atas, pada pengamatan dengan mata telanjang deviasi sebesar 16,091 menit setara dengan pergerakan Bulan sejauh  $4,023^\circ$ , yang ditempuh dalam 8,046 jam dan setara dengan lebar  $121^\circ$  bujur di permukaan Bumi. Maka lebar zona ketidakpastiannya ( $1\sigma$ ) adalah  $242^\circ$  bujur. Bila memakai binokular, deviasi 12,176 menit berkorelasi dengan zona ketidakpastian ( $1\sigma$ ) selebar  $183^\circ$  bujur. Ini tidak berbeda dengan ketidakpastian umur Bulan seperti tersebut di atas, sehingga penggunaan variabel Lag sebagai prediktor tunggal visibilitas juga tidak disarankan, karena cukup jelek.

## 3. Variabel Elongasi

Elongasi Bulan – Matahari terkecil yang berhasil didokumentasikan adalah  $9,751^\circ$  (naked eye) dan  $10,874^\circ$  (binokular), dengan standar deviasi masing – masing  $2,79^\circ$  dan  $3,16^\circ$ . Pada pengamatan dengan mata telanjang, dengan memperhitungkan kecepatan pergerakan Bulan terhadap Matahari maka deviasi  $2,79^\circ$  setara dengan waktu 5,58 jam. Maka lebar zona ketidakpastiannya ( $1\sigma$ ) adalah  $167^\circ$  bujur. Jika menggunakan binokular, pada deviasi  $3,16^\circ$  lebar zona ketidakpastiannya ( $1\sigma$ ) sebesar  $190^\circ$  bujur. Jelas bahwa zona ketidakpastian ini tidak berbeda dengan zona ketidakpastian umur Bulan atau Lag, sehingga tidak disarankan menggunakan elongasi sebagai prediktor tunggal visibilitas karena cukup jelek.

## 4. Variabel Tinggi Bulan

Hasil pengamatan menunjukkan tinggi Bulan terkecil yang berhasil didokumentasikan adalah  $3,541^\circ$  (naked eye) dan  $4,355^\circ$  (binokular) dengan standar deviasi masing – masing  $3,64^\circ$  dan  $4,00^\circ$ .

Untuk mengetahui lebar zona ketidakpastian akibat tinggi Bulan, standar deviasinya harus dibagi dengan cosinus  $\phi$  (lintang pengamatan). Jika diambil nilai rata – rata  $\phi = -7^\circ 48'$  maka untuk pengamatan dengan mata telanjang diperoleh jarak sudut  $3,67^\circ$  yang ditempuh selama 7,34 jam. Sehingga lebar zona ketidakpastiannya ( $1\sigma$ ) adalah  $220^\circ$ . Sedangkan jika menggunakan binokular, lebar zona ketidakpastiannya ( $1\sigma$ ) adalah  $242^\circ$ . Ini lebih jelek dibanding ketidakpastian umur Bulan sehingga juga tidak disarankan untuk digunakan.

## 5. Kombinasi 2 Variabel

Berbeda dengan para pendahulunya di abad pertengahan yang menggunakan nilai kritikal  $\Delta$   $\lambda$  dan  $\beta$ , ilmuwan di abad ke – 20 menggunakan selisih azimuth (DAz) dan selisih tinggi ( $a_D$  atau ARCV) sebagai prediktor bagi visibilitas hilaal, dimana digunakan pertidaksamaan umum :  $ARCV \geq f(DAz)$  sebagaimana yang disarankan Fotheringham (Fotheringham, 1910 dalam Ilyas, 1994)<sup>1</sup>. Menggunakan pertidaksamaan tersebut, data RHI menunjukkan :

$$a_D \geq 0,2091 \text{ DAz}^2 - 1,9882 \text{ DAz} + 13,273$$

Kurva pertidaksamaan itu hampir menyamai yang diperoleh Djamaluddin (Djamaluddin, 2000) dalam kriteria LAPAN dengan :  $a_D \geq 0,14 \text{ DAz}^2 - 1,83 \text{ DAz} + 9,11$ , namun sangat berbeda terhadap Maunder ( $a_D \geq -0,01 \text{ DAz}^2 - 0,05 \text{ DAz} + 11$ ) ataupun Bruin ( $a_D \geq -0,03 \text{ DAz}^2 + 0,14 \text{ DAz} + 10,136$ ). Kriteria LAPAN dibangun berdasarkan 38 data laporan rukyatul hilal yang dihimpun Departemen Agama RI untuk periode 1962 – 1997 yang kemudian mengalami proses reduksi hingga tinggal 11 data saja yang dianggap valid, meski beberapa diantaranya

<sup>1</sup> Ada dugaan formula yang disarankan Fotheringham sebenarnya merupakan penulisan ulang dari kriteria al – Biruni (lihat Rizvi, 1974 dalam Ilyas, 1994).

mempunyai nilai elongasi dibawah limit Danjon. Sementara kriteria Maunder (1911) dibangun berdasarkan 72 data hasil pengamatan Schmidt selama 20 tahun (1848 – 1868) di Athena ( $\phi = 38^\circ$  LU) ditambah beberapa data pengamatannya sendiri. Sedangkan kriteria Bruin (1977) pada dasarnya adalah perbaikan dari Maunder. Perbedaan bentuk pertidaksamaan tersebut kemungkinan disebabkan oleh perbedaan lintang lokasi pengamatan, dimana data RHI dan LAPAN diakuisisi dari daerah tropis (lintang rendah, dimana  $\phi < 10^\circ$ ) sementara data yang digunakan Maunder dan Bruin berasal dari lokasi pengamatan di lintang tinggi.

Sebagai pengembangan dari Maunder, Yallop (1997) memperkenalkan kriteria yang didasarkan pada nilai kritikal  $W$  dan  $a_D$  serta memperhitungkan alat optik yang digunakan. Langkah ini kemudian diikuti oleh Odeh (2006) dengan hasil hampir sama persis. Mengikuti Yallop, maka data RHI menghasilkan bentuk pertidaksamaan berikut :

$$a_D \geq 6,3916 W^3 - 11,233 W^2 + 17,605 W + 5,2871$$

Pertidaksamaan ini berbeda dengan yang diperoleh Yallop ( $a_D \geq -0,1018 W^3 + 0,7319 W^2 - 6,3226 W + 9,5171$  untuk  $q > -0,232$ ) ataupun Odeh ( $a_D \geq -0,1018 W^3 + 0,7319 W^2 - 6,3226 W + 6,2051$  untuk  $V > -0,96$ ), keduanya menggunakan binokular. Tren kurva yang dihasilkan pun sangat berbeda (lihat gambar 9). Yallop menggunakan data dari  $\phi > 15^\circ$ , sementara Odeh telah menggunakan data – data yang diambil dari daerah tropis, namun mayoritas tetap berasal dari daerah lintang tinggi. Perbedaan bentuk kurva tersebut kemungkinan juga berasal dari perbedaan lintang lokasi pengamatan. Semua ini tentu perlu diteliti lebih lanjut.

#### D. USULAN UNTUK DEFINISI HILAAL

Dengan berdasarkan data pengamatan RHI dan pembahasan di atas, maka dapatlah dirumuskan usulan bagi definisi hilaal untuk wilayah Indonesia, yaitu dengan parameter sebagai berikut :

- ❖ Hilaal adalah Bulan dalam fase sabit terkecil, yang teramati di langit barat pasca terbenamnya Matahari dimana memiliki umur antara 22,15 jam hingga  $24 + 22,15 = 46,15$  jam sejak terjadinya konjungsi. Bulan dengan umur antara 0 hingga 22,15 jam sejak konjungsi bukanlah hilaal, melainkan Bulan mati.
- ❖ Agar bisa disebut hilaal, selisih Azimuth Bulan – Matahari ( $DAz$ ) dan selisih tingginya ( $a_D$ ) secara toposentrik harus memenuhi pertidaksamaan :  $a_D \geq 0,2091 DAz^2 - 1,9882 DAz + 13,273$ .
- ❖ Agar bisa disebut hilaal, elongasi Bulan – Matahari ( $a_L$ ) dan selisih tingginya ( $a_D$ ) secara toposentrik harus memenuhi pertidaksamaan :  $a_D \geq 0,6856 a_L + 1,8927$ .
- ❖ Agar bisa disebut hilaal, selisih waktu terbenamnya Matahari dengan terbenamnya Bulan harus  $\geq 27,103$  menit.
- ❖ Agar bisa disebut hilaal, lebar sabit ( $W$ ) dan selisih tinggi Bulan – Matahari ( $a_D$ ) harus memenuhi pertidaksamaan :  $a_D \geq 6,3916 W^3 - 11,233 W^2 + 17,605 W + 5,2871$

#### E. KESIMPULAN

- ❖ Umur Bulan terkecil saat visibilitas adalah 22,15 jam (naked eye) dan 23,37 jam (binokular).
- ❖ Elongasi Bulan – Matahari terkecil saat visibilitas adalah  $9,751^\circ$  (naked eye) dan  $10,874^\circ$  (binokular).
- ❖ Lag Bulan terkecil saat visibilitas adalah 34 menit (naked eye) dan 45 menit (binokular).
- ❖ Tinggi Bulan terkecil saat visibilitas adalah  $3,541^\circ$  (naked eye) dan  $4,355^\circ$  (binokular).
- ❖ Visibilitas hilaal tidak bisa dinyatakan ke dalam kriteria dengan variabel tunggal, baik berdasarkan Umur Bulan, elongasi Bulan – Matahari, Lag Bulan maupun tinggi Bulan. Ini terlihat dari lebarnya zona ketidakpastian di permukaan Bumi yang diakibatkan oleh penggunaan variabel tunggal tersebut, yang semuanya bernilai  $> 180^\circ$  atau jauh melampaui lebar bujur wilayah Indonesia yang  $46^\circ$ .
- ❖ Visibilitas hilaal dinyatakan oleh pertidaksamaan  $a_D \geq 0,2091 DAz^2 - 1,9882 DAz + 13,273$  yang terdiri dari dua variabel, yakni selisih Azimuth Bulan – Matahari ( $DAz$ ) dan selisih tingginya ( $a_D$ ).
- ❖ Visibilitas hilaal juga dinyatakan oleh pertidaksamaan  $a_D \geq 0,6856 a_L + 1,8927$  yang terdiri dari dua variabel, yakni selisih tinggi Bulan – Matahari ( $a_D$ ) dan elongasinya ( $a_L$ ).

- ❖ Visibilitas hilaal juga dinyatakan oleh pertidaksamaan  $a_D \geq 6,3916 W^3 - 11,233 W^2 + 17,605 W + 5,2871$  yang terdiri dari dua variabel, yakni selisih tinggi Bulan – Matahari ( $a_D$ ) dan lebar sabit ( $W$ ).

## F. REFERENSI

- Djamaluddin. 2000. **Re – evaluation of Hilaal Visibility in Indonesia**. Center for Application of Space Science, National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN).
- Odeh. 2004. **New Criterion for Lunar Crescent Visibility**. *Experimental Astronomy*, vol. 18 (2004), p. 39 – 64.
- Ilyas, M. 1994. **Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calendar**. *Quarterly Journal of Royal Astronomical Society*, vol. 35 (1994), p. 425 – 426.
- Schaefer, B.E. 1996. **Lunar Crescent Visibility**. *Quarterly Journal of Royal Astronomical Society*, vol. 37 (1996), p. 759– 768.
- Yallop, B. 1997. **A Method for Predicting The First Sighting of The New Crescent Moon**. NAO Technical Note 69.