

**ACCURATE HIJRI CALCULATOR 2.2 SEBAGAI  
PIRANTI HISAB PENENTUAN AWAL BULAN  
HIJRIAH BERDASARKAN KRITERIA VISIBILITAS  
HILAL NASIONAL DAN INTERNASIONAL**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Sains dalam bidang fisika

Oleh :  
**Abdurro'uf**  
**0910930022**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU  
PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2013**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ACCURATE HIJRI CALCULATOR 2.2 SEBAGAI  
PIRANTI HISAB PENENTUAN AWAL BULAN  
HIJRIAH BERDASARKAN KRITERIA VISIBILITAS  
HILAL NASIONAL DAN INTERNASIONAL**

Oleh :  
**ABDURRO'UF**  
**0910930022**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada  
tanggal : 31 Juli 2013  
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang fisika

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Dr.rer.nat.Abdurrouf, S.Si.,M.Si.    Mauludi A. P., M.Si, Ph.D**  
**NIP. 19720903 199412 1 001            NIP.197304122000031013**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Fisika**  
**Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Adi Susilo, Ph.D**  
**NIP. 19631227 199103 1 002**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

**Nama** : Abdurro'uf  
**NIM** : 0910930022  
**Jurusan** : Fisika  
**Penulis Tugas Akhir berjudul** :

ACCURATE HIJRI CALCULATOR 2.2 SEBAGAI  
PIRANTI HISAB PENENTUAN AWAL BULAN HIJRIAH  
BERDASARKAN KRITERIA VISIBILITAS HILAL  
NASIONAL DAN INTERNASIONAL

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka TA ini, semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
  2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi TA saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.
- Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 1 Agustus 2013  
Yang menyatakan,

(Abdurro'uf)  
NIM. 0910930022

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**ACCURATE HIJRI CALCULATOR 2.2 SEBAGAI  
PIRANTI HISAB PENENTUAN AWAL BULAN  
HIJRIAH BERDASARKAN KRITERIA VISIBILITAS  
HILAL NASIONAL DAN INTERNASIONAL**

**ABSTRAK**

Perhitungan dan observasi untuk penentuan awal bulan Hijriah dalam penanggalan Islam adalah permasalahan krusial yang dihadapi oleh umat Islam setiap tahun. Dalam penelitian ini, telah dikembangkan software yang dinamakan Accurate Hijri Calculator 2.2 (AHC) sebagai alat bantu dalam perhitungan penentuan awal bulan Hijriah. Metode pelaksanaan dalam penelitian ini terdiri dari pembuatan software, pengumpulan data hisab dan rukyat, metode wawancara, dan verifikasi hasil perhitungan software dengan data hisab dan rukyat. Data-data hisab dikumpulkan dari hasil perhitungan software USNO dan Accurate Time 5.3.4 sedangkan data rukyat dikumpulkan dari Kementerian Agama RI dan Moonsighting Committee Worldwide (moonsighting.com). Metode verifikasi dilakukan dengan membandingkan beberapa hasil perhitungan software AHC dengan data hisab dan membandingkan hasil perhitungan prediksi kenampakan hilal dengan data rukyat. Software AHC mempunyai banyak aplikasi diantaranya: dapat menghitung koordinat bulan dan matahari, mengkonversi penanggalan Masehi (Gregorian) ke dalam penanggalan Hijriah, memprediksi kenampakan hilal untuk lokasi-lokasi di seluruh dunia dalam bentuk peta visibilitas hilal, dan menghitung semua parameter dalam penentuan awal bulan Muharram,

Ramadhan, Syawal, dan Dzulhijjah. Software ini mengakomodir berbagai kriteria penanggalan hijriah yang digunakan di Indonesia maupun Internasional. Dari hasil verifikasi didapatkan bahwa perhitungan software AHC cukup akurat.

Kata kunci : Kalender Hijriah, fase bulan baru, kriteria visibilitas hilal.





# **ACCURATE HIJRI CALCULATOR 2.2 AS AN INSTRUMENT FOR DETERMINING THE BEGINNING OF HIJRI MONTH BASED ON NATIONAL AND INTERNATIONAL CRESCENT VISIBILITY CRITERIA**

## **ABSTRACT**

Calculation and observation to determine the beginning of Hijri month in Islamic Calendar is crucial problems faced by Muslim every year. In this research, software named Accurate Hijri Calculator 2.2 (AHC) has been developed to serve a calculation tool used for determining the beginning of Hijri month. The methods used in this research consist of : development the software, collecting hisab and rukyat data, interviews, and verification methods. The hisab data is collected from software USNO and Accurate Time 5.3.4. while the rukyat data is collecting from Indonesian Ministry of Religion and Moonsighting Committee Worldwide (moonsighting.com). Verification method is done by comparing some calculation results from AHC with hisab data and comparing crescent visibility prediction by this software with rukyat data. AHC software has many applications such as : calculation of sun and moon's position coordinates, Gregorian Calendar to Hijri Calendar conversion, crescent visibility prediction for any site in the world in the form of crescent visibility map, and calculation all parameters in determination of Muharram, Ramadhan, Syawwal, and Dzulhijjah. This software accommodates various criteria of Hijri Calendar used in Indonesia and International. From verification result, it is known that calculation using AHC is quite accurate.

Keywords : Hijri calendar, New moon, crescent visibility criteria

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, Alhamdulillah robbil ‘alamin. Teriring puji dan syukur kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah mencurahkan karunia dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Accurate Hijri Calculator 2.2 Sebagai Piranti Hisab Penentuan Awal Bulan Hijriah Berdasarkan Kriteria Visibilitas Hilal Nasional dan Internasional*” sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan S-1 Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.

Dengan selesainya karya tulis ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang memberikan banyak masukan dan dorongan :

1. Ibu tercinta, Ibu Titik Rokhimah dan adikku tersayang, Zahrotun Nisa’ Ashofiyah dan seluruh keluarga besar yang senantiasa mendoakan dan mendukung penulis,
2. Bapak Adi Susilo, Ph.D selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah memberikan arahan selama penulis menyelesaikan masa sarjana,
3. Bapak Dr.rer.nat.Abdurro’uf,S.Si.,M.Si. selaku pembimbing I dan Pengampu mata kuliah Komputasi Astronomi yang telah bersedia mencurahkan waktunya untuk memberikan masukan dan tambahan ilmu bagi penulis,
4. Bapak Mauludi A. Pamungkas, M.Si.,Ph.D. selaku pembimbing II yang telah bersedia mencurahkan waktunya untuk memberikan masukan bagi Penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini,
5. Bapak Sugeng Rianto, M.Sc. selaku pengampu mata kuliah Komputasi Astronomi yang telah memberikan masukan dan ilmunya selama Penulis melakukan penelitian ini,
6. Bapak Prof. Thomas Djamaluddin, Bapak Mutoha Arkanuddin, Bapak Evan Irawan Akbar, Bapak H. Sofyan

- Jannah, M.Ag, Bapak Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag., dan Bapak Ismail Fahmi, S.Ag. yang telah bersedia meluangkan waktu untuk berbagi ilmu dan memberikan saran dan masukan dalam penelitian ini,
7. Segenap Dosen Jurusan Fisika Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak ilmu selama penulis menempuh pendidikan sarjana,
  8. Segenap Karyawan Jurusan Fisika dan Fakultas MIPA yang sangat membantu dalam berbagai urusan administrasi,
  9. Teman-teman seperjuangan dalam penelitian PKM-KC (Cuwi, Ifa, dan Eko) yang telah sama-sama bekerja melaksanakan penelitian PKM dan turut membantu dalam penelitian ini,
  10. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Fisika angkatan 2009 yang tidak dapat disebutkan semua di sini, serta adik tingkat maupun kakak tingkat yang telah banyak membantu melewati tahun-tahun studi,
  11. Semua pihak yang telah membantu, sedikit atau banyak, sengaja atau tidak sengaja, masing-masing mempunyai peran dalam penelitian ini.

Penulis sadar setiap karya manusia tidak ada yang sempurna, oleh karena itu penulis yakin bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan.

Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan dapat memberikan sumbangan bagi kemajuan ilmu pengetahuan. Amin.

Malang, 1 Juli 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Tinjauan Mekanika Klasik Gerakan Revolusi Bumi dan Bulan .....	5
2.2. Tinjauan Astronomi Penanggalan Hijriah .....	14
2.2.1. Gerak Revolusi Bulan terhadap Bumi .....	14
2.2.2. Perubahan Fase atau Bentuk Bulan .....	15
2.3. Kriteria Awal Bulan dalam Penanggalan Hijriah .....	17
2.3.1. Ketentuan Awal Bulan Hijriah .....	17
2.3.2. Kriteria Awal Bulan Hijriah .....	18
2.4. Algoritma-algoritma Terkait dengan Perhitungan Penentuan Awal Bulan Hijriah .....	24
2.4.1. Algoritma Perhitungan Waktu terjadinya Fase-fase Bulan .....	24
2.4.2. Algoritma Perhitungan Koordinat Bulan ....	29
2.4.3. Algoritma Perhitungan Koordinat	

	Matahari .....	37
2.4.4.	Algoritma Perhitungan Waktu Rising, Transit, dan Setting Bulan dan Matahari ....	40
2.4.5.	Algoritma Perhitungan Fraksi Iluminasi Bulan.....	43
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>47</b>
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	47
3.2.	Langkah-langkah Pelaksanaan Penelitian .....	47
3.2.1.	Pembuatan Software .....	49
3.2.2.	Pengumpulan Data dan Wawancara .....	51
3.2.3.	Verifikasi Hasil Perhitungan Software dengan Data Hisab dan Rukyat .....	51
<b>BAB IV IMPLEMENTASI DALAM PROGRAM, HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>53</b>
4.1.	Implementasi Dalam Program .....	53
4.1.1.	Fitur Gregorian Calendar .....	56
4.1.2.	Fitur Hijri Calendar .....	62
4.1.3.	Menu Sun dan Menu Moon .....	64
4.1.4.	Fitur SunEphemeris dan Fitur MoonEphemeris .....	68
4.1.5.	Menu Crescent .....	77
4.1.6.	Menu Muharram, Menu Ramadhan, Menu Syawal, dan Menu 10Dzulhijjah .....	80
4.2.	Hasil dan Pembahasan .....	87
4.2.1.	Software Accurate Hijri Calculator 2.2 .....	87
4.2.2.	Hasil Verifikasi Perhitungan Software Accurate Hijri Calculator 2.2 dengan Data Hisab dan Rukyat .....	94
4.2.3.	Hasil Wawancara dengan Tokoh-tokoh Hisab dan Rukyat .....	111
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>117</b>
5.1.	Kesimpulan .....	117
5.2.	Saran .....	117
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>119</b>

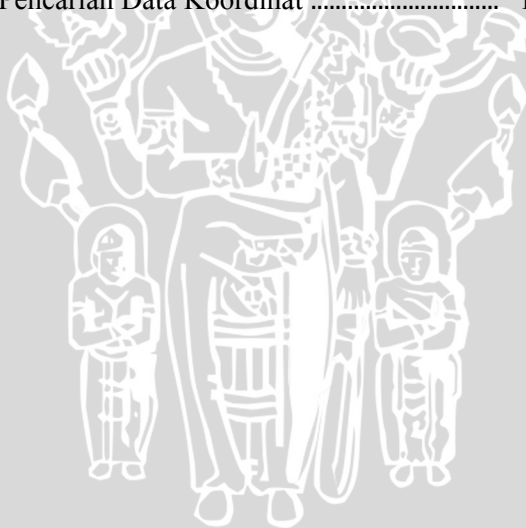
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b>	Gerak Revolusi Bumi Mengedari Matahari ..	5
<b>Gambar 2.2.</b>	Gerak Revolusi Bulan Mengedari Bumi .....	6
<b>Gambar 2.3.</b>	Orbit Revolusi Sistem Tetap dan Berada Pada Bidang Dua Dimensi XY .....	7
<b>Gambar 2.4.</b>	Besaran-besaran Dalam Geometri ellips .....	11
<b>Gambar 2.5.</b>	Konsekuensi dari Kekekalan Momentum Sudut $A_1 = A_2 = A_3$ .....	13
<b>Gambar 2.6.</b>	Periode Bulan Sideris dan Sinodis .....	15
<b>Gambar 2.7.</b>	Revolusi Bulan terhadap Bumi dan Fase-fase Bulan .....	16
<b>Gambar 2.8.</b>	Rekor Potret Bulan Sabit Muda (Hilal) .....	18
<b>Gambar 2.9.</b>	Diagram Alir Algoritma Perhitungan Waktu Terjadinya Fase-fase Bulan .....	29
<b>Gambar 2.10.</b>	Diagram Alir Algoritma Perhitungan Koordinat Bulan .....	36
<b>Gambar 2.11.</b>	Diagram Alir Algoritma Perhitungan Koordinat Matahari .....	39
<b>Gambar 2.12.</b>	Diagram Alir Algoritma Perhitungan Waktu Rising, Transit, dan Setting Bulan dan Matahari .....	42
<b>Gambar 2.13.</b>	Diagram Alir Algoritma Perhitungan Fraksi Iluminasi Bulan .....	45
<b>Gambar 3.1.</b>	Diagram Alir Langkah-langkah Pelaksanaan Penelitian .....	48
<b>Gambar 4.1.</b>	Fitur Gregorian Calendar pada Tampilan Muka Software Accurate Hijri Calculator 2.2 .....	61
<b>Gambar 4.2.</b>	Fitur Hijri Calendar .....	64
<b>Gambar 4.3.</b>	Struktur Program dalam Unit_Suncoordinat .....	66
<b>Gambar 4.4.</b>	Tampilan Menu Sun untuk Perhitungan Koordinat Matahari Secara Real Time .....	67
<b>Gambar 4.5.</b>	Tampilan Menu Sun untuk Perhitungan	

	Koordinat Matahari dengan Masukan Waktu .....	68
<b>Gambar 4.6.</b>	Struktur Program dalam Unit_MoonEphemeris .	70
<b>Gambar 4.7.</b>	Algoritma Looping Perhitungan Koordinat Bulan .....	72
<b>Gambar 4.8.</b>	Panel Masukan Bagi Menu SunEphemeris dalam form Sunkoordinat (Menu Sun) .....	75
<b>Gambar 4.9.</b>	Tampilan Hasil Perhitungan Pada Fitur SunEphemeris .....	76
<b>Gambar 4.10.</b>	Proses Menyimpan Data Hasil Perhitungan Pada Menu SunEphemeris .....	76
<b>Gambar 4.11.</b>	(a) Struktur Program dalam Unit UCrescent_Visibility (b) Algoritma Looping dalam Menggambar PetaVisibilitas Hilal .....	78
<b>Gambar 4.12.</b>	Tampilan Menu Crescent .....	80
<b>Gambar 4.13.</b>	Struktur Program dalam Unit_Ramadhan ..	84
<b>Gambar 4.14.</b>	Perhitungan Menu Ramadhan untuk Penentuan Awal Ramadhan 1434 H .....	85
<b>Gambar 4.15.</b>	Tampilan Proses Menyimpan Hasil Perhitungan pada Menu Ramadhan .....	86
<b>Gambar 4.16.</b>	Perhitungan Koordinat Bulan untuk Penentuan Awal Ramadhan 1434 H .....	89
<b>Gambar 4.17.</b>	Peta Visibilitas Hilal Awal Ramadhan 1434 H .....	90
<b>Gambar 4.18.</b>	Hasil Perhitungan Penentuan Awal Ramadhan 1434 H .....	92
<b>Gambar 4.19.</b>	Hasil Perhitungan Menu Ramadhan untuk Penentuan Awal Ramadhan 1395 H .....	106
<b>Gambar 4.20.</b>	Hasil Perhitungan Menu Ramadhan untuk Penentuan Awal Ramadhan 1432 H .....	108
<b>Gambar 4.21.</b>	Peta Visibilitas Hilal Menu Crescent untuk Tanggal 19 Januari 2007 .....	110
<b>Gambar 4.22.</b>	Peta Visibilitas Hilal Kriteria Shaukat untuk Muharram 1428 H .....	111

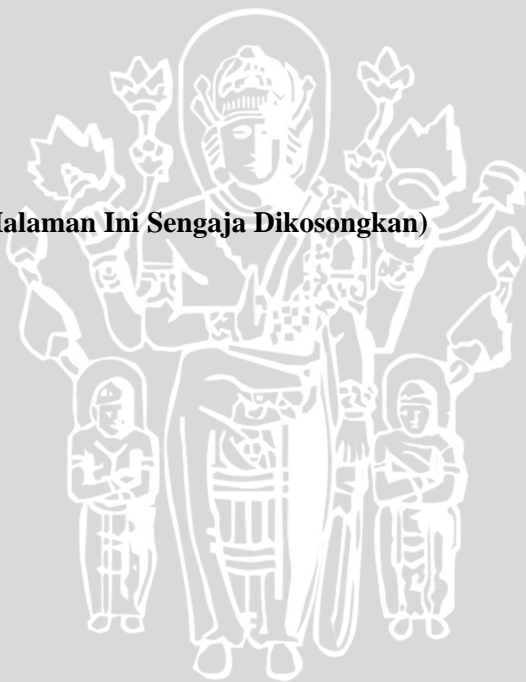


<b>Gambar C.1.</b> Diagram Struktur Program Software AHC .....	141
<b>Gambar G.1.</b> Tampilan dan Fitur-fitur Software AHC ..	155
<b>Gambar G.2.</b> (a) Tampilan Menu Sun (b) Tampilan Menu Moon .....	158
<b>Gambar G.3.</b> (a) Tampilan Menu SunEphemeris (b) Tampilan Menu MoonEphemeris .....	159
<b>Gambar G.4.</b> Tampilan Menu Crescent .....	160
<b>Gambar G.5.</b> Tampilan Menu Syawal .....	161
<b>Gambar G.6.</b> Tampilan Menu Set Location .....	161
<b>Gambar G.7.</b> Tampilan Menu Set Location untuk Fasilitas Menambahkan Data Kordinat dalam Database .....	162
<b>Gambar G.8.</b> Tampilan Menu Set Location untuk Fasilitas Pencarian Data Koordinat .....	162



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)**



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Data Kriteria Maunder .....	21
<b>Tabel 2.2.</b> Data Kriteria Indian .....	21
<b>Tabel 2.3.</b> Data Kriteria Bruin .....	21
<b>Tabel 2.4.</b> Data Kriteria SAAO .....	23
<b>Tabel 2.5.</b> Data Kriteria Odeh .....	23
<b>Tabel 2.6.</b> Koreksi Pertama untuk Perhitungan Waktu Fase <i>New Moon</i> dan <i>Full Moon</i> .....	25
<b>Tabel 2.7.</b> Koreksi Pertama untuk Perhitungan Waktu Fase <i>First Quarter</i> dan <i>Last Quarter</i> .....	26
<b>Tabel 2.8.</b> Suku-suku Koreksi $\sum l$ dan $\sum r$ dalam Perhitungan Koordinat Bulan.....	31
<b>Tabel 2.9.</b> Suku-suku Koreksi $\sum b$ dalam Perhitungan Koordinat Bulan.....	33
<b>Tabel 4.1.</b> Waktu Fase-fase Bulan untuk Tahun 2000: (a) Hasil Perhitungan Software AHC (b) Hasil Perhitungan Software USNO .....	95
<b>Tabel 4.2.</b> Waktu Fase-fase Bulan untuk Tahun 2013: (a) Hasil Perhitungan Software AHC (b) Hasil Perhitungan Software USNO .....	97
<b>Tabel 4.3.</b> Waktu Fase-fase Bulan untuk Tahun 2035: (a) Hasil Perhitungan Software AHC (b) Hasil Perhitungan Software USNO .....	98
<b>Tabel 4.4.</b> Verifikasi Hasil Perhitungan Koordinat untuk Tahun 2013 : (a) Koordinat Matahari (b) Koordinat Bulan .....	100
<b>Tabel 4.5.</b> Verifikasi Hasil Perhitungan Koordinat untuk Tahun 2100: (a) Kordinat Matahari (b) Koordinat Bulan .....	102
<b>Tabel 4.6.</b> Verifikasi Hasil Perhitungan Waktu Rising, Transit, dan Setting Matahari : (a) Tahun 2013 (b) Tahun 2100 .....	104

<b>Tabel A.1.</b> Suku-suku Koreksi dalam Perhitungan <i>Obliquity of Ecliptic</i> dan <i>Nutation in Longitude</i> dalam satuan $0''.0001$ .....	126
<b>Tabel B.1.</b> Suku-suku Koreksi VSOP87 untuk Perhitungan Heliocentric Longitude .....	135
<b>Tabel B.2.</b> Suku-suku Koreksi VSOP87 untuk Perhitungan Heliocentric Latitude .....	138
<b>Tabel B.3.</b> Suku-suku Koreksi VSOP87 untuk Perhitungan Radius Vector .....	138
<b>Tabel E.1.</b> Deret Nilai $k$ untuk Fase Bulan Baru .....	151
<b>Tabel F.1.</b> Hasil Perhitungan Software USNO untuk Fase-fase Bulan pada Tahun 2000 .....	153
<b>Tabel F.2.</b> Hasil Perhitungan Software USNO untuk Fase-fase Bulan pada Tahun 2013 .....	153
<b>Tabel F.3.</b> Hasil Perhitungan Software USNO untuk Fase-fase Bulan pada Tahun 2035 .....	154



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A.** Algoritma-algoritma Tambahan yang Digunakan dalam Pembuatan Software Accurate Hijri Calculator 2.2 ..... 121
- Lampiran B.** Suku-suku Koreksi VSOP87 yang Telah Direduksi Berdasarkan Algoritma Jean Meeus untuk Perhitungan Koordinat Matahari ... 135
- Lampiran C.** Struktur Program dalam Software Accurate Hijri Calculator 2.2 (AHC) ..... 141
- Lampiran D.** Script Program Unit\_KonversikeHijriah dalam Accurate Hijri Calculator 2.2 ..... 143
- Lampiran E.** Tabel Deret Nilai  $k$  Fase Bulan Baru untuk Penurunan Persamaan Hubungan antara Tahun Hijriah Sebagai Fungsi dari  $k$  dan Persamaan Hubungan antara Nilai  $k$  untuk Fase Bulan Baru Penentuan Awal Muharram, Ramadhan, Syawwal, dan Dzulhijjah terhadap Tahun Masehi ..... 151
- Lampiran F.** Data Fase-fase Bulan dari Software USNO Sebagai Pembanding dalam Verifikasi Hasil Perhitungan Fase-fase Bulan ..... 153
- Lampiran G.** Fitur-Fitur Software Accurate Hijri Calculator 2.2 ..... 155
- Lampiran H.** Contoh Peta Visibilitas Hilal dari Berbagai Kriteria yang Diakomodir Oleh Software Accurate Hijri Calculator 2.2 ..... 163
- Lampiran I.** Dokumentasi Kegiatan ..... 169

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)**



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Penetapan awal bulan Hijriah, terutama untuk bulan-bulan yang berkaitan erat dengan ritual ibadah umat Islam (bulan Ramadhan, Syawwal, dan Dzulhijjah), merupakan hal yang senantiasa menarik perhatian bagi umat Islam apalagi jika terjadi perbedaan penetapan antar ormas Islam. Perbedaan penetapan awal bulan tersebut dapat membawa dampak negatif pada *ukhuwah Islamiyah*, disamping dampak pada aspek sosial maupun ekonomi. Perbedaan penetapan awal bulan Syawwal tercatat telah beberapa kali terjadi di Indonesia antara lain pada tahun 1992, 1993, 1994, 1998, 2002, 2006, 2007, dan 2011 M. Perbedaan itu ternyata disebabkan oleh adanya perbedaan sistem penetapan awal bulan antara sistem hisab dan sistem rukyat, serta adanya perbedaan kriteria hisab yang digunakan sebagai acuan. Akar masalah terjadinya perbedaan sistem penetapan awal bulan ini adalah perbedaan dalam menafsirkan dalil syar'i yang mana perbedaan dalam ranah ini sangat susah untuk dipersatukan karena adanya kecenderungan masing-masing ormas yang berbeda pendapat untuk memperkuat argumennya masing-masing.

Awal bulan dalam kalender hijriah ditentukan dari apakah hilal (bulan sabit pertama setelah fase bulan baru) sudah dapat dilihat saat matahari terbenam pada hari terjadinya fase bulan baru (*new moon*). Secara konvensional dan telah berlangsung ratusan tahun, penentuan awal bulan Hijriah dilakukan dengan observasi langsung dengan rukyatul hilal (melihat hilal) di ufuk barat pada saat matahari terbenam di tanggal 29 bulan yang sedang berjalan (hari terjadinya fase bulan baru). Jika hilal telah terlihat maka keesokan harinya sudah masuk bulan baru Hijriah, tetapi jika hilal belum terlihat maka bulan yang sedang berjalan tersebut digenapkan menjadi 30 hari. Seiring berkembangnya ilmu Astronomi formulasi perhitungan koordinat posisi matahari dan bulan terus dikembangkan sampai saat ini telah menghasilkan perhitungan yang akurat. Perkembangan ilmu Astronomi ini ikut mempengaruhi metode

penentuan awal bulan hijriah dengan dikembangkannya metode hisab yaitu metode perhitungan menggunakan rumus-rumus Astronomi untuk menentukan awal bulan Hijriah. Ditengah perdebatan keabsahan metode hisab sebagai salah satu metode penentuan awal bulan hijriah, muncul metode baru yang disebut sebagai metode hisab Imkanurrukyat sebagai upaya menjembatani antara metode hisab dan metode rukyat. Metode hisab imkanurrukyat adalah metode hisab yang menetapkan awal bulan hijriah berdasarkan *wujudul hilal* (apakah hilal sudah ada diatas ufuk) dan kemungkinan (peluang) hilal tersebut untuk dapat dilihat (*visible*). Formulasi-formulasi untuk memprediksi visibilitas hilal (yang disebut sebagai kriteria visibilitas hilal) telah diusulkan oleh para astronom sebagai dasar dalam hisab imkanurrukyat.

Di Indonesia kriteria penentuan awal bulan hijriah masih menjadi perdebatan antar ormas. Perbedaan terjadi antara ormas yang menggunakan metode hisab Imkanurrukyat, ormas yang menggunakan metode hisab murni (dengan kriteria *wujudul hilal*) dan sebagian lainnya yang masih menggunakan rukyat murni. Keraguan dari berbagai ormas terhadap kredibilitas kriteria MABIMS (kriteria visibilitas hilal yang digunakan oleh Kementerian Agama RI) dan belum adanya kriteria pengganti yang digunakan sebagai kriteria tunggal menyebabkan sering terjadi perbedaan penentuan awal bulan hijriah (Sudibyo, 2012). Selama perbedaan kriteria tidak dapat disatukan maka perbedaan penetapan bulan-bulan tersebut akan sering muncul. Diperlukan pembelajaran tentang hilal dan kriteria visibilitas hilal agar muncul kesadaran dikalangan masyarakat untuk mulai menyatukan pendapat dan menyusun kriteria tunggal. Oleh karena itu dalam penelitian ini dikembangkan sebuah software hisab yang dinamakan Accurate Hijri Calculator 2.2. Software ini diharapkan dapat menjadi alat bantu dalam hisab (hisab murni maupun hisab imkanurrukyat) dan rukyat untuk penentuan awal bulan hijriah terutama untuk bulan-bulan yang krusial bagi ritual ibadah umat Islam, dan dalam jangka panjang software ini diharapkan dapat memberikan pembelajaran kepada masyarakat tentang bagaimana awal hijriah itu ditentukan dan bagaimana hilal dan kriteria visibilitas hilal.



## **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang ingin dipecahkan dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana membuat software hisab yang dapat mengakomodir golongan yang menggunakan sistem hisab murni, hisab imkanurrukyat, maupun rukyat murni?
2. Bagaimana memverifikasi hasil hisab software ini dengan data-data rukyat dan hisab yang valid dan mengembangkan software ini agar dapat memberikan hasil perhitungan yang akurat?
3. Bagaimana peranan software ini dalam pengambilan keputusan terkait dengan penentuan awal bulan hijriah?

Yang dimaksud mengakomodir pada kalimat Perumusan masalah pertama adalah bukan mempersatukan golongan-golongan yang berbeda pendapat tetapi bagaimana agar software hisab yang akan dibuat dapat digunakan oleh semua golongan.

## **1.3. Batasan Masalah**

Penelitian ini hanya dilakukan pada aspek software sebagai alat bantu hisab dan rukyat dalam penentuan awal bulan hijriah dan tidak pada aspek metode hisab dan rukyat serta permasalahan perbedaan terkait metode penetapan awal bulan hijriah.

## **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Membuat software yang dapat berfungsi sebagai alat bantu hitung dalam pengambilan keputusan terkait penentuan awal bulan hijriah terutama bulan-bulan yang krusial bagi ritual ibadah umat Islam, yaitu ramadhan, syawwal, dan dzulhijjah,
2. Menguji validitas hasil perhitungan software yang dibuat dengan data-data rukyat dan hisab yang valid, dan
3. Mengetahui peranan software yang dibuat dalam pengambilan keputusan terkait dengan penentuan awal bulan hijriah.

## 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat dirasakan setelah penelitian ini adalah :

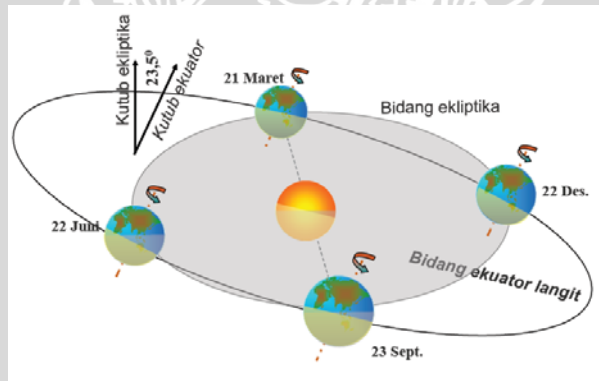
1. Bagi Masyarakat : software ini dapat mempermudah masyarakat dalam mengetahui secara lebih dini kapan permulaan bulan-bulan hijriah terutama bulan-bulan yang krusial bagi ritual ibadah umat Islam berdasarkan kriteria permulaan bulan hijriah yang diyakini sehingga masyarakat dapat lebih siap dalam menyambut datangnya bulan-bulan tersebut dan diharapkan akan tumbuh rasa toleransi terhadap perbedaan yang mungkin terjadi
2. Bagi Praktisi Rukyatul hilal : softawe ini dapat memandu para perukyat dalam menentukan arah pengamatan dan memperkecil kemungkinan kesalahan dalam pengamatan hilal.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tinjauan Mekanika Klasik Gerakan Revolusi Bumi dan Bulan

Bumi bergerak mengedari matahari setahun sekali putar penuhnya. Gerak bumi ini disebut gerak revolusi bumi. Periode revolusi bumi mengitari matahari rata-rata sebesar 365,2422518 hari. Lintasan orbit bumi berbentuk ellips dengan matahari berada pada salah satu titik fokusnya. Eksentrisitas orbit bumi adalah  $e = 0,017$  (mendekati orbit lingkaran) dengan radius rata-rata 149597870 km (disebut 1AU atau *Astronomical Unit*). Selain berevolusi, bumi juga melakukan gerak rotasi terhadap sumbunya. Dalam berevolusi mengelilingi matahari posisi sumbu rotasi bumi membentuk kemiringan sebesar  $23,5^\circ$  terhadap sumbu ekliptika (bidang edar bumi mengelilingi matahari) atau membentuk sudut  $66,5^\circ$  terhadap bidang ekliptika seperti terlihat pada Gambar 2.1. di bawah ini.



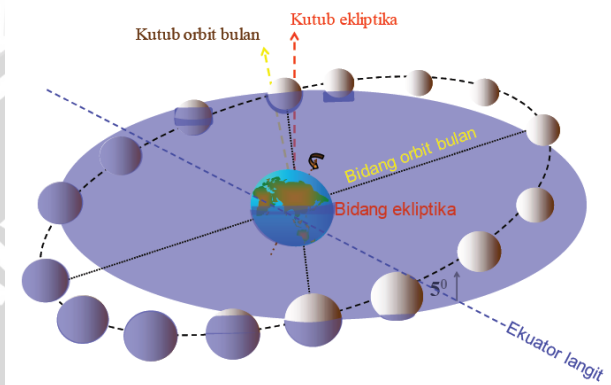
Sumber : (Nurwendaya, 2010)

**Gambar 2.1.** Gerak Revolusi Bumi Mengedari Matahari

Bidang ekuator langit pada gambar tersebut adalah perpanjangan dari garis ekuator bumi.

Sebagai satelit bumi, bulan melakukan gerak revolusi mengelilingi bumi. Periode revolusi bulan sebesar 27,3 hari. Lintasan orbit bulan berbentuk ellips dengan bumi berada di

salah satu titik fokusnya. Eksentrisitas orbit bulan adalah  $e = 0,055$  (mendekati orbit lingkaran) dengan radius rata-rata 384000 km. Bidang orbit bulan membentuk kemiringan  $5,2^\circ$  terhadap bidang ekuatorial (bidang edar bumi mengelilingi matahari) seperti terlihat pada Gambar 2.2. di bawah ini.



Sumber : (Nurwendaya, 2010)

**Gambar 2.2.** Gerak Revolusi Bulan Mengedari Bumi

Gerak revolusi sebuah objek terhadap objek lain disebabkan oleh adanya gaya sentral dalam hal ini yang bekerja adalah gaya gravitasi. Dalam subbab ini dibahas interaksi gaya gravitasi antara dua objek langit yang terisolir (satu-satunya gaya interaksi adalah gaya gravitasi antara keduanya) berdasarkan mekanika klasik. Dua benda yang saling berinteraksi secara gravitasi keduanya akan bersama-sama berevolusi terhadap pusat massa dari dua benda tersebut. Jika massa salah satu benda jauh lebih besar dari pada benda lainnya, maka pusat massa keduanya akan lebih dekat atau bahkan berada pada benda yang massanya lebih besar tersebut sehingga benda yang massanya lebih kecil akan berevolusi mengelilingi benda yang bermassa lebih besar. Inilah yang terjadi pada interaksi antara matahari dengan bumi dan bumi dengan bulan. Perbandingan massa bumi dengan matahari adalah  $1/330000$  sedangkan perbandingan massa bulan dengan bumi adalah  $0,012$  sehingga dalam interaksinya masing-masing, bulan berevolusi mengelilingi bumi dan bumi berevolusi mengelilingi matahari.

Misalkan massa benda yang lebih besar adalah  $M$  dan massa benda yang lebih kecil adalah  $m$ . Lagrangian sistem interaksi dua benda ini dalam koordinat polar ( $r, \theta$ ) adalah:

$$L = T - V = \frac{1}{2}m(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2) + \frac{GmM}{r} \quad (2.1)$$

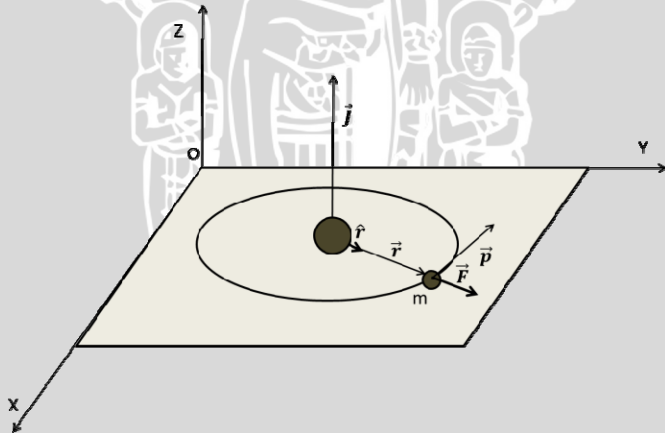
Potensial ( $V$ ) pada Persamaan (2.1) di atas adalah potensial gravitasi yang bersifat tarikan (*attractive*) sehingga bernilai negatif. Persamaan gerak sistem tersebut dengan menggunakan Euler Lagrange adalah :

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{r}} \right) - \frac{\partial L}{\partial r} = 0 \quad m\ddot{r} - mr\dot{\theta}^2 + \frac{GmM}{r^2} = 0 \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0 \quad \frac{\partial}{\partial t} (mr^2\dot{\theta}) = 0$$

$$mr^2\dot{\theta} = J = \text{konstan} \quad (2.3)$$

Persamaan (2.2) dan (2.3) adalah persamaan gerak revolusi  $m$  terhadap  $M$ . Dari Persamaan (2.3) didapatkan bahwa momentum sudut ( $J$ ) sistem adalah kekal. Karena momentum sudut adalah vektor, maka kekekalan momentum sudut berarti baik besarnya (magnitude) maupun arahnya adalah tetap.



**Gambar 2.3.** Orbit Revolusi Sistem Tetap dan Berada Pada Bidang Dua Dimensi XY

Karena  $\mathbf{J} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$  dengan  $\mathbf{p}$  adalah momentum linear benda yang berevolusi, maka kekekalan momentum sudut mengindikasikan bahwa orbit revolusi sistem ini tetap dan berada pada bidang dua dimensi seperti terlihat pada Gambar 2.3. Orbit revolusi sistem dapat diperoleh dengan menyelesaikan Persamaan (2.2) untuk mendapatkan persamaan orbit dalam bentuk  $r = r(\theta)$ . Dengan menganggap

$$r = \frac{1}{u} \quad (2.5)$$

dan menggunakan

$$\dot{\theta} = \frac{J}{mr^2} = \frac{J}{m} u^2 \quad (2.4)$$

maka  $\dot{r}$  dan  $\ddot{r}$  dalam  $u$  berbentuk seperti pada Persamaan (2.6) dan (2.7)

$$\dot{r} = -\frac{1}{u^2} \frac{du}{dt} = -\frac{1}{u^2} \frac{du}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{u^2} \dot{\theta} \frac{du}{d\theta} = -\frac{1}{u^2} \left( \frac{J}{m} u^2 \right) \frac{du}{d\theta}$$

$$\dot{r} = -\frac{J}{m} \frac{du}{d\theta} \quad (2.6)$$

$$\ddot{r} = -\frac{J}{m} \frac{d}{dt} \left( \frac{du}{d\theta} \right) = -\frac{J}{m} \frac{d^2 u}{d\theta^2} \frac{d\theta}{dt} = -\frac{J}{m} \dot{\theta} \frac{d^2 u}{d\theta^2}$$

$$\ddot{r} = -\frac{J}{m} \left( \frac{J}{m} u^2 \right) \frac{d^2 u}{d\theta^2} = -\frac{J^2}{m^2} u^2 \frac{d^2 u}{d\theta^2} \quad (2.7)$$

Dengan mensubstitusi  $\dot{\theta}$ ,  $\dot{r}$  dan  $\ddot{r}$  ke dalam Persamaan (2.2) maka didapatkan :

$$m \left( -\frac{J^2}{m^2} u^2 \frac{d^2 u}{d\theta^2} \right) - \frac{m\dot{\theta}^2}{u} + GmMu^2 = 0$$

$$m \left( -\frac{J^2}{m^2} u^2 \frac{d^2 u}{d\theta^2} \right) - \frac{m}{u} \left( \frac{J}{m} u^2 \right)^2 + GmMu^2 = 0$$

$$-\frac{J^2 u^2}{m} \frac{d^2 u}{d\theta^2} - \frac{J^2 u^3}{m} + GmMu^2 = 0$$

$$\frac{d^2 u}{d\theta^2} + u = \left( \frac{m}{J^2} \right) GmM = \frac{GMm^2}{J^2} \quad (2.8)$$

Persamaan diferensial seperti pada Persamaan (2.8) adalah persamaan diferensial non homogen. Bagian homogen dari Persamaan (2.8) adalah

$$\frac{d^2u}{d\theta^2} + u = 0 \quad (2.9)$$

yang serupa dengan persamaan gerak osilator harmonik sederhana dengan  $\omega = 1$  dan mempunyai solusi berbentuk :

$$u_h = A \cos(\theta - \emptyset) \quad (2.10)$$

dengan  $A$  dan  $\emptyset$  adalah konstanta. Sedangkan solusi bagian non homogen dari persamaan diferensial tersebut adalah :

$$u_p = \frac{GMm^2}{J^2} \quad (2.11)$$

Solusi umum persamaan diferensial (2.8) adalah jumlah dari solusi homogen dan non homogen, yaitu :

$$u = u_h + u_p$$

$$u = \frac{1}{r} = A \cos(\theta - \emptyset) + \frac{GMm^2}{J^2} \quad (2.12)$$

Konstanta  $\emptyset$  menentukan arah orbit dalam bidang dua dimensi dan dapat dianggap bernilai nol. Sedangkan konstanta  $A$  bernilai positif dan menentukan titik balik (*turning point*) dalam gerakan radial. Dengan menyusun kembali Persamaan (2.12) didapatkan :

$$r = \frac{J^2}{GMm^2} \frac{1}{1 + \frac{AJ^2}{GMm^2} \cos \theta} \quad (2.13)$$

Jika Persamaan (2.13) dibandingkan dengan persamaan umum irisan kerucut Persamaan (2.14) dibawah ini :

$$r = r_o \frac{1+e}{1+e \cos \theta} \quad (2.14)$$

dengan  $e$  adalah eksentrisitas yaitu ukuran kemampatan dari orbit, maka terlihat bahwa persamaan gerak sistem (Persamaan (2.13)) serupa dengan persamaan irisan kerucut (Persamaan (2.14)) yang termasuk didalamnya geometri lingkaran ( $e = 0$ ), ellips ( $0 < e < 1$ ), parabola ( $e = 1$ ), dan hiperbola ( $e > 1$ ) dengan  $e$  dan  $r_o$  bernilai :

$$e = \frac{AJ^2}{GMm^2} \quad (2.15)$$

$$r_o = \frac{J^2}{GMm^2} \frac{1}{1+e} \quad (2.16)$$

Untuk menentukan nilai  $A$  dihitung radius minimum dan maksimum orbit dari Persamaan (2.12) dan persamaan kekekalan energi. Radius minimum ( $r_1$ ) dan maksimum ( $r_2$ ) dari Persamaan (2.12) adalah :

$$\frac{1}{r_1} = \frac{GMm^2}{J^2} - A \quad \text{dan} \quad \frac{1}{r_2} = \frac{GMm^2}{J^2} - A \quad (2.17)$$

Sedangkan dari persamaan kekekalan energi seperti pada Persamaan (2.18) di bawah :

$$V_{eff} = \frac{-GMm}{r} + \frac{J^2}{2mr^2} = E \quad (2.18)$$

yang merupakan persamaan kuadrat dalam  $\left(\frac{1}{r}\right)$  dan memiliki solusi :

$$\frac{1}{r_1} = \frac{GMm^2}{J^2} + \left[ \left( \frac{-GMm^2}{J^2} \right)^2 + \frac{2mE}{J^2} \right]^{1/2} \quad (2.19)$$

dan

$$\frac{1}{r_2} = \frac{GMm^2}{J^2} - \left[ \left( \frac{-GMm^2}{J^2} \right)^2 + \frac{2mE}{J^2} \right]^{1/2} \quad (2.20)$$

Dengan membandingkan Persamaan (2.17) dengan Persamaan (2.19) dan (2.20) didapatkan bahwa nilai  $A$  adalah :

$$A = \left[ \left( \frac{-GMm^2}{J^2} \right)^2 + \frac{2mE}{J^2} \right]^{1/2} \quad (2.21)$$

Dengan nilai  $A$  seperti pada Persamaan (2.21) maka nilai eksentrisitas orbit pada Persamaan (2.15) dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$e = \sqrt{1 + \frac{2EJ^2}{G^2M^2m^3}} \quad (2.22)$$

Ekspresi lain untuk eksentrisitas dapat diperoleh dengan mendefinisikan radius minimum ( $r_{min}$ ) dan radius maksimum ( $r_{maks}$ ) dari persamaan umum irisan kerucut Persamaan (2.14), yaitu :



$$r_{min} = r_o \frac{1+e}{1-e} = r_o = \frac{J^2}{GMm^2} \frac{1}{1+e} \quad (2.23)$$

dan

$$r_{maks} = r_o \frac{1+e}{1-e} = \frac{J^2}{GMm^2} \frac{1}{1-e} \quad (2.24)$$

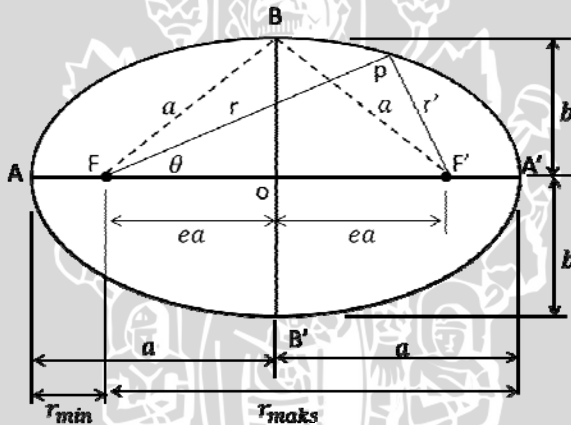
Dari Persamaan (2.23) dan (2.24) didapatkan :

$$\frac{r_{maks}}{r_{min}} = \frac{1+e}{1-e} \quad (2.25)$$

dan persamaan lain eksentrisitas dalam variabel  $r_{maks}$  dan  $r_{min}$  yaitu :

$$e = \frac{r_{maks} - r_{min}}{r_{maks} + r_{min}} \quad (2.26)$$

Geometri ellips dan besaran-besaran yang terkait dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah ini :



**Gambar 2.4.** Besaran-besaran Dalam Geometri ellips

Pada Gambar 2.4. tersebut,  $a$  adalah sumbu semimayor dan  $b$  adalah sumbu semiminor. Hubungan antara sumbu semiminor, semimayor, dan eksentrisitas adalah seperti pada Persamaan (2.27) berikut :

$$b = a(1 - e^2)^{1/2} \quad (2.27)$$

Dari Gambar 2.4. dan menggunakan Persamaan (2.23) dan (2.24) didapatkan :

$$2a = r_{min} + r_{maks} = \frac{2J^2}{GMm^2} \frac{1}{1 - e^2} \quad (2.28)$$

Jika dilakukan substitusi Persamaan (2.22) ke dalam Persamaan (2.28) maka didapatkan :

$$2a = -\frac{GMm}{E} \quad (2.29)$$

Dari Persamaan (2.29) didapatkan bahwa panjang sumbu mayor orbit bergantung pada energi objek yang mengorbit ( $E$ ) dan tidak bergantung pada momentum sudut ( $J$ ).

Kekekalan momentum sudut (Persamaan (2.3)) memberikan konsekuensi bahwa pada saat berevolusi vektor radius (garis yang menghubungkan kedua benda langit yang berinteraksi) sebuah benda langit menyapu luasan yang sama pada interval waktu yang sama. Misalkan pada interval waktu  $dt$  yang kecil, vektor radius menyapu luasan  $dA$  yang tidak lain adalah luas segitiga dengan alas  $rd\theta$  dan tinggi  $r$  sehingga

$$dA = \frac{1}{2}(r)(rd\theta) = \frac{1}{2}r^2d\theta \quad (2.30)$$

atau

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2}r^2 \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{2}r^2\dot{\theta} \quad (2.31)$$

Dengan menggunakan  $\dot{\theta} = \frac{J}{mr^2}$  dari Persamaan (2.3) dan disubstitusikan pada Persamaan (2.31) maka didapatkan :

$$\frac{dA}{dt} = \frac{J}{2m} = \text{konstan} \quad (2.32)$$

yang menyatakan bahwa kecepatan areal adalah konstan. Kekekalan momentum sudut pada gerakan revolusi benda langit juga dapat ditulis dalam bentuk Persamaan (2.33) di bawah ini

$$\mathbf{J} = \mathbf{r}_1 \times \mathbf{p}_1 = \mathbf{r}_2 \times \mathbf{p}_2 = \mathbf{r}_3 \times \mathbf{p}_3$$

atau

$$|J| = r_1 v_1 = r_2 v_2 = r_3 v_3 \quad (2.33)$$

Dari Persamaan (2.33) tersebut didapatkan bahwa jika vektor radius bertambah maka kecepatan berkurang dan sebaliknya seperti terlihat pada Gambar 2.5.

Hubungan antara periode revolusi dengan panjang sumbu semimayor dapat diperoleh dengan membandingkan luasan total orbit dari Persamaan (2.32) dengan luas ellips sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Luas area orbit ellips} &= \int_0^T \frac{J}{2m} = \frac{JT}{2m} = \pi ab \\ &= \pi a^2 \sqrt{1 - e^2} \end{aligned} \quad (2.34)$$

Dengan menggunakan Persamaan (2.28) yaitu :

$$a = \frac{J^2}{GMm^2} \frac{1}{1 - e^2}$$

atau

$$1 - e^2 = \frac{J^2}{GMm^2 a}$$

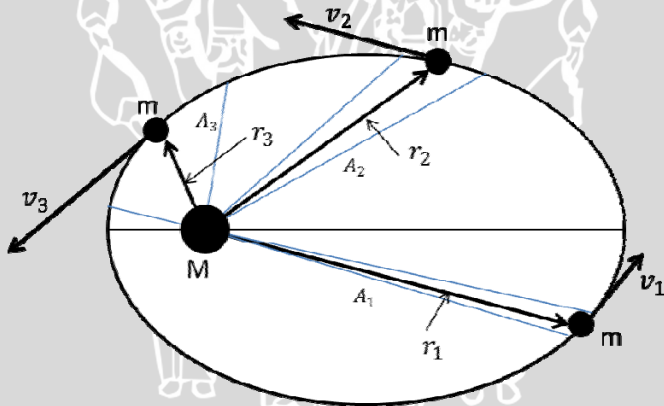
kemudian disubstitusikan pada Persamaan (2.34) didapatkan :

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} a^3$$

atau

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} = \text{konstan} \quad (2.35)$$

Hasil ini sesuai dengan Hukum Kepler III yang menyatakan bahwa kuadrat periode revolusi planet sebanding dengan pangkat tiga panjang semimayor orbit.



**Gambar 2.5.** Konsekuensi dari Kekekalan Momentum Sudut  $A_1 = A_2 = A_3$

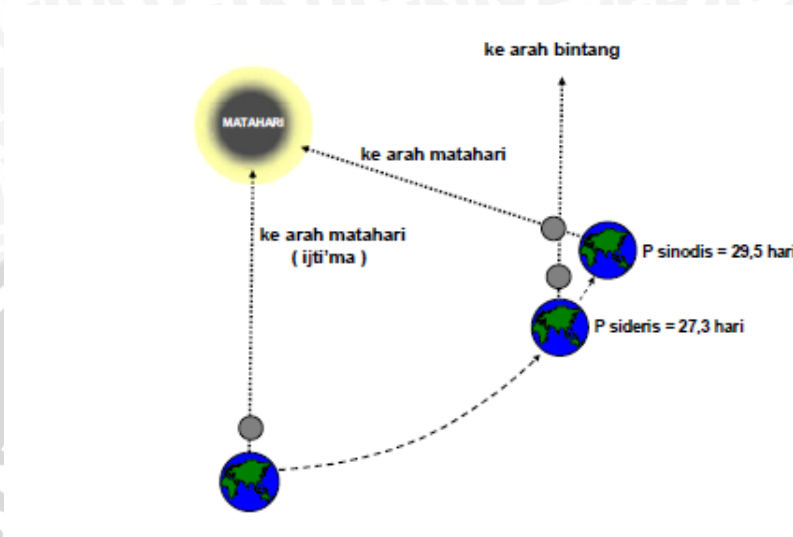
Dari pembahasan ini didapatkan bahwa lintasan gerak dari dua buah objek langit yang berinteraksi dengan gaya gravitasi adalah berbentuk irisan kerucut. Dalam kasus untuk interaksi antara bumi dengan matahari dan bulan dengan bumi

yang eksentrisitas orbitnya  $0 < e < 1$  maka lintasan orbitnya berbentuk ellipsis. Pada gerakan revolusi ini, momentum sudut dan energi sistem kekal. Energi benda yang berevolusi menentukan panjang semimayor orbit revolusi semakin besar energi maka semakin pendek sumbu semimayornya dan sebaliknya. Kekekalan momentum sudut membuat gerakan revolusi tetap pada bidang dua dimensi dan vektor radius benda yang berevolusi menyapu luasan yang sama pada waktu yang sama. Pada gerak revolusi ini juga berlaku Hukum ketiga Kepler yaitu kuadrat periode revolusi sebanding dengan pangkat tiga sumbu semimayor orbit.

## **2.2. Tinjauan Astronomi Penanggalan Hijriah**

### **2.2.1. Gerak Revolusi Bulan terhadap Bumi**

Sebagai satelit bumi, bulan berevolusi mengedari bumi. Sebenarnya bulan sekali berevolusi mengedari bumi atau satu kali putar penuhnya ( $360^\circ$ ) memerlukan waktu sekitar  $27\frac{1}{3}$  hari. Ditandai oleh letaknya akan kembali ke tempat semula di latar belakang bintang-bintang. Periode ini disebut 1 bulan sideris (sideris artinya bintang). Namun saat itu bentuk fasenya belum kembali ke bentuk semula. Baru setelah  $29\frac{1}{2}$  hari bulan kembali ke bentuk yang sama. Panjang waktu dari fase bulan baru (*new moon*) ke bulan baru berikutnya disebut 1 bulan sinodis (lunasi). Adanya perbedaan ini terjadi akibat selain bergerak mengedari bumi, bulan mengikuti bumi mengedari matahari (Nurwendaya, 2010). Gerakan Revolusi bulan ini seperti diperlihatkan pada Gambar 2.6. di bawah ini :

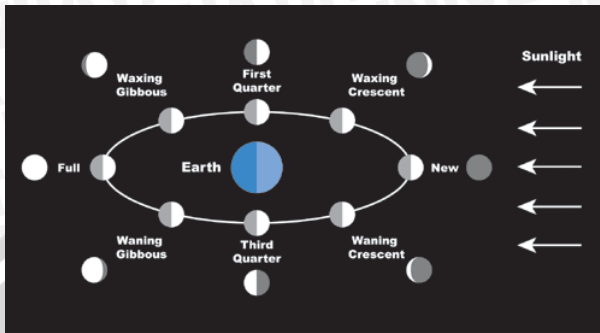


Sumber : (Nurwendaya, 2010)

**Gambar 2.6.** Periode Bulan Sideris dan Sinodis

### 2.2.2. Perubahan Fase atau Bentuk Bulan

Kenampakan bentuk bulan atau disebut juga fase bulan selalu berubah-ubah dari hari ke hari. Demikian juga posisinya terhadap matahari tergantung dari usia fasenya. Periode fase bulan disebut juga periode sinodis bulan, siklus bulan dari satu fase ke fase yang sama berikutnya rata-rata 29,53 hari, bisa mencapai terpendek 29,27 hari (dekat dengan 29 hari) dan terpanjang bisa mencapai 29,84 hari (dekat dengan 30 hari) (Nurwendaya, 2010). Fase-fase bulan tersebut adalah : bulan baru (*new moon*), sabit muda (*waxing crescent*), kwartir pertama (*first quarter*), bulan besar (*waxing gibbous*), bulan purnama (*full moon*), bulan susut (*waning gibbous*), kwartir kedua (*last quarter*), dan sabit tua (*waning crescent*). Fase-fase bulan tersebut seperti diperlihatkan ada Gambar 2.7 di bawah ini :



Sumber : ([paceplace.nasa.gov](http://paceplace.nasa.gov))

**Gambar 2.7.** Revolusi Bulan Terhadap Bumi dan Fase-fase Bulan

Fase bulan yang berkaitan erat dengan penentuan awal bulan hijriah adalah fase bulan baru (*new moon*) atau disebut juga *ijtima'*. *Ijtima'* adalah peristiwa segaris/sebidangnya pusat bulan dan pusat matahari dari pusat bumi. Dalam astronomi pada saat demikian bulan dan matahari memiliki bujur ekliptika atau bujur astronomi yang sama. Posisi demikian ditandai dengan fraksi iluminasi (presentase kenampakan cahaya hilal terhadap cahaya bulan penuh) minimum. *Ijtima'* berlangsung pada saat yang bersamaan di seluruh permukaan bumi walaupun seringkali dinyatakan dalam waktu lokal atau waktu setempat. Pada umumnya jika *ijtima'* terjadi sebelum matahari terbenam atau *ghurub* (*ijtima' qobla ghurub*) tinggi hilal pada saat matahari terbenam di suatu tempat berharga positif (hilal berada di atas ufuk). Sedangkan jika *ijtima'* terjadi setelah matahari terbenam (*ijtima' ba'da ghurub*) tinggi hilal pada saat matahari terbenam di suatu tempat berharga negatif (hilal berada di bawah ufuk). Namun akibat kemiringan ekliptika terhadap ekuator langit sekitar  $23,5^\circ$  dan posisi bulan di utara bumi atau selatan matahari, terutama di daerah sekitar khatulistiwa seperti Indonesia, menyebabkan ada saat-saat tertentu tinggi hilal berharga negatif (hilal berada di bawah ufuk) saat matahari terbenam walaupun *ijtima'* terjadi sebelum matahari terbenam dan tinggi hilal positif (hilal

berada di atas ufuk) saat matahari terbenam walaupun ijtima' terjadi setelah matahari terbenam (Nurwendaya, 2010).

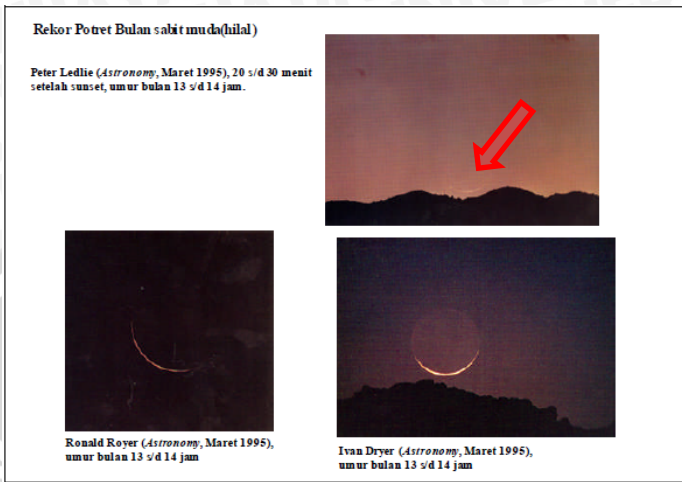
## **2.3. Kriteria Awal Bulan dalam Penanggalan Hijriah**

### **2.3.1. Ketentuan Awal Bulan Hijriah**

Berbeda dengan ijtima' atau bulan baru (*new moon*), awal bulan menandai awal penanggalan (tanggal 1) bulan hijriah bergantung pada posisi dan kenampakan hilal saat matahari terbenam (ghurub) tanggal 29 bulan hijriah yang sedang berjalan.

Menurut Nurwendaya (2010), Hisab penentuan awal bulan hijriah selalu menghitung posisi hilal pada tanggal 29 bulan hijriah dengan menerapkan ketentuan sebagai berikut :

- a. Jika pada saat ghurub tanggal 29 bulan hijriah, posisi bulan belum mencapai ijtima', secara astronomis maka bulan yang sedang berjalan berumur 30 hari, atau keesokan harinya masih berada di bulan yang sedang berjalan pada tanggal 30,
- b. Jika pada saat ghurub tanggal 29 bulan hijriah ijtima' sudah terjadi, posisi hilal terhadap matahari negatif atau hilal terbenam terlebih dahulu dibanding matahari, maka umur bulan yang sedang berjalan adalah 30 hari,
- c. Jika pada saat ghurub tanggal 29 bulan hijriah ijtima' sudah terjadi sebelum ghurub, posisi hilal positif atau matahari terbenam terlebih dahulu dibanding bulan, maka penentuan awal bulan berdasarkan kriteria syariah. Jika telah memenuhi kriteria yang digunakan maka sudah masuk awal bulan hijriah. Jika tidak memenuhi kriteria maka keesokan harinya masih tanggal 30 bulan hijriah yang sedang berjalan,
- d. Dalam beberapa kasus tertentu, tinggi hilal sudah positif pada saat ghurub, namun ijtima' belum terjadi. Secara astronomis dapat diterangkan bahwa hilal yang berada di atas ufuk tersebut bukan hilal awal bulan melainkan bulan sabit tua menjelang bulan baru atau bulan mati, sehingga keesokan harinya masih tanggal 30 bulan yang sedang berjalan.



Sumber : (Nurwendaya, 2010)

**Gambar 2.8.** Rekor Potret Bulan Sabit Muda (Hilal)

### 2.3.2. Kriteria Awal Bulan Hijriah

Kriteria penentuan awal bulan hijriah yang berkembang di masyarakat Indonesia maupun Internasional sangat beragam. Kriteria tersebut terkait dengan metode yang digunakan dalam penentuan awal bulan hijriah yang masih terpecah menjadi tiga metode, yaitu metode hisab murni, metode hisab imkanurrukyat, dan metode rukyat murni.

1. Metode hisab murni adalah metode penentuan awal bulan hijriah dengan melakukan perhitungan terhadap posisi hilal (apakah sudah berada di atas ufuk atau belum) pada ghurub tanggal 29 bulan hijriah yang sedang berjalan. Metode hisab murni yang digunakan oleh ormas Muhammadiyah dan Persatuan Islam (Persis) menggunakan kriteria *wujudul hilal* yang menyatakan bahwa : jika pada hari terjadinya konjungsi/ijtima' telah memenuhi dua kondisi, yaitu (1) konjungsi/ijtima' telah terjadi sebelum matahari terbenam, dan (2) bulan terbenam setelah matahari, maka mulai sore itu dinyatakan sebagai awal bulan hijriah (Arkanuddin, 2008). Meskipun menggunakan kriteria yang sama, tetapi



ormas Muhammadiyah menggunakan prinsip *wilayatul hukmi* (hilal wujud di sebagian wilayah diberlakukan untuk seluruh wilayah hukum di seluruh Indonesia), sedangkan Persis mensyaratkan *wujudul hilal* di seluruh Indonesia (Djamaluddin, 2010).

2. Metode rukyat murni adalah metode penentuan awal bulan hijriah dengan cara melakukan pengamatan hilal secara langsung pada saat ghurub tanggal 29 bulan hijriah yang sedang berjalan. Jika hilal telah terlihat maka awal bulan hijriah sudah dapat dimulai, tetapi jika belum terlihat maka dilakukan *istikmal* atau bulan yang sedang berjalan digenapkan 30 hari (Arkanuddin, 2008).
3. Metode hisab imkanurrukyat adalah metode penentuan awal bulan hijriah dengan cara menghitung bukan hanya posisi hilal (apakah sudah di atas ufuk atau belum), tetapi juga memperhitungkan peluang kenampakan hilal (visibilitas hilal) pada saat ghurub tanggal 29 bulan yang sedang berjalan. Metode hisab imkanurrukyat menggunakan syarat kenampakan hilal atau kriteria visibilitas hilal (*crescent visibility criteria*) dalam melakukan perhitungan penentuan awal bulan hijriah. Kriteria visibilitas hilal didasarkan pada hasil rukyat jangka panjang yang dihitung secara hisab, sehingga dua pendapat hisab dan rukyat dapat terakomodir. Kriteria tersebut digunakan untuk menghindari rukyat yang meragukan dan digunakan untuk penentuan awal bulan berdasarkan hisab (Djamaluddin, 2010). Beberapa kriteria visibilitas hilal yang berkembang di Indonesia dan internasional adalah sebagai berikut :
  - a. Kriteria MABIMS, yaitu kriteria Departemen Agama Indonesia yang diterima sebagai kriteria bersama dalam forum MABIMS pada tahun 1998 yang mencakup Negara : Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia, dan Singapura. Kriteria tersebut mensyaratkan : tinggi hilal minimal  $2^{\circ}$ , jarak dari matahari (elongasi) minimal  $3^{\circ}$ , atau umur hilal dihitung dari ijtima' sampai matahari terbenam minimal 8 jam (Nurwendaya, 2010).

- b. Kriteria LAPAN, yaitu kriteria yang diusulkan oleh Prof. Dr. Thomas Djamaluddin pada tahun 2000. Kriteria ini mensyaratkan : umur hilal minimal 8 jam, jarak sudut bulan-matahari minimal  $5,6^\circ$ , dan beda tinggi (tinggi bulan-tinggi matahari) ( $t$ ) minimal bergantung pada beda azimuth bulan-matahari ( $a$ ), untuk beda azimuth kurang dari  $6^\circ$  berlaku Rumus pendekatan (2.36) :

$$t > 0,14a^2 - 1,83a + 9,11 \quad (2.36)$$

(Nurwendaya, 2010).

- c. Kriteria RHI, yaitu kriteria yang diusulkan oleh organisasi Rukyatul Hilal Indonesia pada tahun 2012 menggunakan basis data rukyat yang telah dihimpun mulai tahun 2007. Kriteria ini mensyaratkan : beda altitude bulan dan matahari ( $a_D$ ) harus memenuhi Persamaan (2.37) di bawah ini :

$$a_D \geq 0,099DAZ^2 - 1,490DAZ + 10,382 \quad (2.37)$$

hingga  $Lag < 40$  menit. Dengan  $DAZ$  adalah beda azimuth bulan dan matahari, dan  $Lag$  adalah beda terbenam bulan dan matahari (Sudibyo, 2012).

- d. Kriteria Hisab-Rukyat Indonesia, yaitu kriteria yang diusulkan oleh Prof. Dr. Thomas Djamaluddin dari hasil analisis berbagai kriteria visibilitas hilal Internasional dan mengkaji ulang kriteria LAPAN (2000) yang didasarkan pada data rukyat di Indonesia. Kriteria ini mensyaratkan : jarak sudut bulan-matahari (elongasi)  $> 6,4^\circ$ , dan beda tinggi bulan-matahari  $> 4^\circ$  (Djamaluddin, 2010).
- e. Kriteria Maunder (1911), memberikan basis data beda altitude bulan-matahari ( $ARCV$ ) minimum untuk harga beda azimuth bulan-matahari ( $DAZ$ ) seperti pada Tabel 2.1. di bawah ini :

**Tabel 2.1.** Data Kriteria Maunder

<i>DAZ</i>	0°	5°	10°	15°	20°
<i>ARCV</i>	11.0	10.5	9.5	8.0	6.0

Kemudian dengan menggunakan metode least square dihasilkan rumus kriteria visibilitas hilal Maunder seperti Persamaan (2.38) di bawah ini :

$$ARCV > 11 - \frac{|DAZ|}{20} - \frac{DAZ^2}{100} \quad (2.38)$$

(Qureshi, 2005).

- f. Kriteria Indian (1966), memberikan basis data beda altitude bulan-matahari (*ARCV*) minimum untuk harga beda azimuth bulan-matahari (*DAZ*) seperti pada Tabel 2.2 di bawah ini :

**Tabel 2.2.** Data Kriteria Indian

<i>DAZ</i>	0°	5°	10°	15°	20°
<i>ARCV</i>	10.4	10.0	9.3	8.0	6.2

Kemudian dengan menggunakan metode least square dihasilkan rumus kriteria visibilitas hilal Indian seperti Persamaan (2.39) di bawah ini :

$$ARCV > 10.3743 - 0.0137|DAZ| - 0.0097DAZ^2 \quad (2.39)$$

(Qureshi, 2005).

- g. Kriteria Bruin (1977), memberikan basis data beda altitude bulan-matahari (*ARCV*) minimal sebagai fungsi ketebalan cahaya hilal (*W*) seperti pada Tabel 2.3 di bawah ini :

**Tabel 2.3.** Data Kriteria Bruin

<i>W</i>	0'.3	0'.5	0'.7	1'	2'	3'
<i>ARCV</i>	10.0	8.4	7.5	6.4	4.7	4.3

Kemudian dengan menggunakan metode least square dihasilkan rumus kriteria visibilitas hilal Bruin seperti Persamaan (2.40) di bawah ini :

$$ARCV > 12.4023 - 9.4878 W + 3.9512 W^2 - 0.5632 W^3 \quad (2.40)$$

Dengan ketebalan cahaya hilal dapat dirumuskan sebagai  $W = 15(1 - \cos ARCL)$

(Yallop, 1997).

- h. Kriteria Yallop (1997), yaitu kriteria yang diusulkan oleh Bernard Yallop dari HM NAO (Nautical Almanac Office). Kriteria Yallop berbentuk rumus matematis seperti Persamaan (2.41) di bawah ini :

$$q = (ARCV - (11.8371 - 6.3226W' + 0.7319W'^2 - 0.1018W'^3))/10 \quad (2.41)$$

dengan  $W'$  adalah ketebalan hilal secara toposentris yang dirumuskan sebagai  $W' = 0.27245\pi(1 + \sin h \sin \pi)(1 - \cos ARCL)$ ,  $h$  adalah altitude geocentric hilal,  $\pi$  adalah horizontal parallax hilal, dan  $ARCL$  adalah jarak sudut bulan-matahari (elongasi). Zona-zona visibilitas pada kriteria Yallop adalah :

Zona A ( $q > +0.216$ ) : hilal mudah dilihat dengan mata,

Zona B ( $+0.216 \geq q > -0.014$ ) : dapat dilihat dengan mata pada kondisi cuaca yang cerah,

Zona C ( $-0.014 \geq q > -0.160$ ) : kemungkinan dibutuhkan bantuan alat optik untuk melihat hilal,

Zona D ( $-0.160 \geq q > -0.232$ ) : dibutuhkan bantuan alat optik untuk melihat hilal,

Zona E ( $-0.232 \geq q > -0.293$ ) : tidak dapat dilihat dengan alat optik,

Zona F ( $-0.293 \geq q$ ) : tidak mungkin terlihat karena di bawah limit Danjon.

(Yallop, 1997).

- i. Kriteria SAAO (2001), yaitu kriteria yang diusulkan oleh Caldwell dan Laney dari South African Astronomical Observatory (SAAO) yang berupa basis data altitude piringan bawah bulan (*DALT*) minimal sebagai fungsi perbedaan azimuth (*DAZ*) seperti pada Tabel 2.4. di bawah ini:

**Tabel 2.4.** Data Kriteria SAAO

<i>DAZ</i>	0°	5°	10°	15°	20°
<i>DALT1</i>	6.3°	5.9°	4.9°	3.8°	2.6°
<i>DALT2</i>	8.2°	7.8°	6.8°	5.7°	4.5°

Jika altitude piringan bawah bulan lebih besar dari *DALT2* maka hilal dapat dilihat dengan mata telanjang. Jika altitude piringan bawah bulan antara *DALT1* dan *DALT2* maka hilal kemungkinan dapat dilihat dengan bantuan alat optik. Jika altitude piringan bawah bulan lebih kecil dari *DALT1* maka hilal tidak mungkin dapat dilihat (Yallop, 1997).

- j. Kriteria Odeh (2006), yaitu kriteria yang diusulkan oleh Muhammad SH. Odeh dari International Crescent Observation Project (ICOP) berdasarkan 737 data pengamatan hilal dari seluruh dunia menghasilkan basis data kriteria Odeh seperti pada Tabel 2.5. di bawah ini :

**Tabel 2.5.** Data Kriteria Odeh

W	0.1'	0.2'	0.3'	0.4'
ARCV1	5.6°	5.0°	4.4°	3.8°
ARCV2	8.5°	7.9°	7.3°	6.7°
ARCV3	12.2°	11.6°	11.0°	10.4°

**Tabel 2.5.** (Lanjutan)

W	0.5'	0.6'	0.7'	0.8'	0.9'
ARCV1	3.2 <sup>0</sup>	2.7 <sup>0</sup>	2.1 <sup>0</sup>	1.6 <sup>0</sup>	1.0 <sup>0</sup>
ARCV2	6.2 <sup>0</sup>	5.6 <sup>0</sup>	5.1 <sup>0</sup>	4.5 <sup>0</sup>	4.0 <sup>0</sup>
ARCV3	9.8 <sup>0</sup>	9.3 <sup>0</sup>	8.7 <sup>0</sup>	8.2 <sup>0</sup>	7.6 <sup>0</sup>

Persamaan kriteria Odeh yang diturunkan dari data di atas berbentuk seperti Persamaan (2.42) di bawah ini :

$$V = ARCV - (-0.1018W^3 + 0.7319W^2 - 6.3226W + 7.1651) \quad (2.42)$$

Dengan ARCV adalah beda altitude bulan dan matahari dan W adalah ketebalan hilal dalam menit busur dilihat secara toposentris. Zona-zona visibilitas pada kriteria Odeh adalah :

Zona A ( $V \geq 5.65$ ) : hilal dapat dilihat dengan mata telanjang,

Zona B ( $2 \leq V < 5.65$ ) : hilal dapat dilihat dengan bantuan alat optik, dan masih mungkin untuk dapat terlihat dengan mata telanjang,

Zona C ( $-0.96 \leq V < 2$ ) : hilal hanya dapat dilihat dengan bantuan alat optik saja,

Zona D ( $V \leq -0.96$ ) : hilal tidak terlihat walaupun dengan bantuan alat optik

(Odeh, 2006).

## **2.4. Algoritma-algoritma Terkait dengan Perhitungan Penentuan Awal Bulan Hijriah**

### **2.4.1. Algoritma Perhitungan Waktu Terjadinya Fase-fase Bulan**

Algoritma perhitungan waktu terjadinya fase-fase bulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma Jean Meeus (Meeus, 1998) yang diadopsi dari algoritma Chapront's ELP-2000/82 *theory for the moon* dan VSOP87 *theory of the sun*. Algoritma ini dapat

menghitung waktu terjadinya fase-fase bulan disekitar tanggal, bulan, dan tahun tertentu yang menjadi masukan. Algoritma ini menggunakan parameter nilai  $k$  dalam menghitung waktu terjadinya fase-fase bulan dalam *Julian Ephemeris Days* (JDE) *Dynamical Time* (TD). Nilai  $k=0$  mengacu pada fase bulan baru yang terjadi pada 6 Januari 2000. Bulan baru berikutnya terjadi pada kelipatan bilangan bulat dari  $k$ . Nilai integer  $k+0.25$  bersesuaian dengan waktu terjadinya fase Kwartir pertama (*First Quarter*), integer  $k+0.50$  untuk fase Bulan purnama (*Full Moon*), dan integer  $k+0.75$  untuk fase Kwartir terakhir (*Last Quarter*). Nilai  $k$  untuk fase bulan yang terjadi setelah atau sebelum tahun 2000 dapat didekati dengan Persamaan (2.43) di bawah ini :

$$k = (\text{desimal tahun} - 2000) \times 12.3685 \quad (2.43)$$

Waktu terjadinya fase-fase bulan dalam JDE TD dapat dihitung dengan Persamaan (2.44) di bawah ini

$$JDE = 2451550.09766 + 29.530588861k + 0.00015437T^2 - 0.000000150T^3 + 0.00000000073T^4 \quad (2.44)$$

dengan  $T = \frac{k}{1236.85}$ . Waktu JDE tersebut masih harus ditambah dengan beberapa koreksi. Koreksi-koreksi tersebut antara lain :

1. Koreksi pertama, bagi perhitungan waktu terjadinya fase *new moon*, *full moon*, *first quarter* dan *last quarter* :

**Tabel 2.6.** Koreksi Pertama untuk Perhitungan Waktu Fase *New Moon* dan *Full Moon*

<i>New Moon</i>	<i>Full Moon</i>	
-0.40720	-0.40614	$\times \sin M'$
$+0.17241 \times E$	$+0.17302 \times E$	M
+0.01608	+0.01614	$2M'$
+0.01039	+0.01043	$2F$

**Tabel 2.6.** (Lanjutan)

<i>New Moon</i>	<i>Full Moon</i>	
$+0.00739 \times E$	$+0.00734 \times E$	$\times \sin M' - M$
$-0.00514 \times E$	$-0.00515 \times E$	$M' + M$
$+0.00208 \times E^2$	$+0.00209 \times E^2$	$2M$
$-0.00111$	$-0.00111$	$M' - 2F$
$-0.00057$	$-0.00057$	$M' + 2F$
$+0.00056 \times E$	$+0.00056 \times E$	$2M' + M$
$-0.00042$	$-0.00042$	$3M'$
$+0.00042 \times E$	$+0.00042 \times E$	$M + 2F$
$+0.00038 \times E$	$+0.00038 \times E$	$M - 2F$
$-0.00024 \times E$	$-0.00024 \times E$	$2M' - M$
$-0.00017$	$-0.00017$	$\Omega$
$-0.00007$	$-0.00007$	$M' + 2M$
$+0.00004$	$+0.00004$	$2M' - 2F$
$+0.00004$	$+0.00004$	$3M$
$+0.00003$	$+0.00003$	$M' + M - 2F$
$+0.00003$	$+0.00003$	$2M' + 2F$
$-0.00003$	$-0.00003$	$M' + M + 2F$
$+0.00003$	$+0.00003$	$M' - M + 2F$
$-0.00002$	$-0.00002$	$M' - M - 2F$
$-0.00002$	$-0.00002$	$3M' + M$
$+0.00002$	$+0.00002$	$4M'$

**Tabel 2.7.** Koreksi Pertama untuk Perhitungan Waktu Fase *First Quarter* dan *Last Quarters*

<i>First Quarter and Last Quarters</i>	
$-0.62801$	$\times \sin M'$
$+0.17172 \times E$	$M$
$-0.01183 \times E$	$M' + M$
$+0.00862$	$2M'$
$+0.00804$	$2F$
$+0.00454 \times E$	$M' - M$
$+0.00204 \times E^2$	$2M$
$-0.00180$	$M' - 2F$



**Tabel 2.7.** (Lanjutan)

<i>First Quarter and Last Quarters</i>	
-0.00070	$M' + 2F$
-0.00040	$3M'$
$-0.00034 \times E$	$2M' - M$
$+0.00032 \times E$	$M + 2F$
$+0.00032 \times E$	$M - 2F$
$-0.00028 \times E^2$	$M' + 2M$
$+0.00027 \times E$	$2M' + M$
-0.00017	$\Omega$
-0.00005	$M' - M - 2F$
+0.00004	$2M' + 2F$
-0.00004	$M' + M + 2F$
+0.00004	$M' - 2M$
+0.00003	$M' + M - 2F$
+0.00003	$3M$
+0.00002	$2M' - 2F$
+0.00002	$M' - M + 2F$
-0.00002	$3M' + M$

dengan sudut-sudut dan koefisien terkait dijelaskan di bawah ini :

- $E = 1 - 0.002516T - 0.0000074T^2$
- Sun's mean anomaly* :  $M = 2.5534 + 29.10535670k - 0.0000014T^2 - 0.00000011T^3$
- Moon's mean anomaly* :  
 $M' = 201.5643 + 385.81693528k + 0.0107582T^2 + 0.00001238T^3 - 0.000000058T^4$
- Moon's argument of latitude* :  
 $F = 160.7108 + 390.67050284k - 0.0016118T^2 - 0.00000227T^3 + 0.000000011T^4$
- Longitude of the ascending node of lunar orbit* :

$$\Omega = 124.7746 - 1.56375588k + 0.0020672T^2 + 0.00000215T^3$$

2. Koreksi kedua, untuk perhitungan fase *quarter* (*first quarter* dan *last quarter*) :

- a. Untuk perhitungan fase *first quarter* :  $+W$
- b. Untuk perhitungan fase *last quarter* :  $-W$   
dengan  $W = 0.00306 - 0.00038 E \cos M + 0.00026 \cos M' - 0.00002 \cos(M' - M) + 0.00002 \cos(M' + M) + 0.00002 \cos 2F$

3. Koreksi ketiga, untuk perhitungan semua fase :

$$+0.000325 \times \sin A_1 + 0.000165 \times \sin A_2 + 0.000164 \times \sin A_3 + 0.000126 \times \sin A_4 + 0.000110 \times \sin A_5 + 0.000062 \times \sin A_6 + 0.000060 \times \sin A_7 + 0.000056 \times \sin A_8 + 0.000047 \times \sin A_9 + 0.000042 \times \sin A_{10} + 0.000040 \times \sin A_{11} + 0.000037 \times \sin A_{12} + 0.0000 \times \sin A_{13} + 0.000023 \times \sin A_{14}$$

dengan sudut-sudut terkait dijelaskan di bawah ini :

$$A_1 = 299.77 + 0.107408k - 0.009173T^2$$

$$A_2 = 251.88 + 0.016321k$$

$$A_3 = 251.83 + 26.651886k$$

$$A_4 = 349.42 + 36.412478k$$

$$A_5 = 84.66 + 18.206239k$$

$$A_6 = 141.74 + 53.303771k$$

$$A_7 = 207.14 + 2.453732k$$

$$A_8 = 154.84 + 7.306860k$$

$$A_9 = 34.52 + 27.261239k$$

$$A_{10} = 207.19 + 0.121824k$$

$$A_{11} = 291.34 + 1.844379k$$

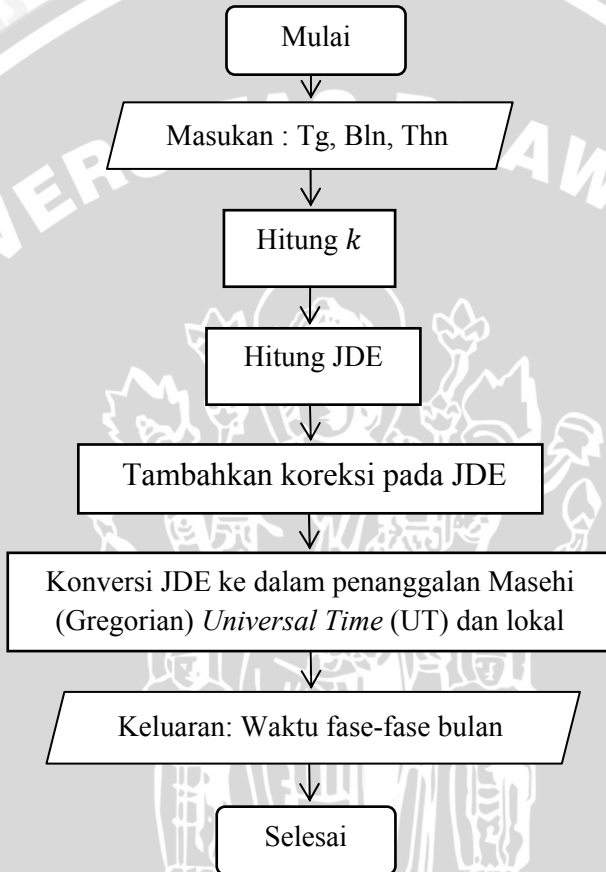
$$A_{12} = 161.72 + 24.198154k$$

$$A_{13} = 239.56 + 25.513099k$$

$$A_{14} = 331.55 + 3.592518k$$

Hasil perhitungan waktu terjadinya fase-fase bulan dari algoritma ini masih dalam JDE TD sehingga harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam sistem penanggalan Gregorian dalam *Universal Time* atau UT (GMT). Algoritma konversi dari penanggalan Julian ke Gregorian dapat dilihat

di Lampiran A.1 dan selisih antara TD dan UT (disebut juga  $\Delta T$ ) dapat dihitung dengan algoritma pada Lampiran A.10. Algoritma perhitungan waktu fase-fase bulan dapat diringkas seperti dalam diagram alir pada Gambar 2.9. di bawah ini :



**Gambar 2.9.** Diagram Alir Algoritma Perhitungan Waktu Terjadinya Fase-fase Bulan

#### 2.4.2. Algoritma Perhitungan Koordinat Bulan

Algoritma perhitungan koordinat bulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma Jean

Meeus (Meeus, 1998) yang mana suku-suku koreksi yang digunakan berdasarkan pada algoritma Chapront ELP-2000/82 *lunar theory*. Akurasi perhitungan dengan algoritma ini adalah sekitar 10" untuk longitude dan 4" untuk latitude. Algoritma ini dapat menghitung koordinat geocentric latitude, longitude, dan jarak antara pusat bumi dan bulan untuk masukan waktu, tanggal, bulan, dan tahun dalam Masehi (Gregorian). Masukan tanggal dalam Gregorian tersebut harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam sistem penanggalan *Julian Ephemeris Days* (JDE). Algoritma konversi Penanggalan Gregorian ke dalam penanggalan JDE dapat dilihat di Lampiran A.2. Kemudian dihitung  $T$  dalam satuan abad dengan Persamaan (2.45) di bawah :

$$T = \frac{JDE - 2451545}{36525} \quad (2.45)$$

Kemudian dihitung suku-suku koreksi untuk perhitungan Geocentric latitude (suku koreksi  $\sum b$ ), Geocentric longitude (suku koreksi  $\sum l$ ), dan jarak pusat bumi dan matahari (suku koreksi  $\sum r$ ). Suku-suku koreksi tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 2.8 dan Tabel 2.9. Sudut (*argument*) dari masing-masing Sinus (untuk  $\sum l$  dan  $\sum b$ ) dan Cosinus (untuk  $\sum r$ ) adalah kombinasi linier dari sudut-sudut  $D, M, M'$ , dan  $F$ . Sebagai contoh, nilai sudut pada baris ke-2 pada Tabel 2.8 adalah  $(2D - M')$  dan kontribusi pada  $\sum l$  dan  $\sum r$  berturut-turut adalah  $1274027 \sin(2D - M')$ , dan  $-3699111 \cos(2D - M')$ . Suku-suku yang mengandung sudut  $M$  tergantung pada eksentrisitas orbit bumi mengelilingi matahari yang nilainya berkurang terhadap waktu. Untuk memasukkan efek penurunan nilai eksentrisitas ini dalam perhitungan, maka suku-suku yang mengandung  $M$  atau  $-M$  dikalikan dengan  $E$ , dan suku-suku yang mengandung  $2M$  atau  $-2M$  dikalikan dengan  $E^2$ , dengan  $E$  adalah

$$E = 1 - 0.002516T - 0.0000074T^2$$

Sebagai contoh, suku ke-8 pada Tabel 2.6. memberikan kontribusi pada  $\sum l$  sebesar  $+57066 E \sin(2D - M - M')$ .

**Tabel 2.8.** Suku-suku Koreksi  $\sum l$  dan  $\sum r$  dalam Perhitungan Koordinat Bulan

Koefisien Sudut				$\sum l$ Koefisien Sin dari sudut	$\sum r$ Koefisien Cos dari sudut
D	M	M'	F		
0	0	1	0	6288774	-20905355
2	0	-1	0	1274027	-3699111
2	0	0	0	658314	-2955968
0	0	2	0	213618	-569925
0	1	0	0	-185116	48888
0	0	0	2	-114332	-3149
2	0	-2	0	58793	246158
2	-1	-1	0	57066	-152138
2	0	1	0	53322	-170733
2	-1	0	0	45758	-204586
0	1	-1	0	-40923	-129620
1	0	0	0	-34720	108743
0	1	1	0	-30383	104755
2	0	0	0	15327	10321
0	0	1	0	-12528	
0	0	1	0	10980	79661
4	0	-1	-2	10675	-34782
0	0	3	2	10034	-23210
4	0	-2	-2	8548	-21636
2	1	-1	0	-7888	24208
2	1	0	0	-6766	30824
1	0	-1	0	-5163	-8379

**Tabel 2.8.** (Lanjutan)

Koefisien Sudut				$\sum^l$	$\sum^r$
D	M	M'	F	Koefisien Sin	Koefisien Cos
1	1	0	0	4987	-16675
2	-1	1	0	4036	-12831
2	0	2	0	3994	-10445
4	0	0	0	3861	-11650
2	0	-3	0	3665	14403
0	1	-2	0	-2689	-7003
2	0	-1	2	-2602	
2	-1	-2	0	2390	10056
1	0	1	0	-2348	6322
2	-2	0	0	2236	-9884
0	1	2	0	-2120	5751
0	2	0	0	-2069	
2	-2	-1	0	2048	-4950
2	0	1	-2	-1773	4130
2	0	0	2	-1595	
4	-1	-1	0	1215	-3958
0	0	2	2	-1110	
3	0	-1	0	-892	3258
2	1	1	0	-810	2616
4	-1	-2	0	759	-1897
0	2	-1	0	-713	-2117
2	2	-1	0	-700	2354
2	1	-2	0	691	
2	-1	0	-2	596	
4	0	1	0	549	-1423
0	0	4	0	537	-1117

**Tabel 2.8.** (Lanjutan)

Koefisien Sudut				$\sum l$ Koefisien Sin	$\sum r$ Koefisien Cos
D	M	M'	F		
4	-1	0	0	520	-1571
1	0	-2	0	-487	-1739
2	1	0	-2	-399	
0	0	2	-2	-381	-4421
1	1	1	0	351	
3	0	-2	0	-340	
4	0	-3	0	330	
2	-1	2	0	327	
0	2	1	0	-323	1165
1	1	-1	0	299	
2	0	3	0	294	
2	0	-1	-2		8752

**Tabel 2.9.** Suku-suku Koreksi  $\sum b$  dalam Perhitungan Koordinat Bulan

Koefisien Sudut				$\sum b$ Koefisien Sin	Koefisien Sudut				$\sum b$ Koefisien Cos
D	M	M'	F		D	M	M'	F	
0	0	0	1	5128122	0	0	1	-3	777
0	0	1	1	280602	4	0	-2	1	671
0	0	1	-1	277693	2	0	0	-3	607
2	0	0	-1	173237	2	0	2	-1	596
2	0	-1	1	55413	2	-1	1	-1	491
2	0	-1	-1	46271	2	0	-2	1	-451
2	0	0	1	32573	0	0	3	-1	439

**Tabel 2.9.** (Lanjutan)

Koefisien Sudut				$\Sigma b$	Koefisien Sudut				$\Sigma b$
D	M	M'	F	Koefisien Sin	D	M	M'	F	Koefisien Cos
0	0	2	1	17198	2	0	2	1	422
2	0	1	-1	9266	2	0	-3	-1	421
0	0	2	-1	8822	2	1	-1	1	-366
2	-1	0	-1	8216	2	1	0	1	-351
2	0	-2	-1	4324	4	0	0	1	331
2	0	1	1	4200	2	-1	1	1	315
2	1	0	-1	-3359	2	-2	0	-1	302
2	-1	-1	1	2463	0	0	1	3	-283
2	-1	0	1	2211	2	1	1	-1	-229
2	-1	-1	-1	2056	1	1	0	-1	223
0	1	-1	-1	-1870	1	1	0	1	223
4	0	-1	-1	1828	0	1	-2	-1	-220
0	1	0	1	-1794	2	1	-1	-1	-220
0	0	0	3	-1749	0	0	1	1	-185
0	1	-1	1	-1565	4	-1	-2	-1	181
1	0	0	1	-1491	4	1	2	1	-177
0	1	1	1	-1475	1	0	-2	-1	176
0	1	1	-1	-1410	4	-1	-1	-1	166
0	1	0	-1	-1344	1	0	1	-1	-164
1	0	0	-1	-1335	4	0	1	-1	132
0	0	3	1	1107	1	0	-1	-1	-119
4	0	0	-1	1021	4	-1	0	-1	115
4	0	-1	1	833	2	-2	0	1	107

sudut-sudut dan koefisien pada suku-suku koreksi tersebut adalah sebagai berikut :

a) *Moon's mean longitude* :



$$L' = 218.3164477 + 481267.88123421T - 0.0015786T^2 + \frac{T^3}{538841} - \frac{T^4}{65194000}$$

b) *Mean elongation of the Moon* :

$$D = 297.8501921 + 445267.1114034T - 0.0018819T^2 + \frac{T^3}{545868} - \frac{T^4}{113065000}$$

c) *Sun's mean anomaly* :

$$M = 357.5291092 + 35999.0502909T - 0.0001536T^2 + \frac{T^3}{24490000}$$

d) *Moon's mean anomaly* :

$$M' = 134.9633964 + 477198.8675055T + 0.0087414T^2 + \frac{T^3}{69699} - \frac{T^4}{14712000}$$

e) *Moon's argument of latitude* :

$$F = 93.2720950 + 483202.0175233T - 0.0036539T^2 - \frac{T^3}{3526000} + \frac{T^4}{863310000}$$

$\Sigma l$  dan  $\Sigma b$  masih harus dikoreksi dengan menambahkan

$+3958 \sin A_1 + 1962 \sin(L' - F) + 318 \sin A_2$  pada  $\Sigma l$  dan menambahkan  $-2235 \sin L' + 382 \sin A_3 + 175 \sin(A_1 - F + 175 \sin A_1 + F + 127 \sin(L' - M') - 115 \sin(L' + M')$  pada  $\Sigma b$ . Sudut-sudut  $A_1, A_2$ , dan  $A_3$  pada koreksi tersebut adalah :

$$A_1 = 119.75 + 131.849T$$

$$A_2 = 53.09 + 479264.290T$$

$$A_3 = 313.45 + 481266.848T.$$

Kemudian koordinat geocentric bulan dan faktor parallax ekuator (*equatorial horizontal parallax*) dapat dihitung dengan Persamaan (2.46), (2.47), (2.48), dan (2.49) di bawah ini :

Geocentric Longitude ( $\lambda$ ) :

$$\lambda = L' + \frac{\sum l}{1000000} \quad (\text{dalam derajat}) \quad (2.46)$$

Geocentric Latitude ( $\beta$ ) :

$$\beta = \frac{\sum b}{1000000} \quad (\text{dalam derajat}) \quad (2.47)$$

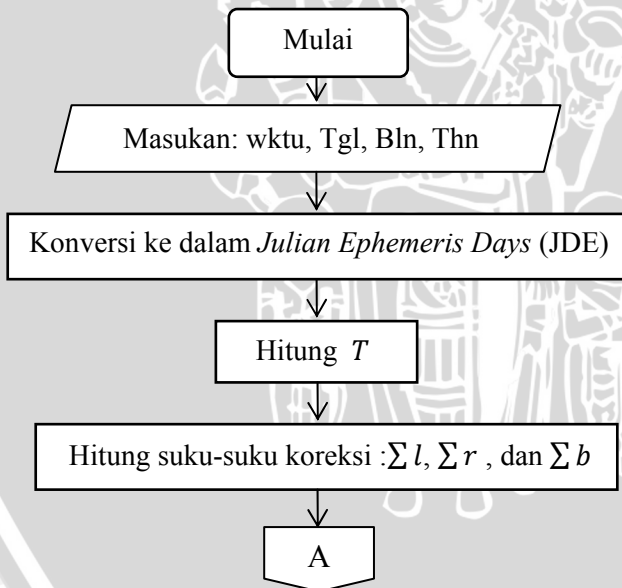
Jarak pusat bulan dan pusat bumi ( $\Delta$ ) :

$$\Delta = 385000.56 + \frac{\sum r}{1000} \quad (\text{dalam km}) \quad (2.48)$$

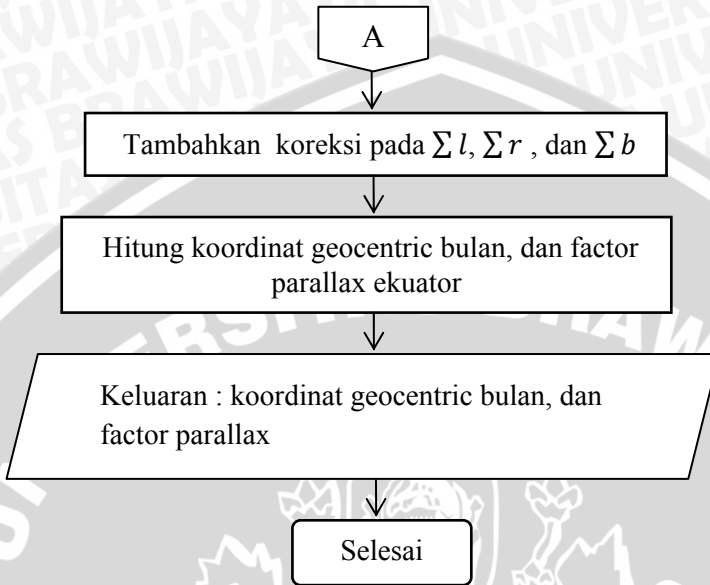
*Equatorial horizontal parallax* ( $\pi$ ) :

$$\sin \pi = \frac{6378.14}{\Delta} \quad (2.49)$$

Algoritma perhitungan koordinat geocentric bulan dapat diringkas seperti diperlihatkan dalam diagram alir pada Gambar 2.10. di bawah ini :



**Gambar 2.10.** Diagram Alir Algoritma Perhitungan Koordinat Bulan



**Gambar 2.10.** (Lanjutan)

### 2.4.3. Algoritma Perhitungan Koordinat Matahari

Algoritma perhitungan koordinat matahari yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma VSOP87 dengan reduksi faktor koreksi berdasarkan algoritma Jean Meeus (Meeus, 1998). Jumlah seluruh suku dari Algoritma VSOP87 tanpa reduksi adalah 2425 suku dengan 1080 suku untuk perhitungan longitude, 348 suku untuk perhitungan latitude, dan 997 untuk perhitungan jarak pusat bumi dan matahari (*radius vector*). Dalam algoritma Jean Meeus, suku-suku koreksi direduksi menjadi 195 suku dengan 129 suku untuk perhitungan longitude, 7 suku untuk perhitungan latitude, dan 59 suku untuk perhitungan *radius vector*. Kesalahan perhitungan koordinat matahari dengan algoritma ini kurang dari 1" untuk tahun -2000 dan 6000. Algoritma ini menghitung koordinat ekliptika matahari untuk masukan waktu, tanggal, bulan, dan tahun tertentu dalam Masehi (Gregorian). Masukan penanggalan Gregorian tersebut harus dikonversi ke dalam sistem penanggalan *Julian Ephemeris*

*Days* (JDE) terlebih dahulu. Kemudian dihitung  $\tau$  dalam Julian millennia epoch J2000 dengan Persamaan (2.50) di bawah ini :

$$\tau = \frac{JDE - 2451545.0}{365250} \quad (2.50)$$

Dengan menggunakan  $\tau$ , kemudian dihitung suku-suku koreksi untuk perhitungan heliocentric ecliptical longitude (L), ecliptical latitude (B), dan radius vector (R) dari matahari seperti Tabel B.1., Tabel B.2., dan Tabel B.3. pada Lampiran B. Untuk mendapatkan geocentric longitude ( $\odot$ ) dan geocentric latitude matahari ( $\beta$ ), dapat digunakan persamaan di bawah ini :

$$\odot = L + 180^\circ \quad \text{dan} \quad \beta = -B$$

Koordinat matahari yang didapatkan ( $\odot$  dan  $\beta$ ) harus dikonversi ke sistem FK5 dengan menambahkan koreksi  $\Delta\odot$  dan  $\Delta\beta$  menggunakan persamaan (2.51) dan (2.52) di bawah ini :

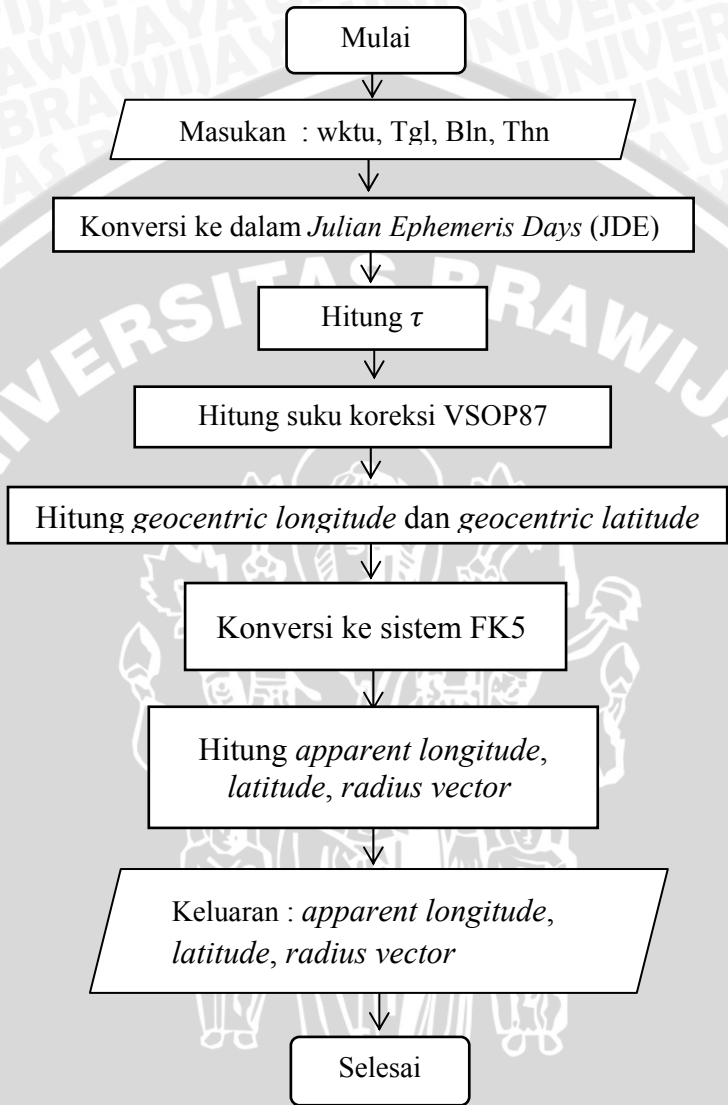
$$\Delta\odot = -0''.09033 \quad (2.51)$$

$$\Delta\beta = +0''.03916(\cos\lambda' - \sin\lambda') \quad (2.52)$$

dengan  $\lambda' = \odot - 1^\circ.397T - 0^\circ.00031T^2$ . Kemudian *apparent coordinat* (koordinat berdasarkan penglihatan) matahari dapat dihitung dengan menambahkan faktor koreksi *nutation in longitude* dan *aberration* pada geocentric longitude yang telah didapatkan sebelumnya ( $\odot$ ). Koreksi *nutation in longitude* seperti dijelaskan pada Lampiran A.7. dan koreksi *aberration* dapat dihitung dengan Persamaan (2.53) di bawah ini :

$$\text{Koreksi aberration} : \frac{-20''.4898}{R} \quad (2.53)$$

dengan R adalah radius vector dalam AU (1AU=149597870 km). Algoritma ini dapat diringkas seperti diperlihatkan dalam diagram alir pada Gambar (2.11) di bawah ini :



**Gambar 2.11.** Diagram Alir Algoritma Perhitungan Koordinat Matahari

#### 2.4.4. Algoritma Perhitungan Waktu Rising, Transit, dan Setting Bulan dan Matahari

Algoritma perhitungan waktu rising, transit, dan setting dari bulan dan matahari yang digunakan pada penelitian ini adalah algoritma Jean Meeus (Meeus, 1998). Waktu Rising adalah waktu ketika benda langit tepat mulai terlihat (altitudenya positif), setelah sebelumnya tidak terlihat karena altitudenya negatif terhadap ufuk (horizon), waktu transit adalah waktu ketika benda langit tepat berada di kulminasi atas pengamat, dan waktu setting adalah waktu ketika benda langit tepat mulai tak terlihat (altitudenya negatif), setelah sebelumnya terlihat karena altitudenya positif. Karena efek refraksi oleh atmosfer, suatu benda langit sebenarnya telah berada di bawah ufuk pada saat tepat terlihat tenggelam (*apparent setting*). Algoritma Jean Meeus ini telah memperhitungkan efek refraksi ini dengan mengambil nilai rata-rata koreksi geocentric altitude akibat refraksi oleh atmosfer sebesar  $0^{\circ}34'$ . Tetapi untuk matahari perhitungan rising, dan setting yang digunakan acuan bukan pusat matahari tetapi piringan atas matahari sehingga koreksi refraksi di atas harus ditambahkan dengan semidiameter, yaitu  $0^{\circ}16'$ . Untuk bulan, perhitungan lebih kompleks karena nilai semidiameter bulan tidak tetap dan adanya koreksi parallax. Dengan asumsi-asumsi tersebut, Algoritma ini menggunakan standar altitude ( $h_o$ ) untuk matahari sebesar  $-0^{\circ}50'$  dan untuk bulan sebesar  $0.7275\pi - 0^{\circ}34'$  dengan  $\pi$  adalah horizontal parallax bulan.

Algoritma Jean Meeus ini dapat menghitung waktu rising, transit, dan setting dari matahari dan bulan untuk masukan Tanggal (D), bulan (M), tahun (Y) dalam Masehi (Gregorian), dan koordinat lokasi. dengan masukan tersebut kemudian dihitung waktu sideris UT (*apparent sidereal time at  $0^h$  Universal Time*) atau  $\Theta_o$  untuk tanggal D dalam satuan derajat dan koordinat apparent right ascension dan declination bulan dan matahari pada tanggal D-1, D, dan D+1 pada waktu  $0^h TD$  yang berturut-turut disimbolkan sebagai  $\alpha_1, \delta_1, \alpha_2, \delta_2, \alpha_3, \delta_3$ . Perhitungan *Apparent sidereal*

*time at 0<sup>h</sup> Universal Time* dapat dilihat pada Lampiran A.5 dan perhitungan koordinat apparent right ascension bulan dan matahari dapat dilakukan dengan menghitung koordinat ekliptika dari bulan dan matahari seperti yang dijelaskan pada subbab 2.3.2. dan 2.3.3. sebelumnya kemudian menggunakan transformasi koordinat seperti yang dijelaskan pada Lampiran A.3. waktu pendekatan dapat dihitung dengan Persamaan (2.54) , (2.55), dan (2.56) di bawah ini :

Waktu perkiraan untuk transit :

$$m_0 = \frac{\alpha_2 + L - \theta_0}{360} \quad (2.54)$$

Waktu perkiraan untuk rising :

$$m_1 = m_0 - \frac{H_0}{360} \quad (2.55)$$

Waktu perkiraan untuk setting :

$$m_2 = m_0 + \frac{H_0}{360} \quad (2.56)$$

$H_0$  pada persamaan di atas dapat dihitung menggunakan :

$$\cos H_0 = \frac{\sin h_0 - \sin \varphi \sin \delta_2}{\cos \varphi \cos \delta_2}$$

dengan  $h_0$  adalah standar altitude yang telah dijelaskan sebelumnya, dan  $\varphi$  adalah koordinat lintang pengamat. Semua nilai  $m$  di atas adalah dalam decimal fraksi hari sehingga harus dalam batas antara 0 sampai 1.

Untuk masing-masing nilai  $m$  di atas harus ditambahkan koreksi  $\Delta m$  menurut Persamaan (2.57) dan (2.58) di bawah ini:

Koreksi untuk transit :

$$\Delta m = -\frac{H}{360} \quad (2.57)$$

Koreksi untuk rising dan setting :

$$\Delta m = \frac{h - h_0}{360 \cos \delta \cos \varphi \sin H} \quad (2.58)$$

dengan  $H$  pada Persamaan (2.57) adalah waktu sideris lokal (*Local Sidereal Time*) yang dihitung dengan Persamaan (2.59) di bawah ini :

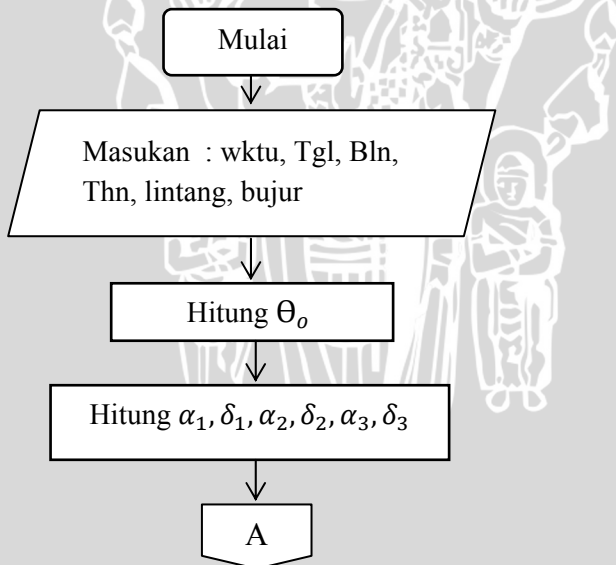
$$H = \theta_0 - L - \alpha \quad (2.59)$$

$h$  adalah altitude dari bulan atau matahari yang dapat dihitung dengan Persamaan (A.1) di Lampiran A.3.  $\alpha$  adalah right ascension hasil interpolasi dari  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  dan  $\delta$  adalah declination hasil interpolasi dari  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  dengan menggunakan algoritma interpolasi seperti dijelaskan pada Lampiran A.8. Dan  $\theta_0$  adalah waktu sideris Greenwich yang dapat dihitung dengan Persamaan di bawah ini :

$$\theta_0 = \Theta_0 + 360.985647m.$$

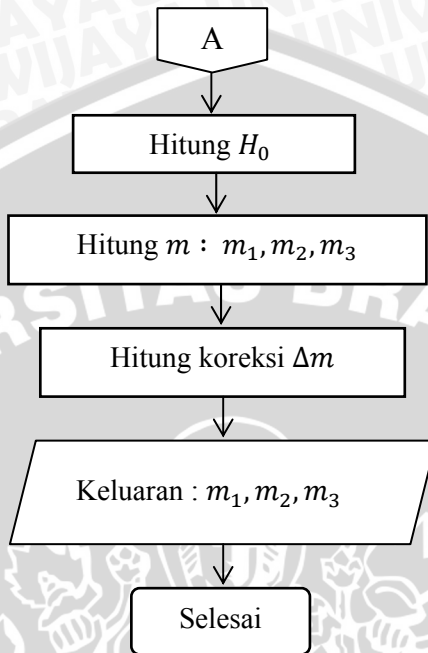
Nilai masing-masing  $m$  yang telah dikoreksi ini masih dalam satuan desimal hari sehingga harus dikalikan 24 untuk mengubahnya dalam satuan jam.

Algoritma perhitungan koordinat matahari ini dapat diringkas seperti diperlihatkan dalam diagram alir pada Gambar 2.12. di bawah ini :



**Gambar 2.12.** Diagram Alir Algoritma Perhitungan Waktu Rising, Transit, dan Setting Bulan dan Matahari





**Gambar 2.12.** (Lanjutan)

#### 2.4.5. Algoritma Perhitungan Fraksi Iluminasi Bulan

Algoritma perhitungan fraksi iluminasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma Jean Meeus (Meeus, 1998). Fraksi iluminasi bulan adalah luas bagian pringan bulan yang tersinari (*illuminated*) dibagi dengan luas piringan total dan biasanya dinyatakan dalam persentase. Algoritma Jean Meeus ini menghitung fraksi iluminasi bulan dari masukan tanggal, bulan, dan tahun dalam Masehi (Gregorian). Langkah-langkah perhitungan dalam algoritma ini adalah pertama masukan tanggal, bulan, dan tahun dalam Masehi tersebut dikonversi ke dalam *Julian Ephemeris Days* (JDE). Kemudian dihitung  $T$  dengan Persamaan (2.60) di bawah ini :

$$T = \frac{JDE-2451545}{36525} \quad (2.60)$$

Sudut fase (*phase angle*) bulan (*i*) dapat dihitung dengan Persamaan (2.61) di bawah ini :

$$i = 180^\circ - D - 6^\circ.289 \sin M' + 2^\circ.100 \sin M - 1^\circ.274 \sin(2D - M') - 0^\circ.658 \sin 2D - 0^\circ.214 \sin 2M' - 0^\circ.110 \sin D \quad (2.61)$$

dengan sudut-sudut  $D$ ,  $M$ , dan  $M'$  berturut-turut adalah rata-rata elongasi bulan (*mean elongation of the moon*), rata-rata anomali matahari (*Sun's mean anomaly*), dan rata-rata anomali bulan (*Moon's mean anomaly*) seperti yang digunakan dalam perhitungan suku-suku koreksi pada algoritma perhitungan koordinat bulan, yaitu sebagai berikut:

*Mean elongation of the Moon :*

$$D = 297.8501921 + 445267.1114034T - 0.0018819T^2 + \frac{545868}{T^3} - \frac{113065000}{T^4}$$

*Sun's mean anomaly :*

$$M = 357.5291092 + 35999.0502909T - 0.0001536T^2 + \frac{T^3}{24490000}$$

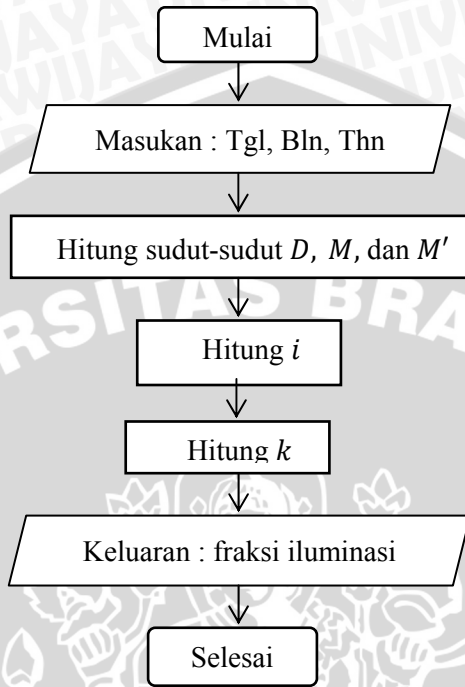
*Moon's mean anomaly :*

$$M' = 134.9633964 + 477198.8675055T + 0.0087414T^2 + \frac{T^3}{69699} - \frac{T^4}{14712000}$$

Kemudian fraksi iluminasi ( $k$ ) dapat dihitung dengan Persamaan (2.62) di bawah ini :

$$k = \frac{1 + \cos i}{2} \quad (2.62)$$

Algoritma ini dapat diringkas seperti diperlihatkan dalam diagram alir pada Gambar (2.13) di bawah ini :



**Gambar 2.13.** Diagram Alir Algoritma Perhitungan Fraksi Iluminasi Bulan

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)**



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

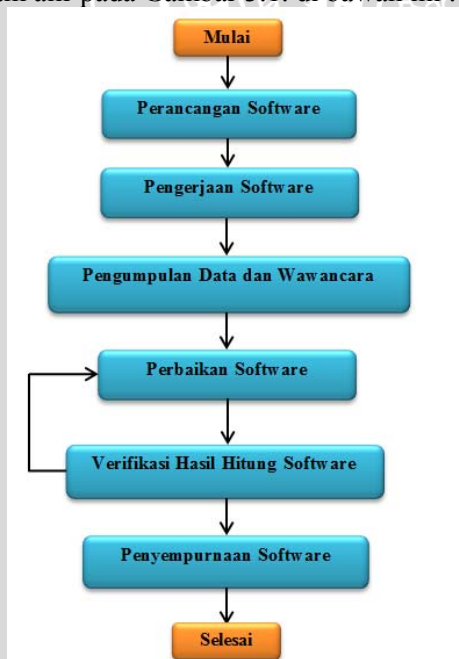
#### **3.1. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dimulai dengan perancangan dan pembuatan software yang dimulai pada Mei 2012. Tahap awal pembuatan software selesai pada Februari 2013 dan dilanjutkan dengan wawancara kepada tokoh-tokoh hisab dan rukyat pada 12-14 Maret 2013 yang dilaksanakan di Bosscha Bandung, Kementerian Agama RI Jakarta, LAPAN Jakarta, dan RHI Yogyakarta. Verifikasi hasil perhitungan software dengan data-data astronomi, hisab, dan rukyat dilakukan mulai 16 Maret 2013 sampai dengan akhir Mei 2013. Dan penyempurnaan software dilakukan mulai 17 Maret dan selesai pada Juni 2013.

#### **3.2. Langkah-langkah Pelaksanaan Penelitian**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain pembuatan software Accurate Hijri Calculator 2.2, wawancara dengan tokoh-tokoh hisab dan rukyat, pengumpulan data hisab dan rukyat, dan verifikasi hasil perhitungan software dengan data hisab dan rukyat. Pembuatan software terdiri dari dua tahap, yaitu tahap pertama pembuatan software terdiri dari perancangan fitur-fitur software, dan pengerjaan fitur-fitur yang telah dirancang sehingga menjadi prototipe software yang akan dipresentasikan pada saat wawancara dengan para tokoh astronomi hisab dan rukyat. Tahap kedua pembuatan software adalah perbaikan dan penyempurnaan software dengan mempertimbangkan semua saran dan masukan dari para tokoh. Wawancara dilakukan kepada tokoh-tokoh hisab dan rukyat di Indonesia, yaitu Prof. Dr. Thomas Djamaluddin (Profesor Riset Astronomi dan Astrofisika LAPAN yang juga peneliti dalam bidang visibilitas hilal dan salah satu pengusul kriteria visibilitas hilal di Indonesia), Mutoha Arkanuddin (Praktisi ilmu Falak dan Koordinator Lembaga Rukyatul Hilal Indonesia atau RHI), Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag. (Kasubdit Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama RI), Evan Irawan Akbar (Peneliti dan praktisi rukyatul hilal Bosscha). Data hisab dan

rukyat yang didapatkan pada saat wawancara terdiri dari data hisab Almanak 2012 yang diterbitkan oleh BMKG; data Ephemeris Hisab Rukyat 2011, 2012, dan 2013; data rukyat yang dilaporkan saat sidang isbat yang didapatkan dari Kementerian Agama RI, dan data rukyat mulai tahun 2007 samapai 2009 oleh RHI. Selain data-data tersebut, data hisab dan rukyat juga diambil dari data hisab software Accurate Time 5.3.4 dan software berbasis web yang dikeluarkan oleh USNO (*United State Naval Observatory*), dan data rukyat di berbagai lokasi di dunia yang diambil dari website moonsighting.com yang dirilis oleh lembaga Moonsighting Committee Worlwide. Data hisab dan rukyat tersebut kemudian digunakan sebagai pembanding dalam verifikasi data hasil hisab software Accurate Hijri Calculator 2.2 ini. Dari proses verifikasi data tersebut dapat diketahui keakuratan perhitungan software ini. Langkah-langkah pelaksanaan penelitian ini dapat diringkas seperti diperlihatkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1. di bawah ini :



**Gambar 3.1.** Diagram Alir Langkah-langkah Pelaksanaan Penelitian

### 3.2.1. Pembuatan Software

Perencanaan dan pembuatan software dimulai pada bulan Mei 2012 dan selesai pada Juni 2013. Software ini dibangun dengan menggunakan compiler Delphi 2009. Algoritma-algoritma perhitungan astronomi yang digunakan dalam pembuatan software ini antara lain :

1. Algoritma perhitungan waktu terjadinya fase-fase bulan (*new moon*, *first quarter*, *full moon*, dan *last quarter*) menggunakan algoritma Jean Meeus yang dikembangkan dari algoritma Chapront's ELP-2000/82 dan VSOP87 (telah dijelaskan di subbab 2.3.1),
2. Algoritma perhitungan koordinat bulan menggunakan algoritma Jean Meeus dengan suku-suku koreksi berdasarkan pada algoritma Chapront ELP-2000/82 (telah dijelaskan di subbab 2.3.2),
3. Algoritma perhitungan koordinat matahari menggunakan algoritma VSOP87 dengan reduksi faktor koreksi berdasarkan algoritma Jean Meeus (telah dijelaskan di subbab 2.3.3),
4. Algoritma perhitungan waktu rising, transit, dan setting bulan dan matahari menggunakan algoritma Jean Meeus (telah dijelaskan di subbab 2.3.4),
5. Algoritma perhitungan fraksi iluminasi bulan menggunakan algoritma Jean Meeus (telah dijelaskan di subbab 2.3.5),
6. Algoritma perhitungan *nutation in longitude* dan *obliquity of ecliptic* menggunakan algoritma Jean Meeus (seperti dijelaskan pada Lampiran A.7),
7. Algoritma perhitungan delta T ( $\Delta T$ ), yaitu selisih antara *Dynamical Time* (TD) dan *Universal Time* (UT) atau  $\Delta T = TD - UT$ , menggunakan algoritma dari NASA (seperti dijelaskan pada Lampiran A.10),
8. Algoritma konversi sistem kalender Masehi atau Gregorian ke dalam sistem *Julian Ephemeris Days* (JDE) atau sebaliknya menggunakan algoritma Jean Meeus (seperti dijelaskan pada Lampiran A.1 dan Lampiran A.2),
9. Algoritma koreksi Parallax menggunakan algoritma Jean Meeus (seperti dijelaskan pada Lampiran A.4),

10. Algoritma koreksi refraksi oleh atmosfer di daerah horizon menggunakan algoritma Jean Meeus (seperti dijelaskan pada Lampiran A.9),
11. Algoritma perhitungan waktu sideris pada  $0^h$  UT di Greenwich (*apparent sidereal time at Greenwich at  $0^h$  UT*) menggunakan algoritma Jean Meeus (seperti dijelaskan pada Lampiran A.5),
12. Algoritma perhitungan waktu sideris di Greenwich untuk masukan waktu tertentu (*apparent sidereal time at Greenwich at instant time*) menggunakan algoritma Jean Meeus (seperti dijelaskan pada Lampiran A.6),
13. Algoritma transformasi koordinat langit (koordinat ekuator, koordinat horizon, dan koordinat ekliptika) menggunakan algoritma Jean Meeus (seperti dijelaskan pada Lampiran A.3),
14. Algoritma perhitungan waktu shalat menggunakan algoritma Rinto Anugraha (Anugraha, 2012) (seperti dijelaskan pada Lampiran A.11),
15. Algoritma interpolasi Right Ascension dan Declination pada perhitungan waktu riefing, transit, dan setting bulan dan matahari menggunakan algoritma Jean Meeus (seperti dijelaskan pada Lampiran A.8),  
dan beberapa algoritma tambahan yang dibuat sendiri, antara lain :
  1. Algoritma perhitungan hari (senin, selasa, rabu, kamis, jumat, sabtu, atau minggu) dari tanggal, bulan, dan tahun (dalam Masehi) masukan (dijelaskan di subbab 4.1),
  2. Algoritma konversi sistem penanggalan dari Masehi ke Hijriah dengan menggunakan kriteria awal bulan hijriah berdasarkan kriteria MABIMS (dijelaskan di subbab 4.2),
  3. Algoritma looping perhitungan koordinat matahari dan bulan (dijelaskan di subbab 4.4), dan
  4. Algoritma untuk membuat peta visibilitas hilal berdasarkan berbagai kriteria (dijelaskan di subbab 4.5).



### **3.2.2. Pengumpulan Data dan Wawancara**

Pengumpulan data dan wawancara dilakukan pada tanggal 12-14 Maret 2013. Metode wawancara dilakukan untuk menghimpun pendapat-pendapat para tokoh hisab, rukyat dan astronomi terkait dengan keabsahan hasil hisab software ini terhadap penentuan awal bulan hijriah dan meminta saran-saran membangun untuk software ini. Metode wawancara juga dilakukan untuk menambah pengetahuan terkait dengan Hisab dan Rukyat secara umum. Wawancara dilakukan kepada ahli Astronomi, Hisab, dan Rukyat di Indonesia. Tokoh-tokoh yang diwawancarai tersebut adalah Prof. Dr. Thomas Djamaluddin (Profesor Riset Astronomi dan Astrofisika LAPAN), Mutoha Arkanuddin (Ketua Rukyatul Hilal Indonesia/RHI), Evan Irawan Akbar (Peneliti dan Praktisi Rukyatul Hilal Bosscha), dan Kasubdit Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama Republik Indonesia. Selain wawancara, dilakukan juga pengumpulan data pengamatan hilal (rukya) yang dihimpun dari Kementerian Agama RI dan Lembaga Rukyatul Hilal Indonesia (RHI).

### **3.2.3. Verifikasi Hasil Perhitungan Software dengan Data Hisab dan Rukyat**

Meode verifikasi dilakukan setelah metode pengumpulan data dan wawancara, yaitu antara 17 Maret – Juni 2013. Metode verifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan software ini terhadap data-data astronomi, data hisab, dan data rukyat yang valid untuk menguji keakuratan perhitungan software ini. Data-data astronomi yang digunakan sebagai pembanding terdiri dari dua jenis, yaitu data-data astronomi yang diperoleh dari hasil perhitungan komputer dengan menggunakan software perhitungan astronomi, yaitu software *Accurate Time 5.3.4* yang dibuat oleh *Islamic Crescent Observation Project* (ICOP), dan program berbasis web yang dibuat oleh USNO (*United State Naval Observatory*); dan data astronomi yang

diperoleh dari observasi/pengamatan secara langsung yang dihimpun oleh Kementerian Agama RI, Lembaga Rukyatul Hilal Indonesia, dan website moonsighting.com.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## BAB IV IMPLEMENTASI DALAM PROGRAM, HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Implementasi Dalam Program

Software Accurate Hijri Calculator 2.2 dibangun dengan menggunakan compiler Delphi 2009. Program Accurate Hijri Calculator 2.2 dibangun oleh 21 unit program terdiri dari 1 buah unit program utama dan 20 unit program pembantu. Semua unit tersebut saling terkait satu sama lain untuk menciptakan berbagai fitur dan menu program dalam software Accurate Hijri Calculator 2.2 yang berjumlah 20 fitur. Diagram alir struktur program Accurate Hijri Calculator 2.2 dapat dilihat pada Lampiran C. Unit-unit program tersebut antara lain :

1. Unit Tool, berisi beberapa function dan procedure perhitungan matematis dan algoritma dasar yang dibutuhkan oleh unit-unit yang lain, terdiri dari perhitungan konversi satuan waktu dari jam ke H:M:S (Hour : Minute : second), konversi satuan sudut dari derajat ke D:M:S (Degree : Minute : Second), konversi satuan sudut dari derajat ke H:M:S, konversi sistem penanggalan Gregorian ke Julian Day dan sebaliknya, perhitungan  $\Delta T$ , perhitungan true obliquity, dan koreksi parallax,
2. Unit PrayerTime, berisi procedure perhitungan waktu shalat menggunakan algoritma Rinto Anugraha seperti yang dijelaskan pada Lampiran L,
3. Unit IlluminatedFraction, berisi procedure perhitungan fraksi iluminasi bulan menggunakan algoritma Jean Meeus seperti yang dijelaskan pada subbab 2.3.5.,
4. Unit MoonPhase, berisi procedure perhitungan waktu permulaan terjadinya fase-fase bulan menggunakan algoritma seperti yang dijelaskan pada subbab 2.3.1.,
5. Unit MoonkoordinatELP, berisi procedure perhitungan koordinat bulan menggunakan algoritma seperti yang dijelaskan pada subbab 2.3.2.,
6. Unit SunkoordinatVSOP87, berisi procedure perhitungan koordinat matahari menggunakan algoritma seperti yang dijelaskan pada subbab 2.3.3.,

7. Unit\_RisingTransitofMoon, berisi procedure perhitungan waktu rising, transit, dan setting bulan menggunakan algoritma seperti yang dijelaskan pada subbab 2.3.4.,
8. Unit\_RisingTransitofSun, berisi procedure perhitungan waktu rising, transit, dan setting matahari menggunakan algoritma seperti yang dijelaskan pada subbab 2.3.4.,
9. Unit\_KonversikeHijriah, berisi procedure konversi penanggalan Masehi (Gregorian) ke penanggalan Hijriah dengan algoritma konversi yang dikembangkan sendiri. Unit ini membutuhkan perhitungan koordinat bulan dari unit\_MoonkoordinatELP, perhitungan waktu setting matahari dari unit\_RisingTransitofSun, dan perhitungan konversi sistem penanggalan dari Julian Days ke Gregorian dari unit\_Tool,
10. UVisibilitas, berisi procedure perhitungan parameter-parameter visibilitas hilal bagi kriteria visibilitas hilal di Indonesia maupun Internasional. Parameter-parameter visibilitas hilal yang dihitung oleh unit ini antara lain altitude bulan, ARCV (beda altitude bulan dan matahari), ARCL (jarak sudut bulan dan matahari atau elongasi), DAZ (beda azimuth matahari dan bulan), ketebalan hilal (*crescent width*), parameter V pada kriteria Odeh, parameter q pada kriteria Yallop, dan rumus kriteria visibilitas Indian, Maunder, dan Bruin. Unit ini membutuhkan perhitungan koordinat bulan dari Unit\_MoonkoordinatELP, perhitungan koordinat matahari dari Unit\_SunkoordinatVSOP87, perhitungan waktu setting matahari dari Unit\_RisingTransitofSun, dan beberapa function matematis dari Unit\_Tool,
11. UCrescent\_Visibility, adalah unit form yang berisi procedure membuat peta visibilitas hilal berdasarkan berbagai kriteria visibilitas hilal baik di Indonesia maupun Internasional. Kriteria visibilitas hilal yang dihitung dalam unit ini antara lain kriteria MABIMS, RHI, Hisab Rukyat Indonesia, Odeh, Yallop, SAAO, Maunder, Indian, dan Bruin. Unit ini membutuhkan perhitungan parameter visibilitas hilal dari unit UVisibilitas. Unit ini menghasilkan menu Crescent,
12. Unit\_Muharram, adalah unit form yang berisi procedure perhitungan parameter-parameter dalam penentuan awal bulan Muharram, yaitu waktu 'ijtima' (bulan baru) menjelang

- Muharram, waktu setting matahari dan bulan, fraksi iluminasi hilal, posisi hilal dan matahari, dan peta visibilitas hilal ensemble/gabungan. Unit ini menghasilkan menu Muharram,
13. Unit\_Syawwal, adalah unit form yang berisi procedure perhitungan parameter-parameter dalam penentuan awal bulan Syawwal, yaitu waktu ijtima' (bulan baru) menjelang Syawwal, waktu setting matahari dan bulan, fraksi iluminasi hilal, posisi hilal dan matahari, dan peta visibilitas hilal ensemble/gabungan. Unit ini menghasilkan menu Syawwal,
  14. Unit\_Ramadhan, adalah unit form yang berisi procedure perhitungan parameter-parameter dalam penentuan awal bulan Ramadhan, yaitu waktu ijtima' (bulan baru) menjelang bulan Ramadhan, waktu setting matahari dan bulan, fraksi iluminasi hilal, posisi hilal dan matahari, dan peta visibilitas hilal ensemble/gabungan. Unit ini menghasilkan menu Ramadhan,
  15. Unit\_10Dzulhijjah, adalah unit form yang berisi procedure perhitungan parameter-parameter dalam penentuan awal bulan Dzulhijjah, yaitu waktu ijtima' (bulan baru) menjelang bulan Dzulhijjah, waktu setting matahari dan bulan, fraksi iluminasi hilal, posisi hilal dan matahari, dan peta visibilitas hilal ensemble/gabungan. Unit ini menghasilkan menu 10Dzulhijjah,
  16. Unit\_SetLocation, adalah unit form yang berisi database koordinat kota-kota besar di dunia dan kabupaten dan kota-kota di Indonesia. Unit ini menghasilkan menu Set Location,
  17. Unit\_Moonkoordinat, adalah unit form yang berisi procedure untuk menampilkan hasil perhitungan koordinat bulan dari Unit\_MoonkoordinatELP dan menghasilkan menu Moon,
  18. Unit\_Sunkoordinat, adalah unit form yang berisi procedure untuk menampilkan hasil perhitungan koordinat matahari dari Unit\_SunkoordinatVSOP87 dan menghasilkan menu Sun,
  19. Unit\_MoonEphemeris, adalah unit form yang berisi procedure perhitungan koordinat bulan dalam rentangan waktu tertentu (masukan) dan menampilkannya sebagai database yang dapat disimpan dan dicetak. Unit ini membutuhkan procedure perhitungan koordinat bulan yang disediakan oleh Unit\_MoonkoordinatELP. Unit ini menghasilkan fitur MoonEphemeris yang termasuk dalam menu Moon,

20. Unit SunEphemeris, adalah unit form yang berisi procedure perhitungan koordinat matahari dalam rentangan waktu tertentu (masukan) dan menampilkannya sebagai database yang dapat disimpan dan dicetak. Unit ini membutuhkan procedure perhitungan koordinat matahari yang disediakan oleh Unit\_SunkoordinatVSOP87. Unit ini menghasilkan menu SunEphemeris yang termasuk dalam menu Sun,
21. Unit Utama UPenanggalanHijriah1, adalah unit program utama berbentuk VCL form application yang menjadi muara dari semua unit yang lain. Unit ini yang menyediakan perintah-perintah (events) untuk mengeksekusi fitur-fitur dan menu-menu yang disediakan oleh software.

Penjelasan lebih detil mengenai struktur program dari fitur-fitur dan menu utama software Accurate Hijri Calculator 2.2 dijelaskan pada subbab-subbab di bawah ini :

#### **4.1.1. Fitur Gregorian Calendar**

Fitur Gregorian calendar adalah fitur tampilan tanggal, bulan, dan tahun Masehi yang dapat berfungsi sebagai masukan bagi perhitungan dalam software. Pilihan tahun dan bulan menggunakan komponen list box (lsbTahun dan lsbBulan) dan pilihan tanggal menggunakan komponen bitbutton (btt1 sampai btt38) yang disusun dalam kolom dan baris berdasarkan hari yang bersesuaian dengan tanggal-tanggal tersebut (lihat Gambar 4.1). Penyusunan bitbutton tanggal ini dilakukan dengan menghitung hari yang bersesuaian dengan tanggal 1 dari bulan dan tahun yang dipilih pada lsbBulan dan lsbTahun kemudian bitbutton pertama yang berada di kolom hari tersebut diubah property caption-nya menjadi angka 1 dan bitbutton selanjutnya berturut-turut mengikuti urutan tanggal sampai pada tanggal maksimum pada bulan pilihan tersebut. Penyusunan bitbutton tanggal ini dilakukan saat event FormShow dari unit utama (UPenanggalanHijriah1), event lsbBulanClick, dan event lsbTahunClick dipanggil. Event FormShow mengambil masukan bulan, dan tahun dari waktu mesin untuk menyusun bitbutton tanggal, sedangkan event lsbTahunClick dan lsbBulanClick mengambil masukan dari bulan dan tahun yang dipilih (property itemindex) pada lsbBulan dan lsbTahun.

Perhitungan hari untuk tanggal, bulan, dan tahun (dalam Masehi) tertentu menggunakan algoritma perhitungan selisih tanggal (jumlah hari) terhadap tanggal 1 Januari 2012 yang merupakan hari minggu. Perhitungan dikelompokkan menjadi dua yaitu perhitungan untuk tahun masukan lebih dari 2012 dan perhitungan untuk tahun masukan kurang dari 2012. Untuk perhitungan dengan tahun masukan lebih dari 2012, jika jumlah hari habis dibagi 7 (sisa bagi adalah 0) maka hari tersebut adalah minggu, jika sisa pembagian jumlah hari terhadap 7 adalah 1 maka hari tersebut adalah senin, dan jika sisa bagi adalah 2, 3, 4, 5, 6 maka hari tersebut secara berurutan adalah Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, Sabtu. Untuk perhitungan dengan tahun masukan kurang dari 2012, jika jumlah hari habis dibagi 7 (sisa bagi adalah 0) maka hari tersebut adalah minggu, jika sisa pembagian jumlah hari terhadap 7 adalah 1 maka hari tersebut adalah Sabtu, dan jika sisa bagi adalah 2, 3, 4, 5, 6 maka hari tersebut secara berturut-turut adalah Jumat, Kamis, Rabu, Selasa, Senin. Perhitungan selisih tanggal (jumlah hari) memanfaatkan function `Jml_Hari` untuk menghitung jumlah hari dalam tahun tertentu yang dihitung mulai tanggal 1 Januari pada tahun tersebut sampai tanggal pada bulan tertentu (masukan function adalah tanggal, bulan, dan tahun). Function `Jml_Hari` adalah sebagai berikut :

```
Function Jml_Hari(Tg,Bl,Th:Integer):integer;
var
  F:Integer;
begin
  if Th mod 100=0 then
    Begin
      if Th mod 400=0 then
        F:=29
      else
        F:=28;
      end
    else
      Begin
        if Th mod 4=0 then
          F:=29
```

```

else
    F:=28;
end;
if (Bl=1) then
    Jml_Hari:= Tg-1
else if (Bl=2) then
    Jml_Hari:= 31+Tg-1
else if (Bl=3) then
    Jml_Hari:=31+F+Tg-1
else if (Bl=4) then
    Jml_Hari:=31+F+31+Tg-1
else if (Bl=5) then
    Jml_Hari:=31+F+31+30+Tg-1
else if (Bl=6) then
    Jml_Hari:=31+F+31+30+31+Tg-1
else if (Bl=7) then
    Jml_Hari:=31+F+31+30+31+30+Tg-1
else if (Bl=8) then
    Jml_Hari:=31+F+31+30+31+30+31+Tg-1
else if (Bl=9) then
    Jml_Hari:=31+F+31+30+31+30+31+31+Tg-1
else if (Bl=10) then
    Jml_Hari:= 31+F+31+30+31+30+31+31+30+Tg-1
else if (Bl=11) then
    Jml_Hari:=31+F+31+30+31+30+31+31+30+31+Tg-1
else if (Bl=12) then

```

```

    Jml_Hari:=31+F+31+30+31+30+31+31+30+31+30+Tg-1
end;

```

dan Procedure perhitungan hari untuk masukan tanggal, bulan, dan tahun adalah sebagai berikut:

```

Procedure (Tg,Bl,Th:integer; var edHari:String);
Var
    Hari,H,I, JmlHari,JHari:integer;
Begin

```



{Perhitungan selisih hari untuk pilihan tahun yang lebih besar dari 2012}

```
if Th >= 2012 then
begin
slshTh:=Th-2012;
if slshTh=0 then
begin
JmlHari:=Jml_Hari(Bl,Tg,Th);
end;
if slshTh>0 then
begin
JHari:=0;
for i := 2012 to (Th-1) do
begin
if i mod 100=0 then
Begin
if i mod 400=0 then JHari:=JHari+366
else JHari:=JHari+365;
End
else
Begin
if i mod 4=0 then JHari:=JHari+366
else JHari:=JHari+365;
End;
end;
H:=Jml_Hari(Bl,Tg,Th);
JmlHari:=JHari+H;
end;
Hari:= JmlHari mod 7;
if Hari=0 then
edHari:='Minggu'
else if Hari=1 then
edHari:='Senin'
else if Hari=2 then
edHari:='Selasa'
else if Hari=3 then
edHari:='Rabu'
```

```
else if Hari=4 then
    edHari:='Kamis'
else if Hari=5 then
    edHari:='Jumat'
else if Hari=6 then
    edHari:='Sabtu';
end;
```

```
{Perhitungan selisih hari untuk pilihan tahun yang lebih kecil dari
2012}
```

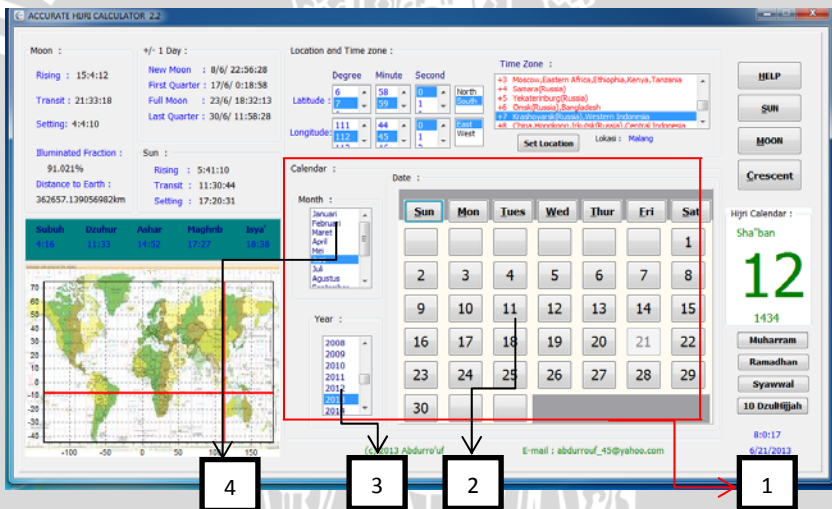
```
if Th<2012 then
    Begin
        JHari:=0;
        for i := 2011 downto Th do
            begin
                if i mod 100=0 then
                    Begin
                        if i mod 400=0 then JHari:=JHari+366
                        else JHari:=JHari+365;
                    End
                else
                    Begin
                        if i mod 4=0 then JHari:=JHari+366
                        else JHari:=JHari+365;
                    End;
            end;
        H:=Jml_Hari(Bl,Tg,Th);
        JmlHari:=JHari-H;
        Hari:= JmlHari mod 7;
        if Hari=0 then
            edHari:='Minggu'
        else if Hari=6 then
            edHari:='Senin'
        else if Hari=5 then
            edHari:='Selasa'
        else if Hari=4 then
            edHari:='Rabu'
```

else if Hari=3 then  
 edHari:='Kamis'  
 else if Hari=2 then  
 edHari:='Jumat'  
 else if Hari=1 then  
 edHari:='Sabtu';

End;

End;

Tampilan fitur Gregorian calendar adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1. Tanda untuk tanggal terpilih menggunakan property enabled yang tampak seperti tombol tertekan jika bernilai false dan kembali ke bentuk awalnya jika nilainya true. Pada Gambar 4.1 tersebut, tanggal terpilih adalah 21.



**Gambar 4.1.** Fitur Gregorian Calendar Pada Tampilan Muka Software Accurate Hijri Calculator 2.2

Keterangan gambar :

1. Fitur Gregorian Calendar
2. Bitbutton tanggal
3. IsbTahun
4. IsbBulan

#### 4.1.2. Fitur Hijri Calendar

Fitur Hijri Calendar adalah fitur konversi penanggalan Masehi kedalam penanggalan Hijriah. Fitur Hijri Calendar ini dihasilkan oleh Unit\_KonversikeHijriah. Perhitungan konversi penanggalan dari Unit\_KonversikeHijriah dilakukan jika event FormShow, event bitbuttontanggalClick, event lsbBulanClick, dan event lsbTahunClick pada unit UPenanggalanHijriah1 dipanggil. Perhitungan konversi berdasarkan pada kriteria MABIMS, yaitu ketinggian hilal minimal  $2^\circ$ , jarak sudut bulan dan matahari minimal  $3^\circ$ , dan umur hilal minimal 8 jam, sehingga fitur ini memiliki fungsi seperti Taqvim Standar Indonesia yang dikeluarkan oleh Kementerian Agama RI. Asumsi yang digunakan dalam perhitungan konversi ini adalah bahwa fase bulan baru selalu terjadi pada tanggal 29 bulan hijriah. Penentuan tanggal hijriah (TglHj) dilakukan dengan menghitung waktu fase bulan baru (tanggal, bulan, dan tahun terjadinya *new moon*/TglNM, BlnNM, dan ThnNM) yang terjadi tepat sebelum tanggal Masehi masukan. Kemudian dilakukan uji kriteria MABIMS pada waktu terbenamnya matahari pada tanggal TglNM. Jika memenuhi kriteria maka TglHj adalah selisih tanggal (jumlah hari) antara tanggal Masehi masukan dengan TglNM dan jika selisihnya 0 maka TglHj adalah 29. Tetapi jika tidak memenuhi kriteria maka TglHj adalah selisih tanggal (jumlah hari) antara tanggal Masehi masukan dengan TglNM dikurangi dengan 1 dan jika hasilnya 0 maka TglHj adalah 30. Perhitungan waktu fase bulan baru yang terjadi tepat sebelum tanggal Masehi masukan dilakukan dengan menggunakan nilai  $k$  (seperti yang dijelaskan pada subbab 2.3.1). Penentuan bulan hijriah (BlnHj) dan tahun hijriah (ThnHj) dilakukan dengan menggunakan rumus hubungan antara BlnHj dan ThnHj dengan nilai  $k$  yang diturunkan dari pola nilai  $k$  pada Lampiran E. Persamaan untuk menghitung BlnHj adalah seperti pada Persamaan (4.1) dan (4.2) dibawah ini :

$$sisabagi = k - \text{Int}\left(\frac{k}{12}\right) \times 12 \quad k \geq 0 \quad (4.1)$$

dengan sisabagi = 0 untuk BlnHj = Syawwal, sisabagi = 1 untuk BlnHj = Dzulqo'dah, sisabagi = 2 untuk BlnHj =

Dzulhijjah, sisabagi = 3 untuk BlnHj = Muharram, sisabagi = 4 untuk BlnH = Safar, sisabagi = 5 untuk BlnHj = Rabiul Awal, sisabagi = 6 untuk BlnHj = Rabiul Tsani, sisabagi = 7 untuk BlnHj = Jumadi Ula, sisabagi = 8 untuk BlnHj = Jumadi Tsani, sisabagi = 9 untuk BlnHj = Rajab, sisabagi = 10 untuk BlnHj = Sya'ban, dan sisabagi = 11 untuk BlnHj = Ramadhan.

$$sisabagi = -k - \text{Int}\left(-\frac{k}{12}\right) \times 12 \quad k < 0 \quad (4.2)$$

dengan sisabagi = 0 untuk BlnHj = Syawwal, sisabagi = 1 untuk BlnHj = Ramadhan, sisabagi = 2 untuk BlnHj = Sya'ban, sisabagi = 3 untuk BlnHj = Rajab, sisabagi = 4 untuk BlnH = Jumadi Tsani, sisabagi = 5 untuk BlnHj = Jumadi Ula, sisabagi = 6 untuk BlnHj = Rabiul Tsani, sisabagi = 7 untuk BlnHj = Rabiul Awal, sisabagi = 8 untuk BlnHj = Safar, sisabagi = 9 untuk BlnHj = Muharram, sisabagi = 10 untuk BlnHj = Dzulhijjah, dan sisabagi = 11 untuk BlnHj = Dzulqo'dah.

Dan Persamaan untuk menghitung ThnHj adalah seperti pada Persamaan (4.3) dan (4.4) di bawah ini :

Untuk  $k \geq 0$

$$\text{ThnHj} = 1420 \text{ untuk } k = 0, 1, 2$$

$$\text{ThnHj} = \text{Int}\left(\frac{k-3}{12}\right) + 1420 \text{ untuk } (k-3) \bmod 12 = 0 \text{ dan}$$

$$\text{TglHj} = 30 \text{ atau } 29$$

$$\text{ThnHj} = \text{Int}\left(\frac{k-3}{12}\right) + 1421 \text{ untuk } k \text{ yang lain} \quad (4.3)$$

Untuk  $k < 0$

$$\text{ThnHj} = 1420 \text{ untuk}$$

$$k = -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8$$

$$\text{ThnHj} = 1420 - \text{Int}\left(\frac{-k-9}{12}\right) - 1 \text{ untuk } (-k-9) \bmod 12 =$$

$$0 \text{ dan } \text{TglHj} = 30 \text{ atau } 29$$

$$\text{ThnHj} = 1420 - \text{Int}\left(\frac{-k-9}{12}\right) \text{ untuk } (-k-9) \bmod 12 = 0$$

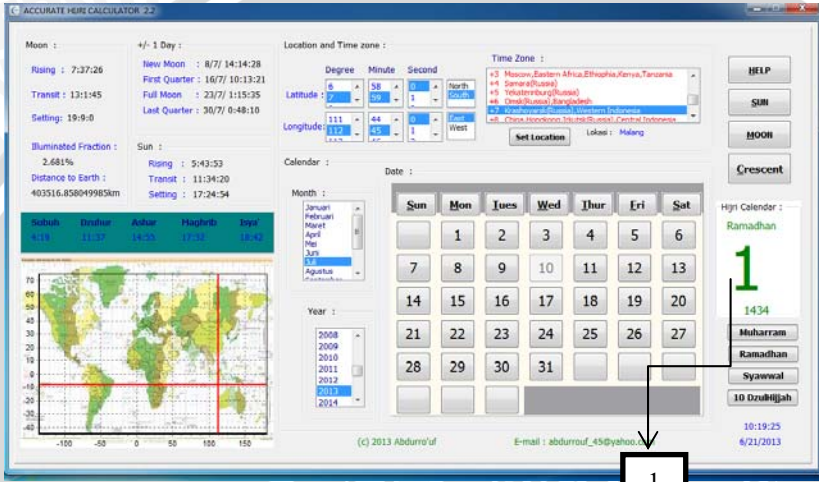
$$\text{dan } \text{TglHj} \neq 30 \text{ atau } 29$$

$$\text{ThnHj} = 1420 - \text{Int}\left(\frac{-k-9}{12}\right) - 1 \text{ untuk } k \text{ yang lain}$$

$$(4.4)$$

Script program Unit\_KonversikeHijriah dapat dilihat pada Lampiran D.

Tampilan dari fitur Hijri Calendar adalah seperti diperlihatkan pada Gambar 4.2. di bawah ini :



**Gambar 4.2.** Fitur Hijri Calendar

Keterangan gambar

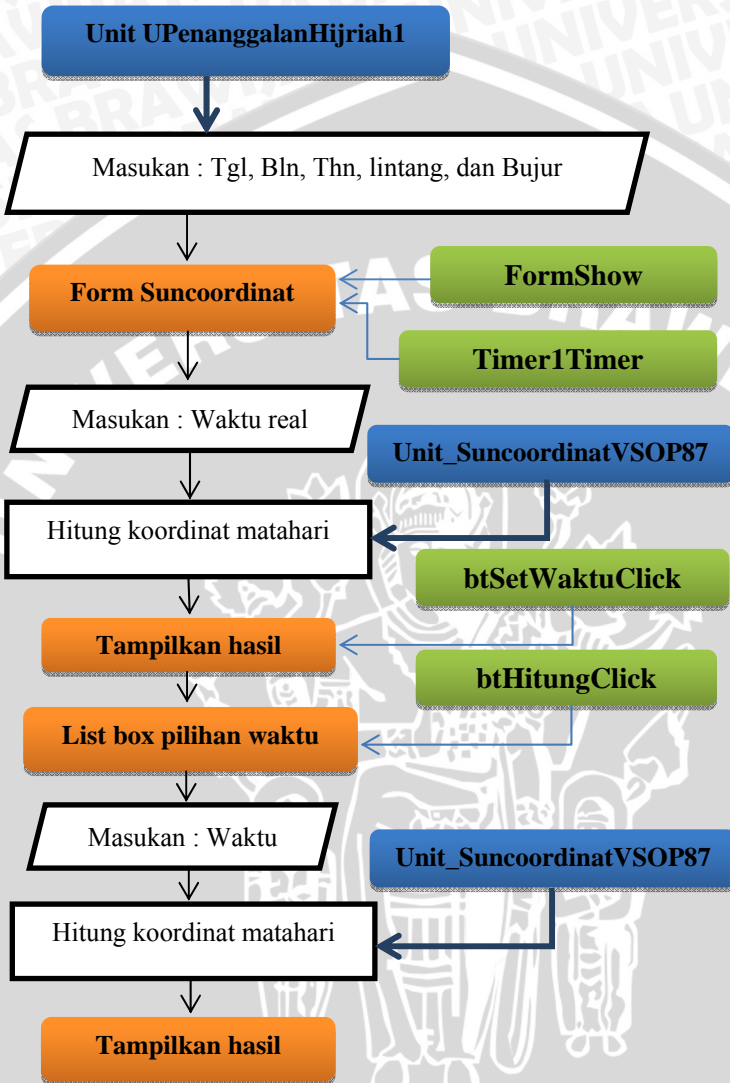
1. Fitur Hijri Calendar

#### 4.1.3. Menu Sun dan Menu Moon

Menu Sun adalah menu yang dihasilkan oleh Unit\_Suncoordinat dan menu Moon adalah menu yang dihasilkan oleh Unit\_Mooncoordinat. Menu Sun dan menu Moon dapat menghitung koordinat matahari dan bulan secara real time maupun berdasarkan masukan waktu tertentu. Unit\_Suncoordinat/Unit\_Mooncoordinat adalah unit berbentuk form yang terdiri dari beberapa komponen yang dikelompokkan dalam dua panel yaitu panel informasi koordinat matahari/bulan dan panel masukan bagi menu SunEphemeris/MoonEphemeris. Event-event pada unit ini antara lain event formshow dan event

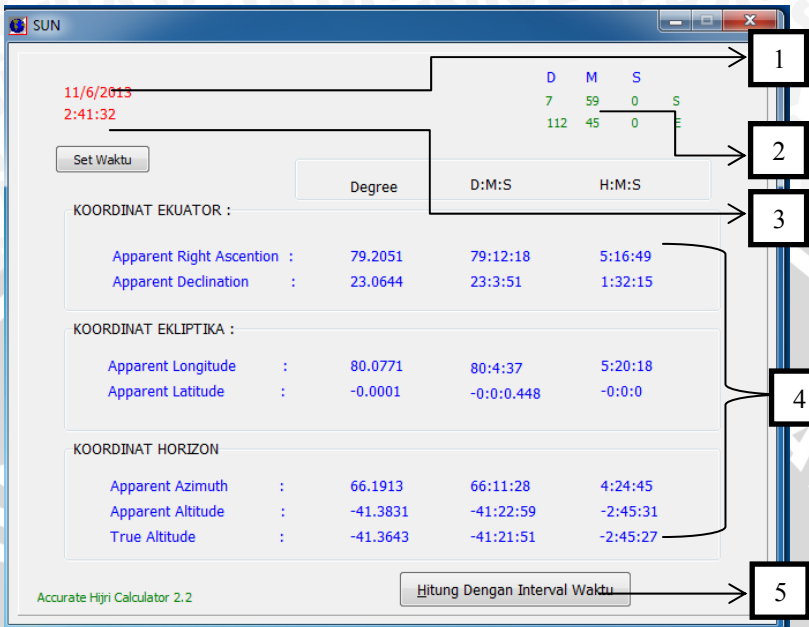
Timer1Timer untuk perhitungan koordinat secara real time setiap detik dengan mengambil masukan waktu dari waktu mesin, event btHitungClick (event klik pada button btHitung) untuk perhitungan koordinat berdasarkan masukan waktu dari list box masukan waktu. Struktur dari Unit\_Suncoordinat dan Unit\_Mooncoordinat adalah seperti diperlihatkan pada diagram alir pada Gambar 4.3.

Event FormShow mengambil tanggal, bulan, dan tahun yang terpilih pada fitur Gregorian Calendar (pada tampilan muka Software) dan waktu mesin sebagai masukan dalam perhitungan koordinat matahari atau bulan dan hasil perhitungannya langsung ditampilkan saat form suncoordinat pertama kali dieksekusi (dengan menekan tombol menu Sun). Event Timer1Timer mengambil waktu mesin setiap detik sebagai masukan bagi perhitungan koordinat matahari atau bulan secara real time. Event btSetWaktuClick menampilkan list box pilihan waktu bagi masukan waktu perhitungan koordinat matahari atau bulan. Event btHitungClick mengambil waktu yang terpilih pada listbox pilihan waktu sebagai masukan dalam perhitungan koordinat matahari atau bulan. Unit\_Suncoordinat dan Unit\_Mooncoordinat ini menggunakan unit pembantu dalam perhitungan koordinat matahari dan bulan, yaitu unit\_SuncoordinatVSOP87 untuk perhitungan koordinat matahari dan Unit\_mooncoordinatELP untuk perhitungan koordinat bulan. Tampilan menu Sun untuk perhitungan koordinat matahari secara real time seperti diperlihatkan pada Gambar 4.4. dan tampilan menu Sun untuk perhitungan koordinat matahari dengan masukan waktu seperti diperlihatkan pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.3.** Struktur Program dalam Unit\_Suncoordinat

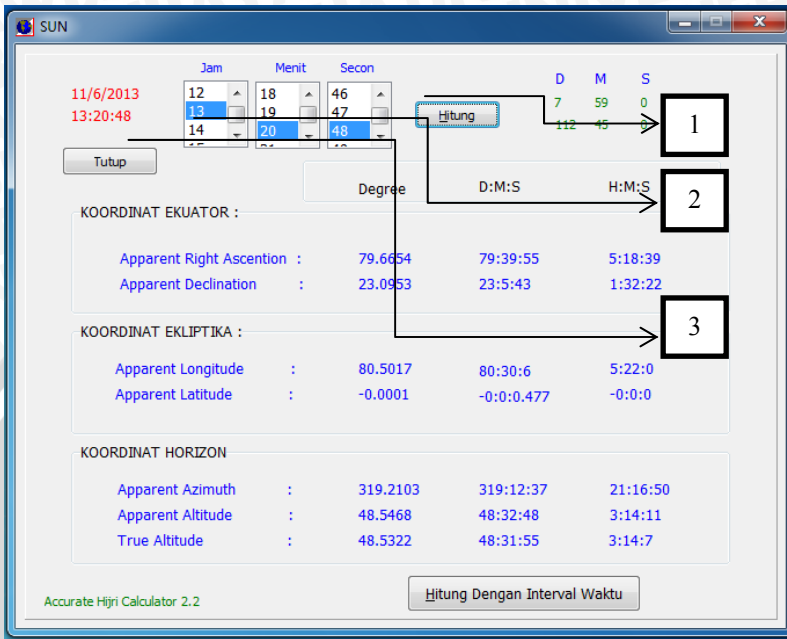




**Gambar 4.4.** Tampilan Menu Sun untuk Perhitungan Koordinat Matahari Secara Real Time

Keterangan gambar :

1. Waktu dan tanggal
2. Koordinat tempat pengamatan
3. Tombol Set waktu (btSetWaktu)
4. Koordinat matahari
5. Tombol menu Sun Ephemeris



**Gambar 4.5.** Tampilan Menu Sun untuk Perhitungan Koordinat Matahari dengan Masukan Waktu

Keterangan gambar :

1. Tombol Hitung
2. List box pilihan waktu masukan
3. Tombol Tutup

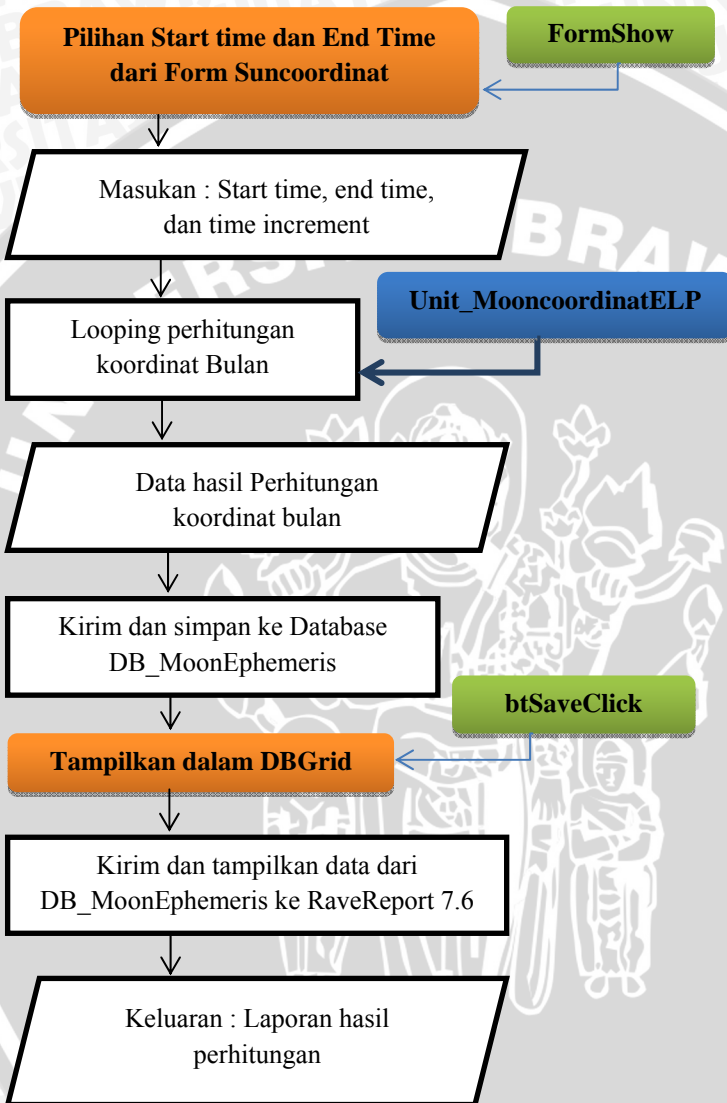
#### 4.1.4. Fitur SunEphemeris dan Fitur MoonEphemeris

Fitur SunEphemeris dan fitur MoonEphemeris adalah fitur bawaan dari menu Sun dan menu Moon yang dapat melakukan perhitungan koordinat matahari dan bulan untuk interval waktu tertentu dan data hasil perhitungan diolah dengan database sehingga dapat disimpan dan dicetak. Fitur SunEphemeris dihasilkan oleh Unit\_SunEphemeris dan fitur MoonEphemeris dihasilkan oleh Unit\_MoonEphemeris. Unit\_SunEphemeris dan Unit\_MoonEphemeris terdiri dari procedure looping perhitungan koordinat matahari dan bulan

berdasarkan pilihan waktu mulai (*start time*) dan waktu akhir (*end time*) dan hasilnya langsung disimpan dalam database. Database yang digunakan pada unit ini adalah database Microsoft Access 2010 dan laporan (*report*) data hasil hitung dibuat menggunakan RaveReport 7.6. Struktur program Unit\_MoonEphemeris dapat ringkas dalam bentuk diagram alir seperti Gambar 4.6.

Event-event dalam Unit\_SunEphemeris dan Unit\_MoonEphemeris antara lain event FormShow dan btSaveClick. Proses yang dilakukan dalam event FormShow adalah looping perhitungan koordinat matahari dan bulan berdasarkan masukan waktu mulai dan waktu akhir, menyimpan data hasil perhitungan pada database DB\_SunEphemeris dan DB\_MoonEphemeris, dan menampilkan data yang telah disimpan di database tersebut ke dalam DBGrid. Komunikasi antara database dengan Delphi dilakukan dengan menggunakan komponen ADO, yaitu ADOConnection, ADOQuery, dan Data Source. Proses yang dilakukan oleh event btSaveClick adalah mengirimkan data hasil perhitungan yang tersimpan dalam database kepada RaveReport 7.6 untuk ditampilkan dalam format PDF. Masukan bagi perhitungan dalam Unit\_Suncoordinat dan Unit\_Mooncoordinat (waktu mulai dan waktu akhir) diambil dari komponen-komponen TEdit yang ada pada panel SunEphemeris/panel MoonEphemeris yang masih dalam form menu Sun dan menu Moon. Perhitungan koordinat matahari dalam Unit\_SunEphemeris dilakukan dengan memanggil Unit\_SuncoordinatVSOP87 sedangkan perhitungan koordinat bulan dalam Unit\_MoonEphemeris menggunakan Unit\_MooncoordinatELP.

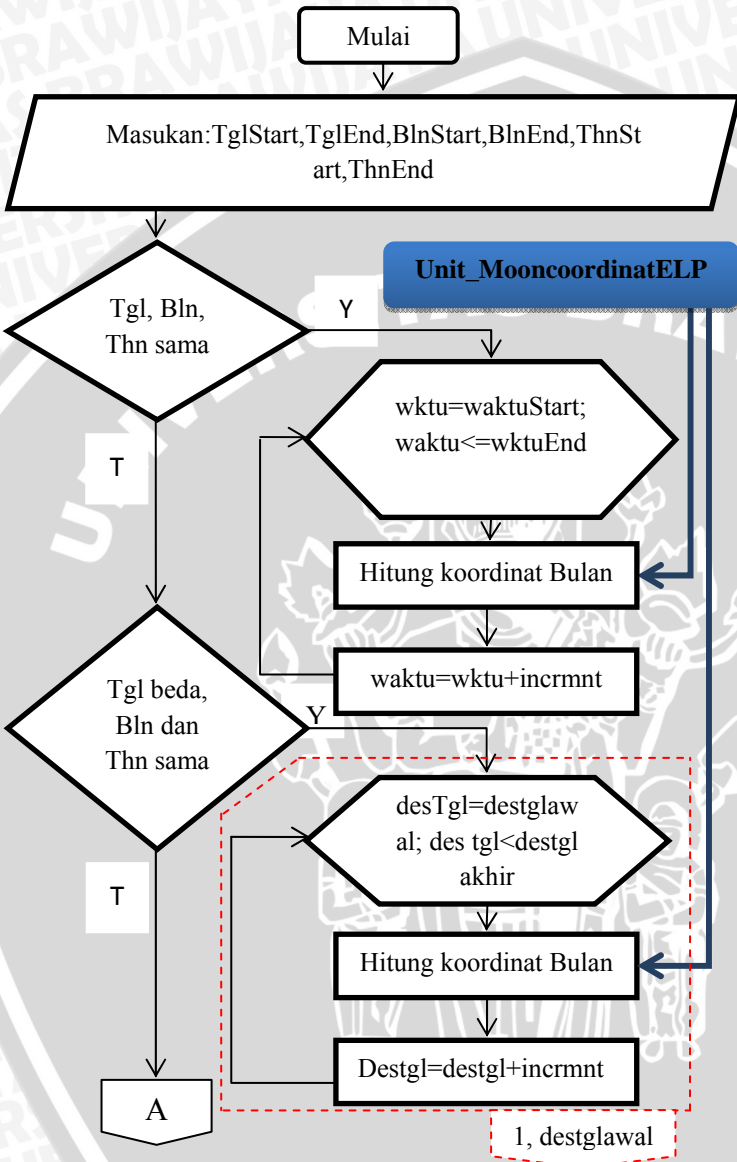
Algoritma looping perhitungan koordinat bulan dan matahari yang digunakan dalam unit program ini membagi perhitungan menjadi empat, yaitu perhitungan jika tanggal, bulan, dan tahun sama (tanggal mulai sama dengan tanggal akhir, bulan mulai sama dengan bulan akhir, dan tahun mulai sama dengan tahun akhir); perhitungan jika tanggal berbeda di bulan dan tahun yang; perhitungan jika bulan berbeda di tahun yang sama; dan perhitungan jika tahun berbeda (tahun awal berbeda dengan tahun akhir). Dalam perhitungan untuk tanggal,



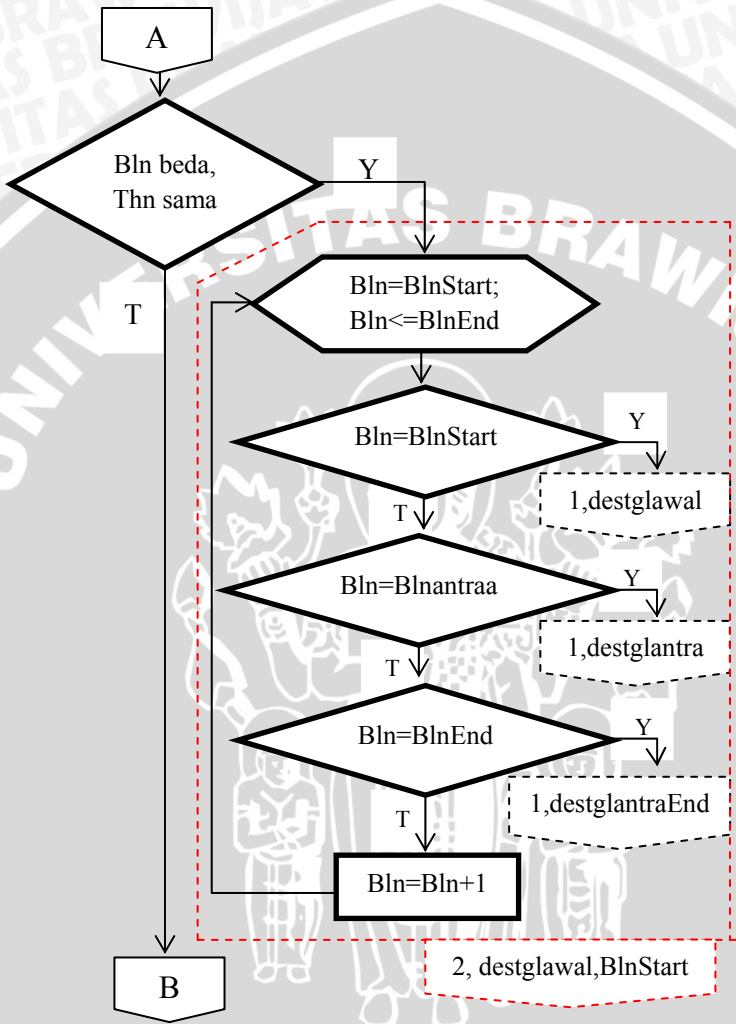
**Gambar 4.6.** Struktur Program dalam Unit\_MoonEphemeris

bulan, dan tahun yang sama dilakukan looping dengan interval waktu (*time increment*) dalam satuan jam. Dalam perhitungan untuk tanggal yang berbeda dalam bulan dan tahun yang sama digunakan looping dengan interval waktu dalam desimal hari. Dalam perhitungan untuk bulan yang berbeda dalam tahun yang sama perhitungan dibagi menjadi tiga, yaitu perhitungan jika bulan dalam looping sama dengan bulan awal, perhitungan jika bulan dalam looping sama dengan bulan akhir, dan perhitungan jika bulan dalam looping berada diantara bulan awal dan bulan akhir. Perhitungan untuk tahun yang berbeda dibagi menjadi tiga, yaitu perhitungan jika tahun dalam looping sama dengan tahun awal, perhitungan jika tahun dalam looping sama dengan tahun akhir, dan perhitungan jika tahun dalam looping berada diantara tahun awal dan tahun akhir dengan langkah-langkah dari masing-masing perhitungan tersebut sama dengan perhitungan untuk bulan berbeda pada tahun yang sama yang telah dijelaskan sebelumnya. Algoritma looping perhitungan koordinat bulan dan matahari ini dapat diringkas seperti diperlihatkan pada Gambar 4.7. untuk looping perhitungan koordinat bulan.

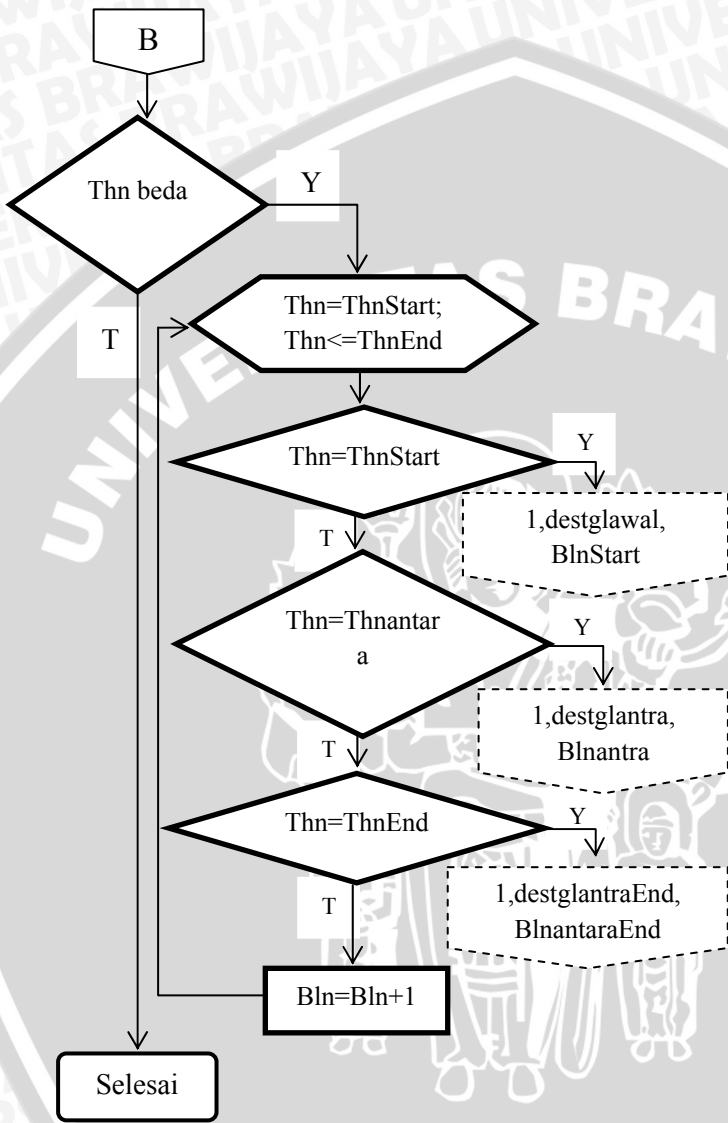
Tampilan dari panel masukan untuk menu SunEhemris yang berada di form Sunkoordinat (menu Sun) adalah seperti pada Gambar 4.8. Pada gambar tersebut, masukan waktu untuk perhitungan koordinat matahari adalah mulai pukul 00:00:00 tanggal 11/6/2013 sampai pukul 23:00:00 tanggal 11/6/2013 dengan interval waktu 1 jam. Perhitungan akan mulai dilakukan oleh software jika tombol Calculate diklick. Tampilan fitur SunEphemeric untuk hasil perhitungan dengan masukan waktu di atas adalah seperti diperlihatkan pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.7.** Algoritma Looping Perhitungan Koordinat Bulan

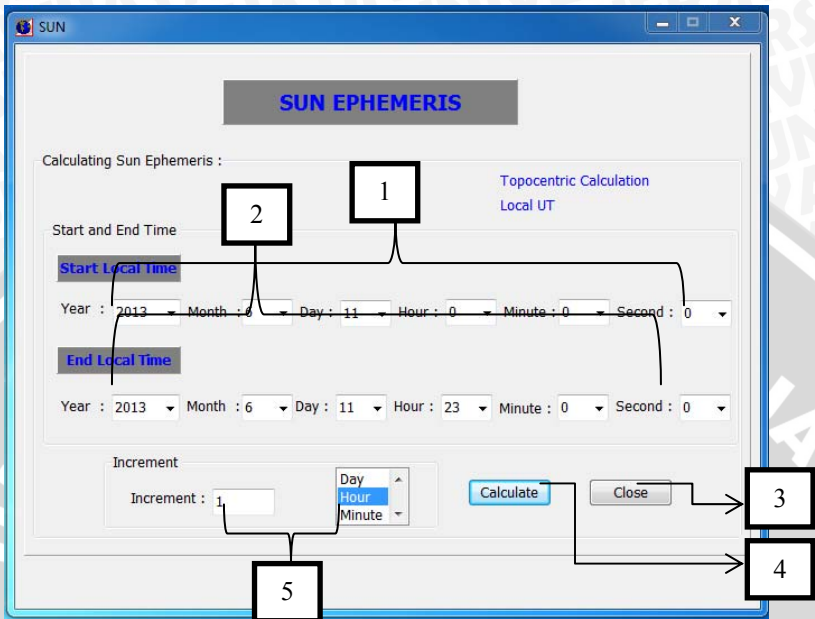


**Gambar 4.7.** (Lanjutan)



**Gambar 4.7.** (Lanjutan)

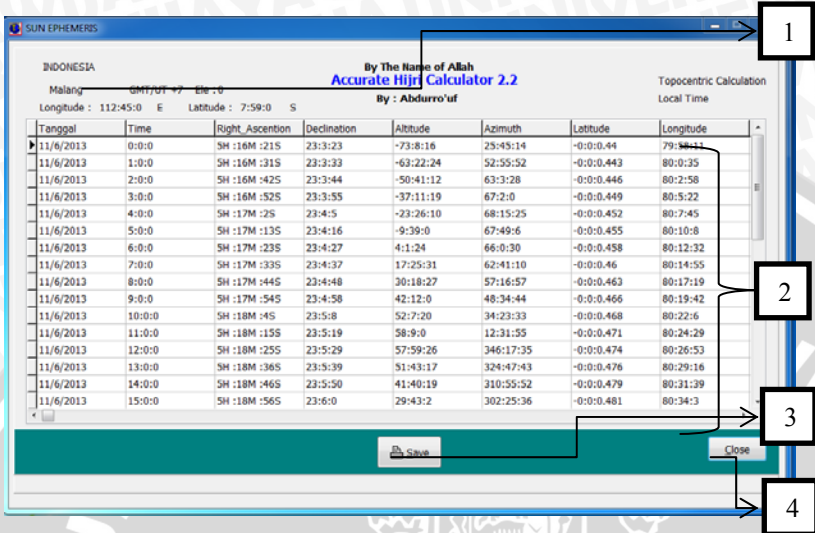




**Gambar 4.8.** Panel Masukan Bagi Fitur SunEphemeris dalam form Suncoordinat (Menu Sun)

Keterangan gambar :

- |                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Combo box Start local time | 4. Tombol Calculate          |
| 2. Combo box End Local time   | 5. Group box time increment. |
| 3. Tombol Close               |                              |

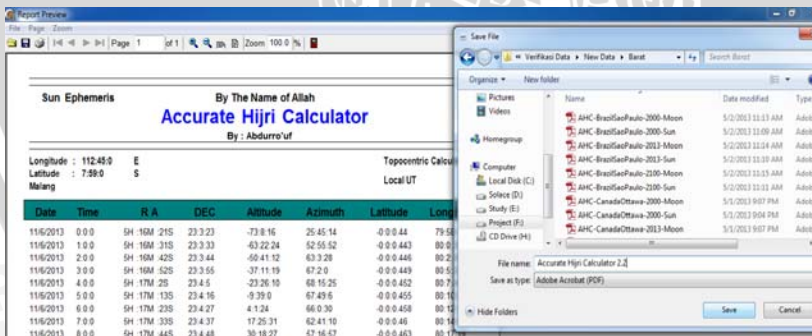


**Gambar 4.9.** Tampilan Hasil Perhitungan Pada Fitur SunEphemeris

Keterangan gambar :

1. Koordinat lokasi dan time zone
2. Data hasil perhitungan
3. Tombol Save
4. Tombol Close

Tampilan proses menyimpan data hasil perhitungan adalah seperti pada Gambar 4.10. di bawah ini :

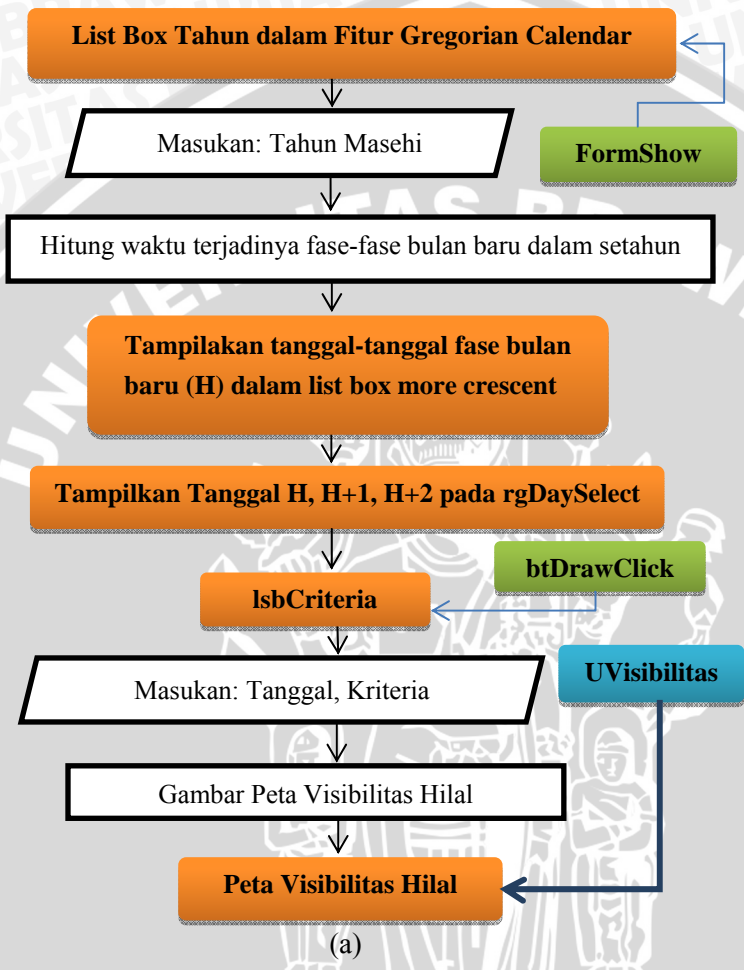


**Gambar 4.10.** Proses Menyimpan Data Hasil Perhitungan Pada Fitur Sun Ephemeris

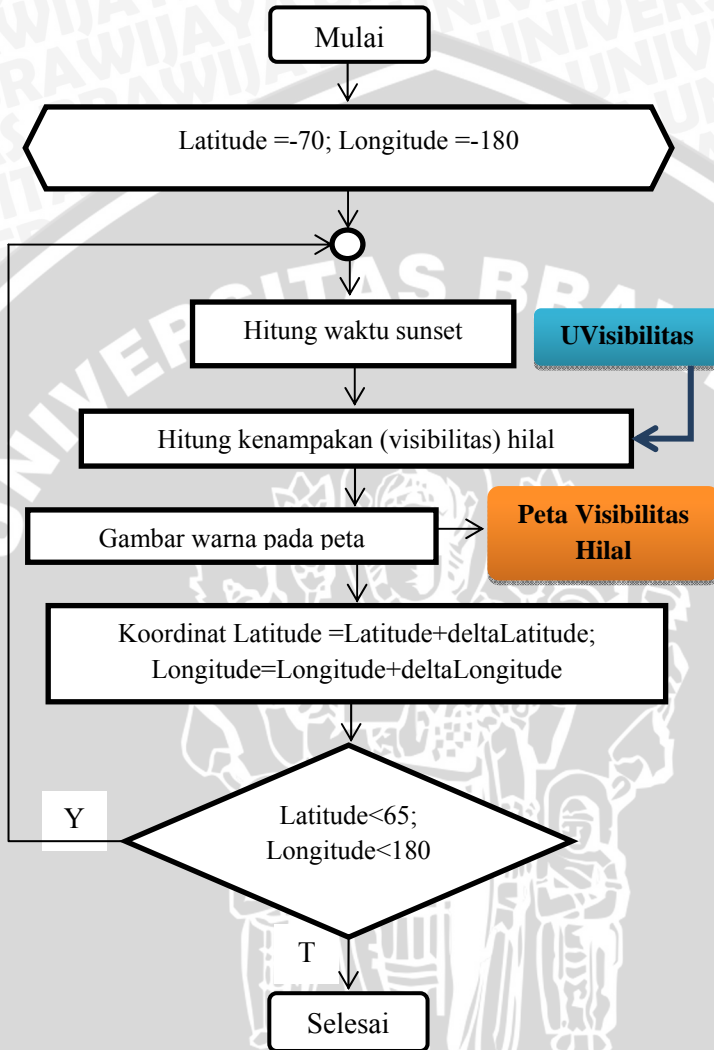
#### 4.1.5. Menu Crescent

Menu Crescent adalah menu yang dihasilkan oleh unit UCrescent\_Visibility. Menu Crescent berfungsi untuk menghitung kemungkinan kenampakan (visibilitas) hilal di berbagai tempat di permukaan bumi (*topocentric*) pada waktu matahari terbenam pada tanggal-tanggal terjadinya fase bulan baru (*new moon*) dalam satu tahun. Prediksi kenampakan hilal ditampilkan dalam bentuk peta visibilitas hilal (*crescent visibility map*) dengan warna-warna tertentu untuk setiap zona kenampakan. Perhitungan kenampakan hilal dalam menu ini berdasarkan berbagai kriteria visibilitas hilal yang berkembang di Indonesia dan Internasional, yaitu kriteria MABIMS, RHI, Hisab-Rukyat Indonesia, Odeh, SAAO, Yallop, Maunder, Indian, dan Bruin.

Unit UCrescent\_Visibility adalah unit berbentuk form yang terdiri dari komponen-komponen masukan berupa list box `lsbMoreCrescent` (daftar tanggal-tanggal ijtima' yang terjadi dalam setahun), list box `lsbCriteria` (daftar pilihan kriteria visibilitas hilal), dan radio group `rgDaySelect` (berisi pilihan tanggal pengamatan); komponen tombol yaitu `btDraw` (tombol perintah menggambar peta visibilitas hilal); dan komponen grafik berupa TChart. Beberapa event yang dimiliki oleh unit UCrescent\_Visibility antara lain event `FormShow`, dan event `btDrawClick`. Event `FormShow` mengambil masukan tahun Masehi dari fitur Gregorian Calendar (tampilan awal software) kemudian menghitung waktu-waktu terjadinya fase-fase bulan baru dalam satu tahun dan ditampilkan saat form menu Crescent pertama kali ditampilkan. Event `btDrawClick` memuat perintah untuk menggambar peta visibilitas hilal dengan cara menghitung waktu terbenamnya matahari untuk koordinat lokasi tertentu (di peta) pada tanggal pengamatan yang dipilih dan menjadikannya masukan bagi perhitungan visibilitas hilal berdasarkan kriteria visibilitas hilal yang dipilih dan hasilnya langsung ditam pilkan dengan mewarnai titik koordinat dalam peta tersebut dengan warna sesuai dengan zona visibilitas hilal, kemudian langkah ini diloopung untuk semua koordinat dalam peta dunia sehingga menjadi peta visibilitas hilal. Perhitungan



**Gambar 4.11.** (a) Struktur Program dalam Unit UCrescent\_Visibility (b) Algoritma Looping dalam Menggambar Peta Visibilitas Hilal



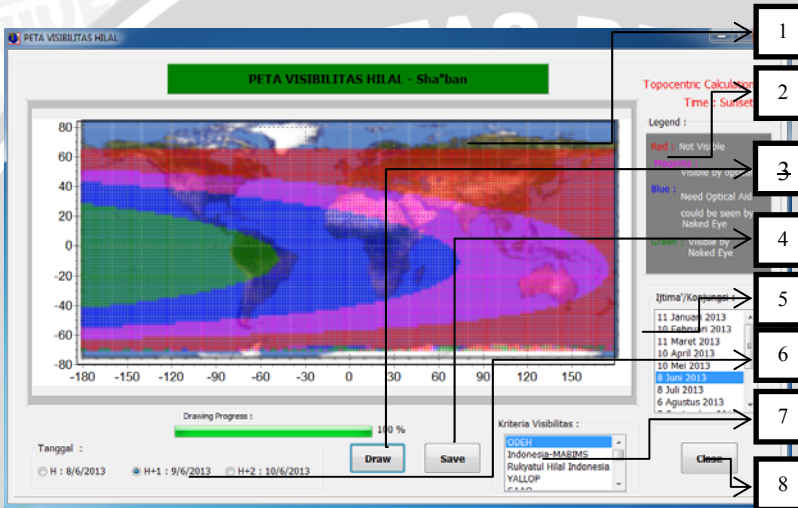
(b)

**Gambar 4.11.** (Lanjutan)

parameter visibilitas dalam event `btDrawClick` memanfaatkan unit pembantu `UVisibilitas`. Struktur program dalam unit

UCrescent Visibility dapat diringkas seperti terlihat pada Gambar 4.11.

Tampilan menu Crescent untuk Peta visibilitas hilal penentuan awal bulan Sya'ban 1434 H berdasarkan kriteria Odeh dengan waktu pengamatan pada tanggal 9 Juni 2013 adalah seperti diperlihatkan pada Gambar 4.12 di bawah ini :



**Gambar 4.12.** Tampilan Menu Crescent

Keterangan gambar :

- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Peta visibilitas hilal | 5. List box more crescents |
| 2. Legend                 | 6. rgDaySelect             |
| 3. Tombol Draw            | 7. List box Kriteria       |
| 4. Tombol Save            | 8. Tombol Close            |

#### 4.1.6. Menu Muharram, Menu Ramadhan, Menu Syawwal, dan Menu 10Dzulhijjah

Menu Muharram, menu Ramadhan, menu Syawwal, dan menu 10Dzulhijjah berturut-turut adalah menu yang dihasilkan oleh unit program Unit\_Muharram, Unit\_Ramadhan, Unit\_Syawwal, dan Unit\_10Dzulhijjah. Menu-menu ini menyediakan perhitungan parameter-parameter dalam

penentuan awal bulan-bulan penting dalam Islam, yaitu bulan Muharram, Ramadhan, Syawwal, dan Dzulhijjah. Parameter-parameter penentuan awal bulan hijriah yang dihitung antara lain : waktu terbenam matahari dan bulan, altitude bulan, azimuth bulan, umur hilal, fraksi iluminasi, azimuth matahari, beda azimuth bulan dan matahari, beda terbenam bulan dan matahari, dan jarak sudut bulan dan matahari (elongasi). Selain perhitungan parameter-parameter tersebut, menu-menu ini juga dilengkapi dengan fitur *ensemble date line*, yaitu gabungan garis tanggal kriteria wujudul hilal, ketinggian hilal  $2^\circ$ , dan kriteria Odeh dalam satu peta dunia, serta fitur ufuk yaitu fitur yang memberikan gambaran posisi hilal terhadap matahari saat waktu matahari terbenam.

Unit\_Muharram, Unit\_Ramadhan, Unit\_Syawwal, dan Unit\_10Dzulhijjah adalah unit program berbentuk form yang terdiri dari beberapa, yaitu lsbTahunHj (list box pilihan tahun hijriah), radio group rgDaySelect (pilihan tanggal pengamatan), btDraw (button untuk perintah menggambar peta ensemble date line), btSave (button perintah untuk menyimpan hasil perhitungan), dan komponen grafik menggunakan TChart. Beberapa event yang dimiliki oleh unit-unit ini adalah event FormShow, event btDrawClick, event btSaveClick, event lsbTahunHjClick, dan event rgDaySelectClick. Event FormShow dilaksanakan saat menu pertama kali ditampilkan. Event FormShow mengambil tahun masehi dari fitur Gregorian calendar (pada tampilan awal software) sebagai masukan perhitungan parameter-parameter penentuan awal bulan hijriah. Tahap-tahap perhitungan parameter-parameter tersebut adalah pertama mencari waktu terjadinya fase bulan baru (*new moon*) untuk penentuan awal bulan (Muharram, Ramadhan, Syawwal, dan Dzulhijjah), yaitu tanggal 29 bulan sebelumnya. Kemudian menghitung waktu terbenamnya matahari pada tanggal terjadinya bulan baru tersebut dan dijadikan sebagai masukan waktu dalam perhitungan koordinat bulan dan matahari serta kriteria visibilitas hilal. Event btDrawClick menggunakan algoritma yang sama dengan algoritma pada unit UCrescent\_Visibility (menu Crescent) untuk menggambar peta *ensemble date line* dengan masukan tanggal dari rgDaySelect.

Event `btSaveClick` menyimpan hasil perhitungan dalam database (DB\_Muharram, DB\_Ramadhan, DB\_Syawwal, dan DB\_10Dzulhijjah) kemudian menampilkan data yang tersimpan pada database tersebut ke Rave Reports 7.6 menjadi data dalam format PDF yang dapat disimpan dan dicetak. Event `lsbTahunHjClick` mengambil masukan tahun hijriah yang terpilih pada `lsbTahunHj` yang digunakan untuk menghitung nilai  $k$  bagi fase bulan baru penentuan awal bulan (muharram, ramadhan, syawwal, dan dzulhijjah) dengan persamaan (4.13) sampai (4.15). Nilai  $k$  tersebut dapat digunakan untuk menghitung tanggal terjadinya fase bulan baru yang digunakan sebagai masukan dalam perhitungan parameter-parameter awal bulan. Event `rgDaySelectClick` mengambil tanggal yang dipilih pada `rgDaySelect` sebagai masukan dalam perhitungan parameter-parameter awal bulan. Struktur program pada Unit\_Ramadhan adalah seperti pada Gambar 4.13.

Tanggal terjadinya bulan baru (*new moon*) untuk penentuan awal ramadhan, yaitu 29 sya'ban, dapat dihitung dengan memanfaatkan parameter  $k$  seperti pada algoritma perhitungan waktu fase-fase bulan (lihat subab 2.3.1). nilai  $k$  untuk 29 sya'ban pada tahun masehi masukan dapat dirumuskan dengan mencari pola nilai  $k$  untuk 29 sya'ban pada tahun sebelum 2000 dan setelah tahun 2000 dengan mengingat bahwa  $k = 0$  bersesuaian dengan 29 ramadhan 1420 H (6 januari 2000). Pola nilai  $k$  untuk 29 dzulhijjah, 29 sya'ban, 29 ramadhan, dan 29 dzulqo'dah dapat dilihat pada Tabel E.1 dalam Lampiran E. Nilai  $k$  untuk bulan baru tanggal 29 dzulhijjah, 29 sya'ban, 29 ramadhan, dan 29 dzulqo'dah dapat dihitung dengan Persamaan (4.5) sampai (4.8) dibawah ini :

Nilai  $k$  untuk 29 dzulhijjah :

$$k = (th - 2000) \times 12 + 3 \quad th \geq 2000 \quad (4.5)$$

$$k = -((2000 - th) - 1) \times 12 - 9 \quad th < 2000$$

Nilai  $k$  untuk 29 sya'ban :

$$k = ((th + 1) - 2000) \times 12 - 1 \quad th \geq 2000 \quad (4.6)$$

$$k = -((2000 - th) - 1) \times 12 - 1 \quad th < 2000$$



Nilai  $k$  untuk 29 ramadhan :

$$k = ((th + 1) - 2000) \times 12 \quad th \geq 2000 \quad (4.7)$$

$$k = -((2000 - th) - 1) \times 12 - 12 \quad th < 2000$$

Nilai  $k$  untuk 29 dzulqo'dah :

$$k = (th - 2000) \times 12 + 2 \quad th \geq 2000 \quad (4.8)$$

$$k = -((2000 - th) - 1) \times 12 - 10 \quad th < 2000$$

dengan  $th$  adalah tahun masehi. Dan rumus untuk menghitung tahun hijriah bagi awal muharram, ramadhan, syawwal, dan dzulhijjah (yang dihitung) juga dapat diturunkan dari pola nilai  $k$  pada Lampiran R seperti pada Persamaan (4.9) sampai (4.12) di bawah ini :

Tahun hijriah untuk awal muharram :

$$ThnHj = \frac{k-3}{12} + 1421 \quad (4.9)$$

Tahun hijriah untuk awal ramadhan :

$$ThnHj = \frac{k+1}{12} + 1420 \quad (4.10)$$

Tahun hijriah untuk awal syawwal :

$$ThnHj = \frac{k}{12} + 1420 \quad (4.11)$$

Tahun hijriah untuk awal dzulhijjah :

$$ThnHj = \frac{k+10}{12} + 1419 \quad (4.12)$$

Sedangkan nilai  $k$  untuk fase bulan baru penentuan awal bulan baru muharram, ramadhan, syawwal, dan dzulhijjah dapat dihitung dengan Persamaan (4.13) sampai (9.16) di bawah ini :

Nilai  $k$  untuk 29 dzulhijjah :

$$k = (ThnHj - 1421) \times 12 + 3 \quad (4.13)$$

Nilai  $k$  untuk 29 sya'ban :

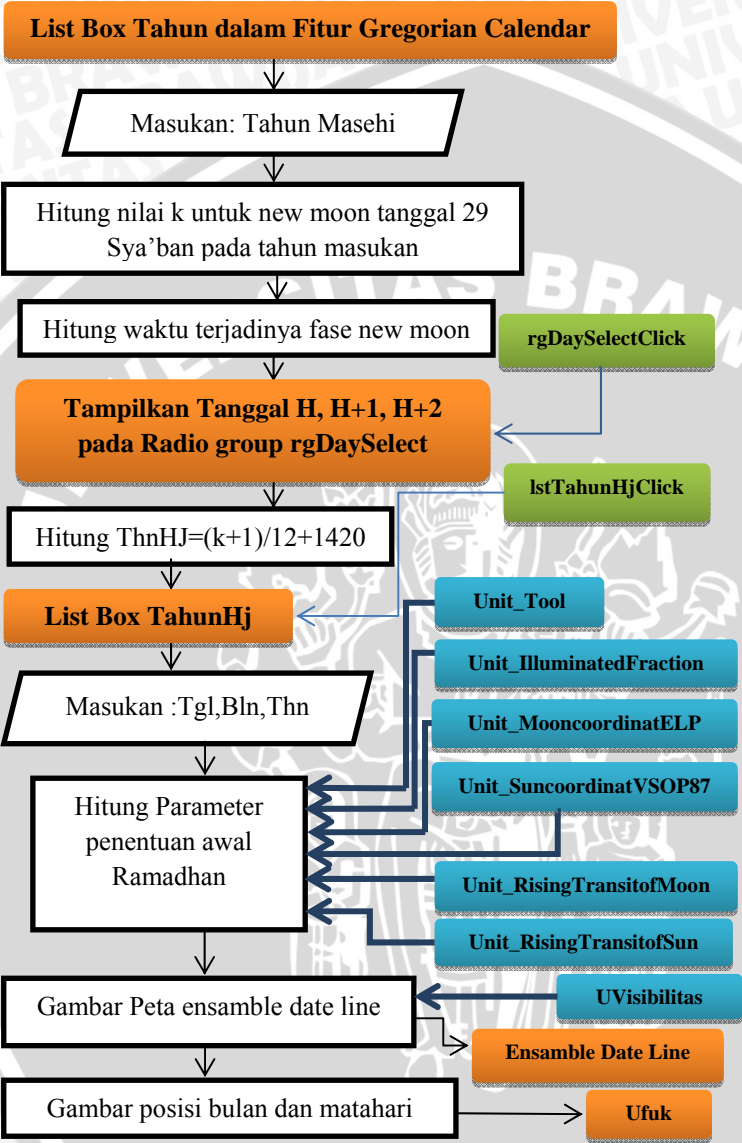
$$k = (ThnHj - 1420) \times 12 - 1 \quad (4.14)$$

Nilai  $k$  untuk 29 ramadhan :

$$k = (ThnHj - 1420) \times 12 \quad (4.15)$$

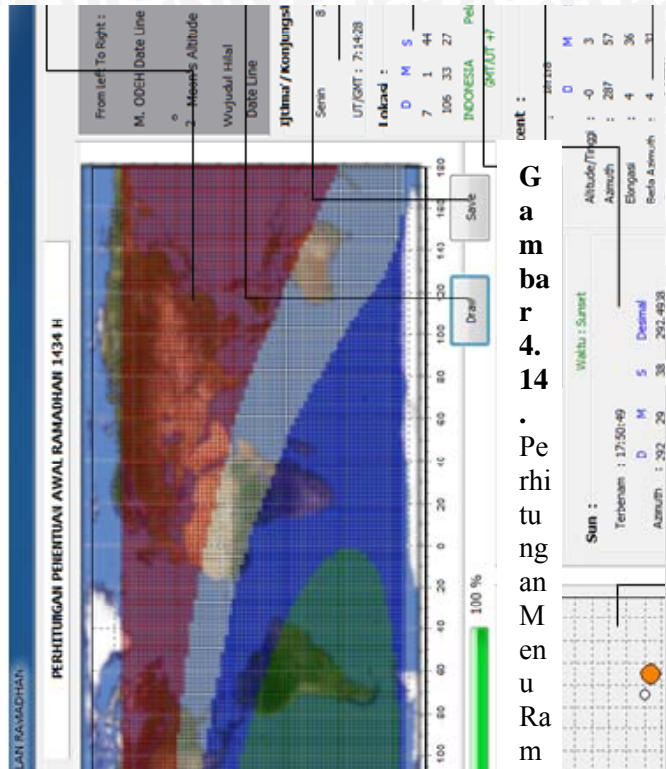
Nilai  $k$  untuk 29 dzulqo'dah :

$$k = (ThnHj - 1419) \times 12 - 10 \quad (4.16)$$



**Gambar 4.13.** Struktur Program dalam Unit\_Ramadhan

Tampilan menu Ramadhan untuk perhitungan penentuan awal Ramadhan 1434 H adalah seperti pada Gambar 4.14.

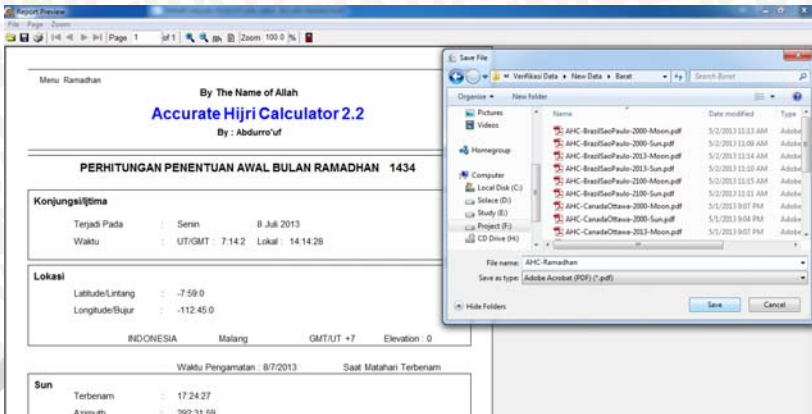


Gambar 4.14 . Perhitungan Menu Ramadan

Keterangan gambar :

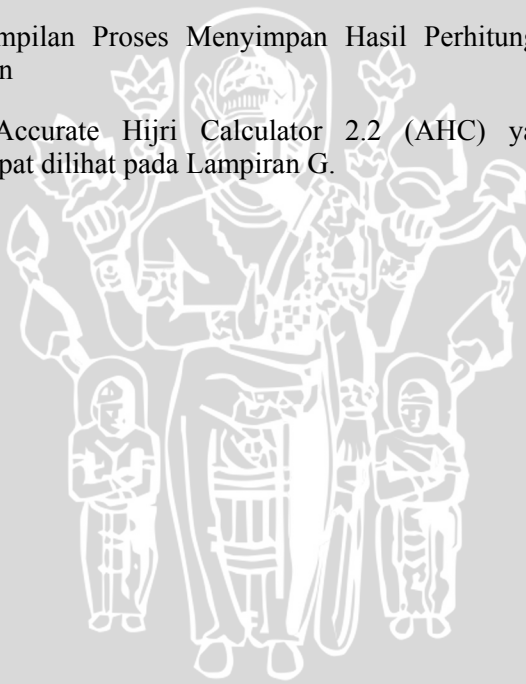
1. Ensemble date line
2. Tombol Help
3. List box Tahun Hijriah
4. Tombol Draw
5. Tombol Save Image
6. Kolom Ijtima' /Konjungsi
7. Kolom koordinat lokasi
8. Kolom tanggal pengamatan
9. Kolom Sun
10. Kolom Hilal /Crescent
11. Tombol Save
12. Fitur Ufuk

Dan tampilan Proses menyimpan data hasil perhitungan pada menu Ramadhan adalah seperti terlihat pada Gambar 4.15 di bawah ini :



**Gamabar 4.15.** Tampilan Proses Menyimpan Hasil Perhitungan pada Menu Ramadhan

Keseluruhan fitur Accurate Hijri Calculator 2.2 (AHC) yang berjumlah 20 fitur dapat dilihat pada Lampiran G.



## **4.2. Hasil dan Pembahasan**

### **4.2.1. Software Accurate Hijri Calculator 2.2**

Permasalahan perbedaan penentuan awal bulan hijriah yang sering dihadapi oleh umat Islam baik di Indonesia maupun Internasional disebabkan oleh perbedaan dalam kriteria penentuan awal bulan yang digunakan. Berbagai kriteria awal bulan hijriah secara umum dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu kriteria hisab murni (hisab yang hanya memperhitungkan posisi bulan), kriteria hisab imkanurrukyat (hisab yang tidak hanya memperhitungkan posisi bulan tetapi juga kemungkinan hilal untuk dapat dilihat/fisis hilal), dan kriteria rukyat murni (awal bulan hanya dapat ditentukan dengan melihat hilal secara langsung).

Software Accurate Hijri Calculator 2.2 (AHC) yang dikembangkan dalam penelitian ini dilengkapi dengan berbagai fitur yang didesain agar software ini dapat digunakan oleh semua kelompok (kelompok yang menggunakan kriteria hisab, hisab imkanurrukyat, maupun rukyat murni). Fitur-fitur software Accurate Hijri Calculator 2.2 (AHC) dapat dilihat pada Lampiran G. Hisab murni dengan software AHC dapat dilakukan dengan memanfaatkan fitur +/- 1 Day untuk mencari tanggal terjadinya fase bulan baru menjelang awal bulan hijriah tertentu dan menggunakan tanggal tersebut sebagai masukan bagi software (dengan fitur Gregorian Calendar). Kemudian posisi bulan dapat dihitung dengan mengambil waktu matahari terbenam (dilihat dari fitur Sun Info) sebagai masukan dalam perhitungan koordinat bulan menggunakan menu Moon. Dengan hasil perhitungan posisi bulan tersebut maka diketahui apakah hilal bulan baru telah berada di atas ufuk (altitude positif) atau masih di bawah ufuk (altitude negatif) pada saat matahari terbenam di hari terjadinya fase bulan baru. Hisab murni penentuan awal bulan muharram, ramadhan, syawwal, dan dzulhijjah dapat dilakukan secara langsung dengan memanfaatkan menu muharram, ramadhan, syawwal, dan 10dzulhijjah. Dalam menu-menu tersebut telah memasukkan informasi hasil perhitungan parameter-parameter penentuan awal bulan termasuk altitude bulan. Hisab imkanurrukyat dengan Software AHC dapat dilakukan dengan

memanfaatkan menu Crescent untuk mendapatkan informasi kemungkinan kenampakan hilal di lokasi tertentu pada waktu matahari terbenam. Hisab imkanurrukyat penentuan awal bulan muharram, ramadhan, syawwal, dan dzulhijjah dapat dilakukan secara langsung dengan memanfaatkan menu muharram, ramadhan, syawwal, dan 10dzulhijjah yang menyediakan semua informasi hasil perhitungan parameter-parameter penentuan awal bulan ditambah lagi dengan fitur ensemble date line yang menggabungkan kriteria Odeh, wujudul hilal, dan altitude hilal  $2^\circ$  dalam satu peta visibilitas hilal, sehingga dapat membantu mempermudah dalam pengambilan keputusan penentuan awal bulan. Rukyat murni penentuan awal bulan hijriah dengan software AHC dapat dilakukan dengan memanfaatkan informasi posisi bulan dan matahari dari menu Moon dan menu Sun sebagai penentu arah pengamatan.

Hasil perhitungan koordinat bulan menggunakan menu Moon untuk tanggal 8 juli 2013 ( fase bulan baru 29 sya'ban 1434 H) untuk penentuan awal ramadhan 1434 H dengan masukan waktu matahari terbenam pada hari tersebut (17:24:03 WIB) dan pilihan lokasi Malang (lintang :  $8^\circ 12' 50''$  LS ; bujur :  $112^\circ 45' 15''$  BT dan ketinggian 431,9 m dpl) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.16. Dapat dilihat dari gambar tersebut bahwa *apparent altitude* (ketinggian berdasarkan penglihatan) dari pusat piringan hilal adalah  $-0^\circ 09' 53''$ , ketinggian piringan atas hilal adalah  $-0^\circ 09' 53'' + 0^\circ 15' 0'' = 0^\circ 05' 06''$  (dengan  $0^\circ 15' 0''$  adalah rata-rata semidiameter bulan), dan ketinggian hilal sebenarnya (*true altitude*) adalah  $-0^\circ 46' 34''$ . Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa hilal telah wujud (dengan asumsi altitude piringan atas) sehingga menurut kriteria wujudul hilal (kriteria yang digunakan oleh ormas Muhammadiyah) keesokan harinya (9 Juli 2013) telah masuk awal ramadhan. Sedangkan prediksi kenampakan hilal awal ramadhan 1434 H dapat diperoleh dari menu Crescent dengan memilih tanggal 8 juli 2013 pada list box more crescent. Hasil perhitungan menu Crescent untuk prediksi kenampakan hilal pada waktu matahari terbenam pada tanggal 8 Juli 2013 berdasarkan kriteria Odeh adalah seperti pada Gambar 4.17. Dari gambar tersebut terlihat bahwa hilal diprediksi

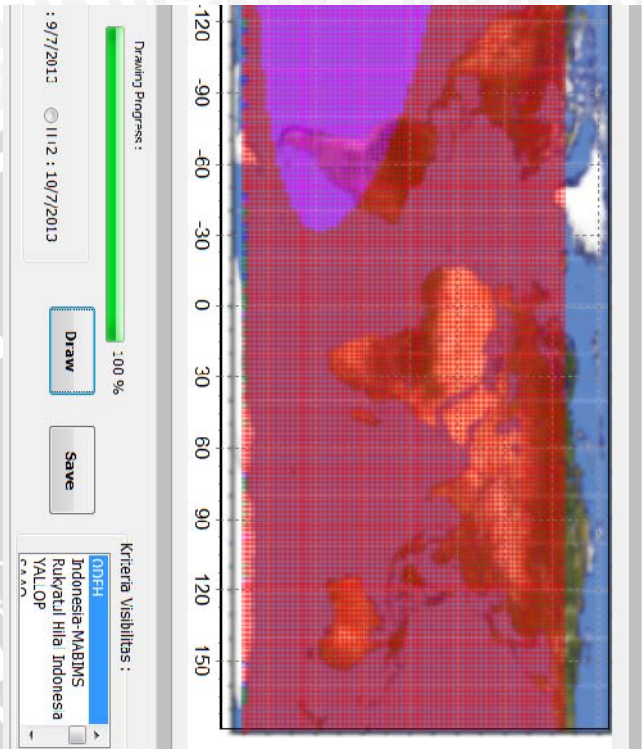
tidak terlihat di seluruh Indonesia. Hilal hanya mungkin dilihat dengan bantuan alat optik di sebagian daerah Amerika Selatan.



**Gambar 4.16.** Perhitungan Koordinat Bulan untuk Penentuan Awal Ramadhan 1434 H

Perhitungan parameter-parameter penentuan awal bulan hijriah, yaitu : waktu terbenam matahari dan bulan, altitude bulan, azimuth bulan, umur hilal, fraksi iluminasi, azimuth matahari, beda azimuth bulan dan matahari, beda terbenam bulan dan matahari, dan jarak sudut bulan dan matahari atau elongasi, untuk penentuan awal bulan Ramadhan dapat diperoleh dari menu Ramadhan. Hasil perhitungan parameter-parameter awal bulan untuk penentuan awal Ramadhan 1434 H menggunakan menu Ramadhan dengan masukan lokasi Pos Observasi Bulan Pelabuhan Ratu (Lintang :  $7^{\circ}1'45''$  LS, Bujur :  $106^{\circ}33'28''$  BT, ketinggian : 52 m dpl) seperti terlihat pada Gambar 4.18. Dari gambar tersebut didapatkan bahwa ijtima' terjadi pada 8 Juli 2013

Gambar 4.17. Peta



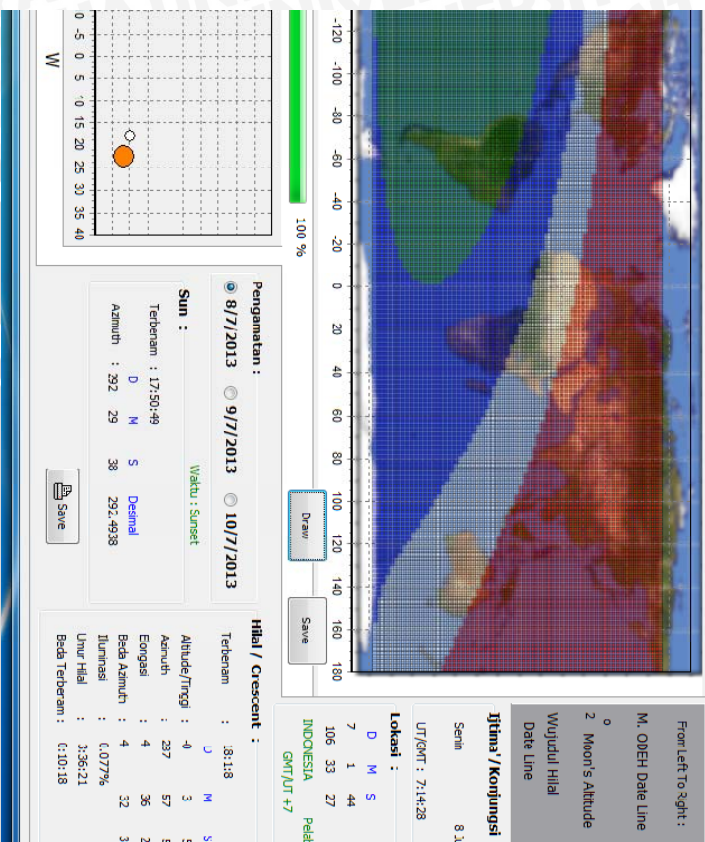
Vida pukul 14:14:28 WIB, dan pada saat matahari terbenam pada 9 Juli 2013 (waktu matahari terbenam : 17:50:49), umur hilal baru mencapai 03:36:21 (dalam H:M:S), ketinggian hilal (pusat ringan hilal) adalah  $-0^{\circ}.0658$ , ketinggian pusat piringan atas hilal (*upper limb*) adalah  $0^{\circ}.1842$ , jarak sudut hilal dan matahari (longasi) adalah  $4^{\circ}.6068$ , dan beda azimuth hilal dan matahari adalah  $4^{\circ}.5423$ . Dengan parameter-parameter tersebut hilal belum bisa terlihat di Indonesia menurut kriteria Odeh, MABIMS, maupun Hisab-Rukyat Indonesia (kriteria-kriteria awal bulan dijelaskan pada subbab 2.2.2). Dapat dilihat juga pada gambar peta ensemble date line bahwa Indonesia berada di sebelah timur garis tanggal kriteria Odeh, dan kriteria tinggi hilal  $2^{\circ}$  sedangkan garis tanggal kriteria wujudul hilal melintasi sebagian kecil daerah Indonesia (Jawa bagian barat dan sebagian Jawa timur) dan bergerak ke selatan). Berdasarkan kriteria wujudul hilal yang



menggunakan prinsip wilayah hukum (*wilayatul hukmi*) maka keesokan harinya (9 Juli 2013) sudah masuk awal Ramadhan sedangkan berdasarkan kriteria imkanurrukyat baik MABIMS maupun Hisab-Rukyat Indonesia seluruh daerah di Indonesia pada tanggal 9 Juli 2013 belum masuk awal Ramadhan dan baru masuk awal Ramadhan pada 10 Juli 2013. Fitur ufuk pada menu ini memperlihatkan bahwa hilal berada di sebelah kiri matahari dengan ketinggian yang hampir sama. Fitur ini dapat mempermudah para perukyat hilal dalam menentukan arah pengamatan.

Koordinat matahari dan bulan yang dihitung oleh menu Sun dan menu Moon pada software AHC adalah koordinat berdasarkan penglihatan (*apparent coordinates*). Koordinat berdasarkan penglihatan (*apparent coordinates*) termasuk koordinat toposentris (*topocentric coordinates*) yaitu koordinat objek dilihat dari permukaan bumi. Koordinat ini berbeda dengan koordinat geosentris (*geocentric coordinates*) yang merupakan koordinat yang terukur jika pengamat dianggap berada di pusat bumi (koordinat objek dilihat dari pusat bumi). Koordinat bulan hasil perhitungan menggunakan algoritma Jean Meeus yang dijelaskan pada subab 2.3.2. adalah koordinat ekliptika (lintang ekliptika (*ecliptical latitude*) yang disimbolkan  $\beta$  dan bujur eklipt-





Gambar 4.18. Hasil Perhitungan

gika (*ecliptical longitude*) yang disimbolkan  $\lambda$ ) secara geosentris. Sedangkan koordinat matahari hasil perhitungan menggunakan algoritma VSOP87 yang dijelaskan pada subbab 2.3.3 adalah koordinat ekliptika berdasarkan penglihatan (*apparent coordinates*). Untuk menghitung *apparent coordinates* bulan dari koordinat geosentris, harus ditambahkan koreksi *nutation in longitude* pada bujur ekliptika geosentris bulan. Seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.3.3, perhitungan *apparent coordinates* matahari telah memasukkan koreksi *nutation in longitude* dan aberasi. *Nutation* (nutasi) adalah osilasi poros rotasi bumi saat mengalami presesi (*precession*) terhadap poros ekliptika (ekliptika adalah bidang edar bumi mengelilingi matahari).

Periode presesi bumi adalah 26000 tahun. Nutasi memiliki dua komponen, yaitu komponen searah bidang ekliptika dan tegak lurus garis ekliptika. Komponen searah bidang ekliptika adalah yang disebut sebagai *nutation in longitude* (nutasi pada bujur ekliptika disimbolkan  $\Delta\Psi$ ) dan komponen tegak lurus bidang ekliptika disebut *nutation in obliquity* ( $\Delta\varepsilon$ ). Algoritma untuk menghitung *nutation in longitude* dan *obliquity of ecliptic* dapat dilihat pada Lampiran A.7.

Menu Sun dan menu Moon tidak hanya menghitung koordinat matahari dan bulan dalam sistem koordinat ekliptika saja tetapi juga koordinat horizon (altitude yang disimbolkan  $h$ ) dan azimuth yang disimbolkan  $A$ ) dan koordinat ekuator (kenaikan lurus (*Right Ascension* yang disimbolkan  $\alpha$ ) dan deklinasi (*Declination* yang disimbolkan  $\delta$ )). Dalam aplikasinya, kriteria visibilitas hilal khususnya kriteria visibilitas yang berkembang di Indonesia menggunakan parameter altitude dan azimuth bulan dan matahari. Rumus-rumus untuk mentransformasi koordinat dapat dilihat pada Lampiran A.3. Untuk menghitung koordinat ekuator dari koordinat ekliptika dibutuhkan nilai *true obliquity of ecliptic* (kemiringan ekliptika  $\varepsilon$ ) yang dapat dihitung dengan algoritma pada Lampiran A.7. Untuk menghitung koordinat horizon dari koordinat ekuator dibutuhkan sudut jam (*Hour Angle* disimbolkan  $H$ ) yaitu jarak sudut (dalam satuan jam) suatu objek langit diukur dari kulminasi pengamat. Sudut jam positif jika objek berada disebelah barat titik kulminasi dan negatif jika disebelah kiri. Sudut jam sebuah objek dapat dihitung dari kenaikan lurus ( $\alpha$ ) objek tersebut dengan persamaan :  $H = \theta - \alpha$  dengan  $\theta$  adalah waktu sideris local (*Local Sidereal Time*) yaitu sudut jam dari aries (*vernal equinoxes*) dilihat oleh pengamat. Waktu sideris lokal dapat dihitung dari waktu sideris di Greenwich ( $\theta_0$ ) dengan persamaan :  $\theta = \theta_0 - L$  dengan  $L$  adalah koordinat bujur pengamat. Waktu sideris Greenwich (untuk waktu masukan) dapat dihitung menggunakan algoritma pada Lampiran A.6. Altitude bulan dan matahari hasil perhitungan ini masih dikoreksi dengan koreksi refraksi oleh atmosfer di daerah horizon. Koreksi refraksi sangat penting dalam perhitungan *apparent coordinates* karena refraksi di daerah horizon menyebabkan objek langit terlihat pada altitude yang lebih tinggi dari posisi

sebenarnya. Koreksi refraksi atmosfer di daerah horizon dapat dihitung menggunakan algoritma pada Lampiran A.9.

Menu Crescent menghitung kemungkinan kenampakan hilal secara toposentris (berdasarkan pengamat di permukaan bumi) dan tidak memasukkan ketinggian tempat karena tidak memungkinkan menyimpan ketinggian semua lokasi di permukaan bumi dalam database kemudian data tersebut dipanggil saat looping dalam menggambar peta visibilitas hilal. Alasan lain adalah jari-jari bumi (mencapai 6400 km) sangat jauh lebih besar dibandingkan dengan ketinggian pengamat (hanya berorde meter) sehingga faktor kerendahan ufuk akibat ketinggian pengamat sangat kecil dan dapat diabaikan.

#### **4.2.2. Hasil Verifikasi Perhitungan Software Accurate Hijri Calculator 2.2 dengan Data Hisab dan Rukyat**

Verifikasi hasil perhitungan software dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan software Accurate Hijri Calculator 2.2 (AHC) dengan data hisab, dan rukyat. Hasil perhitungan software AHC yang diverifikasi meliputi perhitungan waktu fase-fase bulan, perhitungan koordinat matahari, perhitungan waktu rising, transit, dan setting matahari, dan perhitungan peluang kenampakan (visibilitas) hilal. Hasil perhitungan waktu fase-fase bulan dari software AHC dibandingkan dengan hasil perhitungan dari software berbasis web yang dikeluarkan oleh USNO (*United State Naval Observatory*) untuk tahun 2000, 2013, dan 2035. Untuk verifikasi perhitungan koordinat bulan dan matahari, hasil perhitungan software AHC dibandingkan dengan hasil perhitungan dari software Accurate Time 5.3.4 yang dikeluarkan oleh ICOP (*International Crescents' Observation Project*) untuk tahun 2013 dan 2100. Hasil perhitungan waktu rising, transit, dan setting matahari dari software AHC dibandingkan dengan hasil perhitungan dari software USNO untuk tahun 2013, dan 2100. Selain data hisab di atas, hasil perhitungan software AHC juga diverifikasi dengan data rukyat (pengamatan hilal). Verifikasi dengan data rukyat dilakukan dengan membandingkan (validasi) hasil perhitungan prediksi visibilitas hilal software AHC dengan data rukyat di Indonesia dan Internasional. Data rukyat Indonesia

diambil dari laporan rukyat pada sidang isbat Kementerian Agama RI dan data rukyat Internasional diambil dari website moonsighting.com.

Hasil perhitungan software AHC dan software USNO untuk waktu fase-fase bulan yang terjadi pada setengah tahun pertama untuk tahun 2000, 2013, dan 2035 berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 4.1., Tabel 4.2., dan Tabel 4.3. Data asli dari software USNO tersebut dapat dilihat pada Lampiran F. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa perhitungan software AHC cukup akurat dengan perbedaan rata-rata hanya berorde detik untuk waktu fase bulan baru (*new moon*) dan berorde menit untuk waktu fase-fase yang lain.

**Tabel 4.1.** Waktu Fase-fase Bulan untuk Tahun 2000: (a) Hasil Perhitungan Software AHC (b) Hasil Perhitungan Software USNO

AHC Tahun 2000			
Waktu Lokal WIB (UT+7)			
New Moon		First Quarter	
Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu
7-Jan	1:13:38	14-Jan	20:30:04
5-Feb	20:03:12	13-Feb	6:17:09
6-Mar	12:16:46	13-Mar	13:54:19

**Tabel 4.1.** (Lanjutan)

5-Apr	1:12:03	11-Apr	20:25:36
4 Mei	11:11:58	11 Mei	2:55:35
2-Jun	19:13:53	9-Jun	10:24:11
Full Moon		Last Quarter	
Tanggal	Waku	Tanggal	Waktu
21-Jan	11:40:18	28-Jan	15:00:24
19-Feb	23:26:35	27-Feb	10:57:19
20-Mar	11:44:26	28-Mar	7:24:43

19-Apr	0:41:34	27-Apr	2:34:26
18 Mei	14:34:25	26 Mei	18:59:40
17-Jun	5:27:05	25-Jun	8:04:54

(a)

USNO Tahun 2000			
Waktu Lokal WIB (UT+7)			
New Moon		First Quarter	
Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu
7-Jan	1:14	14-Jan	20:34
5-Feb	20:03	13-Feb	6:21
6-Mar	12:17	13-Mar	13:59
5-Apr	1:12	11-Apr	20:30
4 Mei	11:12	11 Mei	3:01
2-Jun	19:14	9-Jun	10:29
Full Moon		Last Quarter	
Tanggal	Waku	Tanggal	Waktu
21-Jan	11:40	28-Jan	14:57
19-Feb	23:27	27-Feb	10:54
20-Mar	11:44	28-Mar	7:21
19-Apr	0:42	27-Apr	2:30
18 Mei	14:34	26 Mei	18:55
17-Jun	5:27	25-Jun	8:00

(b)

**Tabel 4.2.** Waktu Fase-fase Bulan untuk Tahun 2013: (a) Hasil Perhitungan Software AHC (b) Hasil Perhitungan Software USNO

AHC Tahun 2013	
Waktu Lokal WIB (UT+7)	
New Moon	First Quarter

Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu
12-Jan	2:43:33	19-Jan	6:41:25
10-Feb	14:20:05	18-Feb	3:26:55
12-Mar	2:51:05	20-Mar	0:22:47
10-Apr	16:35:28	18-Apr	19:26:50
10 Mei	7:28:34	18 Mei	11:30:05
8-Jun	22:56:28	17-Jun	0:18:58
Full Moon		Last Quarter	
Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu
27-Jan	11:38:29	5-Jan	11:01:55
26-Feb	3:26:12	3-Feb	21:00:39
27-Mar	16:27:26	5-Mar	4:57:18
26-Apr	2:57:10	3-Apr	11:41:15
25 Mei	11:24:53	2 Mei	18:18:58
23-Jun	18:32:13	1-Jun	2:03:01

(a)

USNO Tahun 2013			
Waktu Lokal WIB (UT+7)			
New Moon		First Quarter	
Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu
12-Jan	2:44	19-Jan	6:45
10-Feb	14:20	18-Feb	3:31

**Tabel 4.2.** (Lanjutan)

12-Mar	2:51	20-Mar	0:27
10-Apr	16:35	18-Apr	19:31
10 Mei	7:28	18 Mei	11:34
8-Jun	22:56	17-Jun	0:24
Full Moon		Last Quarter	
Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu
27-Jan	11:38	5-Jan	10:58

26-Feb	3:26	3-Feb	20:56
27-Mar	16:27	5-Mar	4:53
26-Apr	2:57	3-Apr	11:36
25 Mei	11:25	2 Mei	18:14
23-Jun	18:32	1-Jun	1:58

(b)

**Tabel 4.3.** Waktu Fase-fase Bulan untuk Tahun 2035: (a) Hasil Perhitungan Software AHC (b) Hasil Perhitungan Software USNO

AHC Tahun 2035			
Waktu Lokal WIB (UT+7)			
New Moon		First Quarter	
Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu
9-Jan	22:03:05	17-Jan	11:41:04
8-Feb	15:22:00	15-Feb	20:12:29
10-Mar	6:09:15	17-Mar	3:10:13
8-Apr	17:57:34	15-Apr	9:49:53
8 Mei	3:03:38	14 Mei	17:23:26
6-Jun	10:20:26	13-Jun	2:44:54
Full Moon		Last Quarter	
Tanggal	Waku	Tanggal	Waktu
24-Jan	3:16:23	1-Jan	17:04:38
22-Feb	15:53:43	31-Jan	13:06:02

**Tabel 4.3.** (Lanjutan)

Full Moon		Last Quarter	
Tanggal	Waku	Tanggal	Waktu
24-Mar	5:41:57	2-Mar	10:04:39
22-Apr	20:20:33	1-Apr	6:10:28
22 Mei	11:25:32	30-Apr	23:58:11
21-Jun	2:37:13	30 Mei	14:35:19

(a)



USNO Tahun 2035			
Waktu Lokal WIB (UT+7)			
New Moon		First Quarter	
Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu
9-Jan	22:03	17-Jan	11:45
8-Feb	15:22	15-Feb	20:17
10-Mar	6:09	17-Mar	3:15
8-Apr	17:58	15-Apr	9:55
8 Mei	3:04	14 Mei	17:28
6-Jun	10:20	13-Jun	2:50
Full Moon		Last Quarter	
Tanggal	Waktu	Tanggal	Waktu
24-Jan	3:16	1-Jan	17:01
22-Feb	15:54	31-Jan	13:02
24-Mar	5:42	2-Mar	10:01
22-Apr	20:20	1-Apr	6:06
22 Mei	11:26	30-Apr	23:54
21-Jun	2:37	30 Mei	14:30

(b)

Verifikasi hasil perhitungan koordinat bulan dan matahari dilakukan dengan membandingkan koordinat horizon (altitude dan azimuth) bulan dan matahari hasil perhitungan software AHC dengan hasil perhitungan software Accurate Time 5.3.4 (AT). Koordinat horizon bulan dan matahari yang dibandingkan adalah koordinat horizon dalam kurun 1 tahun dengan interval 1 bulan dimulai dari tanggal 1 Januari untuk tahun 2013 dan 2100 dengan pilihan lokasi kota Malang (Lintang :  $8^{\circ}12'50''$  LS ; Bujur :  $112^{\circ}45'15''$  BT dan ketinggian: 431,9 m). Pemilihan koordinat horizon karena koordinat ini sangat penting mengingat hampir semua kriteria penanggalan hijriah di Indonesia baik kriteria hisab murni maupun kriteria hisab imkanurrukyat dirumuskan berdasarkan variabel koordinat horizon. Hasil Verifikasi

perhitungan koordinat matahari dan bulan untuk tahun 2013 adalah seperti terlihat pada Tabel 4.4. di bawah ini :

**Tabel 4.4.** Verifikasi Hasil Perhitungan Koordinat untuk Tahun 2013 : (a) Koordinat Matahari (b) Koordinat Bulan

Matahari							
Tgl	wkt	h		A		del h	del A
		AHC	AT	AHC	AT		
1/1/2013	0:00:00	-58.033	-58.034	167.9	167.89	0.0008	0.004
1/2/2013	0:00:00	-64.226	-64.226	170.34	170.34	0	0.006
1/3/2013	0:00:00	-73.412	-73.411	163.68	163.67	0.0011	0.008
1/4/2013	0:00:00	-82.155	-82.289	119.19	119.18	0.1347	0.003
1/5/2013	0:00:00	-79.306	-79.305	50.046	50.056	0.0008	0.01
1/6/2013	0:00:00	-74.051	-74.051	29.247	29.252	0.0003	0.005
1/7/2013	0:00:00	-73.714	-73.686	22.931	22.932	0.0281	0.002
1/8/2013	0:00:00	-78.439	-78.44	30.633	30.631	0.0008	0.001
1/9/2013	0:00:00	-82.368	-82.369	88.034	88.036	0.0011	0.003
1/10/2013	0:00:00	-74.758	-74.759	137.25	137.26	0.0011	0.003
1/11/2013	0:00:00	-64.587	-64.589	152.36	152.36	0.0014	0.001
1/12/2013	0:00:00	-58.304	-58.306	161.1	161.1	0.0014	0
Rata-rata						0.0143	0.004

(a)

**Tabel 4.4.** (Lanjutan)

Bulan							
Tgl	wkt	h		A		del h	del A
		AHC	AT	AHC	AT		
1/1/2013	0:00:00	54.3411	54.273	57.721	57.678	0.0681	0.044
1/2/2013	0:00:00	44.6006	44.581	89.782	89.738	0.0197	0.044
1/3/2013	0:00:00	62.7339	62.727	93.344	93.309	0.0072	0.034
1/4/2013	0:00:00	39.7253	39.724	109.1	109.12	0.0011	0.02
1/5/2013	0:00:00	28.5964	28.585	105.75	105.79	0.0111	0.045
1/6/2013	0:00:00	7.46972	7.4522	92.333	92.413	0.0175	0.08
1/7/2013	0:00:00	1.65361	1.6475	81.107	81.203	0.0061	0.096
1/8/2013	0:00:00	-14.43	-14.436	72.445	72.557	0.0058	0.112
1/9/2013	0:00:00	-29.36	-29.375	73.724	73.833	0.015	0.109
1/10/2013	0:00:00	-31.821	-31.827	82.064	82.155	0.0064	0.091
1/11/2013	0:00:00	-42.536	-42.506	102.65	102.67	0.03	0.013
1/12/2013	0:00:00	-43.248	-43.209	117.72	117.66	0.0392	0.067
Rata-rata						0.0189	0.063

(b)

Keterangan : AHC adalah Accurate Hijri Calculator 2.2, AT adalah Accurate Time 5.3.4., h adalah altitude, A adalah Azimuth, del h dan del A berturut-turut adalah nilai selisih altitude dan azimuth, dan semua sudut dalam satuan derajat.

Dari Tabel 4.4. dapat diketahui bahwa rata-rata selisih perhitungan AHC dengan Accurate Time 5.3.4 (AT) untuk tahun 2013 adalah  $0^{\circ}.0143$  untuk altitude matahari,  $0^{\circ}.004$  untuk azimuth matahari,  $0^{\circ}.0189$  untuk altitude bulan, dan  $0^{\circ}.063$  untuk azimuth bulan. Hasil verifikasi perhitungan koordinat matahari dan bulan untuk tahun 2100 adalah seperti pada Tabel 4.5. di bawah ini :

**Tabel 4.5.** Verifikasi Hasil Perhitungan Koordinat untuk Tahun 2100 : (a) Koordinat Matahari (b) Koordinat Bulan

Matahari							
Tgl	wkt	h		A		del h	del A
		AHC	AT	AHC	AT		
1/1/2100	0:00:00	-58.014	-58.018	167.784	167.787	0.0039	0.003
1/2/2100	0:00:00	-64.187	-64.19	170.237	170.24	0.0031	0.002
1/3/2100	0:00:00	-73.367	-73.369	163.627	163.629	0.0019	0.002
1/4/2100	0:00:00	-82.277	-82.278	119.392	119.395	0.0006	0.003
1/5/2100	0:00:00	-79.337	-79.338	50.0433	50.0494	0.0014	0.006
1/6/2100	0:00:00	-74.08	-74.081	29.1356	29.1425	0.0017	0.007
1/7/2100	0:00:00	-73.738	-73.74	22.7767	22.7856	0.0017	0.009
1/8/2100	0:00:00	-78.464	-78.464	30.4242	30.4356	0.0003	0.011
1/9/2100	0:00:00	-82.406	-82.404	87.9475	87.9486	0.0011	0.001
1/10/2100	0:00:00	-74.787	-74.788	137.248	137.246	0.0011	0.002
1/11/2100	0:00:00	-64.609	-64.611	152.311	152.312	0.0025	0.001
1/12/2100	0:00:00	-58.311	-58.314	161.021	161.023	0.0033	0.002
Rata-rata						0.0019	0.004

(a)

Bulan							
Tgl	wkt	h		A		del h	del A
		AHC	AT	AHC	AT		
1/1/2100	0:00:00	37.8319	37.904	67.8647	67.9056	0.0725	0.041
1/2/2100	0:00:00	25.625	25.64	100.684	100.729	0.0147	0.046
1/3/2100	0:00:00	43.0411	43.063	106.3	106.42	0.0219	0.121
1/4/2100	0:00:00	19.0339	19.031	117.434	117.49	0.0031	0.056
1/5/2100	0:00:00	10.2417	10.234	111.323	111.355	0.0072	0.032
1/6/2100	0:00:00	-4.2317	-4.2236	93.775	93.775	0.0081	0
1/7/2100	0:00:00	-5.2275	-5.2108	78.6644	78.6478	0.0167	0.017
1/8/2100	0:00:00	-18.829	-18.836	64.8083	64.7817	0.0067	0.027
1/9/2100	0:00:00	-36.998	-37.03	64.3403	64.3358	0.0325	0.004
1/10/2100	0:00:00	-43.182	-43.188	78.9942	78.9844	0.0064	0.01
1/11/2100	0:00:00	-53.43	-53.387	119.099	119.058	0.0431	0.041

(b)

**Tabel 4.5. (Lanjutan)**

Bulan							
Tgl	wkt	h		A		del h	del A
		AHC	AT	AHC	AT		
1/12/2100	0:00:00	-50.479	-50.453	144.456	144.409	0.0264	0.047
Rata-rata						0.0216	0.037

(b)

Keterangan : AHC adalah Accurate Hijri Calculator 2.2, AT adalah Accurate Time 5.3.4., h adalah altitude, A adalah Azimuth, del h dan del A berturut-turut adalah nilai selisih altitude dan azimuth, dan semua sudut dalam satuan derajat.

Dari Tabel 4.5. dapat diketahui bahwa rata-rata selisih perhitungan AHC dengan Accurate Time 5.3.4 (AT) untuk tahun 2100 adalah  $0^{\circ}.0019$  untuk altitude matahari,  $0^{\circ}.004$  untuk azimuth matahari,  $0^{\circ}.0216$  untuk altitude bulan, dan  $0^{\circ}.037$  untuk azimuth bulan. Dari hasil verifikasi perhitungan koordinat, dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan koordinat bulan dan matahari dari software Accurate Hijri Calculator 2.2 sudah cukup akurat.

Verifikasi hasil perhitungan waktu rising, transit, dan setting matahari dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan waktu rising, transit, dan setting matahari dari software AHC dengan hasil perhitungan dari software USNO untuk tahun 2013 dan 2100 dengan pilihan lokasi kota Malang (Lintang :  $8^{\circ}12'50''$  LS ; Bujur :  $112^{\circ}45'15''$  BT dan ketinggian 431,9 m). Hasil verifikasi perhitungan waktu rising, transit, dan setting matahari untuk tahun 2013 dan 2100 seperti terlihat pada Tabel 4.6. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa perbedaan hasil perhitungan waktu terbenam matahari (setting) antara software AHC dengan USNO adalah 14,9 untuk tahun 2013 dan 14,2 untuk tahun 2100. secara umum dapat disimpulkan bahwa perhitungan waktu rising, transit, dan setting matahari oleh software AHC sudah cukup akurat.

**Tabel 4.6.** Verifikasi Hasil Perhitungan Waktu Rising, Transit, dan Setting Matahari : (a) Tahun 2013 (b) Tahun 2100

Tanggal	AHC			USNO			Beda Setting
	Rising	Transit	Setting	Rising	Transit	Setting	
1/1/2013	5:15:11	11:32:31	17:50:20	5:15:00	11:33:00	17:50:00	20
1/2/2013	5:29:06	11:42:33	17:56:12	5:29:00	11:43:00	17:56:00	12
1/3/2013	5:33:35	11:41:20	17:49:00	5:34:00	11:41:00	17:49:00	0
1/4/2013	5:32:06	11:32:52	17:33:28	5:32:00	11:33:00	17:34:00	32
1/5/2013	5:31:34	11:26:04	17:20:33	5:32:00	11:26:00	17:21:00	27
1/6/2013	5:36:44	11:26:46	17:17:00	5:37:00	11:27:00	17:17:00	0
1/7/2013	5:43:21	11:32:48	17:22:24	5:43:00	11:33:00	17:22:00	24
1/8/2013	5:42:19	11:35:18	17:28:08	5:43:00	11:35:00	17:28:00	8
1/9/2013	5:29:59	11:29:00	17:27:36	5:31:00	11:29:00	17:28:00	24
1/10/2013	5:13:01	11:18:40	17:23:53	5:14:00	11:19:00	17:24:00	7
1/11/2013	5:00:23	11:12:34	17:24:37	5:01:00	11:13:00	17:25:00	23
1/12/2013	5:01:16	11:17:57	17:34:58	5:01:00	11:18:00	17:35:00	2
Rata-rata							14.91

(a)

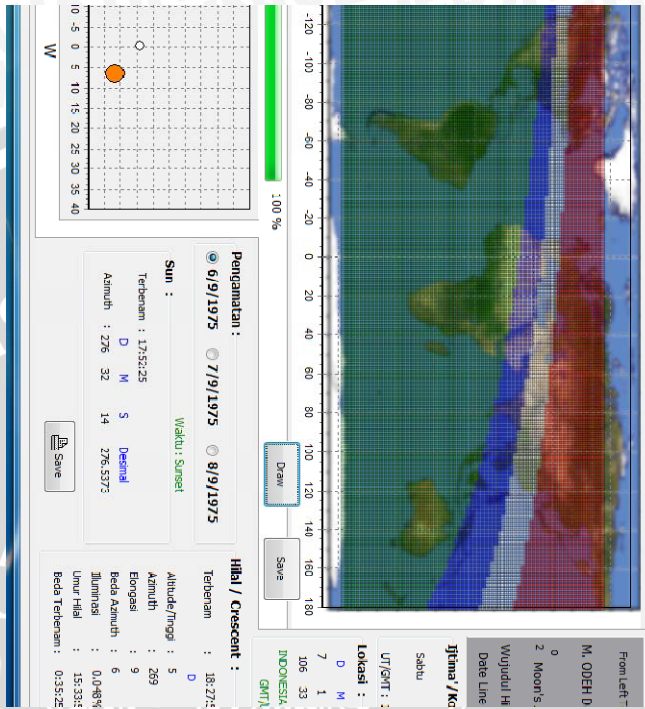
Tgl/Bl	AHC			USNO			del S
	R	T	S	R	T	S	
1/1/2100	5:14:55	11:32:15	17:50:04	5:14:00	11:32:00	17:50:00	4
1/2/2100	5:28:52	11:42:20	17:56:01	5:29:00	11:42:00	17:56:00	1
1/3/2100	5:33:27	11:41:13	17:48:55	5:33:00	11:41:00	17:49:00	5
1/4/2100	5:32:06	11:32:53	17:33:30	5:32:00	11:33:00	17:34:00	30
1/5/2100	5:31:40	11:26:11	17:20:40	5:32:00	11:26:00	17:21:00	20
1/6/2100	5:36:55	11:26:57	17:17:11	5:37:00	11:27:00	17:17:00	11
1/7/2100	5:43:34	11:33:01	17:22:38	5:43:00	11:33:00	17:23:00	22
1/8/2100	5:42:32	11:35:30	17:28:20	5:43:00	11:36:00	17:28:00	20
1/9/2100	5:30:09	11:29:10	17:27:45	5:31:00	11:29:00	17:28:00	15
1/10/2100	5:13:06	11:18:45	17:23:57	5:14:00	11:19:00	17:24:00	3
1/11/2100	5:00:22	11:12:32	17:24:34	5:01:00	11:13:00	17:25:00	26
1/12/2100	5:01:07	11:17:47	17:34:47	5:01:00	11:18:00	17:35:00	13
Rata-rata							14.17

(b)

Keterangan : AHC adalah Accurate Hijri Calculator 2.2, USNO adalah software USNO, sedangkan R, T, dan S berturut-turut adalah rising, transit, dan setting; del S dalam detik.

Verifikasi hasil perhitungan software dengan data rukyat dilakukan dengan membandingkan laporan data rukyatul hilal baik laporan positif (hilal terlihat) maupun negatif (hilal tidak terlihat) dengan perhitungan prediksi peluang kenampakan hilal dari software AHC. Data rukyat tersebut didapatkan dari laporan rukyatul hilal yang dikumpulkan oleh Kementerian Agama RI dan data rukyat yang diambil dari website moonsighting.com yang dirilis oleh lembaga Moonsighting Committee Worlwide. Berikut adalah hasil verifikasi perhitungan software AHC dengan data-data rukyat tersebut :

1. Laporan kegiatan rukyatul hilal pada tanggal 6 September 1975 untuk penentuan awal Ramadhan 1395 H menyatakan bahwa beberapa saksi berhasil melihat hilal di pantai Ancol Jakarta, Bekasi, dan Pos Observasi Bulan Pelabuhan Ratu Sukabumi sehingga pada sidang itsbat Kementerian Agama RI pada tanggal 6 September 1975 menyatakan bahwa awal Ramadhan 1395 H jatuh pada tanggal 7 September 1975. Berdasarkan perhitungan Software AHC menggunakan menu Ramadhan dengan masukan tahun 1975 dan lokasi pengamatan POB Pelabuhan Ratu Sukabumi (Lintang :  $7^{\circ}1'44''$  LS, Bujur :  $106^{\circ}33'27''$  BT, dan ketinggian : 59 m dpl), ijtima' terjadi pada tanggal 6 September 1975 pada pukul 2:18:29 WIB dan pada saat matahari terbenam (17:52:25), altitude hilal telah mencapai  $5,8^{\circ}$ , elongasi (ARCL) sebesar  $9,5^{\circ}$ , umur hilal 15:33:56 (H:M:S), beda azimuth matahari dan bulan mencapai  $6,75^{\circ}$ . Parameter-parameter tersebut telah memenuhi kriteria limit Danjon (elongasi  $>7^{\circ}$ ), kriteria MABIMS, kriteria wujudul hilal, dan kriteria Hisab-Rukyat Indonesia dan sudah cukup memenuhi syarat untuk hilal dapat terlihat. Informasi hasil perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.19. Dari peta ensemble date line pada gambar tersebut, dapat dilihat bahwa wilayah Indonesia berada di sebelah barat garis tanggal kriteria wujudul hilal dan kriteria ketinggian hilal  $2^{\circ}$  dan dile-



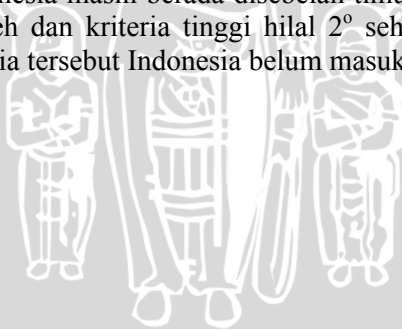
Gambar 4.19. Hasil Perhitungan Menu Ramad

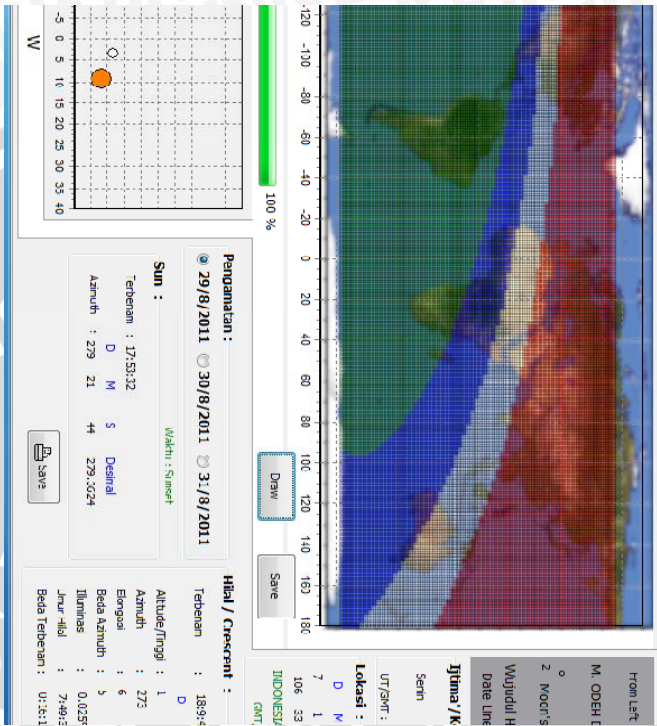
diikuti oleh garis tanggal kriteria Odeh dengan wilayah Sumatera bagian selatan dan seluruh wilayah Jawa berada di sebelah barat garis tanggal ini yang artinya hilal diprediksikan dapat terlihat di daerah-daerah tersebut berdasarkan kriteria Odeh sehingga perhitungan menu Ramadhan ini cocok dengan data rukyat tersebut.

- Perbedaan penetapan 1 Syawal 1432 H (2011 M) antara Pemerintah (melalui Kementerian Agama RI) dengan ormas Muhammadiyah disebabkan karena ketinggian hilal berdasarkan hasil hisab yang dihimpun oleh Kemeterian Agama (Kementerian Agama RI, 2011) menyatakan bahwa ketinggian hilal pada saat matahari terbenam pada tanggal



ijtima' (29 Ramadhan 1432 H/29 Agustus 2011) masih berkisar antara  $0^{\circ}08'$  sampai dengan  $1^{\circ}53'$  sehingga belum memenuhi kriteria MABIMS dan hal ini dibuktikan dengan laporan rukyatul hilal negatif (hilal tidak terlihat) di 30 lokasi pengamatan di Indonesia sehingga tanggal 1 Syawwal ditetapkan jatuh pada tanggal 31 Agustus 2011. Sedangkan berdasarkan kriteria wujudul hilal yang digunakan oleh ormas Muhammadiyah hilal dinyatakan telah wujud (berada di atas ufuk) dan awal bulan Syawwal bisa dimulai pada tanggal 30 Agustus 2011. Berdasarkan perhitungan software AHC menggunakan menu Syawwal dengan masukan tahun 2011 dan lokasi POB Pelabuhan Ratu Sukabumi, ijtima' terjadi pada tanggal 29 Agustus 2011 pukul 10:04:02 WIB dan pada saat matahari terbenam (17:53:32), altitude hilal sebesar  $1^{\circ}17'5''$  atau  $1^{\circ}.2847$ , umur hilal 7:49:30 (H:M:S), elongasi (ARCL) sebesar  $6^{\circ}.2157$ , beda azimuth bulan dan matahari sebesar  $5^{\circ}.8435$ . Parameter-parameter tersebut belum memenuhi kriteria MABIMS, Hisab-Rukyat Indonesia, dan Odeh sehingga diprediksikan hilal belum dapat terlihat di Indonesia. Perhitungan lebih lengkap dari menu Ramadhan ini dapat dilihat pada Gambar 4.20. Dari peta ensemble date line pada gambar tersebut, dapat dilihat bahwa Indonesia masih berada disebelah timur garis tanggal kriteria Odeh dan kriteria tinggi hilal  $2^{\circ}$  sehingga menurut kedua kriteria tersebut Indonesia belum masuk awal bulan





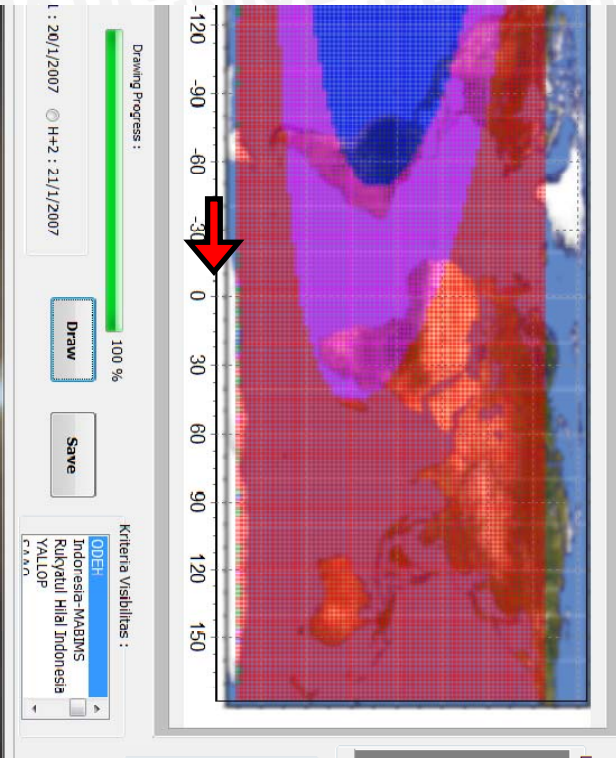
Gambar 4.20. Hasil Perhitungan Menu Ramadhan

Syawwal sehingga awal Syawwal dimulai pada tanggal 31 Agustus 2011. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa garis tanggal wujudul hilal memotong wilayah Indonesia sehingga seluruh wilayah Indonesia sudah masuk awal Syawwal menurut garis tanggal wujudul hilal dan awal Syawwal dimulai pada tanggal 30 Agustus 2011. Sehingga Hasil perhitungan menu Ramadhan tersebut cocok dengan data rukyat.

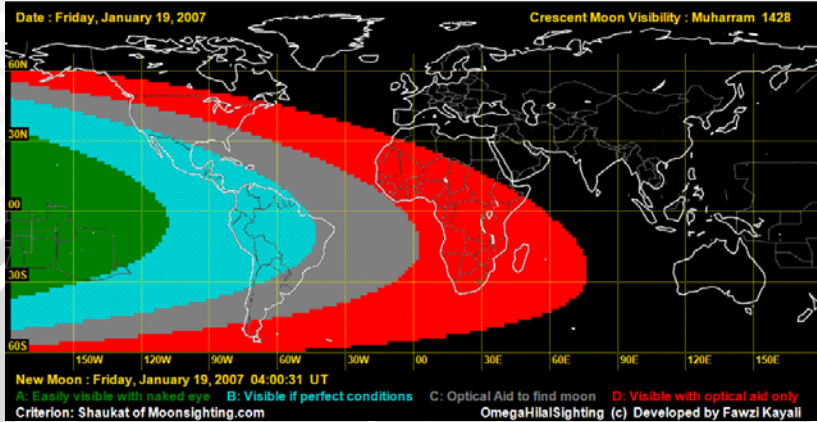
3. Data rukyat untuk penentuan awal Muharram 1428 H yang dikumpulkan oleh lembaga Moonsighting Committee Worldwide yang dirilis dalam website moonsighting.com menyatakan bahwa pada tanggal 19 Januari 2007 (bertepatan dengan 29 Dzulhijjah 1427 H) hilal tidak terlihat pada

pengamatan di Singapura, pulau Zanzibar Afrika, Namibia, Algeria, Nigeria, Afrika Selatan, Inggris, Colorado, dan Arizona. Dan hilal terlihat pada pengamatan di California dengan mata telanjang. Hasil perhitungan peluang kenampakan hilal dengan menggunakan menu Crescent untuk tanggal 19 Januari 2007 adalah seperti diperlihatkan pada Gambar 4.21. Dari gambar tersebut, dapat dilihat bahwa menurut kriteria Odeh, daerah California (ditunjuk oleh anak panah) masuk dalam zona warna biru yang diprediksikan masih dapat melihat hilal dengan mata telanjang. Daerah Singapura dan Inggris berada pada zona merah yang artinya diprediksikan tidak dapat melihat hilal walaupun kondisi cuaca bagus. Sedangkan daerah Nigeria, Afrika Selatan, dan Colorado berada pada zona magenta yang diprediksikan hilal dapat terlihat dengan bantuan alat optik tetapi dengan kondisi cuaca yang bagus. Sebagai pembandingan, peta visibilitas hilal berdasarkan kriteria Shaukat yang dirilis dalam moonsighting.com dapat dilihat pada Gambar 4.22.





## Moonsighting for Muharram 1428



Sumber : moonsighting.com

**Gambar 4.22.** Peta Visibilitas Hilal Kriteria Shaukat untuk Muharram 1428 H

Keterangan gambar :

Zona Hijau : hilal mudah terlihat dengan mata telanjang

Zona biru : hilal dapat terlihat jika cuaca bagus

Zona Abu-abu : membutuhkan bantuan alat optic untuk melihat hilal

Zona Merah : hilal hanya dapat dilihat dengan bantuan alat optik

Zona Hitam : hilal tidak mungkin dilihat

Keseluruhan hasil verifikasi yang dijelaskan di atas menunjukkan bahwa hasil perhitungan software AHC sudah cukup akurat untuk digunakan dalam perhitungan terkait dengan penentuan awal bulan hijriah.

### 4.2.3. Hasil Wawancara dengan Tokoh-tokoh Hisab dan Rukyat

Hasil wawancara kepada tokoh-tokoh hisab dan rukyat di Indonesia untuk hal-hal terkait dengan software meliputi

koreksi dan saran-saran membangun terhadap software Accurate Hijri Calculator 2.2 (AHC) dapat dirangkum sebagai berikut :

1. Hasil wawancara kepada Prof. Dr. Thomas Djamaluddin (Profesor Riset Astronomi dan Astrofisika LAPAN) :

Saran-saran untuk perbaikan software AHC yang diberikan oleh Prof. Dr. Thomas Djamaluddin dan telah dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- a. gambar peta dunia untuk tampilan menu *crescent visibility map* sebaiknya dicarikan dari sumber lain jangan mengambil gambar print screen dari software Accurate Time,
- b. international Hijri Date Line diubah menjadi Garis Tanggal Ketinggian Hilal  $0^{\circ}$ ,
- c. agar dicek pada perhitungan untuk kriteria Hisab Rukyat Indonesia apakah syarat elongasi sudah dimasukkan, dan
- d. agar dibuat fitur tambahan untuk model “ensemble” yaitu menggabungkan semua garis tanggal dalam satu gambar agar mudah dibandingkan dalam proses pengambilan keputusan.

Testimoni Prof. Dr. Thomas Djamaluddin untuk software AHC adalah sebagai berikut :

“Software Accurate Hijri Calculator merupakan terobosan untuk memberikan gambaran terkait dengan garis tanggal berdasarkan kriteria-kriteria yang ada secara internasional maupun yang ada di Indonesia tanpa masuk pada perbedaan pendapat terkait bagaimana pengambilan keputusan. Sebagai kalkulator hisab rukyat atau kalkulator perhitungan posisi hilal yang disertai juga dengan kemungkinan visibilitasnya maka software ini hanya menunjukkan wilayah mana yang mungkin bisa melihat dan wilayah mana yang belum mungkin untuk bisa melihat. Sehingga berdasarkan kriteria itu nanti pengguna dapat memutuskan wilayah mana yang sudah masuk awal bulan hijriah dan wilayah mana yang belum masuk.

Sekarang tinggal diserahkan kepada penggunanya khususnya para pengambil keputusan dimasing-masing ormas untuk memilih kriteria mana yang akan digunakan. Software ini sudah menyediakan kriteria-kriteria baik yang diusulkan secara nasional maupun kriteria yang diusulkan secara Internasional”.

Dan pendapat Prof. Dr. Thomas Djamaluddin terkait dengan prospek ke depan software AHC adalah sebagai berikut :

“ Nanti mungkin bisa dikemas lebih baik lagi sehingga ditampilkan secara lebih nyata lagi kriteria atau batas tanggal (*date line*) itu berdasarkan kriteria apa saja yang digunakan. Kemudian nanti para pengambil keputusan baik di tingkat ormas maupun kementerian agama dengan adanya kriterianya nanti disepakati maka software ini dapat dijadikan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan wilayah mana yang sudah masuk terlebih dahulu dibandingkan dengan wilayah Indonesia atau jika terjadi garis tanggal itu membelah wilayah Indonesia maka prinsip *wilayatul hukmi* yang digunakan akan memilih wilayah yang sudah masuk untuk diberlakukan untuk seluruh wilayah Indonesia. Jadi prospek dari software ini bisa membantu para pengambil keputusan baik ditingkat ormas maupun kementerian agama untuk secara sama secara seragam memutuskan masuknya tanggal hijriah khususnya ramadhan, syawwal, dan dzulhijjah kalau kriterianya nanti disepakati. Dengan kesamaan kriteria tersebut maka kita akan mendapatkan suatu sistem kalender yang seragam dan juga InsyaAllah akan sama juga dengan hasil rukyat. Jadi prospek dari software ini akan sangat membantu para pengambil keputusan disemua level baik organisasi maupun tingkat nasional”.

2. Hasil wawancara kepada Mutoha Arkanuddin (Ketua Lembaga Rukyatul Hilal Indonesia) :

Saran-saran untuk perbaikan software AHC yang diberikan oleh Mutoha Arkanuddin dan telah dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- a. sebaiknya ditambahkan kriteria-kriteria penanggalan hijriah yang umum di Indonesia seperti kriteria wujudul hilal, dan kriteria RHI
- b. sebaiknya ditambahkan fitur diagram posisi hilal dan matahari di ufuk menjelang matahari terbenam untuk memudahkan perukyat dalam menentukan arah pengamatan
- c. sebaiknya menu-menu dibuat dalam bahasa Indonesia dan istilah-istilah sebaiknya digunakan istilah-istilah yang sudah umum dimasyarakat
- d. sebaiknya dalam database kota-kota diakomodasi semua data koordinat untuk setiap kabupaten di Indonesia beserta ketinggian dari muka laut.

Testimoni Mutoha Arakanuddin untuk software AHC adalah sebagai berikut :

“Secara umum software Accurate Hijri Calculator 2.2 ini sudah memenuhi syarat untuk masyarakat bisa ikut menggunakan dalam hal ini mereka-mereka yang tentunya membutuhkan data-data dari software ini terkait dengan hal-hal yang berhubungan dengan persiapan pengamatan hilal karena output yang disajikan juga sudah komplit. Saya berharap software ini tidak berhenti sampai disini katakanlah untuk mengembangkan ke versi berikutnya. Sebenarnya software ini sudah layak. Saya sangat bangga, adik-adik dengan penuh semangat bisa memberikan karya yang nantinya InsyaAllah akan sangat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia baik untuk tujuan ibadah maupun hal-hal praktis astronomis.”

3. Hasil wawancara kepada Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag. (Kasubdit Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama RI) :

Testimoni Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag. untuk software AHC adalah sebagai berikut :

“Saya mengapresiasi sekali terhadap usaha generasi muda yang peduli terhadap masalah hisab dan



rukyat di Indonesia dengan cara membuat software ini. Tolong dikomunikasikan dan catatan-catatan dari para pakar tolong diperhatikan dan direspon. Diharapkan software ini membantu menyelesaikan masalah tetapi tidak memberikan justifikasi ditengah permasalahan perbedaan yang masih ada, software ini hanya sebagai kalkulator dan pengambil keputusan biarkan diserahkan kepada Pemerintah dalam hal ini Kementerian Agama.”

4. Hasil wawancara kepada Evan Irawan Akbar ( peneliti dan praktisi rukyatul hilal Bosscha) :

Saran-saran untuk perbaikan software AHC yang diberikan oleh Evan Irawan Akbar dan telah dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- a. pada data koordinat lokasi seharusnya dimasukkan ketinggian lokasi dari permukaan laut dan koreksi kerendahan ufuk (*deep correction*),
- b. sebaiknya untuk mengoreksi keakuratan software menggunakan data-data hisab bukan data rukyat karena data rukyat kemungkinan kesalahan cukup besar karena bias pengamat. Data-data hisab yang bisa digunakan untuk mengoreksi adalah data dari software USNO dan Accurate Time sebisa mungkin sama walaupun beda, perbedaan yang dapat ditoleransi adalah  $0,5^{\circ}$  sebesar diameter bulan,
- c. periksa lagi kemungkinan adanya *rounding error* pada perhitungan software AHC,

Testimoni Evan Irawan Akbar untuk software AHC adalah sebagai berikut :

“Saya menyambut baik niatan dari teman-teman ini untuk membuat suatu software untuk memvisualisasikan hilal di Indonesia. Sekiranya software ini selesai dibuat akan memberikan pembelajaran bagi masyarakat tentang bagaimana hilal, penampakan dan posisinya sehingga mempermudah bagi pengamat maupun para praktisi untuk membuat kalender. Memang masih perlu penyempurnaan sedikit dari software ini namun saya optimis dan saya berharap

dengan selesainya software ini akan sangat membantu bagi para perukyat dan praktisi hisab di Indonesia.”

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## **BAB V PENUTUP**

### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa software Accurate Hijri Calculator 2.2 (AHC) yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat digunakan oleh semua golongan baik golongan yang menggunakan metode hisab murni, golongan yang menggunakan metode hisab imkanurrukyat, dan golongan yang masih menggunakan metode rukyat murni. Hasil perhitungan software AHC telah diverifikasi dengan data hisab dari software Accurate Time 5.3.4 dan software berbasis web USNO, dan data rukyat hasil kegiatan rukyatul hilal baik di Indonesia maupun Internasional dan memberikan hasil bahwa software ini cukup akurat. Sehingga software AHC memiliki prospek untuk dapat digunakan dalam perhitungan penentuan awal bulan hijriah.

### **5.2. Saran**

Software Accurate Hijri Calculator 2.2 masih dapat dikembangkan lagi baik pada fitur-fitur program agar lebih interaktif, maupun pada algoritma yang digunakan. Saat ini dan pada waktu yang akan datang, algoritma-algoritma perhitungan astronomi akan semakin berkembang dan keakuratannya semakin ditingkatkan. Bagi para peneliti yang ingin mendapatkan hasil perhitungan koordinat bulan dan matahari yang lebih akurat dapat menggunakan algoritma ChaprontELP dan VSOP87 dengan suku-suku koreksi secara lengkap.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)**



## DAFTAR PUSTAKA

- Arkanuddin, Mutoha.2008.*Modul Pelatihan Hisab Rukyat Awal Bulan Hijriah*.<http://rukkyatulhلال.org>.Tanggal akses : 8 Juli 2012.
- Arya, Atam P.1990.*Introduction to Classical Mechanics*.Prentice Hall.USA.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.2012.*Almanak 2013*. BMKG.Jakarta.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2012.*Peta Visibilitas Hilal Pada Setiap Awal Bulan Qomariah Tahun 1434/1435 H (2013)*.BMKG.Jakarta.
- Djamaluddin, Thomas.2001.*Re-evolution of Hilaal Visibility in Indonesia*.International Crescent Observation Project (ICOP).
- Djamaluddin, Thomas.2001.*Calendar Conversion Program Used for Analyze Early History of Islam*. International Crescent Observation Project (ICOP).
- Djamaluddin, Thomas.2010.*Analisis Visibilitas Hilal untuk Usulan Kriteria Tunggul di Indonesia*.<http://tdjamaluddin.wordpress.com>.Tanggal akses : 9 Maret 2013.
- Kementerian Agama RI.2010.*Ephemeris Hisab Rukyat 2011*.Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Ditjen Bimbingan Masyarakat Islam.Jakarta.
- Kementerian Agama RI.2011.*Keputusan Menteri Agama RI 1 Ramadhan, Syawwal dan Dzulhijjah 1381 H-1432H/1962-2011 M*. Direktorat Jendral Bimbingan Masyarakat Islam Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah.Jakarta.
- Kementerian Agama RI.2011.*Ephemeris Hisab Rukyat 2012*.Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Ditjen Bimbingan Masyarakat Islam.Jakarta.
- Kementerian Agama RI.2012.*Ephemeris Hisab Rukyat 2013*.Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Ditjen Bimbingan Masyarakat Islam.Jakarta.
- Meeus, Jean.1998.*Astronomical Algorithms*.Willmann-Bell.Inc.Virginia.

- Murtadho, M.2007.*Imkan Al-Ru'yat dalam Penentuan Awal Bulan Qomariah: Perspektif Syari'ah dan Astronomi Manhaj Nahdlatul Ulama'*. Volume 3 Nomor 2.<http://rukyatulhilar.org>.Tanggal akses : 8 Juli 2012.
- Nurwendaya, Cecep.2010.*Kaidah-Kaidah Falakiyah dan Simulasi Hisab Rukyat*.<http://rukyatulhilar.org>.Tanggal akses : 8 Juli 2012.
- Odeh, M. 2006. *New Criterion for Lunar Crescent Visibility*.Springer.
- Qureshi, Shahid M.2005.*Computational Astronomy and The Earliest Visibility of Lunar Crescent*.Institute of Space and Planetary Astrophysics University of Karachi.
- Sudibyoy, Ma'rufin M.2012.*Data Observasi Hilaal 2007-2009 di Indonesia*.Lembaga Pengkajian dan Pengembangan Ilmu Falak Rukyatul Hilal Indonesia.
- Sultan, Haq A.2003. *Hijri Calender and Lunar Visibility:Physical Approach*.Third Islamic Astronomical Conference Astronomical Applications in Islamic Shari'a. Jordan.
- Sutantyoy, Winardi.2010.*Bintang-bintang di Alam Semesta*.Penerbit ITB.Bandung.
- Yallop, DB.1997.*A Method for Predicting the First Sighting of the New Crescent Moon*.NAO Technical Note No. 69.  
<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEcat5/deltatpoly.html>. Tanggal akses : 20 Juli 2012.  
<http://aa.usno.navy.mil/data/docs/MoonPhase.php>. Tanggal akses : 20 Juni 2013.  
<http://moonsighting.com/>. Tanggal akses : 20 Mei 2013.

## Lampiran A

### (Algoritma – algoritma Tambahan yang Digunakan dalam Pembuatan Software Accurate Hijri Calculator 2.2)

#### A.1. Algoritma Jean Meeus untuk Konversi Sistem Penanggalan *Julian Ephemeris Days* (JDE) ke dalam Sistem Penanggalan Masehi atau Gregorian

Algoritma Konversi Sistem Penanggalan *Julian Ephemeris Days* (JDE) ke dalam Sistem Penanggalan Masehi atau Gregorian adalah sebagai berikut :

- Tambahkan 0.5 pada JDE, kemudian ambil integer dari hasil penjumlahan tersebut sebagai Z dan bagian desimalnya sebagai F,
- Jika  $Z < 2299161$ , maka ambil  $A=Z$ . sedangkan jika  $Z \geq 2299161$ , maka ambil
$$\alpha = INT\left(\frac{Z-1867216.25}{36524.25}\right) \text{ dan } A = Z + 1 + \alpha - INT\left(\frac{\alpha}{4}\right)$$
- Kemudian hitung :  $B = A + 1524$ 
$$C = INT\left(\frac{B - 122.1}{365.25}\right)$$
$$D = INT(365.25C)$$
$$E = INT\left(\frac{B - D}{30.6001}\right)$$
- Desimal tanggal (hari) dalam sistem penanggalan Gregorian dapat dihitung dengan:
$$B - D - INT(30.6001E) + F$$
- Bulan dalam sistem penanggalan Gregorian dapat dihitung dengan:  
Jika  $E < 14$ , maka Bulan= $E-1$ ,  
Jika  $E = 14$  atau  $15$ , maka Bulan= $E-13$
- Dan Tahun dalam sistem penanggalan Gregorian dapat dihitung dengan:  
Jika Bulan $>2$ , maka Tahun= $C-4716$ ,  
jika Bulan= $1$  atau  $2$ , maka Tahun= $C-4715$

## A.2. Algoritma Jean Meeus untuk Konversi Sistem Penanggalan Gregorian/Masehi Menjadi Sistem Penanggalan *Julian Ephemeris Days (JDE)*

Algoritma Jean Meeus untuk Konversi Sistem Penanggalan Gregorian/Masehi Menjadi Sistem Penanggalan *Julian Ephemeris Days (JDE)* adalah sebagai berikut :

- Ambil Y = Tahun, M = Bulan (1 untuk Januari, 2 untuk Februari, sampai 12 untuk Desember), dan D= desimal tanggal, dalam sistem penanggalan Gregorian.
- Jika  $M > 2$ , maka Y dan M tetap. Sedangkan jika  $M = 1$  atau 2, maka nilai Y diubah menjadi  $Y - 1$  dan M diubah menjadi  $M + 12$ .
- Kemudian hitung :  $A = INT\left(\frac{Y}{100}\right)$  dan  $B = 2 - A + INT\left(\frac{A}{4}\right)$
- Julian Ephemeris Days (JDE)* dapat dihitung dengan :  
 $JDE = INT(365.25(Y+4716)) + INT(30.6001(M+1)) + D + B - 1524.5$ .

## A.3. Rumus-rumus untuk Mentransformasi Sistem Koordinat Langit

- Transformasi dari sistem koordinat ekuator (Right Ascension  $\alpha$  dan Declination  $\delta$ ) ke sistem koordinat ekliptika (Latitude  $\beta$  dan Longitude  $\lambda$ ):

$$\tan \lambda = \frac{\sin \alpha \cos \varepsilon + \tan \delta \sin \varepsilon}{\cos \alpha}$$

$$\sin \beta = \sin \delta \cos \varepsilon - \cos \delta \sin \varepsilon \sin \alpha$$

(Meeus, 1998)

- Transformasi dari sistem koordinat ekliptika (Latitude  $\beta$  dan Longitude  $\lambda$ ) ke sistem koordinat ekuator (Right Ascension  $\alpha$  dan Declination  $\delta$ ) :

$$\tan \alpha = \frac{\sin \lambda \cos \varepsilon - \tan \beta \sin \varepsilon}{\cos \lambda}$$

$$\sin \delta = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda$$

dengan  $\varepsilon$  adalah *true obliquity of ecliptic*.

(Meeus, 1998)



- c. Transformasi dari sistem koordinat ekuator (Right Ascension  $\alpha$  dan Declination  $\delta$ ) ke sistem koordinat horizon (Altitude  $h$  dan Azimuth  $A$ ) :

$$\tan A = \frac{\sin H}{\cos H \sin \varphi - \tan \delta \cos \varphi}$$

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H \quad (\text{A.1})$$

Dengan:  $H = \theta - \alpha$  atau  $H = \theta_0 - L - \alpha$ ,  $\varphi$  adalah koordinat lintang dari pengamat (positif untuk lintang utara dan negatif untuk lintang selatan),  $H$  = local hour angle,  $\theta$  = local sidereal time,  $\theta_0$  = sidereal time at Greenwich, dan  $L$  = bujur (longitude) lokasi pengamatan (positif untuk bujur barat dan negatif untuk bujur timur).

(Meeus, 1998)

- d. Transformasi dari sistem koordinat horizon (Altitude  $h$  dan Azimuth  $A$ ) ke sistem koordinat ekuator (Right Ascension  $\alpha$  dan Declination  $\delta$ ) :

$$\tan H = \frac{\sin A}{\cos A \sin \varphi + \tan h \cos \varphi}$$

$$\sin \delta = \sin \varphi \sin h - \cos \varphi \cos h \cos A$$

(Meeus, 1998)

#### A.4. Algoritma Jean Meeus untuk Perhitungan Koreksi Parallax

Algoritma perhitungan koreksi parallax untuk menghitung koordinat ekuator topocentric dari koordinat ekuator geocentric adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung  $\rho \sin \varphi'$  dan  $\rho \cos \varphi'$ , dengan  $\rho$  = jair-jari geosentris dari bumi,  $\varphi$  = lintang dari lokasi pengamatan, dan  $\varphi'$  = lintang geosentris dari lokasi pengamatan, dengan cara :

$$\tan u = \frac{b}{a} \tan \varphi$$

$$\rho \sin \varphi' = \frac{b}{a} \sin u + \frac{H}{6378140} \sin \varphi$$

$$\rho \cos \varphi' = \cos u + \frac{H}{6378140} \cos \varphi$$

dengan  $\frac{b}{a}$  = rasio antara *polar radius* dengan *equatorial radius*, yang besarnya adalah 0.99664719.

- b. Maka koreksi parallax bagi *right ascension* ( $\Delta\alpha$ ) dan *topocentric declination* ( $\delta'$ ) dapat dihitung dengan :

$$\tan \Delta\alpha = \frac{-\rho \cos \varphi' \sin \pi \sin H}{\cos \delta - \rho \cos \varphi' \sin \pi \cos H}$$

$$\tan \delta' = \frac{(\sin \delta - \rho \sin \varphi' \sin \pi) \cos \Delta\alpha}{\cos \delta - \rho \cos \varphi' \sin \pi \cos H}$$

- c. *Topocentric ascension* ( $\alpha'$ ) dapat dihitung dengan :  
 $\alpha' = \alpha + \Delta\alpha$

#### A.5. Algoritma Jean Meeus untuk Perhitungan *Apparent Sidereal Time at Greenwich* pada 0<sup>h</sup> *Universal Time* (UT)

Algoritma perhitungan *Apparent Sidereal Time at Greenwich* pada 0<sup>h</sup> *Universal Time* (UT) adalah sebagai berikut :

- a. Dari masukan tahun, bulan, dan tanggal (dalam Masehi), dikonversi ke sistem penanggalan *JDE*. Setelah itu hitung *T* dengan :  $T = \frac{JDE - 2451545}{36525}$

- b. *Mean sidereal time at Greenwich* pada 0<sup>h</sup> UT dapat dihitung dengan :

$$\Theta_0 = 100.46061837 + 36000.770053608T + 0.000387933T^2 - \frac{T^3}{38710000}$$

- c. *Apparent sidereal time* dapat dihitung dengan menambahkan koreksi pada *mean sidereal time* di atas dengan  $\frac{\Delta\psi \cos \varepsilon}{15}$  dalam satuan detik (s) jika  $\Delta\psi$  (*nutation in longitude*) dinyatakan dalam satuan detik busur (").

#### A.6. Algoritma Jean Meeus untuk Perhitungan *Apparent Sidereal Time at Greenwich for Instant Time Universal Time* (UT) (Tidak Harus 0<sup>h</sup> UT)

Algoritma perhitungan *Apparent Sidereal Time at Greenwich for Instant Time Universal Time* (UT) (tidak harus 0<sup>h</sup> UT) adalah sebagai berikut :

- a. Dari masukan tahun, bulan, dan desimal tanggal (dalam Masehi), dikonversi ke sistem penanggalan *JDE*. Setelah itu hitung  $T$  dengan :  $T = \frac{JDE - 2451545}{36525}$
- b. Hitung *mean sidereal time at Greenwich* dalam derajat dengan persamaan :  

$$280.46061837 + 360.98564736629 (JDE - 2451545.0) + 0.000387933T^2 - T^3 / 38710000$$
- c. *Apparent sidereal time* dapat dihitung dengan menambahkan koreksi pada *mean sidereal time* di atas dengan  $\frac{\Delta\psi \cos \epsilon}{15}$  dalam satuan detik (s) jika  $\Delta\psi$  (*nutation in longitude*) dinyatakan dalam satuan detik busur ( " ).

**A.7. Algoritma Jean Meeus untuk Perhitungan *Obliquity of Ecliptic* (Kemiringan Ekliptika)  $\epsilon$  dan *Nutation in Longitude*  $\Delta\Psi$**

Algoritma perhitungan *Obliquity of Ecliptic* (kemiringan ekliptika)  $\epsilon$  dan *Nutation in Longitude*  $\Delta\Psi$  adalah sebagai berikut :

- a. Hitung *nutation in longitude*  $\Delta\Psi$  dan *nutation in obliquity* ( $\Delta\epsilon$ ) dengan cara :
- 1) Menghitung *JDE* dari masukan berupa waktu, tanggal, bulan, dan tahun dalam Masehi. Kemudian menghitung  $T$  dengan rumus  $T = \frac{JDE - 2451545}{36525}$
  - 2) Kemudian menghitung sudut-sudut berikut (semua dalam derajat) :

$$D = 297.85036 + 445267.111480T - 0.0019142T^2 + \frac{T^3}{189474}$$

$$M = 357.52772 + 35999.050340T - 0.0001603T^2 - \frac{T^3}{300000}$$

$$M' = 134.96298 + 477198.867398T$$

$$F = 93.27191 + 483202.017538T - 0.0036825T^2 + \frac{T^3}{56250}$$

$$\Omega = 125.04452 - 1934.136261T + 0.0020708T^2 + \frac{T^3}{450000}$$

- 3) Jumlahkan baris-baris dalam tabel di bawah ini untuk  $\Delta\Psi$  dan  $\Delta\varepsilon$

**Tabel A.1.** Suku-suku Koreksi dalam Perhitungan Obliquity of Ecliptic dan Nutation in Longitude dalam satuan  $0''.0001$

Pengali Bagi Sudut					$\Delta\Box$ Koefisien Sin dari Sudut		$\Delta\Box$ Koefisien Cos dari Sudut	
D	M	M'	F	$\Omega$				
0	0	0	0	1	-171996	-174.2	92025	8.9
-2	0	0	2	2	-13187	-1.6	5736	-3.1
0	0	0	2	2	-2274	-0.2	977	-0.5
0	0	0	0	2	2062	0.2	-895	0.5
0	1	0	0	0	1426	-3.4	54	-0.1
0	0	1	0	0	712	0.1	-7	
-2	1	0	2	2	-517	1.2	224	-0.6
0	0	0	2	1	-386	-0.4	200	
0	0	1	2	2	-301		129	-0.1
-2	-1	0	2	2	217	-0.5	-95	0.3
-2	0	1	0	0	-158			
-2	0	0	2	1	129	0.1	-70	
0	0	-1	2	2	123		-53	
2	0	0	0	0	63			
0	0	1	0	1	63	0.1	-33	
2	0	-1	2	2	-59		26	
0	0	-1	0	1	-58	-0.1	32	

**Tabel A.1.** (Lanjutan)

Pengali Bagi Sudut					$\Delta \square$ Koefisien Sin Dari Sudut	$\Delta \square$ Koefisien Cos Dari Sudut
D	M	M'	F	$\Omega$		
0	0	1	2	1	-51	27
-2	0	2	0	0	48	
0	0	-2	2	1	46	-24
2	0	0	2	2	-38	16
0	0	2	2	2	-31	13
0	0	2	0	0	29	
-2	0	1	2	2	29	-12
0	0	0	2	0	26	
-2	0	0	2	0	-22	
0	0	-1	2	1	21	-10
0	2	0	0	0	17	-0.1
2	0	-1	0	1	16	-8
-2	2	0	2	2	-16	0.1
0	1	0	0	1	-15	9
-2	0	1	0	1	-13	7
0	-1	0	0	1	-12	6
0	0	2	-2	0	11	
2	0	-1	2	1	-10	5
2	0	1	2	2	-8	3
0	1	0	2	2	7	-3
-2	1	1	0	0	-7	
0	-1	0	2	2	-7	3
2	0	0	2	1	-7	3
2	0	1	0	0	6	
-2	0	2	2	2	6	-3
-2	0	1	2	1	6	-3
2	0	-2	0	1	-6	3

**Tabel A.1.** (Lanjutan)

Pengali Bagi Sudut					$\Delta \square$ Koefisien Sin Dari Sudut	$\Delta \square$ Koefisien Cos Dari Sudut
D	M	M'	F	$\Omega$		
2	0	0	0	1	-6	3
0	-1	1	0	0	5	
-2	-1	0	2	1	-5	3
-2	0	0	0	1	-5	3
0	0	2	2	1	-5	3
-2	0	2	0	1	4	
-2	1	0	2	1	4	
0	0	1	-2	0	4	
-1	0	1	0	0	-4	
-2	1	0	0	0	-4	
1	0	0	0	0	-4	
0	0	1	2	0	3	
0	0	-2	2	2	-3	
-1	-1	1	0	0	-3	
0	1	1	0	0	-3	
0	-1	1	2	2	-3	
2	-1	-1	2	2	-3	
0	0	3	2	2	-3	
2	-1	0	2	2	-3	

b. *Obliquity of ecliptic* ( $\varepsilon$ ) dapat dihitung dengan  $\varepsilon = \varepsilon_0 + \Delta\varepsilon$ , dengan  $\varepsilon_0$  adalah *mean obliquity*, yaitu :

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 = & 23^\circ 26' 21.448 - 4680''.93U - 1.55U^2 + 1999.25U^3 \\ & - 51.38U^4 - 249.67U^5 - 39.05U^6 \\ & + 7.12U^7 + 27.87U^8 + 5.79U^9 \\ & + 2.45U^{10} \end{aligned}$$

dengan  $U = T/100$ .

### A.8. Algoritma Jean Meeus untuk Interpolasi dalam Perhitungan Waktu Rising, Transit, dan Setting Bulan dan Matahari

Algoritma interpolasi yang digunakan dalam perhitungan waktu rising, transit, dan setting bulan dan matahari adalah sebagai berikut :

- a. Untuk menginterpolasi  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  sehingga didapatkan  $\alpha$  digunakan rumus

$$\alpha = \alpha_2 + \frac{n}{2}(a + b + nc)$$

Dengan  $a = \alpha_2 - \alpha_1$  ,  $b = \alpha_3 - \alpha_2$  ,  $c = b - a$  , dan  $n = m + \frac{\Delta T}{86400}$

- b. Dengan cara yang sama untuk menginterpolasi  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  sehingga didapatkan  $\delta$  digunakan rumus

$$\delta = \delta_2 + \frac{n}{2}(a + b + nc)$$

dengan  $a = \delta_2 - \delta_1$  ,  $b = \delta_3 - \delta_2$  ,  $c = b - a$  , dan  $n = m + \frac{\Delta T}{86400}$

### A.9. Algoritma Jean Meeus untuk Perhitungan Koreksi Akibat Refraksi Oleh Atmosfer di Daerah Horizon

Koreksi akibat refraksi ( $R$ ) sebagai fungsi dari altitude objek berdasarkan penglihatan (*apparent altitude*)  $h_o$  dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$R = \frac{1}{\tan\left(h_o + \frac{7.31}{h_o + 4.4}\right)}$$

Kemudian altitude sebenarnya (*true altitude*)  $h$  dari objek tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$h = h_o - R$$

### A.10. Algoritma NASA untuk Perhitungan selisih waktu dinamis (*Dynamical Time*) dan waktu universal (*Universal Time*) $\Delta T = TD - UT$

$\Delta T$  untuk tahun ( $Th$ ) dan Bulan ( $Bl$ ) tertentu dapat dihitung dengan terlebih dahulu menghitung  $y$  dengan persamaan

$$y = Th + (Bl = 0.5)/12$$

kemudian  $\Delta T$  dapat dihitung dengan persamaan-persamaan di bawah ini tergantung pada tahun masukan :

- a. antara tahun +500 dan +1600 :

$$\begin{aligned}\Delta T &= 1574.2 - 556.01u + 71.23472u^2 + 0.319781u^3 \\ &\quad - 0.8503463u^4 - 0.005050998u^5 \\ &\quad + 0.0083572073u^6 \\ &\text{dengan } u = (y - 1000)/100\end{aligned}$$

- b. antara tahun +1600 dan +1700 :

$$\begin{aligned}\Delta T &= 120 - 0.9808t - 0.01532t^2 + t^3/7129 \\ &\text{dengan } t = y - 1600\end{aligned}$$

- c. antara tahun +1700 dan +1800 :

$$\begin{aligned}\Delta T &= 8.83 + 0.1603t - 0.0059285t^2 + 0.00013336t^3 \\ &\quad - t^4/1174000 \\ &\text{dengan } t = y - 1700\end{aligned}$$

- d. antara tahun +1800 dan +1860 :

$$\begin{aligned}\Delta T &= 13.72 - 0.332447t + 0.0068612t^2 \\ &\quad + 0.0041116t^3 - 0.00037436t^4 \\ &\quad + 0.0000121272t^5 - 0.0000001699t^6 \\ &\quad + 0.000000000875t^7 \\ &\text{dengan } t = y - 1800\end{aligned}$$

- e. antara tahun 1860 dan 1900:

$$\begin{aligned}\Delta T &= 7.62 + 0.5737t - 0.251754t^2 + 0.01680668t^3 \\ &\quad - 0.0004473624t^4 + t^5/233174 \\ &\text{dengan } t = y - 1860\end{aligned}$$

- f. antara tahun 1900 dan 1920 :



$$\Delta T = -2.79 + 1.494119t - 0.0598939t^2 + 0.0061966t^3 - 0.000197t^4$$

dengan  $t = y - 1900$

g. antara tahun 1920 dan 1941 :

$$\Delta T = 21.20 + 0.84493t - 0.076100t^2 + 0.0020936t^3$$

dengan  $t = y - 1920$

h. antara tahun 1941 dan 1961:

$$\Delta T = 29.07 + 0.407t - \frac{t^2}{233} + \frac{t^3}{2547}$$

dengan  $t = y - 1950$

i. antara tahun 1961 dan 1986 :

$$\Delta T = 45.45 + 1.067t - \frac{t^2}{260} - \frac{t^3}{718}$$

dengan  $t = y - 1975$

j. antara tahun 1986 dan 2005 :

$$\Delta T = 63.86 + 0.3345t - 0.060374t^2 + 0.0017275t^3 + 0.000651814t^4 + 0.00002373599t^5$$

dengan  $t = y - 2000$

k. antara tahun 2005 dan 2050 :

$$\Delta T = 62.92 + 0.32217t + 0.005589t^2$$

Dengan  $t = y - 2000$

l. antara tahun 2050 dan 2150 :

$$\Delta T = -20 + 32 \left( \frac{(y - 1820)}{100} \right)^2 - 0.5628(2150 - y)$$

m. setelah tahun 2150 :

$$\Delta T = -20 + 32u^2$$

dengan  $u = (y - 1820)/100$

### A.11. Algoritma Perhitungan Waktu Shalat Menurut Algoritma Rinto Anugraha

Perhitungan waktu shalat untuk suatu tempat dan tanggal tertentu dapat di hitung dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Masukan dalam perhitungan waktu shalat adalah tanggal (D), bulan (M), tahun (Y), koordinat lokasi : lintang L (positif ke utara) dan bujur B (positif ke timur), zona waktu Z (positif ke timur), dan ketinggian lokasi dari permukaan laut (H).
2. Hitung Julian Day (JD) dari masukan D, M, dan Y dengan menggunakan algoritma konversi pada Lampiran A.2. kemudian hitung sudut tanggal (T) dengan persamaan berikut :

$$T = 2\pi(JD - 2451545)/365,25$$

3. Hitung deklinasi matahari ( $\delta$ ) dengan persamaan berikut :

$$\delta = 0,37877$$

$$\begin{aligned} &+ 23,264 \sin(57,297T - 79,547) \\ &+ 0,3812 \sin(2 \times 57,297T - 82,682) \\ &+ 0,17132 \sin(3 \times 57,297T - 59,722) \end{aligned}$$

4. Hitung *equation of time* (ET) dengan persamaan berikut :  
1000ET

$$\begin{aligned} &= -(1789 + 237U) \sin(L0) \\ &- (7146 - 62U) \cos(L0) \\ &+ (9934 - 14U) \sin(2L0) \\ &- (29 + 5U) \cos(2L0) \\ &+ (74 + 10U) \sin(3L0) \\ &+ (320 - 4U) \cos(3L0) - 212 \sin(4L0) \end{aligned}$$

dengan  $U = (JD - 2451545)/36525$  dan  $L0 = 280,46607 + 36000,7698U$  (dalam satuan derajat)

5. Kemudian hitung waktu shalat 5 waktu dengan persamaan-persamaan di bawah ini :

Sebelumnya dihitung waktu Transit =  $12 + Z - B/15 - ET/60$

- a. Waktu shalat Zhuhur = Transit + koreksi tergelincirnya matahari. Umumnya koreksi waktu tergelincirnya matahari sebesar 2 menit.

- b. Waktu shalat Ashar = Transit + (Hour Angle Ashar)/15  
 dengan Hour Angle Ashar dapat dihitung dengan persamaan  

$$\cos(\text{Hour Angle Ashar}) = \frac{(\sin(\text{Altitude Ashar}) - \sin(L)\sin(\delta))}{(\cos(L)\cos(\delta))}$$
 dan Altitude Ashar =  $\arccot(KA + \tan(\text{abs}(\delta - L)))$   
 dimana KA=1 untuk madzhab Imam Syafi'i dan KA=2 untuk madzhab Imam Hanafi.
- c. Waktu Shalat Maghrib = Transit + (Hour Angle Maghrib)/15  
 dengan Hour Angle Maghrib dapat dihitung dengan persamaan  

$$\cos(\text{Hour Angle Maghrib}) = \frac{(\sin(\text{Altitude Maghrib}) - \sin(L)\sin(\delta))}{(\cos(L)\cos(\delta))}$$
 dan Altitude Maghrib =  $-0,8333 - 0,0347\sqrt{H}$
- d. Waktu Shalat Isya' = Transit + (Hour Angle Isya')/15  
 dengan Hour Angle Isya' dapat dihitung dengan persamaan  

$$\cos(\text{Hour Angle Isya}') = \frac{(\sin(\text{Altitude Isya}') - \sin(L)\sin(\delta))}{(\cos(L)\cos(\delta))}$$
 dan Altitude Isya' =  $-18^\circ$
- e. Waktu Shalat Subuh = Transit - (Hour Angle Subuh)/15  
 dengan Hour Angle Subuh dapat dihitung dengan persamaan  

$$\cos(\text{Hour Angle Subuh}) = \frac{(\sin(\text{Altitude Subuh}) - \sin(L)\sin(\delta))}{(\cos(L)\cos(\delta))}$$
 dan Altitude Subuh = -sudut subuh. Umumnya sudut subuh diambil sebesar  $20^\circ$  jadi sudut subuh =  $-20^\circ$ .

#### A.12. Rumus Konversi Satuan Sudut dari Derajat ke dalam D:M:S dan H:M:S

Jika sudut masukan dalam derajat adalah *Deg*, maka konversi ke dalam D:M:S dan H:M:S dapat dilakukan dengan persamaan di bawah ini :

$$H = \text{Int}(\theta)$$

$$M = \text{Int}(X)$$

$$S = \text{Int}((X - M) \times 60)$$

dengan  $\theta = (Deg \times 240)/3600$  dan  $X = (\theta - H) \times 60$

**A.13. Rumus Konversi Satuan Waktu dari Jam ke dalam H:M:S**

Jika waktu masukan dalam jam adalah  $J$ , maka konversi ke dalam H:M:S dapat dilakukan dengan persamaan di bawah ini :

$$H = \text{Int}(J)$$

$$M = \text{Int}((J - H) \times 60)$$

$$S = \text{Int}(((J - H) \times 60 - M) \times 60)$$



**Lampiran B**  
**(Suku-suku Koreksi VSOP87 yang Telah Direduksi**  
**Berdasarkan Algoritma Jean Meeus untuk Perhitungan**  
**Koordinat Matahari)**

Suku-suku koreksi VSOP87 yang direduksi menjadi sejumlah 195 suku berdasarkan algoritma Jean Meeus untuk perhitungan koordinat matahari meliputi : *Heliocentric Longitude*, *Heliocentric Latitude*, dan *Radius Vector* adalah sebagai berikut :

a. *Heliocentric Longitude* (L) :

**Tabel B.1.** Suku-suku Koreksi VSOP87 untuk Perhitungan Heliocentric Longitude

EARTH	L0	1	175 347 046	0	0
		2	3 341 656	4.669 256 8	6 283.075 850 0
		3	34 894	4.626 10	12 566.151 70
		4	3 497	2.744 1	5 753.384 9
		5	3 418	2.828 9	3.523 1
		6	3 136	3.627 7	77 713.771 5
		7	2 676	4.418 1	7 860.419 4
		8	2 343	6.135 2	3 930.209 7
		9	1 324	0.742 5	11 506.769 8
		10	1 273	2.037 1	529.691 0
		11	1 199	1.109 6	1 577.343 5
		12	990	5.233	5 884.927
		13	902	2.045	26.298
		14	857	3.508	398.149
		15	780	1.179	5 223.694
		16	753	2.533	5 507.553
		17	505	4.583	18 849.228
		18	492	4.205	775.523
		19	357	2.920	0.067
		20	317	5.849	11 790.629
		21	284	1.899	796.298
		22	271	0.315	10 977.079
		23	243	0.345	5 486.778
		24	206	4.806	2 544.314
		25	205	1.869	5 573.143
		26	202	2.458	6 069.777
		27	156	0.833	213.299
		28	132	3.411	2 942.463
		29	126	1.083	20.775
		30	115	0.645	0.980
		31	103	0.636	4 694.003
		32	102	0.976	15 720.839
		33	102	4.267	7.114
		34	99	6.21	2 146.17
		35	98	0.68	155.42
		36	86	5.98	161 000.69

Tabel B.1. (Lanjutan)

EARTH	L0	37	85	1.30	6 275.96
(cont.)		38	85	3.67	71 430.70
		39	80	1.81	17 260.15
		40	79	3.04	12 036.46
		41	75	1.76	5 088.63
		42	74	3.50	3 154.69
		43	74	4.68	801.82
		44	70	0.83	9 437.76
		45	62	3.98	8 827.39
		46	61	1.82	7 084.90
		47	57	2.78	6 286.60
		48	56	4.39	14 143.50
		49	56	3.47	6 279.55
		50	52	0.19	12 139.55
		51	52	1.33	1 748.02
		52	51	0.28	5 856.48
		53	49	0.49	1 194.45
		54	41	5.37	8 429.24
		55	41	2.40	19 651.05
		56	39	6.17	10 447.39
		57	37	6.04	10 213.29
		58	37	2.57	1 059.38
		59	36	1.71	2 352.87
		60	36	1.78	6 812.77
		61	33	0.59	17 789.85
		62	30	0.44	83 996.85
		63	30	2.74	1 349.87
		64	25	3.16	4 690.48
<hr/>					
EARTH	L1	1	628 331 966 747	0	0
		2	206 059	2.678 235	6 283.075 850
		3	4 303	2.635 1	12 566.151 7
		4	425	1.590	3.523
		5	119	5.796	26.298
		6	109	2.966	1 577.344
		7	93	2.59	18 849.23
		8	72	1.14	529.69
		9	68	1.87	398.15
		10	67	4.41	5 507.55
		11	59	2.89	5 223.69
		12	56	2.17	155.42
		13	45	0.40	796.30
		14	36	0.47	775.52
		15	29	2.65	7.11
		16	21	5.34	0.98
		17	19	1.85	5 486.78
		18	19	4.97	213.30
		19	17	2.99	6 275.96
		20	16	0.03	2 544.31
		21	16	1.43	2 146.17
		22	15	1.21	10 977.08
		23	12	2.83	1 748.02
		24	12	3.26	5 088.63
		25	12	5.27	1 194.45
		26	12	2.08	4 694.00
		27	11	0.77	553.57
		28	10	1.30	6 286.60
		29	10	4.24	1 349.87
		30	9	2.70	242.73

Tabel B.1. (Lanjutan)

		31		9	5.64	951.72
		32		8	5.30	2352.87
		33		6	2.65	9437.76
		34		6	4.67	4690.48
EARTH	L2	1	52919	0		0
		2	8720	1.0721		6283.0758
		3	309	0.867		12566.152
		4		27	0.05	3.52
		5		16	5.19	26.30
		6		16	3.68	155.42
		7		10	0.76	18849.23
		8		9	2.06	77713.77
		9		7	0.83	775.52
		10		5	4.66	1577.34
		11		4	1.03	7.11
		12		4	3.44	5573.14
		13		3	5.14	796.30
		14		3	6.05	5507.55
		15		3	1.19	242.73
		16		3	6.12	529.69
		17		3	0.31	398.15
		18		3	2.28	553.57
		19		2	4.38	5223.69
		20		2	3.75	0.98
<hr/>						
EARTH	L3	1	289	5.844		6283.076
		2		35		0
		3		17	5.49	12566.15
		4		3	5.20	155.42
		5		1	4.72	3.52
		6		1	5.30	18849.23
		7		1	5.97	242.73
<hr/>						
EARTH	L4	1	114	3.142		0
		2		8	4.13	6283.08
		3		1	3.84	12566.15
<hr/>						
EARTH	L5	1	1	3.14		0

Tiga kolom dari kanan berturut-turut adalah C, B, dan A. Setiap baris mewakili satu suku. Dari setiap suku dihitung  $A \cos(B + C\tau)$  dan hasilnya dalam  $10^{-8}$  radian kemudian dijumlahkan untuk masing-masing  $L_0, L_1, L_2, L_3, L_4$ , dan  $L_5$ . Dan *Heliocentric longitude* dalam radian dapat dihitung dengan rumus

$$L = (L_0 + L_1\tau + L_2\tau^2 + L_3\tau^3 + L_4\tau^4 + L_5\tau^5)/10^8 .$$

b. *Heliocentric Latitude* (B) :

**Tabel B.2.** Suku-suku Koreksi VSOP87 untuk Perhitungan *Heliocentric Latitude*

EARTH	B0	1	280	3.199	84 334.662
		2	102	5.422	5 507.553
		3	80	3.88	5 223.69
		4	44	3.70	2 352.87
		5	32	4.00	1 577.34
EARTH	B1	1	9	3.90	5 507.55
		2	6	1.73	5 223.69

Tiga kolom dari kanan berturut-turut adalah C, B, dan A. Dari setiap suku dihitung  $A \cos(B + C\tau)$  dalam  $10^{-8}$  radian kemudian dijumlahkan untuk masing-masing B0, dan B1. Kemudian *Heliocentric latitude* dalam radian dihitung dengan rumus  $B = (B0 + B1\tau)/10^8$ .

c. *Radius Vector* (R) :

**Tabel B.3.** Suku-suku Koreksi VSOP87 untuk Perhitungan *Radius Vector*

EARTH	R0	1	100 013 989	0	0
		2	1 673 700	3.098 463 5	6 283.075 850 0
		3	13 956	3.055 25	12 566.151 70
		4	3 084	5.198 5	77 713.771 5
		5	1 628	1.173 9	5 753.384 9
		6	1 576	2.846 9	7 860.419 4
		7	925	5.453	11 506.770
		8	542	4.564	3 930.210
		9	472	3.661	5 884.927
		10	346	0.964	5 507.553
		11	329	5.900	5 223.694
		12	307	0.299	5 573.143
		13	243	4.273	11 790.629
		14	212	5.847	1 577.344
		15	186	5.022	10 977.079
		16	175	3.012	18 849.228
		17	110	5.055	5 486.778
		18	98	0.89	6 069.78
		19	86	5.69	15 720.84



Tabel B.3. (Lanjutan)

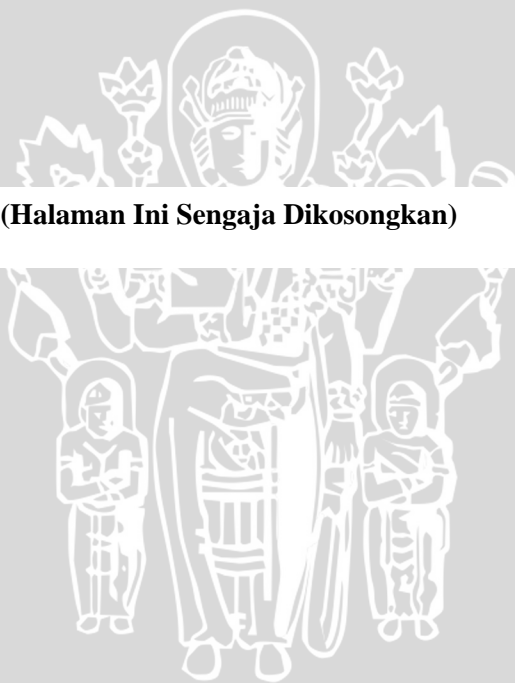
EARTH (cont.)	R0	20	86	1.27	161 000.69
		21	65	0.27	17 260.15
		22	63	0.92	529.69
		23	57	2.01	83 996.85
		24	56	5.24	71 430.70
		25	49	3.25	2 544.31
		26	47	2.58	775.52
		27	45	5.54	9 437.76
		28	43	6.01	6 275.96
		29	39	5.36	4 694.00
		30	38	2.39	8 827.39
		31	37	0.83	19 651.05
		32	37	4.90	12 139.55
		33	36	1.67	12 036.46
		34	35	1.84	2 942.46
		35	33	0.24	7 084.90
		36	32	0.18	5 088.63
37	32	1.78	398.15		
38	28	1.21	6 286.60		
39	28	1.90	6 279.55		
40	26	4.59	10 447.39		
EARTH	R1	1	103 019	1.107 490	6 283.075 850
		2	1 721	1.064 4	12 566.151 7
		3	702	3.142	0
		4	32	1.02	18 849.23
		5	31	2.84	5 507.55
		6	25	1.32	5 223.69
		7	18	1.42	1 577.34
		8	10	5.91	10 977.08
		9	9	1.42	6 275.96
		10	9	0.27	5 486.78
EARTH	R2	1	4 359	5.784 6	6 283.075 8
		2	124	5.579	12 566.152
		3	12	3.14	0
		4	9	3.63	77 713.77
		5	6	1.87	5 573.14
		6	3	5.47	18 849.23
EARTH	R3	1	145	4.273	6 283.076
		2	7	3.92	12 566.15
EARTH	R4	1	4	2.56	6 283.08

Tiga kolom dari kanan berturut-turut adalah C, B, dan A. Dari setiap suku dihitung  $A \cos(B + C\tau)$  dan hasilnya dalam  $10^{-8}$  *Astronomical Unit* (AU) kemudian dijumlahkan untuk masing-masing R0, R1, R2, R3 dan R4. Dan *Radius Vector* dalam AU dapat dihitung dengan rumus

$$B = (R0 + R1\tau + R2\tau^2 + R3\tau^3 + R4\tau^4)/10^8.$$

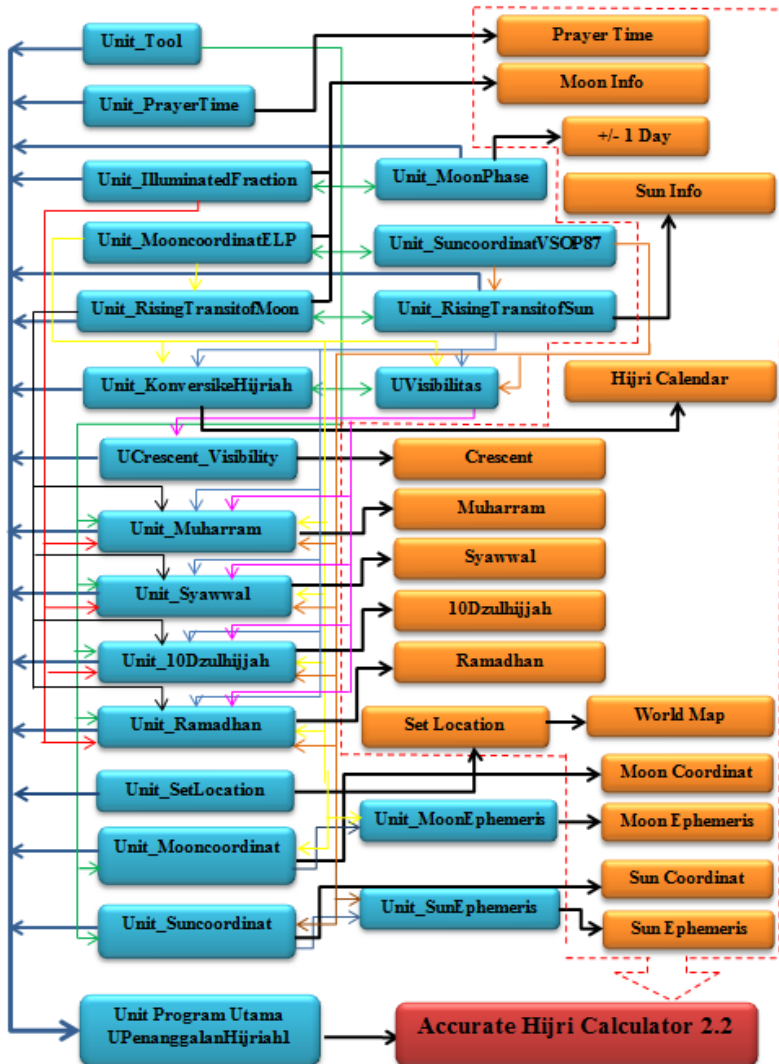
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)**



## Lampiran C (Struktur Program dalam Software Accurate Hijri Calculator 2.2 (AHC))

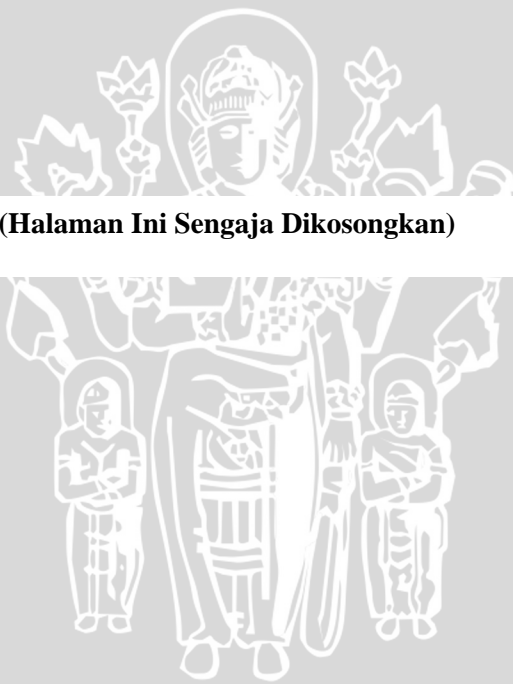
Struktur program software AHC adalah sebagai berikut:



**Gambar C.1.** Diagram Struktur Program Software AHC

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)**



## Lampiran D

### (Script Program Unit\_KonversikeHijriah dalam Accurate Hijri Calculator 2.2)

Script program dalam Unit\_KonversikeHijriah untuk procedure konversi penanggalan Masehi (Gregorian) ke dalam Penanggalan Hijriah adalah sebagai berikut :

Procedure

KonversiHijriah(Tanggal,Bulan,Tahun,Timezone,Longitude,Latitu  
de:Real;Var TglHj:Real;Var BlnHJ:String; var ThnHj:Real);

var

DesimalTahun,DesimalTahunNM,JmlHariDlmBln,TglNM,BlnNM  
,JmlHariDlmBlnNM,HourNM,delta1,delta2,delta3,correctedtransitt  
ime,correctedsettingtime,correctedrisingtime,HoursettingSun,Umur  
Bulan,AltitudeMoon,ThnNM,k,Kt,JmlHari,JmlHariNM,sisabagi,H  
eight,ApparentLongitude,ApparentLatitude,Apprightascension,App  
declination,Azimuth,Altitude,trueAltitude,AzMoon,AltitudeSun,Az  
Sun,ARCV,DAZ,ARCL:Real;

Begin

{---Hitung K Untuk New Moon---

DesimalTahun:=Tahun+(Bulan-1)/12+Tanggal/(30\*12);

k:=Int((DesimalTahun-2000)\*12,3685);

{---Menguji apakah K apakah K Yang dimaksud, yaitu k yang  
menghasilkan FASE New Moon pada tanggal sebelum  
tanggal yang dipilih :---}

// Memasukkan k Dalam Procedure NewMoonPhase :

NewMoonphase(k,tglNM,BlnNM,ThnNM); // Hasilnya tglNM dan  
BlnNM dalm UT

// Menghitung DesimalTahun New Moon :

DesimalTahunNM:=ThnNM+(BlnNM-1)/12+TglNM/(30\*12);

// Uji :

if DesimalTahunNM<=DesimalTahun then

```

Kt:=k
else if DesimalTahunNM>DesimalTahun then
Begin
if (DesimalTahunNM-DesimalTahun)>28/355 then
Begin
Kt:=k-2;
End
else
Begin
Kt:=k-1;
end
End;

NewMoonphase(kt,tglNM,BlnNM,ThnNM); // Hasilnya tglNM
dan BlnNM dalm UT
// Menghitung waktu Lokal: TglNm, BlnNM, ThnNM :
TglNM:=TglNM+Timezone/24; // Dalam desimal Day
lokal
HourNM:=(TglNM-Int(TglNM))*24; // Dalam Jam lokal
// Antisipasi bahwa TglNM melebihi batas nilai tanggal maks di
tiap bulan
{ karena TglNM dalam desimal maka bts tgl tiap bulan ditambah dg
1}
if (BlnNM=1) or (BlnNM=3) or (blnNM=5) or (BlnNM=7) or
(blnNM=8) or (blnNM=10) then
Begin
if (TglNM>32) then
begin
TglNM:=1;
BlnNM:=BlnNM+1;
ThnNM:=ThnNM;
end
else
Begin
TglNM:=Int(TglNM);
BlnNM:=BlnNM;
ThnNM:=ThnNM;
End;

```

```

End
else if (BlnNM=12) then
  Begin
    if (TglNM>32) then
      Begin
        TglNM:=1;
        BlnNM:=1;
        ThnNM:=ThnNM+1;
      End
    else
      Begin
        TglNM:=Int(TglNM);
        BlnNM:=BlnNM;
        ThnNM:=ThnNM;
      End;
    End
  else if (BlnNM=4) or (BlnNM=6) or (BlnNM=9) or
(BlnNM=11) then
    Begin
      if (TglNM>31) then
        Begin
          TglNM:=1;
          BlnNM:=BlnNM+1;
          ThnNM:=ThnNM;
        End
      else
        Begin
          TglNM:=Int(TglNM);
          BlnNM:=BlnNM;
          ThnNM:=ThnNM;
        End;
      End
    else if (BlnNM=2) then
      Begin
        if (ThnNM-Int(ThnNM/4)*4)=0 then
          Begin
            if (TglNM>30) then
              Begin

```

```

TglNM:=1;
BlnNM:=BlnNM+1;
ThnNM:=ThnNM;
End
else
Begin
TglNM:=Int(TglNM);
BlnNM:=BlnNM;
ThnNM:=ThnNM;
End;
End
else
Begin
if (TglNM>29) then
Begin
TglNM:=1;
BlnNM:=BlnNM+1;
ThnNM:=ThnNM;
End
else
Begin
TglNM:=Int(TglNM);
BlnNM:=BlnNM;
ThnNM:=ThnNM;
End;
End;
End;
// setelah line ini TglNM telah dalam integer tanggal

{=====Menghitung Kriteria Penanggalan Hijriah=====}

{Menghitung UmurBulan}
// Waktu sunset pada hari new moon :
{---Memanggil Procedure Untuk Menghitung waktu
transit,rising, dan setting dari matahari---}

HitungTransitRisingSetting(ThnNM,BlnNM,TglNM,Timezone,Lo

```



```

ngitude, Latitude, delta1, delta2, delta3, correctedtransittime, corrected
settingtime, correctedrisingtime);
    HourSettingSun:=correctedsettingtime*24;           // Dalam Jam
waktu Lokal
    // Umur Bulan :
    UmurBulan:=HourSettingSun-HourNM;               // Dalam Jam

{---Menghitung koordinat Bulan saat sunset di hari New Moon---}
Height:=0;

MoonCoordinatELP(TglNM, BlnNM, ThnNM, HourSettingSun, Tim
ezone, Latitude, Longitude, Height, ApparentLongitude, ApparentLati
tude, Apprightascention, appdeclination, Azimuth, Altitude, TrueAltit
ude);
    AltitudeMoon:=Altitude;                          // Dalam Derajat
    AZMoon:=Azimuth;                                  // Dalam Derajat
{---Menghitung koordinat Matahari saat sunset di hari New Moon--}

SunCoordinatVSOP87(HourSettingSun, TglNM, BlnNM, ThnNM, L
atitude, Longitude, TimeZone, apparentLongitude, ApparentLatitude,
Apprightascention, Appdeclination, Azimuth, Altitude, TrueAltitude);
    AltitudeSun:=Altitude;
    AzSun:=Azimuth;
    // Menghitung ARCV, ARCL, dan DelAz :
    ARCV:=AltitudeMoon-AltitudeSun;
    DAZ:=AzSun-AzMoon;
    ARCL:=Sqrt(ARCV*ARCV+DAZ*DAZ);                   // Dalam Derajat

{---Masukkan Kriteria Imkanutrukyah : MABIMS---}

// Tanggal Hijriah :
if (UmurBulan>=8) and (AltitudeMoon > 2) and (ARCL>=3) then
    Begin
        if ThnNM=Tahun then
            TglHj:=Jml_Hari(Bulan, Tanggal, Tahun)-
            Jml_Hari(BlnNM, TglNM, ThnNM)
        else

```

```
TglHj:=Jml_Hari(12,31,ThnNM)-  
Jml_Hari(BlnNM,TglNM,ThnNM)+Jml_Hari(Bulan,Tanggal,Tahun)  
n)+1;
```

```
if TglHj=0 then  
  Begin  
    TglHj:=29;  
    kt:=kt-1;  
  End;
```

```
End  
else
```

```
  Begin  
    if ThnNM=Tahun Then  
      TglHj:=Jml_Hari(Bulan,Tanggal,Tahun)-  
Jml_Hari(BlnNM,TglNM,ThnNM)-1  
    else  
      TglHj:=Jml_Hari(12,31,ThnNM)-  
Jml_Hari(12,TglNM,ThnNM)+Jml_Hari(Bulan,Tanggal,Tahun);
```

```
if tglHj=0 then  
  Begin  
    tglHj:=30;  
    kt:=kt-1;  
  End;
```

```
if tglHj=-1 then  
  Begin  
    tglHj:=29;  
    kt:=kt-1;  
  End;
```

```
End;
```

```
{if (TglHj=0) or (TglHj=-1) then TglHj:=29;
```

```
if tglHj=31 then
```

```
  Begin  
    tglHj:=1; kt:=kt+1;  
  End;}
```

{---Menghitung Bulan dan Tahun Hijriah---}

// Bulan Hijriah :

if  $Kt \geq 0$  then

Begin

sisaBagi:= $Kt - \text{Int}(Kt/12) * 12$ ;

if sisaBAGi=11 then BlnHj:='Ramadhan'

else if sisaBAGi=0 then BlnHj:='Shawwal'

else if sisaBAGi=1 then BlnHj:='Dzulqo"dah'

else if sisaBAGi=2 then BlnHj:='Dzulhijjah'

else if sisaBAGi=3 then BlnHj:='Muharram'

else if sisaBAGi=4 then BlnHj:='Safar'

else if sisaBAGi=5 then BlnHj:='Rabiul Awwal'

else if sisaBAGi=6 then BlnHj:='Rabiul Tsani'

else if sisaBAGi=7 then BlnHj:='Jumadi Ula'

else if sisaBAGi=8 then BlnHj:='Jumadi Tsani'

else if sisaBAGi=9 then BlnHj:='Rajab'

else if sisaBAGi=10 then BlnHj:='Sha"ban';

End

else

Begin

sisaBagi:= $(-Kt) - \text{Int}((-Kt)/12) * 12$ ;

if sisaBAGi=1 then BlnHj:='Ramadhan'

else if sisaBAGi=0 then BlnHj:='Shawwal'

else if sisaBAGi=11 then BlnHj:='Dzulqo"dah'

else if sisaBAGi=10 then BlnHj:='Dzulhijjah'

else if sisaBAGi=9 then BlnHj:='Muharram'

else if sisaBAGi=8 then BlnHj:='Safar'

else if sisaBAGi=7 then BlnHj:='Rabiul Awwal'

else if sisaBAGi=6 then BlnHj:='Rabiul Tsani'

else if sisaBAGi=5 then BlnHj:='Jumadi Ula'

else if sisaBAGi=4 then BlnHj:='Jumadi Tsani'

else if sisaBAGi=3 then BlnHj:='Rajab'

else if sisaBAGi=2 then BlnHj:='Sha"ban';

End;

// Tahun Hijriah :

if  $Kt \geq 0$  then

Begin

if  $(Kt=0)$  then ThnHj:=1420

```

else if (Kt=1) then ThnHj:=1420
else if (Kt=2) then ThnHj:=1420
else if (Kt-3)-Int((Kt-3)/12)*12=0 then
  Begin
    if TglHj=30 then ThnHj:=Int((Kt-3)/12)+1420
    else if TglHj=29 then ThnHj:=Int((Kt-3)/12)+1420
    else ThnHj:=Int((Kt-3)/12)+1420+1;
  End
else
  ThnHj:=Int((Kt-3)/12)+1421;
End
else if Kt<0 then
  Begin
    if (Kt=-1) then ThnHj:=1420
    else if (Kt=-2) then ThnHj:=1420
    else if (Kt=-3) then ThnHj:=1420
    else if (Kt=-4) then ThnHj:=1420
    else if (Kt=-5) then ThnHj:=1420
    else if (Kt=-6) then ThnHj:=1420
    else if (Kt=-7) then ThnHj:=1420
    else if (Kt=-8) then ThnHj:=1420
    else if ((-Kt)-9)-Int(((Kt)-9)/12)*12=0 then
      Begin
        if (TglHj=30) or (TglHj=29) then ThnHj:=1420-Int(((Kt)-
9)/12)-1
        else ThnHj:=1420-Int(((Kt)-9)/12);
      End
    else
      ThnHj:=1420-Int(((Kt)-9)/12)-1;
    End;
  End;
End;

```

**Lampiran E**  
**(Tabel Deret Nilai  $k$  Fase Bulan Baru untuk Penurunan**  
**Persamaan Hubungan antara Tahun Hijriah Sebagai Fungsi**  
**dari  $k$  dan Persamaan Hubungan antara Nilai  $k$  untuk Fase**  
**Bulan Baru Penentuan Awal Muharram, Ramadhan, Syawwal,**  
**dan Dzulhijjah terhadap Tahun Masehi )**

**Tabel E.1.** Deret Nilai  $k$  untuk Fase Bulan Baru

k	Hijriah	Masehi
-24	29 Ramadhan 1418	28 Januari 1998
-23	29 Syawwal 1418	26 Februari 1998
-22	29 Dzulqo'dah 1418	28 Maret 1998
-21	29 Dzulhijjah 1418	26 April 1998
-20	29 Muharram 1419	25 Mei 1998
-19	29 Safar 1419	24 Juni 1998
-18	29 Rabiul Ula 1419	23 Juli 1998
-17	29 Rabiul Akhir 1419	22 agustus 1998
-16	29 Jumadil Ula 1419	20 September 1998
-15	29 Jumadi Tsani 1419	20 Oktober 1998
-14	29 Rajab 1419	19 Nopember 1998
-13	29 Sya'ban 1419	18 Desember 1998
-12	29 Ramadhan 1419	17 Januari 1999
-11	29 Syawwal 1419	16 Februari 1999
-10	29 Dzulqo'dah 1419	17 Maret 1999
-9	29 Dzulhijjah 1419	16 April 1999
-8	29 Muharram 1420	15 Mei 1999
-7	29 Safar 1420	13 Juni 1999
-6	29 Rabiul Ula 1420	13 Juli 1999
-5	29 Rabiul Akhir 1420	11 Agustus 1999
-4	29 Jumadil Ula 1420	9 September 1999
-3	29 Jumadi Tsani 1420	9 Oktober 1999
-2	29 Rajab 1420	8 Nopember 1999

**Tabel E.1. (Lanjutan)**

k	Hijriah	Masehi
-1	29 Sya'ban 1420	7 Desember 1999
0	29 Ramadhan 1420	6 Januari 2000
1	29 Syawwal 1420	5 Februari 2000
2	29 Dzulqo'dah 1420	6 Maret 2000
3	29 Dzulhijjah 1420	4 April 2000
4	29 Muharram 1421	4 Mei 2000
5	29 Safar 1421	2 Juni 2000
6	29 Rabiul Awal 1421	1 Juli 2000
7	29 Rabiul Akhir 1421	31 Juli 2000
8	29 Jumadil Ula 1421	29 Agustus 2000
9	29 Jumadil Tsani 1421	27 September 2000
10	29 Rajab 1421	27 Oktober 2000
11	29 Sya'ban 1421	25 Nopember 2000
12	29 Ramadhan 1421	25 Desember 2000
13	29 Syawwal 1421	24 Januari 20001
14	29 Dzulqo'dah 1421	23 Februari 2001
15	29 Dzulhijjah 1421	25 Maret 2001
16	29 Muharram 1422	23 April 2001
17	29 Safar 1422	23 Mei 2001
18	29 Rabiul Awal 1422	21 Juni 2001
19	29 Rabiul Akhir 1422	20 Juli 2001
20	29 Jumadil Ula 1422	19 Agustus 2001
21	29 Jumadil tsani 1422	17 September 2001
22	29 Rajab 1422	16 Oktober 2001
23	29 Sya'ban 1422	15 Nopember 2001
24	29 Ramadhan 1422	14 Desember 2001
25	29 Syawwal 1422	13 Januari 2002
26	29 Dzulqo'dah 1422	12 Februari 2002
27	29 Dzulhijjah 1422	14 Maret 2002

**Lampiran F**  
**(Data Fase-fase Bulan dari Software USNO Sebagai Pembanding**  
**dalam Verifikasi Hasil Perhitungan Fase-fase Bulan)**

**Tabel F.1.** Hasil Perhitungan Software USNO untuk Fase-fase Bulan pada Tahun 2000

2000 Phases of the Moon															
Universal Time															
New Moon				First Quarter				Full Moon				Last Quarter			
d h m				d h m				d h m				d h m			
Jan	6	18	14	Jan	14	13	34	Jan	21	4	40	Jan	28	7	57
Feb	5	13	03	Feb	12	23	21	Feb	19	16	27	Feb	27	3	54
Mar	6	5	17	Mar	13	6	59	Mar	20	4	44	Mar	28	0	21
Apr	4	18	12	Apr	11	13	30	Apr	18	17	42	Apr	26	19	30
May	4	4	12	May	10	20	01	May	18	7	34	May	26	11	55
Jun	2	12	14	Jun	9	3	29	Jun	16	22	27	Jun	25	1	00
Jul	1	19	20	Jul	8	12	53	Jul	16	13	55	Jul	24	11	02
Jul	31	2	25	Aug	7	1	02	Aug	15	5	13	Aug	22	18	51
Aug	29	10	19	Sep	5	16	27	Sep	13	19	37	Sep	21	1	28
Sep	27	19	53	Oct	5	10	59	Oct	13	8	53	Oct	20	7	59
Oct	27	7	58	Nov	4	7	27	Nov	11	21	15	Nov	18	15	24
Nov	25	23	11	Dec	4	3	55	Dec	11	9	03	Dec	18	0	41
Dec	25	17	22												

**Tabel F.2.** Hasil Perhitungan Software USNO untuk Fase-fase Bulan pada Tahun 2013

2013 Phases of the Moon															
Universal Time															
New Moon				First Quarter				Full Moon				Last Quarter			
d h m				d h m				d h m				d h m			
Jan	11	19	44	Jan	18	23	45	Jan	27	4	38	Jan	5	3	58
Feb	10	7	20	Feb	17	20	31	Feb	25	20	26	Feb	3	13	56
Mar	11	19	51	Mar	19	17	27	Mar	27	9	27	Mar	4	21	53
Apr	10	9	35	Apr	18	12	31	Apr	25	19	57	Apr	3	4	36
May	10	0	28	May	18	4	34	May	25	4	25	May	2	11	14
Jun	8	15	56	Jun	16	17	24	Jun	23	11	32	May	31	18	58
Jul	8	7	14	Jul	16	3	18	Jul	22	18	15	Jun	30	4	53
Aug	6	21	51	Aug	14	10	56	Aug	21	1	45	Jul	29	17	43
Sep	5	11	36	Sep	12	17	08	Sep	19	11	13	Aug	28	9	35
Oct	5	0	34	Oct	11	23	02	Oct	18	23	38	Sep	27	3	55
Nov	3	12	50	Nov	10	5	57	Oct	17	15	16	Oct	26	23	40
Dec	3	0	22	Dec	9	15	12	Nov	17	15	16	Nov	25	19	28
				Dec				Dec	17	9	28	Dec	25	13	48

**Tabel F.3.** Hasil Perhitungan Software USNO untuk Fase-fase Bulan pada Tahun 2035

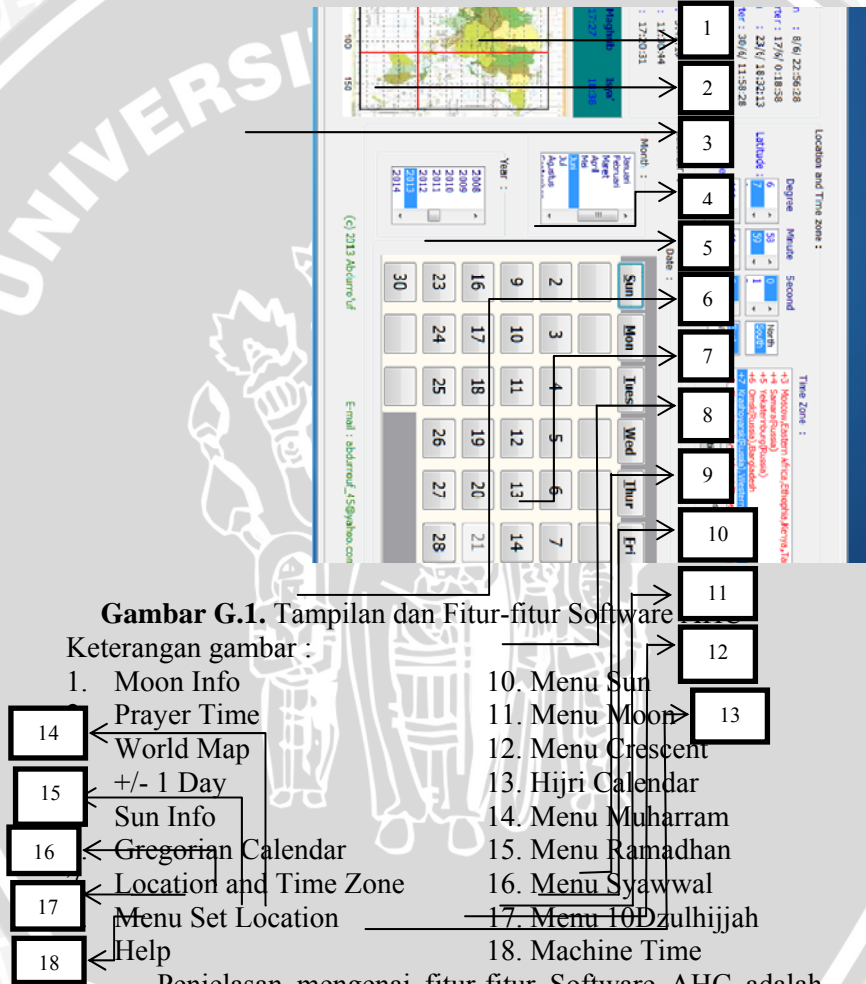
2035 Phases of the Moon															
Universal Time															
New Moon			First Quarter			Full Moon			Last Quarter						
d	h	m	d	h	m	d	h	m	d	h	m				
Jan	9	15	03	Jan	17	4	45	Jan	23	20	16	Jan	1	10	01
Feb	8	8	22	Feb	15	13	17	Feb	22	8	54	Jan	31	6	02
Mar	9	23	09	Mar	16	20	15	Mar	23	22	42	Mar	2	3	01
Apr	8	10	58	Apr	15	2	55	Apr	22	13	20	Mar	31	23	06
May	7	20	04	May	14	10	28	May	22	4	26	Apr	30	16	54
Jun	6	3	20	Jun	12	19	50	Jun	20	19	37	May	30	7	30
Jul	5	9	59	Jul	12	7	33	Jul	20	10	37	Jun	28	18	42
Aug	3	17	12	Aug	10	21	52	Aug	19	1	00	Jul	28	2	55
Sep	2	1	59	Sep	9	14	47	Sep	17	14	23	Aug	26	9	08
Oct	1	13	07	Oct	9	9	49	Oct	17	2	35	Sep	24	14	39
Oct	31	2	58	Nov	8	5	50	Nov	15	13	49	Oct	23	20	57
Nov	29	19	37	Dec	8	1	05	Dec	15	0	33	Nov	22	5	16
Dec	29	14	31									Dec	21	16	28





## Lampiran G (Fitur-Fitur Software Accurate Hijri Calculator 2.2)

Saat pertama dijalankan, software Accurate Hijri Calculator 2.2 (AHC) mengambil waktu mesin (*machine time*) sebagai masukan. dan berikut ini adalah tampilan awalnya :



**Gambar G.1.** Tampilan dan Fitur-fitur Software

Keterangan gambar :

- |                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| 1. Moon Info              | 10. Menu Sun          |
| 2. Prayer Time            | 11. Menu Moon         |
| 3. World Map              | 12. Menu Crescent     |
| 4. +/- 1 Day              | 13. Hijri Calendar    |
| 5. Sun Info               | 14. Menu Muharram     |
| 6. Gregorian Calendar     | 15. Menu Ramadhan     |
| 7. Location and Time Zone | 16. Menu Syawal       |
| 8. Menu Set Location      | 17. Menu 10Dzulhijjah |
| 9. Help                   | 18. Machine Time      |

Penjelasan mengenai fitur-fitur Software AHC adalah sebagai berikut :

1. Moon Info adalah fitur yang menyediakan informasi waktu rising, transit, dan setting bulan, iluminasi bulan, dan jaraknya dari bumi (radius vector) untuk masukan tanggal tertentu,
2. Prayer Time adalah fitur yang menyediakan informasi waktu shalat untuk masukan tanggal tertentu,
3. World Map adalah fitur yang menunjukkan letak koordinat lokasi yang dipilih (masukan) dari menu Location and Time Zone atau Set Location dalam peta dunia,
4. +/- 1Day adalah fitur yang menyediakan informasi waktu terjadinya fase-fase bulan (new moon, first quarter, full moon, dan last quarter) disekitar tanggal pilihan (masukan),
5. Sun Info adalah fitur yang menyediakan informasi waktu rising, transit, dan setting matahari untuk masukan tanggal tertentu,
6. Gregorian Calendar terdiri dari list box pilihan tahun, bulan dan button-button untuk pilihan tanggal dalam penanggalan Masehi (Gregorian). Pilihan tanggal, bulan, dan tahun dari fitur inilah yang dijadikan masukan bagi perhitungan yang dilakukan oleh software,
7. Location and Time Zone adalah fitur yang menyediakan pilihan derajat koordinat lintang dan bujur, serta zona waktu dari lokasi pengamatan yang dijadikan masukan bagi perhitungan yang dilakukan oleh software,
8. Menu Set Location adalah menu (fitur) yang menyediakan database koordinat kota-kota besar diseluruh dunia serta kota-kota dan Kabupaten di Indonesia. Menu ini menyediakan data koordinat dari 2636 kota di dunia yang mencakup 488 kota di Indonesia. Menu ini dilengkapi dengan fitur untuk menambah dan menghapus data lokasi sehingga pengguna program dapat memasukkan koordinat lokasi dimana dia melakukan pengamatan hilal.
9. Help adalah menu (fitur) yang menyediakan informasi tentang semua fitur dan menu yang disediakan oleh software dan cara mengaksesnya,
10. Menu Sun adalah menu (fitur) yang menyediakan informasi koordinat matahari baik secara real time maupun untuk pilihan waktu tertentu. Fitur ini juga menyediakan menu

Sun Ephemeris yaitu menu yang mampu menghitung koordinat matahari untuk selang waktu tertentu dengan interval waktu (*increment*) yang dapat diilih,

11. Menu Moon adalah menu (fitur) yang menyediakan informasi koordinat bulan baik secara real time maupun untuk pilihan waktu tertentu. Fitur ini juga menyediakan menu Moon Ephemeris yaitu menu yang mampu menghitung koordinat matahari untuk selang waktu tertentu dengan interval waktu (*increment*) yang dapat diilih,
12. Menu Crescent adalah menu (fitur) yang memberikan informasi prediksi kenampakan hilal pada waktu sunset untuk tanggal-tanggal konjungsi yang terjadi dalam satu tahun. Prediksi kenampakan hilal ditampilkan dalam bentuk peta visibilitas hilal (*Crescent Visibility Map*) yang dapat memberikan informasi kenampakan hilal pada berbagai lokasi di permukaan bumi.
13. Hijri Calendar adalah fitur yang memberikan informasi tanggal hijriah yang bersesuaian dengan tanggal masehi yang dipilih (maskan). Tanggal hijriah yang ditampilkan dalam fitur ini adalah hasil perhitungan berdasarkan kriteria MABIMS.
14. Menu Muharram adalah menu (fitur) yang memberikan informasi hasil perhitungan parameter-parameter dalam penentuan awal bulan Muharram yang terjadi pada tahun Masehi yang dipilih (masukan).
15. Menu Ramadhan adalah menu (fitur) yang memberikan informasi hasil perhitungan parameter-parameter dalam penentuan awal bulan Ramadhan yang terjadi pada tahun Masehi yang dipilih (masukan).
16. Menu Syawwal adalah menu (fitur) yang memberikan informasi hasil perhitungan parameter-parameter dalam penentuan awal bulan Syawwal yang terjadi pada tahun Masehi yang dipilih (masukan).
17. Menu 10Dzulhijjah adalah menu (fitur) yang memberikan informasi hasil perhitungan parameter-parameter dalam penentuan awal bulan Dzulhijjah yang terjadi pada tahun Masehi yang dipilih (masukan).

18. Machine Time adalah fitur yang menampilkan waktu mesin (*real time*) atau waktu computer.

### G.1. Menu Sun dan Menu Moon

Gambar tampilan menu Sun dan Menu Moon adalah seperti pada Gambar 4.2. di bawah ini :



(a)

**Gambar G.2.** (a) Tampilan Menu Sun (b) Tampilan Menu Moon

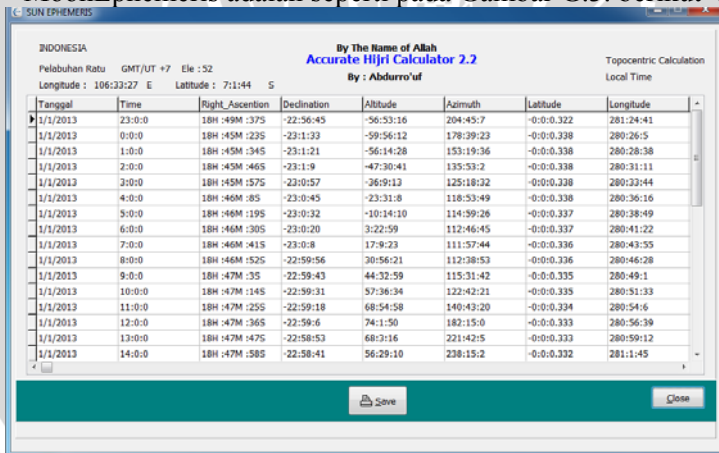


(b)

**Gambar G.2. (Lanjutan)**

## G.2. Menu SunEphemeris dan Menu MoonEphemeris

Gambar tampilan menu SunEphemeris dan MoonEphemeris adalah seperti pada Gambar G.3. berikut :



(a)

**Gambar G.3. (a) Tampilan Menu SunEphemeris (b) Tampilan Menu MoonEphemeris**

MOON EPHEMERIS

By The Name of Allah  
**Accurate Hijri Calculator 2.2**  
 By : Abdurro'uf

INDONESIA  
 Pelabuhan Ratu GMT/UT +7 Ele : 52  
 Longitude : 106:33:27 E Latitude : 7:11:44 S

Topocentric Calculation  
 Local Time

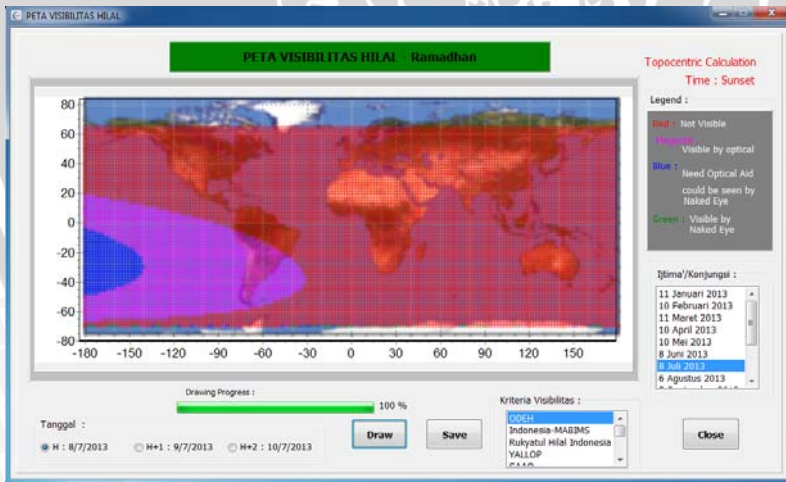
Tanggal	Time	Right Ascension	Declination	Altitude	Azimuth	Latitude	Longitude
1/1/2013	0:0:0	9H :14M :2S	11:2:35	49:29:29	63:48:14	-5:9:18	137:5:38
1/1/2013	1:0:0	9H :15M :12S	10:54:9	61:56:35	50:28:3	-5:9:41	137:36:49
1/1/2013	2:0:0	9H :16M :16S	10:45:0	70:56:15	21:12:34	-5:10:3	138:8:0
1/1/2013	3:0:0	9H :17M :19S	10:35:8	70:43:13	335:56:0	-5:10:22	138:39:13
1/1/2013	4:0:0	9H :18M :24S	10:24:33	61:29:47	307:28:59	-5:10:41	139:10:27
1/1/2013	5:0:0	9H :19M :34S	10:13:20	48:57:45	294:27:23	-5:10:57	139:41:42
1/1/2013	6:0:0	9H :20M :53S	10:1:37	35:22:48	287:37:17	-5:11:13	140:12:59
1/1/2013	7:0:0	9H :22M :24S	9:49:33	21:24:4	283:28:26	-5:11:26	140:44:16
1/1/2013	8:0:0	9H :24M :8S	9:37:16	7:15:28	280:41:17	-5:11:38	141:13:35
1/1/2013	9:0:0	9H :26M :7S	9:24:57	-6:56:59	278:41:12	-5:11:48	141:46:55
1/1/2013	10:0:0	9H :28M :20S	9:12:45	-21:10:28	277:11:38	-5:11:57	142:18:16
1/1/2013	11:0:0	9H :30M :45S	9:0:46	-35:23:35	276:5:10	-5:12:4	142:49:38
1/1/2013	12:0:0	9H :33M :23S	8:49:8	-49:35:45	275:21:48	-5:12:10	143:21:2
1/1/2013	13:0:0	9H :36M :9S	8:37:55	-63:46:43	275:16:28	-5:12:14	143:52:27
1/1/2013	14:0:0	9H :39M :1S	8:27:9	-77:55:34	277:33:54	-5:12:16	144:23:53
1/1/2013	15:0:0	9H :41M :56S	8:16:52	-87:28:33	60:6:34	-5:12:16	144:55:20

Save Close

(b)  
**Gambar G.3. (Lanjutan)**

### G.3. Menu Crescent

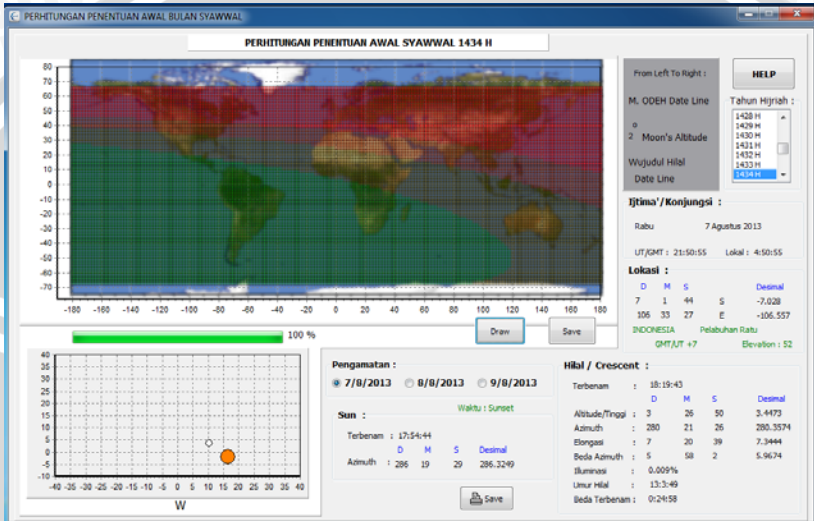
Gambar tampilan menu Crescent adalah seperti pada Gambar G.4 berikut:



**Gambar G.4. Tampilan Menu Crescent**

#### G.4. Menu Muharram, Menu Ramadhan, Menu Syawwal, dan Menu 10Dzulhijjah

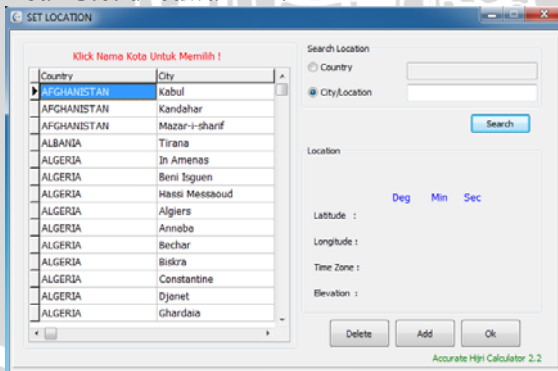
Tampilan menu Muharram, Menu Ramadhan, menu Syawwal, dan Menu 10Dzulhijjah adalah sama. Tampilan menu Syawwal adalah seperti pada Gambar G.5. berikut :



Gambar G.5. Tampilan Menu Syawwal

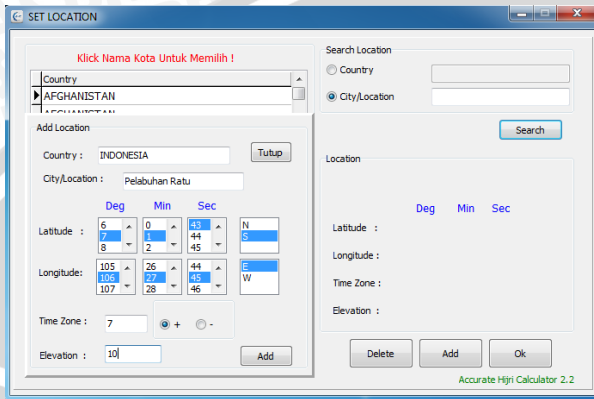
#### G.5. Menu Set Location

Tampilan menu Set Location adalah seperti pada Gambar G.6. di bawah ini :



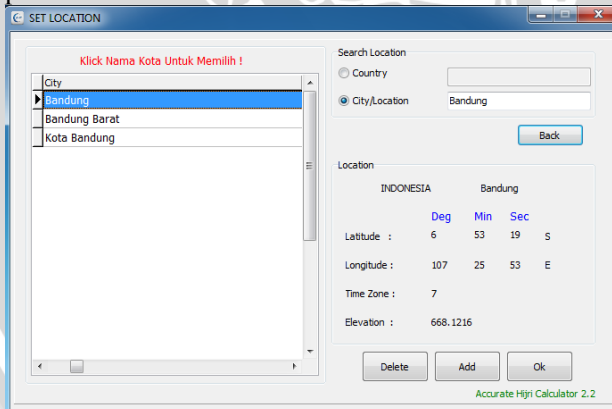
Gambar G.6. Tampilan Menu Set Location

Tampilan menu Set Location untuk fasilitas menambahkan data lokasi dalam database adalah seperti pada Gambar G.7. di bawah ini :



**Gambar G.7.** Tampilan Menu Set Location untuk Fasilitas Menambahkan Data Koordinat dalam Database

Tampilan menu Set Location untuk fasilitas pencarian data koordinat lokasi kota Bandung adalah seperti pada Gambar G.8. di bawah ini :

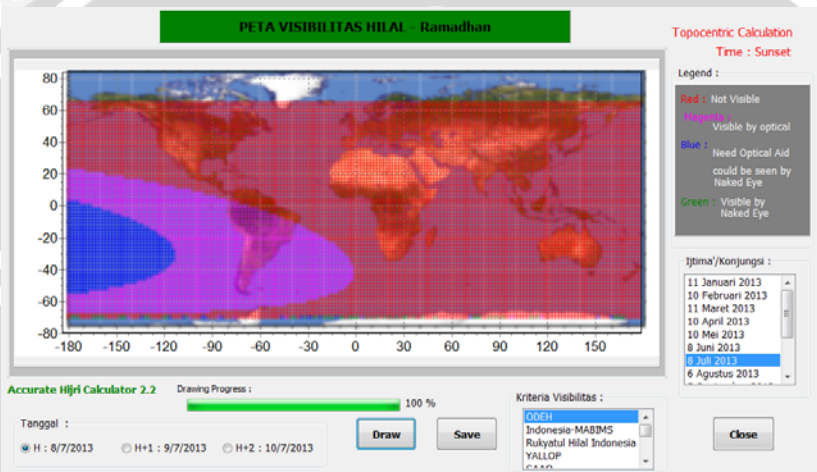


**Gambar G.8.** Tampilan Menu Set Location untuk Fasilitas Pencarian Data Koordinat

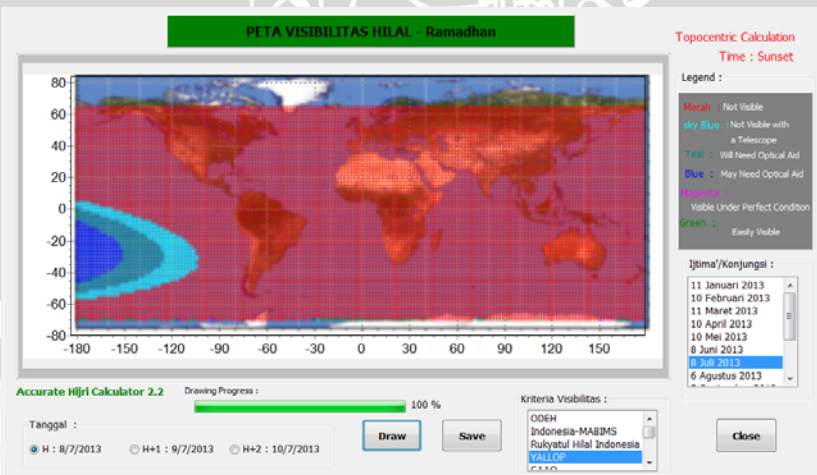


**Lampiran H**  
**(Contoh Peta Visibilitas Hilal dari Berbagai Kriteria yang Diakomodir Oleh Software Accurate Hijri Calculator 2.2)**

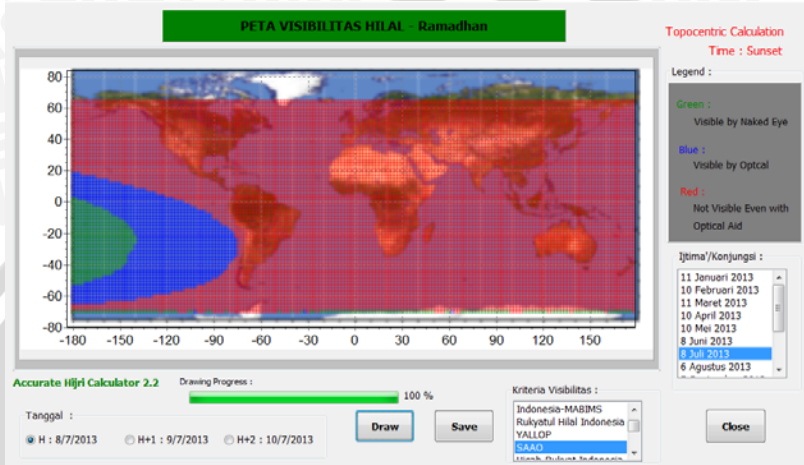
**a. Peta Visibilitas Hilal Kriteria Odeh untuk Tanggal 8 Juli 2013**



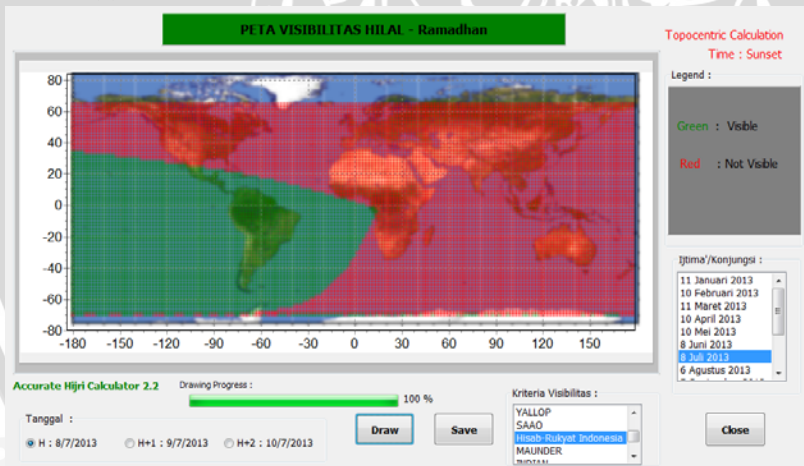
**b. Peta Visibilitas Hilal Kriteria Yallop untuk Tanggal 8 Juli 2013**



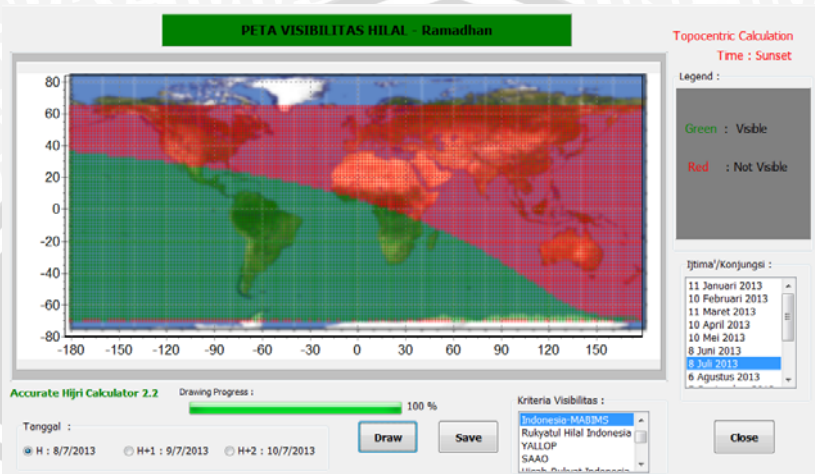
c. Peta Visibilitas Hilal Kriteria SAAO untuk Tanggal 8 Juli 2013



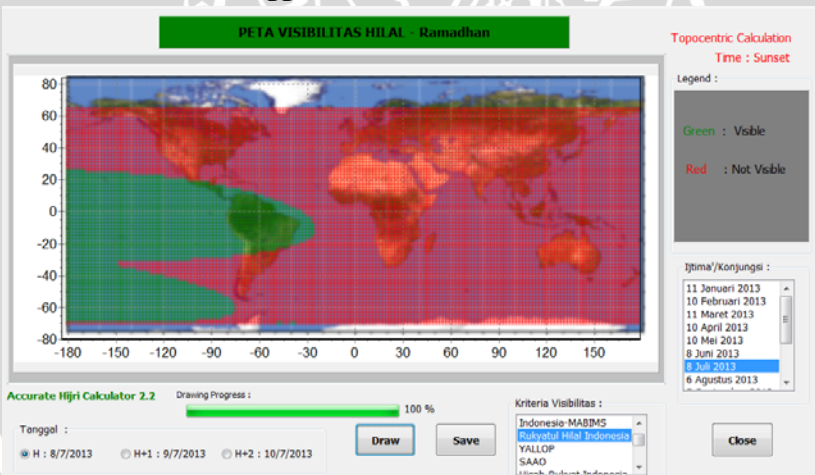
d. Peta Visibilitas Hilal Kriteria Hisab Rukyat Indonesia untuk Tanggal 8 Juli 2013



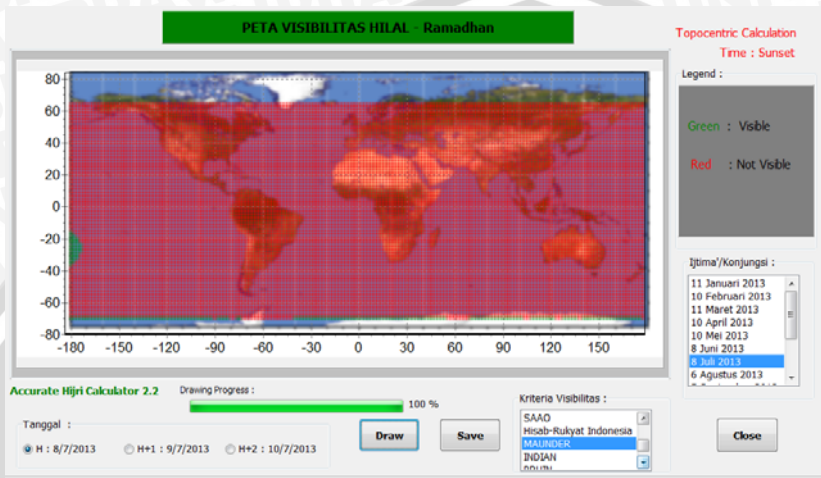
e. Peta Visibilitas Hilal Kriteria MABIMS untuk Tanggal 8 Juli 2013



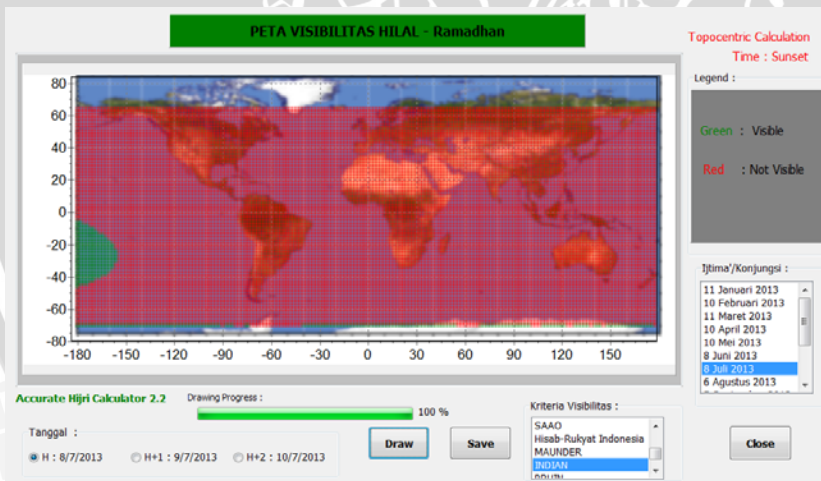
f. Peta Visibilitas Hilal Kriteria Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) untuk Tanggal 8 Juli 2013



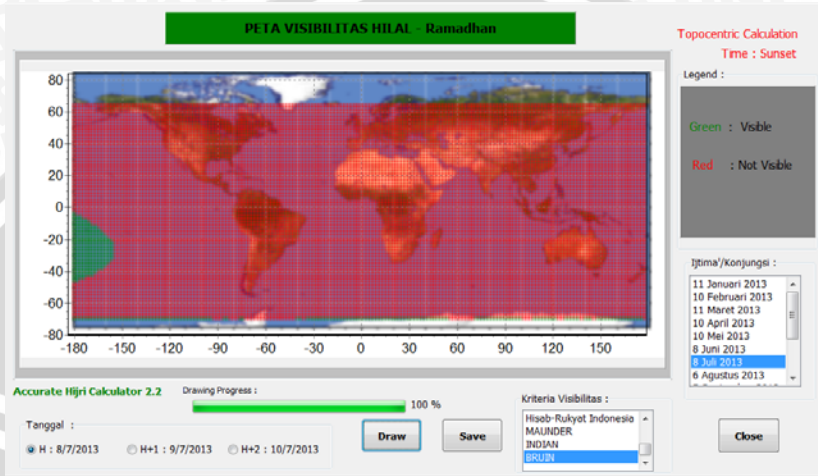
**g. Peta Visibilitas Hilal Kriteria Maunder untuk Tanggal 8 Juli 2013**



**h. Peta Visibilitas Hilal Kriteria Indian untuk Tanggal 8 Juli 2013**



i. Peta Visibilitas Hilal Kriteria Bruin untuk Tanggal 8 Juli 2013



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)**



**Lampiran I**  
**(Dokumentasi Kegiatan)**

**a. Dokumentasi Wawancara di Bosscha, Bandung pada Tanggal 12 Maret 2013**





**b. Dokumentasi Wawancara di Kementerian Agama RI,  
Jakarta Pusat Pada Tanggal 13 Maret 2013**







c. Dokumentasi Wawancara di LAPAN, Jakarta Timur Pada Tanggal 13 Maret 2013





**d. Dokumentasi Wawancara di Lembaga Rukyatul Hilal Indonesia (RHI), Yogyakarta pada tanggal 14 Maret 2013**



