BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Astronomi adalah ilmu yang mempelajari tentang benda-benda langit seperti planet, bintang, komet, dan tata surya. Salah satu bagian yang dipelajari di dalamnya adalah mengenai bulan. Sebagaimana telah diketahui bahwa bulan adalah setelit alami yang dimiliki bumi. Bulan bergerak mengelilingi bumi dan juga matahari. Lintasan bulan berbentuk elips seperti lintasan dari bumi dan planet-planet yang lain. Ini sesuai dengan hukum Kepler I yaitu setiap planet bergerak dengan lintasan elips dan matahari berada di salah satu fokusnya.

Bulan melakukan gerakan rotasi dan revolusi pada orbitnya. Rotasi bulan merupakan pergerakan bulan yang berputar pada sumbunya dan revolusi bulan merupakan pergerakan bulan dalam mengelilingi bumi dan matahari. Akibat adanya revolusi bulan menyebabkan perubahan-perubahan fase bulan. Salah satu fase bulan adalah fase bulan baru (*new moon*).

Fase bulan baru digunakan sebagai penanda awal bulan pada sistem kalender hijriyah. Hal ini juga berkaitan erat dengan waktu pelaksanaan ibadah bagi umat Islam saat menentukan awal puasa Ramadhan, Idul Fitri dan Idul Adha. Namun ada perbedaan dalam menentukan awal bulan tersebut. Itu terjadi karena perbedaan metode untuk menentukan fase bulan baru, mengingat ada beberapa metode yang bisa dipergunakan, antara lain *wujudul hilal*, rukyat, imkan-rukyat dan hisab. Selain itu juga adanya penetapan kriteria yang berbeda dalam menentukan fase bulan baru.

Dengan adanya permasalahan tersebut maka dilakukanlah penelitian ini. Diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini dapat memberikan informasi dan pengetahuan mengenai fase bulan baru yang menjadi tolak ukur penetapan awal bulan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

a. Bagaimana cara menentukan terjadinya bulan baru (*New Moon)*?
b. Bagaimana menentukan visibilitas bulan sabit pertama (*Waxing Cresent)* sebagai penanda awal bulan baru?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya awal bulan dan visibilitas bulan. Maka batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

a. Tidak membahas sistem penanggalan secara detail.
b. Rujukan data diambil dari lima tahun terakhir.
c. Data diambil hanya dari lima kota pada negara yang berbeda.
d. Pengamatan hanya dilakukan untuk bulan Ramadhan dan Syawal.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah membuat aplikasi untuk menentukan terjadinya bulan baru dan menentukan visibilitas awal bulan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan tentang astronomi, dan khususnya tentang fase dan visibilitas awal bulan. Diharapkan hasilnya dapat mendukung pengembangan penelitian dan bagi pemerintah Indonesia penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan motivasi rakyat Indonesia untuk mengembangkan pengetahuan bidang astronomi demi kemajuan bangsa.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

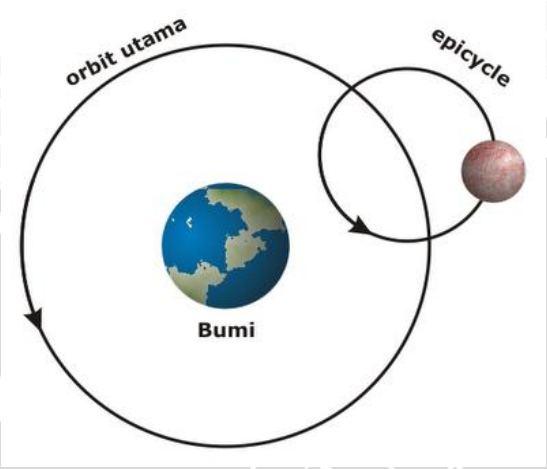
2.1 Sejarah Astronomi

Ilmu astronomi yang paling sederhana telah berkembang sekitar 3000 tahun SM. Matahari, bulan dan semua perubahan musim sudah diteliti dengan sanagt baik. Mungkin perbedaan utama dalam pemikiran pada waktu itu bahwa bumi itu datar. Pada saat itu orang percaya bahwa ketika seseorang berjalan cukup jauh pada bidang bumi maka akan jatuh ke tepi bumi. Perbedaan pandangan tentang alam semesta terjadi di awal peradaban. Bangsa Babilonia dan Kasdim telah menjadi orang pertama yang mempelajari tentang langit, legenda dan mitos dengan bintang-bintang. Bangsa China juga merupakan astronom yang terampil. Mereka mencatat banyak peristiwa-peristiwa alam, namun pemahaman yang didapatkan masih kurang.

Bangsa Yunani menjadi peradaban berikutnya yang mengembangkan ilmu astronomi seperti ilmu-ilmu pengetahuan yang lain. Mereka memahami bahwa bumi yang datar sebagai bola yang berputar. Filosof Yunani yang memiliki pemikiran brilian seperti itu adalah Thales. Dan sekitar 500 tahun SM seorang filosof lain, Anaximender mengemukakan pendapatnya bahwa bentuk bumi yang bulat digunakan untuk menjelaskan efek dari horison.

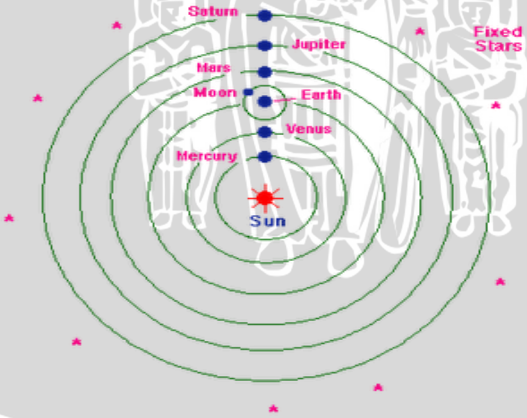
Pada tahun 300 SM Plato dan Aristoteles mencetuskan gagasannya bahwa bumi itu bulat, bagaimana terjadinya gerhana dan bumi yang dikelilingi oleh benda-benda langit lain. Tidak lama setelah itu Ariastarchus mengusulkan bahwa berdasarkan gerakan bumi yang telah diamatinya itu menempatkan matahari sebagai pusat alam semesta (Lawton, 1995).

Gambar 2.1 merupakan sebuah model alam semesta yang mulai diperkenalkan oleh Ptolomeus sekitar tahun 140 Masehi. Dia menyatakan bahwa bumi berada dipusat alam semesta dengan matahari dan bintang-bintang bergerak mengelilingi bumi dalam lintasan yang lebih rumit dan terdiri dari lingkaran-lingkaran yang kecil. Lingkaran tersebut dinamakan *epicycle*, yang menumpangi lingkaran-lingkaran yang lebih besar.



Gambar 2.1 Konsep model geosentris Ptolomeus (Anonymous[5], 2009)

Model yang agak rumit itu sesuai dengan hasil pengamatan mata-telanjang dan diterima secara universal untuk lebih dari 14 abad. Pada tahun 1543 model tersebut diganti oleh model heliosentris Copernicus yang lebih mudah namun sangat kontroversial dimana matahari dan bintang-bintang lainnya diam, sedangkan bumi dan planet-planet berputar dalam lingkaran mengelilingi matahari pada Gambar 2.2.



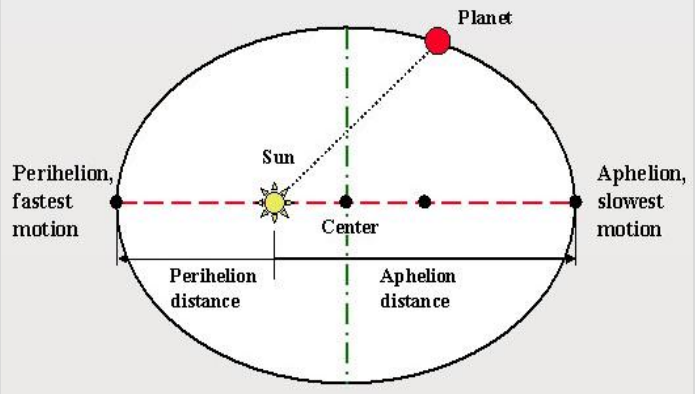
Gambar 2.2 Model heliosentris Copernicus (Anonymous[6], 2012)

Menjelang akhir abad ke enam belas, ahli astronomi Tycho Brahe mempelajari gerakan planet dan membuat pengamatan yang dianggap lebih tepat dibandingkan dengan model-model yang telah lebih dahulu. Dan dengan menggunakan data dari Brahe, Johanes Kepler menemukan bahwa lintasan planet mengelilingi matahari berbentuk elips (Tipler, 1998).

2.2 Hukum Kepler

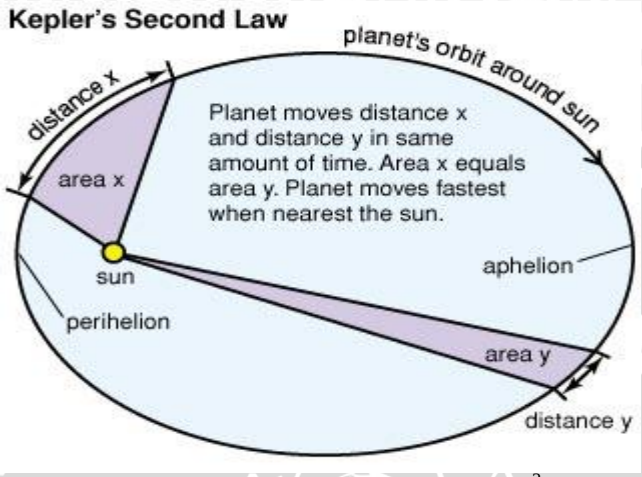
Pada tahun 1609 diumumkan oleh Kepler hukum elips hukum luasan tempuh planet dan hukum periode planet. Hukum tersebut kemudian dikenal dengan hukum pertama, kedua dan ketiga Kepler, yang berbunyi sebagai berikut :

1. Hukum I Kepler: Lintasan planet-planet merupakan sebuah elips, dan matahari terletak di salah satu titik apinya.



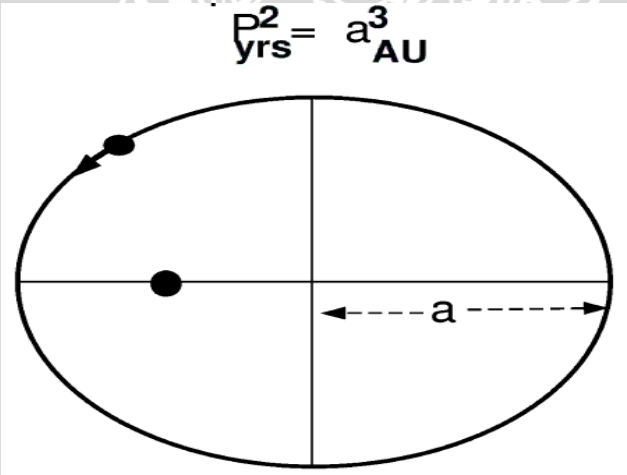
Gambar 2.3 Hukum I Kepler (Anonymous[2], 2008)

2. Hukum II Kepler: Vektor radius garis yang menghubungkan tiap planet ke matahari menyapu luasan yang sama dalam waktu yang sama.



Gambar 2.4 Hukum II Kepler (Anonymous[3], 2005)

3. Hukum III Kepler: Pangkat dua periode planet sebanding dengan pangkat tiga sumbu panjang lintasan planet.



Gambar 2.5 Hukum III Kepler (Anonymous[4], 2002)

Hukum ketiga Kepler dapat ditulis dalam bentuk matematis, $P^2 = k\ a^3$ dimana P adalah periode planet dan k adalah suatu konstanta (Siregar, 1976).

Untuk gerak elips, persamaan

$$t = \sqrt{\frac{m}{2}} \int_{r0}^{r} \frac{dr}{\sqrt{\frac{k}{r} - \frac{l^2}{2mr^2} + E}} \quad (2.1)$$

mudah untuk diintegrasi dengan menambahkan variabel ψ, yang dinotasikan sebagai anomali eksentrik dan didefinisikan dengan hubungan:

$$r = a(1 - e\cos\psi) \quad (2.2)$$

Dengan menggabungkan persamaan orbital

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos(\theta-\theta')} \quad (2.3)$$

sangat jelas bahwa ψ terletak dalam interval 0 sampai 2π sebagai θ bila revolusi penuh. Perihelium terjadi pada $\psi = 0$ (dengan ketentuan $\theta = 0$) dan aphelium terjadi pada $\psi = \pi = \theta$.

Secara umum posisi waktu untuk orbit elips, dapat dituliskan sebagai:

$$t = \sqrt{\frac{ma^3}{k}} \int_0^{\psi} (1 - e\cos\psi)d\psi \quad (2.4)$$

dengan menunjukkan frekuensi revolusi ω sebagai:

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau} = \sqrt{\frac{k}{ma^3}} \quad (2.5)$$

Integrasi pada persamaan (2.4), sehingga menghasilkan :

$$\omega t = \psi - e\sin\psi \quad (2.6)$$

persamaan itu dikenal sebagai persamaan Kepler. Besar ωt antara 0 sampai 2π, sama dengan ψ dan θ dalam revolusi orbital lengkap dan karena itu juga dilambangkan sebagai anomali khususnya anomali rata-rata.

Untuk menemukan posisi di orbit pada suatu waktu *t*, persamaan Kepler (2.6) pertama akan terbalik untuk

mendapatkan anomali eksentrik ψ yang sesuai. Persamaan (2.2) kemudian menghasilkan jarak radial, sedangkan sudut polar θ dapat dinyatakan dalam ψ dengan membandingkan persamaan (2.2) dan persamaan orbit (2.3)

$$1 + e\cos\theta = \frac{1-e^2}{1-e\cos\psi} \tag{2.7}$$

Dengan sedikit manipulasi aljabar didapatkan

$$\cos\theta = \frac{\cos\psi - e}{1-e\cos\psi} \tag{2.8}$$

(Goldstein, 2002).

2.3 Sistem Koordinat

Untuk memudahkan pemahaman terhadap posisi benda-benda langit, maka diperkenalkan beberapa sistem koordinat. Setiap sistem koordinat memiliki koordinatnya masing-masing. Posisi benda langit seperti matahari dapat dinyatakan dalam sistem koordinat tertentu. Dan berikut ada beberapa sistem koordinat yang penting dalam ilmu astronomi, yaitu:

1. Sistem koordinat ekliptika heliosentrik
2. Sistem koordinat eklpitika geosentrik
3. Sistem koordinat ekuator geosentrik
4. Sistem koordinat horison

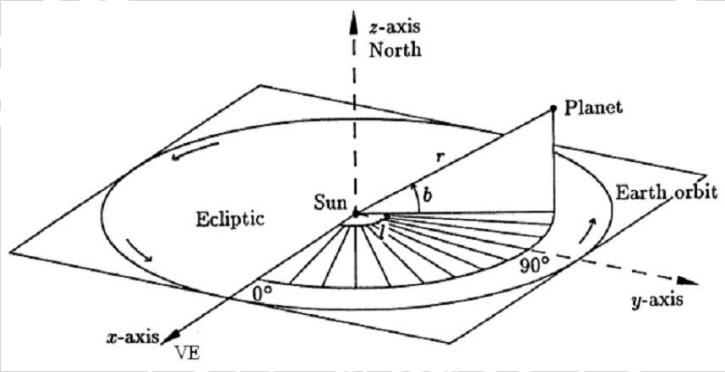
Keempat sistem koordinat di atas termasuk ke dalam koordinat bola. Sistem koordinat ekliptika heliosentrik dan geosentrik sebenarnya identik. Yang membedakan keduanya hanyalah acuan pusat koordinat matahari atau bumi.

2.3.1 Sistem Koordinat Ekliptika Heliosentrik

Pada koordinat ekliptika heliosentrik ini, matahari menjadi pusat koordinat. Benda langit lainnya seperti bumi dan planet bergerak mengitari matahari. Bidang datar yang identik dengan bidang xy adalah bidang ekliptika yaitu bidang bumi mengitari matahari.

- Pusat koordinat: Matahari.
- Bidang datar referensi: Bidang orbit bumi mengitari matahari (bidang ekliptika) yaitu bidang xy.

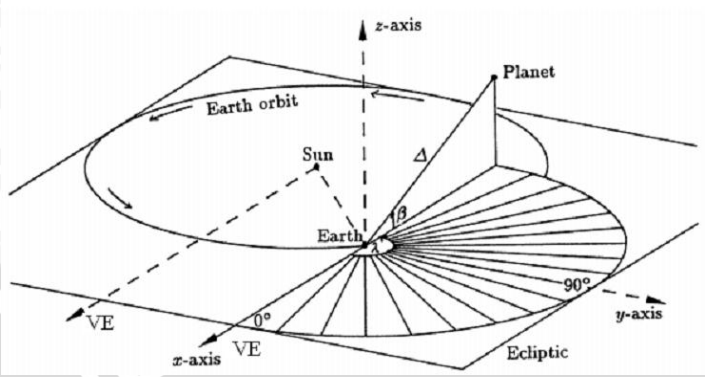
- Titik referensi: *vernal equinoks* (VE) didefinisikan sebagai sumbu x.
- Koordinat heliosentrik ini terdiri dari r adalah jarak (radius) benda langit ke matahari, l adalah sudut bujur ekliptika (*ecliptical longitude*) dihitung dari VE berlawanan arah jarum jam dan b adalah sudut lintang ekliptika (*ecliptical latitude*) yaitu sudut antara garis penghubung benda langit-matahari dengan bidang ekliptika.



Gambar 2.6 Sistem koordinat ekliptika heliosentrik (Anugraha, 2012)

2.3.2 Sistem Koordinat Ekliptika Geosentrik

Pada sistem koordinat Ekliptika Geosentrik (*Geocentric Ecliptical Coordinate*), bumi menjadi pusat koordinat. Matahari dan planet-planet lainnya nampak bergerak mengitari bumi. Bidang datar xy adalah bidang ekliptika, sama seperti pada ekliptika heliosentrik.



Gambar 2.7 Sistem koordinat ekliptika geosentrik (Anugraha, 2012)

- Pusat koordinat: Bumi.
- Bidang datar referensi: Bidang ekliptika (bidang orbit bumi mengelilingi matahari) yaitu bidang xy.
- Titik referensi: *vernal equinoks* (VE) yang didefinisikan sebagai sumbu x.
- Koordinat geosentrik ini terdiri dari *delta* (Δ) adalah jarak benda langit ke bumi, *lamda* (λ) adalah bujur ekliptika (*ecliptical latitude*) benda langit menurut acuan bumi dihitung dari VE dan *beta* (β) adalah lintang ekliptika.

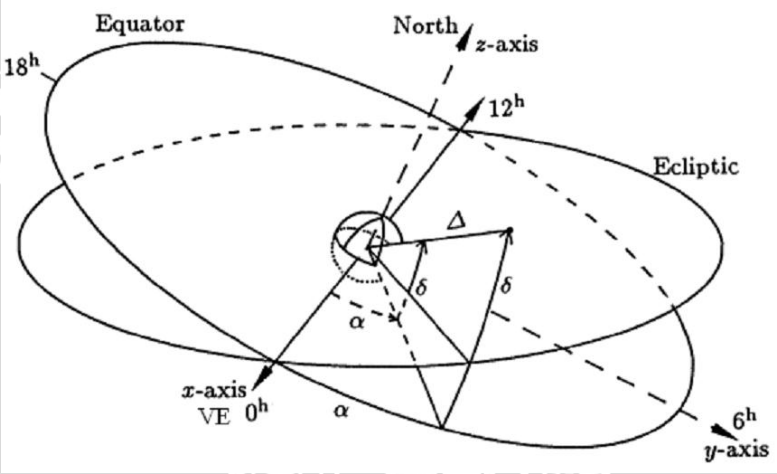
2.3.3 Sistem Koordinat Ekuator Geosentrik

Bumi bergerak mengitari matahari di bidang Ekliptika, juga sekaligus berotasi terhadap sumbunya. Sumbu rotasi bumi tidak sejajar dengan sumbu bidang ekliptika. Atau dengan kata lain, bidang ekuator tidak sejajar dengan bidang ekliptika, tetapi membentuk sudut kemiringan (epsilon) sebesar kira-kira 23,5 derajat. Sudut kemiringan ini sebenarnya tidak bernilai konstan sepanjang waktu, nilainya semakin lama semakin mengecil.

- Pusat koordinat: Bumi.
- Bidang datar referensi: Bidang ekuator yaitu bidang datar yang mengiris bumi menjadi dua bagian.
- Koordinat ekuator geosentrik terdiri dari:
  - *Delta* (Δ) adalah jarak benda ke langit bumi
  - Alpha (*right ascension*) adalah sudut antara VE dengan proyeksi benda langit pada bidang

ekuator dengan arah berlawanan jarum jam. Umumnya alpha (α) bukan dinyatakan dalam satuan derajat tetapi jam (*hour* disingkat h). Satu putaran penuh = 360^o = 24 h. Karen. Titik VE menunjukkan 0 h.

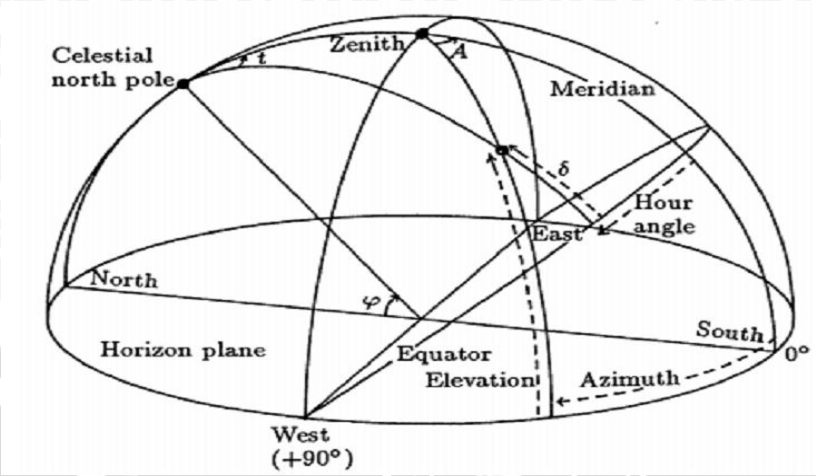
- Sudut deklinasi adalah sudut antara garis hubung benda langit-bumi dengan bidang ekliptika. Nilainya mualai dari -90^o Selatan sampai 90^o Utara. Pada bidang ekuator, deklinasi sama dengan 0^o.



Gambar 2.8 Sistem koordinat ekuator geosentrik (Anugraha, 2012)

2.3.4 Sistem Koordinat Horison

Pada sistem koordinat ini, pusat koordinat adalah posisi pengamat (bujur dan lintang) yang terletak di permukaan bumi. Terkadang ketinggian pengamat dari permukaan bumi juga diperhitungkan. Bidang datar yang menjadi referensi seperti bidang xy adalah bidang horison, yaitu bidang datar sekitar pengamat di permukaan bumi.



Gambar 2.9 Sistem koordinat horison (Anugraha, 2012)

- Pusat koordinat: Pengamat di permukaan bumi.
- Bidang datar referensi: Bidang horison.
- Koordinat horison terdiri dari:
  - Altitude (h) adalah sudut ketinggian benda langit dari bidang horison. Altitude sama dengan 0^o berarti benda di bidang horison, bila 90^o berada di titik zenith (tepat di atas kepala) dan -90^o berada di titik nadir (tepat di bawah kaki).
  - Azimuth (A) adalah sudut antara arah Utara dengan proyeksi benda langit ke bidang horison.

(Anugraha, 2012)

2.4 Transformasi Koordinat

Transformasi untuk koordianat ekuator ke koordinat ekliptika dapat dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\tan \lambda = \frac{\sin \alpha \cos \varepsilon + \tan \delta \sin \varepsilon}{\cos \alpha} \qquad (2.9)$$

$$\sin \beta = \sin \delta \cos \varepsilon - \cos \delta \sin \varepsilon \sin \alpha \qquad (2.10)$$

Transformasi dari koordinat ekliptika ke koordinat ekuator dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$\tan \lambda = \frac{\sin \alpha \cos \varepsilon - \tan \beta \sin \varepsilon}{\cos \lambda} \quad (2.11)$$

$$\sin \delta = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda \quad (2.12)$$

Sedang perhitungan dari koordinat horison lokal:

$$\tan A = \frac{\sin H}{\cos H \sin \varphi - \tan \delta \cos \varphi} \quad (2.13)$$

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H \quad (2.14)$$

Persamaan transformasi dari koordinat horison ke koordinat ekuator adalah:

$$\tan H = \frac{\sin A}{\cos A \sin \varphi + \tan h \cos \varphi} \quad (2.15)$$

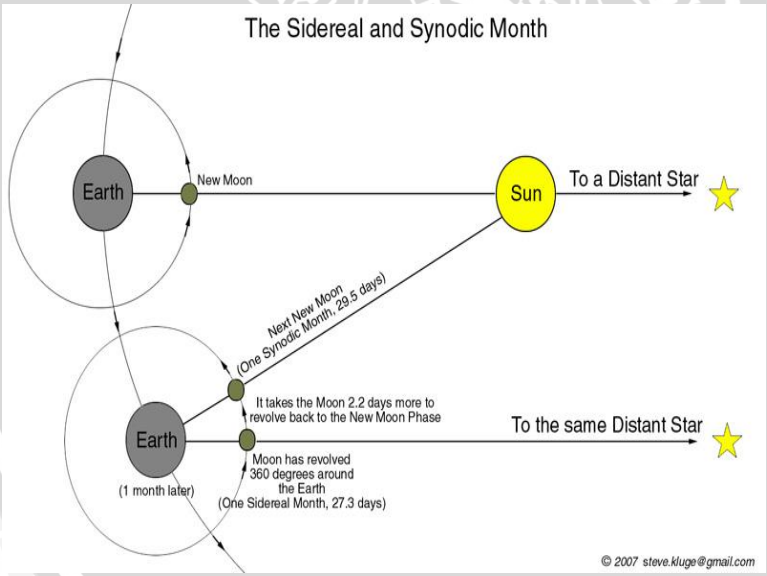
$$\sin \delta = \sin \varphi \sin h - \cos \varphi \cos h \cos A \quad (2.16)$$

Di mana:
α = *right ascension*
λ = bujur ekliptika
β = lintang ekliptika
A = azimuth
ε = kemiringan dari ekliptika
δ = sudut deklinasi (positif jika di Utara khatulistiwa, negatif jika di Selatan)
h = *altitude*, positif jika diatas horison dan negatif jika dibawah horison
φ = lintang pengamat, positif bila berada di belahan Utara bumi dan negatif bila di Selatan
H = sudut lokal jam, dihitung dari Selatan ke arah Barat
(Meeus, 1998)

2.5 Bulan

Bulan adalah satelit alami yang dimiliki oleh bumi. Jarak rata-rata dari bumi adalah 384.403 km. Periode revolusi bulan dalam mengelilingi bumi adalah sama panjang dengan periode rotasinya, yang mengakibatkan satu sisi selalu menghadap bumi dan sisi yang lain membelakangi bumi. Jenis gerak ini disebut rotasi sinkron (*www.library.thinkquest.org*). Satu kali putaran menempuh waktu 27,321582 hari = 27 hari 7 jam 43,1 menit. Waktu tempuh tersebut sama dengan satu bulan sideris, yaitu satu kali putaran bulan mengitari bumi dengan kerangka acuan bintang yang jauh.

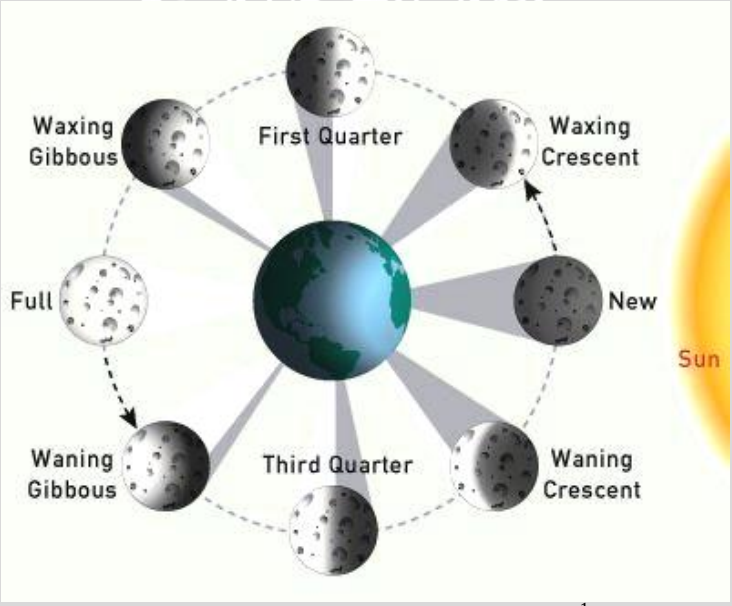
Namun ketika bulan bergerak mengitari bumi, bumi juga bergerak mengitari matahari. Akibatnya dibutuhkan tambahan waktu agar bulan tepat satu kali putaran mengitari bumi dengan kerangka acuan matahari. Satu putaran ini disebut satu bulan sinodik, yang memakan waktu 29,530589 hari = 29 hari 12 jam 44 menit 3 detik (Anugraha, 2012).



Gambar 2.10 Bulan sideris dan sinodik
(Anonymous[8], 2007)

Bulan baru adalah posisi bulan sesaat setelah terjadinya konjungsi dengan matahari. Almanak menentukan fase bulan berada dalam bujur ekliptika sedangkan bulan baru dan matahari berada pada garis bujur yang sama. Biasanya bulan baru sedikit ke arah Utara atau Selatan dari matahari karena orbit bulan miring 5^o terhadap garis ekliptika.

Dua hari setelah bulan baru, bulan sabit dapat dilihat pada langit malam sebelah Barat. Sekitar 1 minggu setelah bulan baru berikutnya nampak seperempat bulan pertama, hal tersebut terjadi ketika bujur bulan baru dan matahari berbeda 90^o. Setengah bagian sebelah kanan terlihat bersinar (bagian kiri terlihat bersinar jika dilihat dari belahan bumi bagian Selatan). Bulan purnama muncul dua minggu setelah bulan baru dan 1 minggu setelah ini muncul bulan seperempat akhir (Karttunen, 2007).



Gambar 2.11 Fase-fase bulan (Anonymous[1], 2010)

Gambar 2.12 Visibilitas bulan (Nurwendaya, 2010)

2.6 Sistem Kalender

Ada banyak sistem penanggalan (kalender) di dunia ini. Diantaranya kalender Islam, kalender Julian, kalender Gregorian, kalender Yahudi, kalender Hindu, kalender Persia, kalender China dan lain-lain. Kalender Islam penting untuk diketahui karena hal itu menjadi dasar dan patokan dalam pelaksanaan ibadah. Sementara itu kalender Gregorian (Masehi) adalah kalender yang digunakan sehari-hari saat ini. Kalender Julian meskipun sudah 500 tahun lebih tidak digunakan lagi, tetap penting untuk diketahui sebagai penghubung dengan kalender Islam di masa lampau (Anugraha, 2012).

Pada kalender Julian, satu tahun secara rata-rata didefinisikan sebagai 365,25 hari. Angka 365,25 dapat dinyatakan dalam bentuk (3×365+ 1×366)/4. Karena itu dalam kalender Julian, terdapat tahun kabisat setiap 4 tahun. Kalender Julian berlaku sampai dengan Kamis 4 Oktober 1582 M. Paus Gregorius XIII mengubah kalender Julian dengan menetapkan bahwa tanggal setelah Kamis 4 Oktober 1582 M adalah Jumat

15 Oktober 1582 M. Jadi, tidak ada tanggal 5 sampai 14 Oktober 1582. Sejak 15 Oktober 1582 M itulah berlaku kalender Gregorian.

Adanya perubahan dari kalender Julian menjadi Gregorian membuat kesulitan tersendiri untuk membandingkan peristiwa astronomis yang terpisah dalam jangka waktu cukup lama. Untuk mengatasi masalah ini, diperkenalkan Julian Day. Julian Day (JD) didefinisikan sebagai banyaknya hari yang telah dilalui sejak hari Senin 1 Januari tahun 4713 SM (sebelum Masehi) pada pertengahan hari atau pukul 12:00:00 UT (Universal Time) atau GMT. Perlu diingat, tahun 4713 SM tersebut sama dengan tahun -4712.

- JD 0 = 1 Januari -4712 12:00:00 UT = 1,5 Januari -4712 (karena pukul 12 menunjukkan 0,5 hari)
- JD 0,5 = 2 Januari -4712 00:00:00 UT
- JD 1 = 2,5 Januari -4712. Dan seterusnya.
- 4 Oktober 1582 M = JD 2299159,5
- 15 Oktober 1582 M = JD 2299160,5

Jika JD berkaitan dengan waktu yang dihitung menurut *dynamical time* (TD, bukan DT) atau Ephemeris Time, biasanya digunakan istilah Julian Ephemeris Day (JDE, bukan JED).

Pemahaman terhadap Julian Day sangat penting. Julian Day menjadi syarat kita dapat menghitung posisi benda bulan, matahari dan planet-planet yang selanjutnya dipakai untuk menentukan bulan baru, waktu salat dan lain-lain. Julian Day juga menjadi dasar untuk menentukan fenomena alam seperti menentukan kemiringan orbit rotasi bumi, menghitung kapan terjadinya ekuinoks dan solstice, dan sebagainya.

Metode untuk menghitung Julian Day untuk tanggal tertentu disajikan sebagai berikut:

- Nomor bulan adalah M, di mana M = 1 untuk Januari, M = 2 untuk Februari dan seterusnya, hingga M = 12 untuk Desember.
- Nomor hari/tanggal adalah D. D dapat pula berbentuk pecahan. Namun perlu diperhatikan bahwa nilai maksimal D harus menyesuaikan dengan bulan M. Sebagai contoh, jika M = 4 (April), maka D tidak mungkin sama dengan 31.

- Jika M > 2, M dan Y tidak berubah. Jika M = 1 atau 2, ganti M menjadi M + 12 dan Y menjadi Y - 1. Dengan kata lain, bulan Januari dan Februari dapat dianggap sebagai bulan ke 13 dan ke 14 dari tahun sebelumnya.
- Untuk kalendar Gregorian, hitung A = INT(Y/100) dan B = 2 + INT(A/4) - A. Untuk kalendar Julian, A tidak perlu dihitung, sedangkan B = 0. Julian Day dirumuskan sebagai JD = 1720994,5 + INT(365,25*Y) + INT(30,6001(M + 1)) + B + D.
- Di sini, INT adalah lambang di Excel untuk menyatakan integer (bilangan bulat dari suatu bilangan). Contoh INT(12) = 12. INT(3,57) = 3. Untuk bilangan negatif, INT(-4,7) = -5, bukan -4. INT(-25,79) = -26. Sementara itu tanda * menyatakan perkalian.
- Metode menentukan JD di atas dapat digunakan untuk tahun negatif, tetapi tidak untuk Julian Day negatif. Karena itu nilai Y tidak boleh lebih kecil daripada -4712 (*www.id.wikipedia.org*).

Metode untuk mengubah JD menjadi tanggal adalah sebagai berikut:

- JD1 = JD + 0,5
- Z = INT (JD1)
- F = JD1 – Z
- Jika Z < 2299161, maka A = Z
- Jika Z sama atau lebih besar 229161, maka hitung:

$$\alpha = INT\left(\frac{Z-1867216,25}{36524,25}\right) \quad (2.17)$$

$$A = Z + 1 + \alpha - INT\left(\frac{\alpha}{4}\right) \quad (2.18)$$

- Kemudian hitung:

$$B = A + 1524 \quad (2.19)$$

$$C = INT\left(\frac{B-122,1}{365,25}\right) \quad (2.20)$$

$$D = INT(365,25 * C) \quad (2.21)$$

$$E = INT\left(\frac{B-D}{30,6001}\right) \quad (2.22)$$

- Tanggal (termasuk juga dalam bentuk desimal) dapat dihitung dengan:

$$B - D - INT(30{,}6001 * E) + F \qquad (2.23)$$

- Nomor bulan adalah:
  - Jika E < 14 , M = E - 1
  - Jika E = 14 atau 15, M = E - 13
- Tahun (Y) adalah:
  - Jika M > 2 , Y = C – 4716
  - Jika M = 1 atau 2, Y = C – 4715

(Meeus, 1998).

Penentuan dimulainya hari atau tanggal pada kalender Hijriyah berbeda dengan kalender Masehi. Pada sistem kalender Masehi, hari atau tanggal dimulai pada pukul 00.00 waktu setempat. Namun pada sistem kalender Hijriah, hari atau tanggal dimulai ketika terbenamnya matahari di tempat tersebut.

Kalender Hijriyah dibangun berdasarkan rata-rata siklus sinodik bulan (qomariyah), memiliki 12 bulan dalam setahun. Dengan menggunakan siklus sinodik bulan, bilangan hari dalam satu tahunnya adalah (12 x 29,53059 hari = 354,36708 hari). Hal inilah yang menjelaskan 1 tahun kalender Hijriah lebih pendek sekitar 11 hari dibanding dengan 1 tahun kalender Masehi.

Faktanya, siklus sinodik bulan bervariasi. Jumlah hari dalam satu bulan dalam kalender Hijriah bergantung pada posisi bulan, bumi dan Matahari. Usia bulan yang mencapai 30 hari bersesuaian dengan terjadinya bulan baru (*new moon*) di titik *apooge*, yaitu jarak terjauh antara bulan dan bumi. Dan pada saat yang bersamaan, bumi berada pada jarak terdekatnya dengan Matahari (*perihelion*). Sementara itu, satu bulan yang berlangsung 29 hari bertepatan dengan saat terjadinya bulan baru di *perige* (jarak terdekat bulan dengan bumi) dengan bumi yang berada di titik terjauhnya dari Matahari (*aphelion*). Dari sini terlihat bahwa usia bulan tidak tetap melainkan berubah-ubah (29 - 30 hari) sesuai dengan kedudukan ketiga benda langit tersebut (bulan, bumi dan matahari).

Penentuan awal bulan (*new moon*) ditandai dengan munculnya penampakan (visibilitas) bulan sabit pertama

kali (*hilal*) setelah bulan baru (konjungsi atau *ijtimak*). Pada fase ini, bulan terbenam sesaat setelah terbenamnya matahari, sehingga posisi hilal berada di ufuk barat. Jika hilal tidak dapat terlihat pada hari ke-29, maka jumlah hari pada bulan tersebut dibulatkan menjadi 30 hari. Tidak ada aturan khusus bulan-bulan mana saja yang memiliki 29 hari, dan mana yang memiliki 30 hari. Semuanya tergantung pada penampakan hilal (Anonymous[10]).

Menurut (Nurwendaya, 2010), ada beberapa kriteria dalam menentukan probabilitas kenampakan bulan. Kriteria penampakan hilal awal bulan tersebut adalah:

a) Kriteria limit Danjon menyebutkan bahwa hilal akan tampak apabila jarak sudut bulan-matahari (sudut elongasi) lebih besar dari 7°.
b) Konferensi penyatuan awal bulan hijriyah internasional di Istambul tahun 1978 menetapkan kriteria sebagai berikut: awal bulan dimulai jika jarak busur antara bulan dan matahari lebih besar dari 8° dan tinggi bulan dari ufuk pada saat matahari tenggelam lebih besar dari 5°.
c) Kriteria IICP (Program Penyatuan Kalender Islam Inernasional) yang diturunkan oleh Ilyas tahun 1988 menyatakan bahwa hilal mungkin untuk dapat dirukyat jika jarak busurnya dari matahari sekurang-kurangnya 10,5° pada beda azimuth bulan-matahari 0°. Jika beda azimuth lebih besar dari 0°, maka kriteria jarak busur penampakan hilalpun lebih besar lagi.
d) Kriteria berdasarkan Fotheringham, Maunder dan Indian Ephemeris.

dA	Tinggi bulan dari ufuk		
	Fotheringham	Maunder	Indian Ephemeris
0°	12.5°	11°	10.4°
5°	11.9°	10.5°	10°
10°	11.4°	9.5°	9.3°
15°	11°	8°	8°
23°	7.7°	6°	6°

e) Kriteria MABIMS yaitu kriteria Departemen Agama Indonesia yang diterima sebagai kriteria bersama dalam forum MABIMS yang mencakup Malaysia, Indonesia, Brunai Darussalam dan Singapura adalah sebagai berikut:
   - Tinggi hilal minimum 2°
   - Jarak dari matahari minimum 3°
   - Umur bulan dihitung saat ijtima' ketika matahari terbenam minimal 8 jam

f) Kriteria LAPAN adalah sebagai berikut:
   - Umur hilal minimum 8 jam
   - Jarak sudut bulan-matahari minimum 5,6°
   - Beda tinggi (tinggi bulan-matahari) minimal tergantung beda azimuth bulan-matahari (a). Untuk beda azimuth kurang dari 6° berlaku rumus pendekatan:

$$T > 0{,}14a^2 - 1{,}83a + 9{,}11$$

Beda Azimuth bulan-matahari (°)	Beda tinggi bulan-matahari (°)
0	9.1
1	7.4
2	6
3	4.9
4	4
5	3.5
6	3.2

2.7 Algoritma Meeus

Definisi dari algoritma adalah logika, metode dan tahapan (urutan) sistematis yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan (Sukrisno, 2005). Sehingga dapat dikatakan bahwa algoritma merupakan langkah penyelesaian suatu masalah yang menghasilkan solusi dalam bentuk program komputer. Algoritma tidak boleh tergantung oleh suatu bahasa pemrograman tertentu, artinya suatu algoritma harus dapat diwujudkan dalam bahasa pemrograman apapun (Kurniawan, 2005).

Algoritma Meeus merupakan sebuah algoritma yang dikembangkan berdasarkan beberapa algoritma dan hasil reduksi dari algoritma VSOP87. Dari ribuan suku algoritma VSOP87, maka yang diperhitungkan untuk algoritma Meuus adalah suku-suku yang besar saja. Adapun suku-suku yang kecil tidak diperhitungkan (Anugraha, 2012). Algoritma ini selanjutnya dipergunakan untuk menghitung delta T dengan rumusan sebagai berikut:

Periode	delta T (s)	u =
< –500	$-20 + 32\,u^2$	(Y – 1820)/100
–500 - 500	$+10583.6 - 1014.41\,u + 33.78311\,u^2 - 5.952053\,u^3 - 0.1798452\,u^4 + 0.022174192\,u^5 + 0.0090316521\,u^6$	Y/100
500 - 1600	$+1574.2 - 556.01\,u + 71.23472\,u^2 + 0.319781\,u^3 - 0.8503463\,u^4 - 0.005050998\,u^5 + 0.0083572073\,u^6$	(Y – 1000)/100
1600 - 1700	$+120 - 98.08\,u - 153.2\,u^2 + u^3/0.007129$	(Y – 1600)/100
1700 - 1800	$+8.83 + 16.03\,u - 59.285\,u^2 + 133.36\,u^3 - u^4/0.01174$	(Y – 1700)/100
1800 - 1860	$+13.72 - 33.2447\,u + 68.612\,u^2 + 4111.6\,u^3 - 37436\,u^4 + 121272\,u^5 - 169900\,u^6 + 87500\,u^7$	(Y – 1800)/100
1860 - 1900	$+7.62 + 57.37\,u - 2517.54\,u2 + 16806.68\,u3 - 44736.24\,u^4 + u^5/0.0000233174$	(Y – 1860)/100
1900 - 1920	$-2.79 + 149.4119\,u - 598.939\,u^2 + 6196.6\,u^3 - 19700\,u^4$	(Y – 1900)/100
1920 - 1941	$+21.20 + 84.493\,u - 761.00\,u^2 + 2093.6\,u^3$	(Y – 1920)/100
1941 - 1961	$+29.07 + 40.7\,u - u^2/0.0233 + u^3/0.002547$	(Y – 1950)/100
1961 - 1986	$+45.45 + 106.7\,u - u^2/0.026 - u^3/0.000718$	(Y – 1975)/100
1986 - 2005	$+63.86 + 33.45\,u - 603.74\,u^2 + 1727.5\,u^3 + 65181.4\,u^4 + 237359.9\,u^5$	(Y – 2000)/100
2005 - 2050	$+62.92 + 32.217\,u + 55.89\,u^2$	(Y – 2000)/100
2050 - 2150	$-205.72 + 56.28\,u + 32\,u^2$	(Y – 1820)/100
> 2150	$-20 + 32\,u^2$	(Y – 1820)/100

(Meeus, 1998).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Komputasi Jurusan Fisika Universitas Brawijaya Malang. Waktu pengerjaan pada bulan Januari – September 2012.

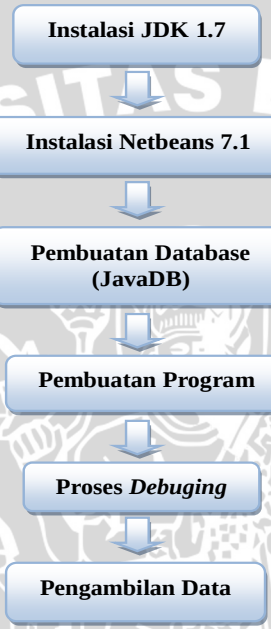
3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, tahap pertama adalah studi literatur. Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk mengumpulkan dan mempelajari teori-teori yang sudah ada dan dapat dipergunakan untuk dikembangkan dalam penelitian ini. Tahapan berikutnya adalah pembuatan dan implementasi program. Dan tahap ketiga adalah pengambilan data dengan menjalankan program yang telah dibuat, kemudian dianalisa dengan menggunakan data pembanding yang diperoleh dari referensi dalam lima tahun terakhir. Skema dari tahapan penelitian disajikan seperti pada Gambar 3.1.

Gambar 3.1 Skema tahapan penelitian

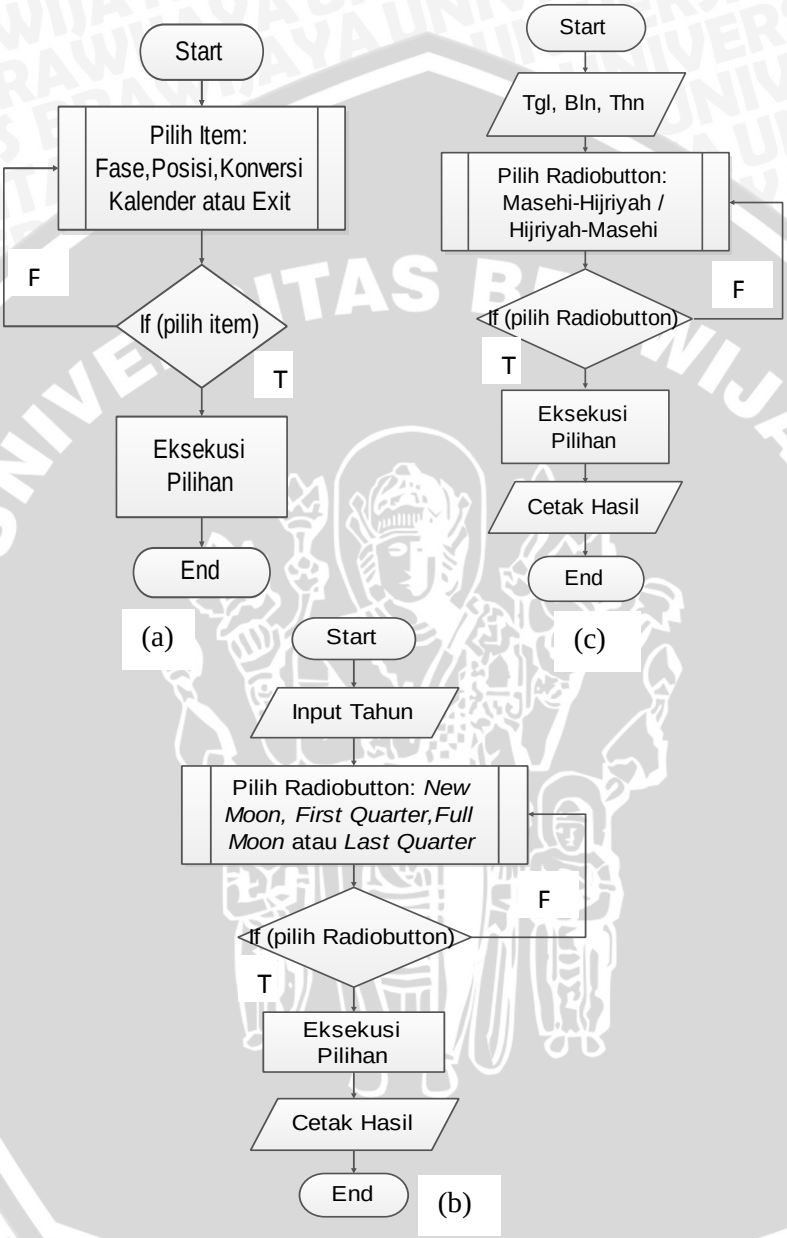
3.3 Implementasi Penelitian

Penelitian yang dilakukan diimplementasikan berdasarkan program aplikasi berbasis pada JDK 1.7, Netbeans 7.0.1 dan JavaDB. Gambar 3.2 menjelaskan alur program untuk memperoleh data yang diharapkan.

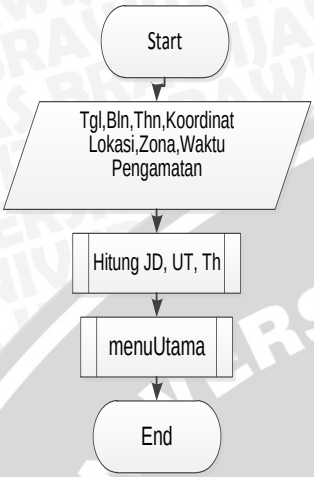


Gambar 3.2 Blok Diagram Pembuatan Program

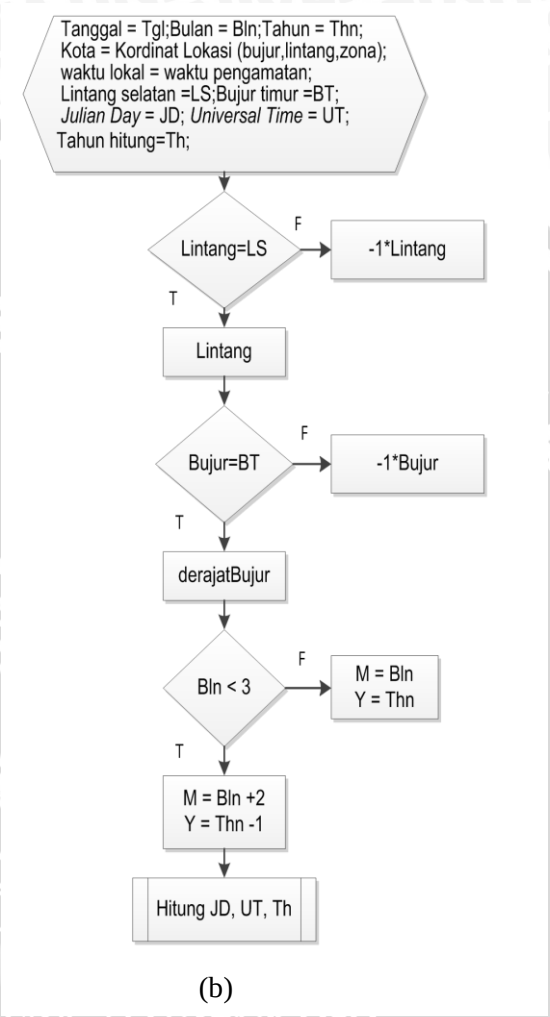
Program yang dibuat terdiri dari empat jendela (*form*) yaitu menu utama, fase bulan, konversi kalender dan posisi bulan. Program tersebut dibuat berdasarkan pada diagram alir pada Gambar 3.3 dan 3.4. Pada diagram alir tersebut JD, UT dan Th dihitung berdasarkan rumus pada sub bab 2.6, sedangkan perhitunangan delta T didasarkan pada algoritma Jean Meeus.



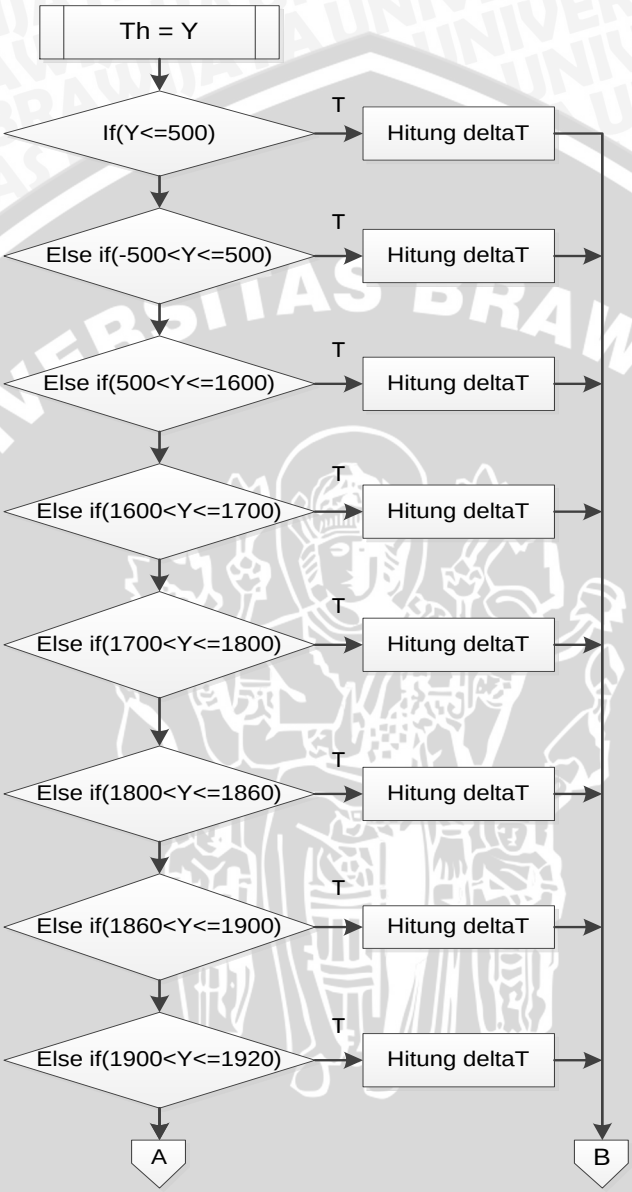
Gambar 3.3 Diagram alir dari: (a) menu utama; (b) fase bulan; (c) konversi kalender


Start
Tgl,Bln,Thn,Koordinat Lokasi,Zona,Waktu Pengamatan
Hitung JD, UT, Th
menuUtama
End

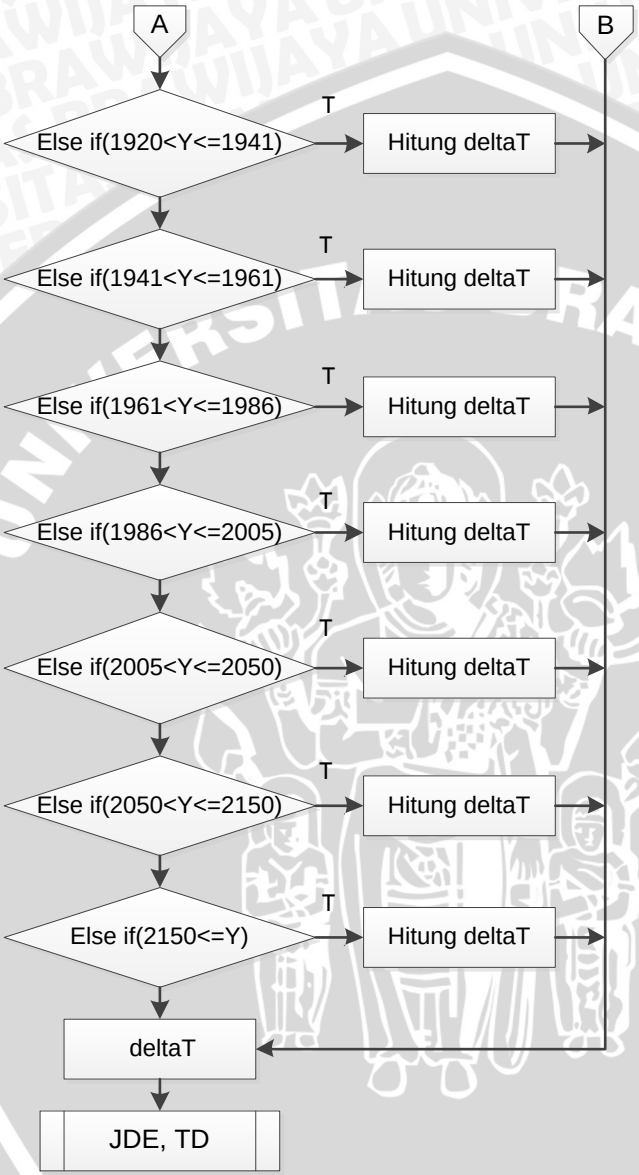
(a)


Tanggal = Tgl;Bulan = Bln;Tahun = Thn;
Kota = Kordinat Lokasi (bujur,lintang,zona);
waktu lokal = waktu pengamatan;
Lintang selatan =LS;Bujur timur =BT;
Julian Day = JD; Universal Time = UT;
Tahun hitung=Th;
Lintang=LS
F
-1*Lintang
T
Lintang
Bujur=BT
F
-1*Bujur
T
derajatBujur
Bln < 3
F
M = Bln
Y = Thn
T
M = Bln +2
Y = Thn -1
Hitung JD, UT, Th

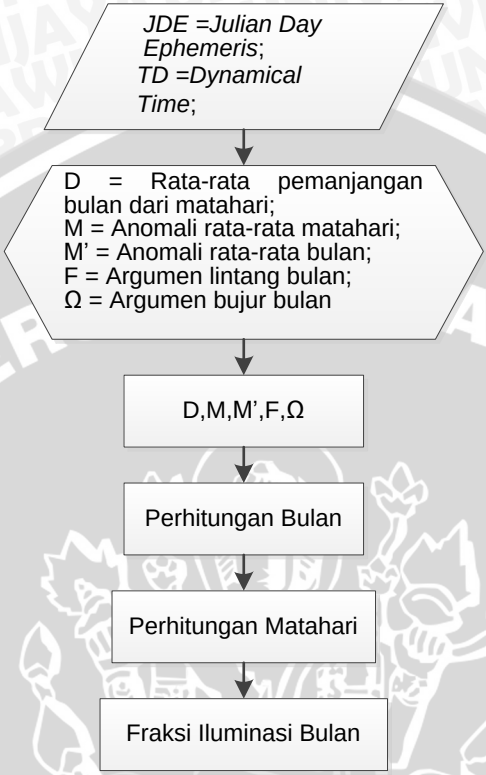
(b)


Th = Y
If(Y<=500)
T
Hitung deltaT
Else if(-500<Y<=500)
T
Hitung deltaT
Else if(500<Y<=1600)
T
Hitung deltaT
Else if(1600<Y<=1700)
T
Hitung deltaT
Else if(1700<Y<=1800)
T
Hitung deltaT
Else if(1800<Y<=1860)
T
Hitung deltaT
Else if(1860<Y<=1900)
T
Hitung deltaT
Else if(1900<Y<=1920)
T
Hitung deltaT
A
B

(c)


A
B
Else if(1920<Y<=1941)
T
Hitung deltaT
Else if(1941<Y<=1961)
T
Hitung deltaT
Else if(1961<Y<=1986)
T
Hitung deltaT
Else if(1986<Y<=2005)
T
Hitung deltaT
Else if(2005<Y<=2050)
T
Hitung deltaT
Else if(2050<Y<=2150)
T
Hitung deltaT
Else if(2150<=Y)
T
Hitung deltaT
deltaT
JDE, TD

(d)



(e)

Gambar 3.4 Diagram alir dari form posisi bulan:(a) Flowchart utama;(b) Flowchart hitung JD, UT dan Th;(c,d) Flowchart hitung deltaT, JDE dan TD; (e)Diagram alir dari menuUtama

3.3.1 Perancangan Program Aplikasi

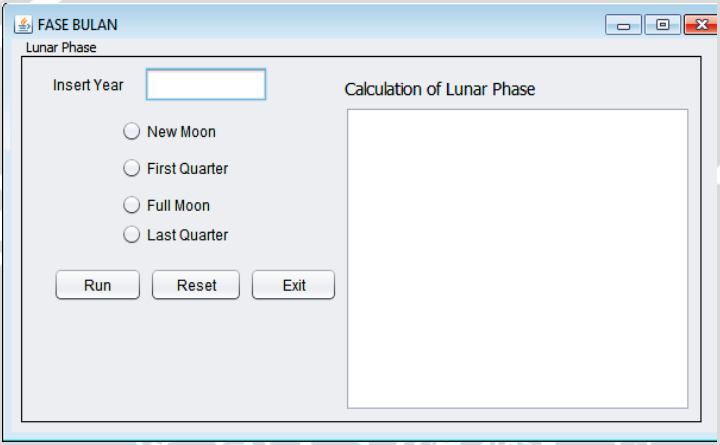
Menu utama merupakan tampilan utama aplikasi ini. Gambaran menu utama dari software aplikasi yang dibuat dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Gambar 3.5 Tampilan menu utama aplikasi

Menu utama pada program terdiri dari dua pilihan pada tampilan (*interface)* menu bar yaitu file dan hisab. Dalam menu file hanya terdapat sub pilihan exit, yang berfungsi untuk keluar dan menutup aplikasi. Sedangkan pada menu hisab terdiri dari fase bulan, posisi bulan dan konversi kalender.

Aplikasi tersebut terdiri dari tiga buah *interface* utama yang dipergunakan saat melakukan pengambilan data. Bagian yang pertama adalah jendela (*form*) fase bulan, ditunjukaan oleh Gambar 3.6. Form ini memberikan informasi tentang kapan terjadinya fase bulan antara lain fase bulan baru (*new moon*), seperempat bulan pertama (*first quarter*), bulan penuh (*full moon*) dan seperempat bulan terakhir (*last quarter*). Dengan cara memberikan masukan tahun pada JtextField, komponen ini

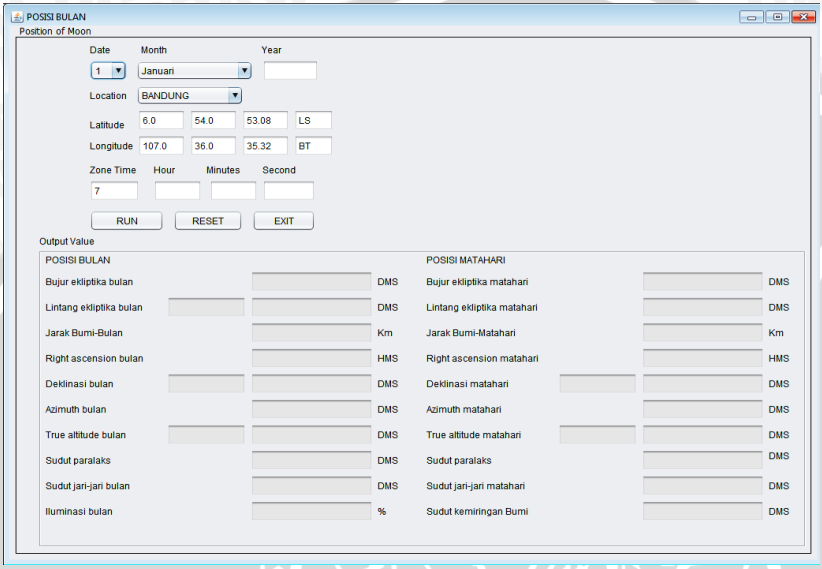
dapat menerima masukan data yang berupa *integer*, *double* atau *string*. Kemudian memilih fase bulan yang diinginkan pada RadioButton, setelah itu perintah dieksekusi dengan button *run*. Hasil keluaran program ini ditampilkan pada JtextArea. Button *reset* berfungsi untuk menghapus semua masukan dan keluaran. Dan button *exit* berfungsi untuk menutup aplikasi.



Gambar 3.6 Form fase bulan

Bagian kedua adalah form posisi bulan yang ditunjukkan Gambar 3.7. Dalam form ini dapat diketahui posisi bulan dan matahari serta informasi lain yang dapat digunakan dalam menentukan probabilitas awal bulan. Jendela ini menerima beberapa masukan yaitu tanggal, bulan, tahun, kota, garis lintang, garis bujur, zona waktu dan waktu pengamatan. Masukan tanggal, bulan dan kota diambil dari JcomboBox. Untuk masukan tahun, garis bujur, garis lintang, zona waktu dan waktu pengamatan dimasukkan melalui JtextField. Dan khusus untuk masukan garis bujur, garis lintang dan zona waktu diperoleh dari data-data yang sudah dimasukkan dalam *database*. Jadi ketika menentukan kota, maka secara otomatis data atribut kota akan masuk pada JtextField milik garis bujur, garis lintang dan zona waktu. Sehingga pengguna lebih mudah tanpa harus memasukkan parameter yang rumit dan tidak diketahui oleh pengguna. Fungsi button yang digunakan sama

seperti komponen button yang digunakan pada form fase bulan. Hasil keluaran program ini ditampilkan pada JtextField.

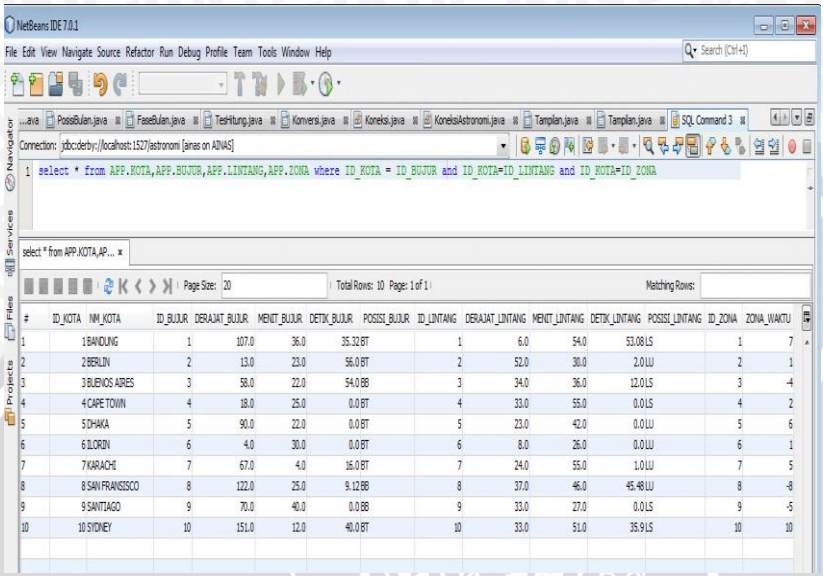


Gambar 3.7 Form posisi bulan

Dan terakhir yaitu form konversi kalender yang ditunjukkan oleh Gambar 3.8. Pada form ini menerima masukan yang berupa tanggal, bulan dan tahun yang dimasukkan pada JtextField. Pilihan konversi tahun melalui RadioButton. Button *convert* berfungsi untuk mengeksekusi perintah konversi sesuai dengan pilihan pada RadioButton. Button *reset* berfungsi untuk menghapus semua masukan dan keluaran. Button *exit* berfungsi untuk menutup aplikasi. Dan hasil konversi dikeluarkan pada komponen JLabel, sehingga dapat diketahui hasil konversi dari tahun masehi ke tahun hijriah atau pun sebaliknya.

Gambar 3.8 Form konversi kalender

Program ini dilengkapi dengan sebuah *database*. Database itu dibuat dengan menggunakan JavaDB. Form posisi bulan menggunakan *database* ini untuk menyimpan data-data koordinat bujur, lintang dan zona waktu dari kota tempat pengamatan. Perancangan *database* ini ditunjukkan pada Gambar 3.9.



#	ID_KOTA	NM_KOTA	ID_BUJUR	DERAJAT_BUJUR	MENIT_BUJUR	DETIK_BUJUR	POSISI_BUJUR	ID_LINTANG	DERAJAT_LINTANG	MENIT_LINTANG	DETIK_LINTANG	POSISI_LINTANG	ID_ZONA	ZONA_WAKTU
1	1	BANDUNG	1	107.0	36.0	35.32	BT	1	6.0	54.0	53.08	LS	1	7
2	2	BERLIN	2	13.0	23.0	56.0	BT	2	52.0	30.0	2.0	LU	2	1
3	3	BUENOS AIRES	3	58.0	22.0	54.0	BB	3	34.0	36.0	12.0	LS	3	-4
4	4	CAPE TOWN	4	18.0	25.0	0.0	BT	4	33.0	55.0	0.0	LS	4	2
5	5	DHAKA	5	90.0	22.0	0.0	BT	5	23.0	42.0	0.0	LU	5	6
6	6	ILORIN	6	4.0	30.0	0.0	BT	6	8.0	26.0	0.0	LU	6	1
7	7	KARACHI	7	67.0	4.0	16.0	BT	7	24.0	55.0	1.0	LU	7	5
8	8	SAN FRANSISCO	8	122.0	25.0	9.12	BB	8	37.0	46.0	45.48	LU	8	-8
9	9	SANTIAGO	9	70.0	40.0	0.0	BB	9	33.0	27.0	0.0	LS	9	-5
10	10	SYDNEY	10	151.0	12.0	40.0	BT	10	33.0	51.0	35.9	LS	10	10

Gambar 3.9 Perancangan *database* dengan JavaDB

3.3.2 Pengambilan dan Pengolahan Data

Penelitian ini dilakukan dengan menjalankan program aplikasi yang telah dibuat sebelumnya. Yaitu dengan cara memberikan input yang dibutuhkan pada tiap aplikasi. Pada form konversi dapat diketahui hasil konversi dari tahun Masehi ke Hijriyah, dalam hal ini untuk mengetahui bulan Ramadhan dan Syawal. Kemudian dari form fase bulan diketahui kapan terjadi konjungsi (ijtima').

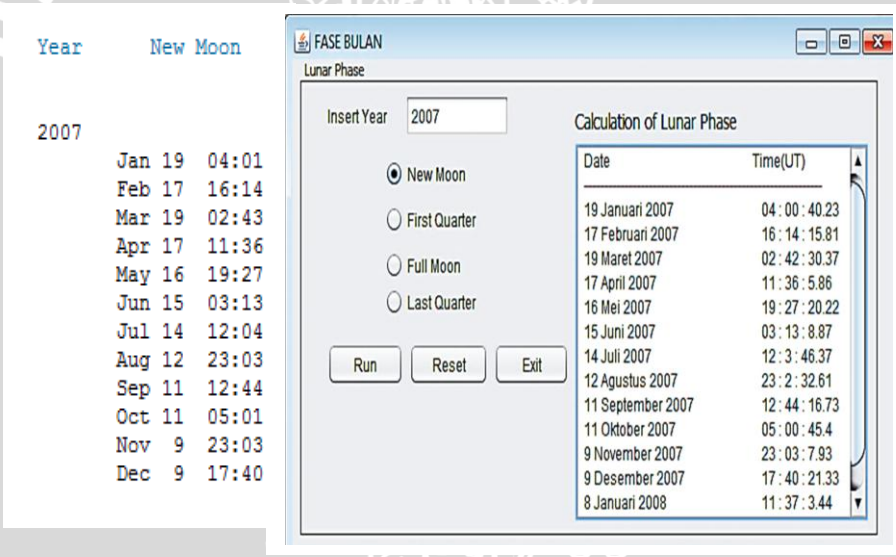
Waktu terjadinya konjungsi dapat diketahui melalui aplikasi ini dengan menginputkan nilai tahun pada form fase bulan. Penelitian ini dilakukan dengan memasukkan nilai tahun 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 dan 2012. Hasil dari masukan nilai tahun tersebut menghasilkan output yang berupa waktu konjungsi. Setelah data konjungsi diketahui, data tersebut dimasukkan pada form posisi bulan. Sampel pengamatan diambil dari lima kota yang berbeda antara lain Bandung, Berlin, Buenos Aires, Cape Town dan Sydney. Waktu pengamatan dilakukan 3 jam setelah terjadinya konjungsi (ijtima').

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan tahapan pembuatan program dan pengambilan data, maka pada bab ini akan dibahas tentang hasil penelitian. Pembahasan pada bab ini meliputi hasil keluaran dari program aplikasi secara keseluruhan, data probabilitas kenampakan bulan dan hasil pembandingan data keluaran program dengan data visibilitas bulan guna mengetahui terjadinya awal bulan.

4.1 Analisa Hasil

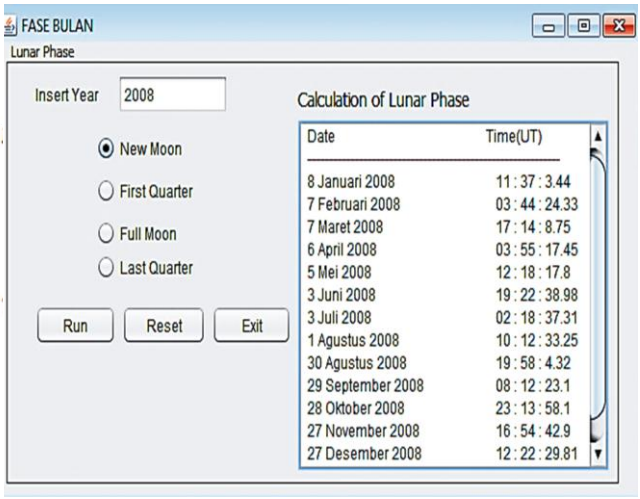
Hasil keluaran program fase bulan yang dibandingkan dengan data yang diperoleh dari situs *www.nasa.gov* dapat dilihat pada gambar 4.1.



(a)

Year New Moon

2008 Jan 8 11:37
Feb 7 03:44
Mar 7 17:14
Apr 6 03:55
May 5 12:18
Jun 3 19:23
Jul 3 02:19
Aug 1 10:13
Aug 30 19:58
Sep 29 08:12
Oct 28 23:14
Nov 27 16:55
Dec 27 12:23

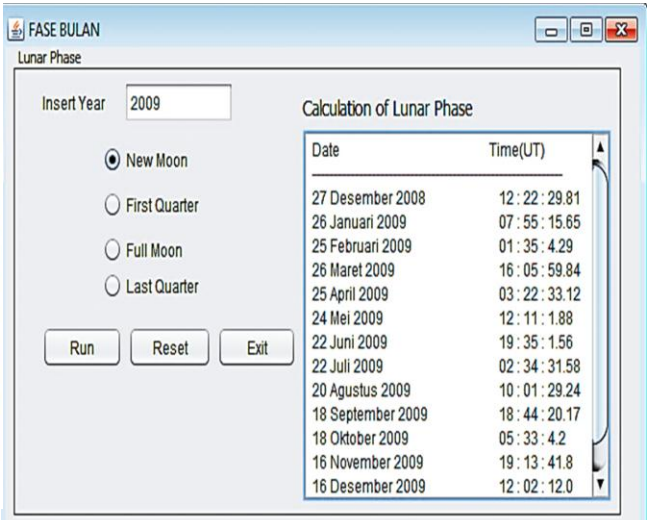


(b)

Year New Moon

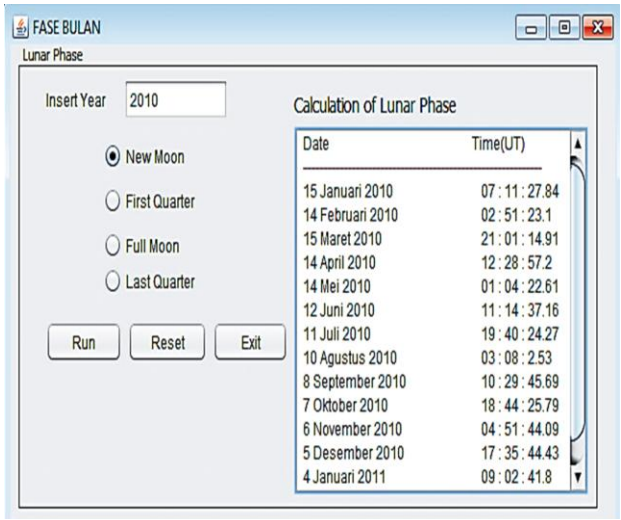
2009

Jan 26 07:55
Feb 25 01:35
Mar 26 16:06
Apr 25 03:23
May 24 12:11
Jun 22 19:35
Jul 22 02:35
Aug 20 10:01
Sep 18 18:44
Oct 18 05:33
Nov 16 19:14
Dec 16 12:02



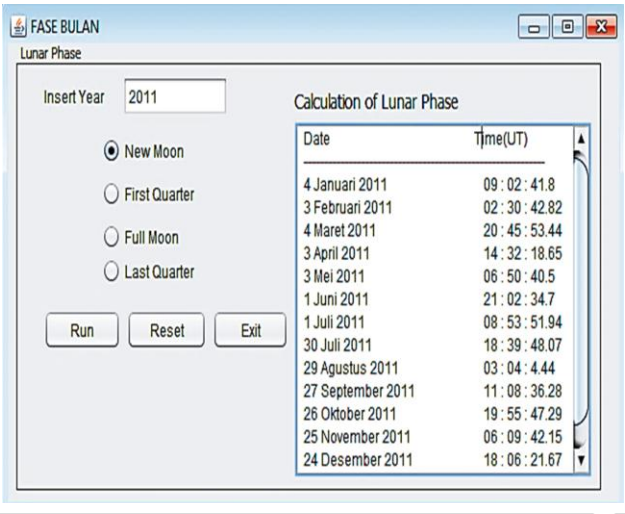
(c)

```
Year      New Moon

2010
      Jan 15  07:11
      Feb 14  02:51
      Mar 15  21:01
      Apr 14  12:29
      May 14  01:04
      Jun 12  11:15
      Jul 11  19:40
      Aug 10  03:08
      Sep  8  10:30
      Oct  7  18:44
      Nov  6  04:52
      Dec  5  17:36
```

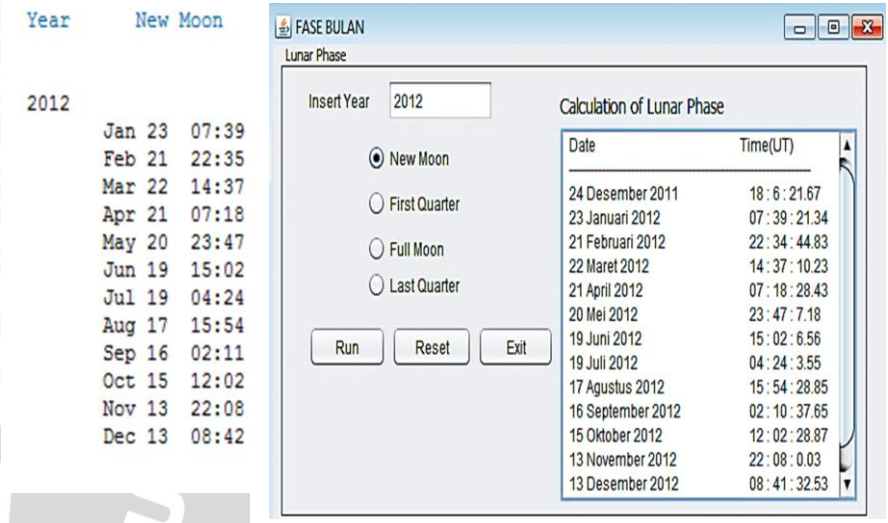


(d)

```
Year      New Moon

2011  Jan  4  09:03
      Feb  3  02:31
      Mar  4  20:46
      Apr  3  14:32
      May  3  06:51
      Jun  1  21:03
      Jul  1  08:54
      Jul 30  18:40
      Aug 29  03:04
      Sep 27  11:09
      Oct 26  19:56
      Nov 25  06:10
      Dec 24  18:06
```



(e)



(f)

Gambar 4.1 Perbandingan data dari *www.nasa.gov* dan hasil output program pada tahun: (a)2007; (b)2008; (c)2009; (d)2010; (e)2012; (f)2012

Berdasarkan dari gambar 4.1 diperoleh hasil yang sama untuk waktu terjadinya konjungsi. Ada beberapa output tahun yang berbeda dari input tahun konjungsi, antara lain pada tahun 2007, 2009, 2010 dan 2012. Hal itu terjadi karena pengaruh sintaks perulangan program. Konjungsi awal bulan Ramadhan dan Syawal dari tahun 2007-2012 tersaji dalam Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 : Hasil output program untuk konjungsi awal bulan Ramadhan

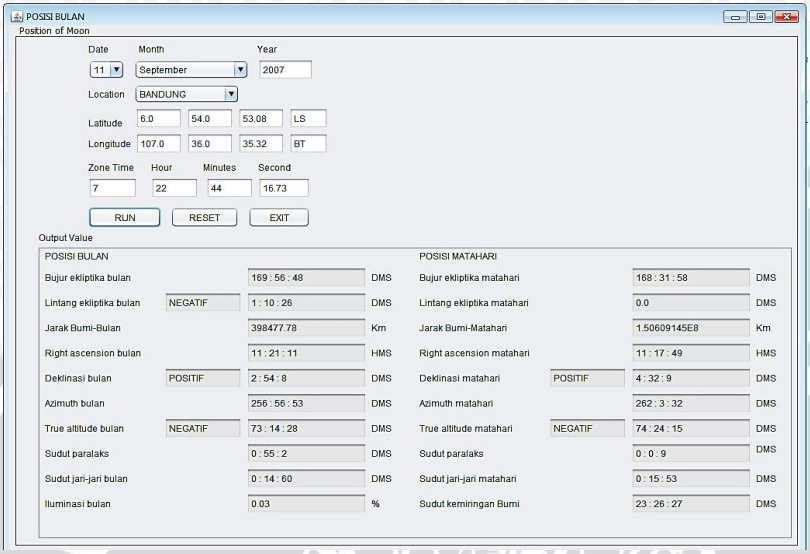
No.	Tahun	Tanggal	Pukul
1	2007	11 September	12 : 44 : 16.73
2	2008	30 Agustus	19 : 58 : 4.32
3	2009	20 Agustus	10 : 01 : 29.27
4	2010	10 Agustus	03 : 08 : 2.53
5	2011	30 Juli	18 : 39 : 48.07
6	2012	19 Juli	04 : 24 : 3.58

Tabel 4.2 : Hasil output program untuk konjungsi awal bulan Syawal

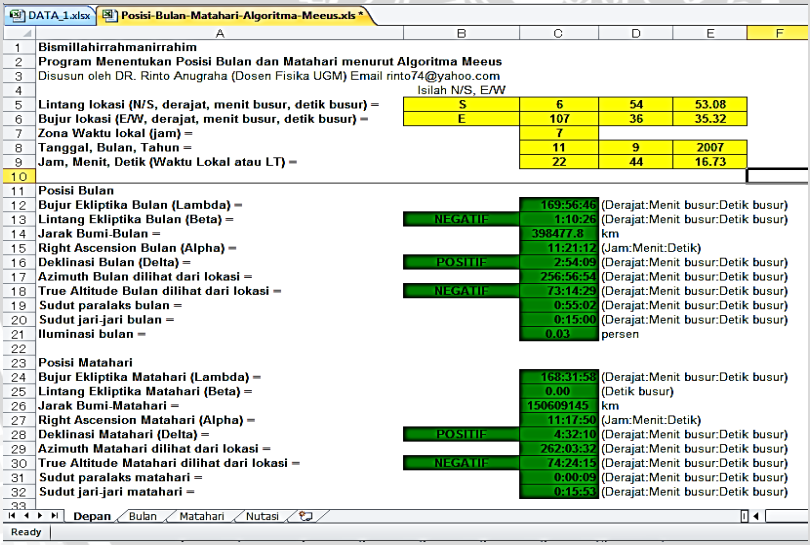
No.	Tahun	Tanggal	Pukul
1	2007	11 Oktober	05 : 00 : 45.44
2	2008	29 September	08 : 12 : 23.1
3	2009	18 September	18 : 44 : 20.21
4	2010	8 September	10 : 29 : 45.69
5	2011	29 Agustus	03 : 04 : 4.44
6	2012	17 Agustus	15 : 54 : 28.89

Waktu konjungsi tersebut terjadi secara universal, yang berarti bahwa waktu terjadinya konjungsi untuk setiap lokasi di dunia ini sama. Data dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 tersebut kemudian digunakan sebagai input untuk form posisi bulan. Selain data konjungsi diperlukan juga koordinat lokasi tempat pengamatan, zona waktu dan waktu pengamatan.

Pada pengujian form posisi bulan ini, diambil sampel dengan menginputkan konjungsi awal Ramadhan pada 11 September 2007. Lokasi pengamatan adalah kota Bandung pada pukul 22:44:16,73. Sehingga diperoleh output seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1a. Kemudian hasil output tersebut dibandingkan dengan hasil output dari program yang juga menggunakan algoritma Jean Meeus milik DR. Rinto Anugraha (Dosen Fisika UGM) pada Gambar 4.1b.



Gambar 4.2a Hasil output dari form posisi bulan



Gambar 4.2b Hasil output dari program DR. Rinto Anugraha

Dari Gambar 4.2 diatas dapat diketahui bahwa output kedua aplikasi tersebut menghasilkan output yang sama yaitu fraksi iluminasi bulan sebesar 0,03%.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan data dari hasil output program yang diambil 3 jam setelah terjadinya konjungsi dapat dituangkan dalam tabel. Posisi bulan awal Ramadhan secara berturut-turut dari tahun 2007 sampai 2012 pada Tabel 4.3 dan awal bulan Syawal pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Posisi bulan awal Ramadhan

Tahun	Kota	Bujur	Lintang	Deklinasi	Right Ascension	Altitude	Azimuth
2007	Bandung	169°56'48"	-1°10'26"	2°54'8"	11:21:11	-73°14'28"	256°56'53"
	Berlin	169°56'48"	-1°10'26"	2°54'8"	11:21:11	14°41'15"	255°11'25"
	Buenos Aires	169°56'48"	-1°10'26"	2°54'8"	11:21:11	52°25'50"	3°48'47"
	Cape Town	169°56'48"	-1°10'26"	2°54'8"	11:21:11	11°9'52"	281°14'19"
	Sydney	169°56'48"	-1°10'26"	2°54'8"	11:21:11	-49°56'33"	134°41'16"
2008	Bandung	159°30'10"	-1°52'55"	6°15'45"	10:41:25	0°30'15"	83°37'47"
	Berlin	159°30'10"	-1°52'55"	6°15'45"	10:41:25	-31°11'1"	356°35'11"
	Buenos Aires	159°30'10"	-1°52'55"	6°15'45"	10:41:25	-16°7'1"	266°28'45"
	Cape Town	159°30'10"	-1°52'55"	6°15'45"	10:41:25	-62°16'44"	175°33'4"
	Sydney	159°30'10"	-1°52'55"	6°15'45"	10:41:25	31°26'28"	55°39'15"
2009	Bandung	149°23'18"	-2°34'1"	9°16'48"	10:02:22	-31°58'57"	276°38'56"
	Berlin	149°23'18"	-2°34'1"	9°16'48"	10:02:22	41°29'1"	216°59'21"
	Buenos Aires	149°23'18"	-2°34'1"	9°16'48"	10:02:22	29°7'42"	52°30'4"
	Cape Town	149°23'18"	-2°34'1"	9°16'48"	10:02:22	37°5'31"	318°45'48"
	Sydney	149°23'18"	-2°34'1"	9°16'48"	10:02:22	-61°48'47"	212°45'58"
2010	Bandung	139°18'5"	-3°10'48"	12°0'35"	9:22:49	64°16'1"	317°15'16"
	Berlin	139°18'5"	-3°10'48"	12°0'35"	9:22:49	17°35'46"	93°8'14"
	Buenos Aires	139°18'5"	-3°10'48"	12°0'35"	9:22:49	-53°32'32"	120°33'30"
	Cape Town	139°18'5"	-3°10'48"	12°0'35"	9:22:49	8°0'31"	69°38'46"
	Sydney	139°18'5"	-3°10'48"	12°0'35"	9:22:49	16°1'49"	296°58'5"
2011	Bandung	129°1'52"	-3°43'15"	14°24'19"	8:41:48	-20°44'56"	77°10'16"
	Berlin	129°1'52"	-3°43'15"	14°24'19"	8:41:48	-19°58'25"	335°17'51"
	Buenos Aires	129°1'52"	-3°43'15"	14°24'19"	8:41:48	-3°33'25"	285°3'60"
	Cape Town	129°1'52"	-3°43'15"	14°24'19"	8:41:48	-64°3'18"	225°49'57"
	Sydney	129°1'52"	-3°43'15"	14°24'19"	8:41:48	10°46'60"	64°21'25"
2012	Bandung	118°29'50"	-4°9'57"	16°22'40"	7:58:56	47°7'14"	303°13'52"
	Berlin	118°29'50"	-4°9'57"	16°22'40"	7:58:56	32°19'33"	106°3'19"
	Buenos Aires	118°29'50"	-4°9'57"	16°22'40"	7:58:56	-41°34'14"	98°51'37"
	Cape Town	118°29'50"	-4°9'57"	16°22'40"	7:58:56	18°54'13"	53°53'54"
	Sydney	118°29'50"	-4°9'57"	16°22'40"	7:58:56	-1°3'59"	289°5'40"

Tabel 4.4 Posisi bulan awal Syawal

Tahun	Kota	Bujur	Lintang	Deklinasi	Right Ascension	Altitude	Azimuth
2007	Bandung	198°59'44"	-3°28'51"	-10°39'28"	13:04:44	39°21'46"	261°51'59"
	Berlin	198°59'44"	-3°28'51"	-10°39'28"	13:04:44	16°52'50"	135°28'38"
	Buenos Aires	198°59'44"	-3°28'51"	-10°39'28"	13:04:44	-13°34'43"	113°26'26"
	Cape Town	198°59'44"	-3°28'51"	-10°39'28"	13:04:44	48°12'1"	65°18'44"
	Sydney	198°59'44"	-3°28'51"	-10°39'28"	13:04:44	2°1'50"	258°31'2"
2008	Bandung	188°10'17"	-3°57'7"	-6°52'15"	12:23:44	-7°24'15"	262°6'33"
	Berlin	188°10'17"	-3°57'7"	-6°52'15"	12:23:44	30°31'23"	184°46'54"
	Buenos Aires	188°10'17"	-3°57'7"	-6°52'15"	12:23:44	22°15'59"	82°47'39"
	Cape Town	188°10'17"	-3°57'7"	-6°52'15"	12:23:44	61°39'27"	340°32'33"
	Sydney	188°10'17"	-3°57'7"	-6°52'15"	12:23:44	-35°38'14"	288°49'50"
2009	Bandung	177°46'59"	-4°22'4"	-3°7'33"	11:44:54	-14°4'28"	94°59'35"
	Berlin	177°46'59"	-4°22'4"	-3°7'33"	11:44:54	-38°13'8"	335°48'60"
	Buenos Aires	177°46'59"	-4°22'4"	-3°7'33"	11:44:54	2°15'19"	267°45'27"
	Cape Town	177°46'59"	-4°22'4"	-3°7'33"	11:44:54	50°44'36"	202°5'14"
	Sydney	177°46'59"	-4°22'4"	-3°7'33"	11:44:54	25°37'29"	75°34'55"
2010	Bandung	167°35'10"	-4°40'44"	0°35'41"	11:07:02	-40°31'53"	264°50'25"
	Berlin	167°35'10"	-4°40'44"	0°35'41"	11:07:02	29°48'8"	223°22'56"
	Buenos Aires	167°35'10"	-4°40'44"	0°35'41"	11:07:02	41°48'52"	50°38'44"
	Cape Town	167°35'10"	-4°40'44"	0°35'41"	11:07:02	37°55'43"	302°40'24"
	Sydney	167°35'10"	-4°40'44"	0°35'41"	11:07:02	-56°19'24"	190°8'7"
2011	Bandung	157°18'36"	-4°53'27"	4°16'51"	10:28:46	68°22'7"	300°39'2"
	Berlin	157°18'36"	-4°53'27"	4°16'51"	10:28:46	12°5'34"	98°50'53"
	Buenos Aires	157°18'36"	-4°53'27"	4°16'51"	10:28:46	-47°14'40"	127°46'49"
	Cape Town	157°18'36"	-4°53'27"	4°16'51"	10:28:46	13°26'48"	75°19'47"
	Sydney	157°18'36"	-4°53'27"	4°16'51"	10:28:46	20°12'6"	290°2'24"
2012	Bandung	146°48'54"	-4°59'46"	7°52'19"	9:49:15	-59°46'34"	86°13'15"
	Berlin	146°48'54"	-4°59'46"	7°52'19"	9:49:15	-9°5'52"	295°53'2"
	Buenos Aires	146°48'54"	-4°59'46"	7°52'19"	9:49:15	30°15'52"	306°31'51"
	Cape Town	146°48'54"	-4°59'46"	7°52'19"	9:49:15	-30°12'39"	258°25'56"
	Sydney	146°48'54"	-4°59'46"	7°52'19"	9:49:15	-17°34'57"	92°16'9"

Data pada tabel diatas menunjukkan posisi bulan pada tiga sistem koordinat, dimana bujur dan lintang menunjukkan sistem koordinat ekliptika, sudut deklinasi dan *right ascension* menunjukkan sistem koordinat ekuator dan sistem koordinat horison ditunjukkan oleh altitude dan azimuth. Pada kedua tabel

tersebut dapat diketahui pula bahwa dari lima kota di tahun yang sama berada pada koordinat ekliptika dan ekuator yang sama, hal itu terjadi karena pada sistem koordinat ekliptika dan ekuator pusat koordinat adalah bumi. Sedangkan pada koordinat horison diperoleh nilai koordinat yang berbeda dari lima kota tersebut karena pengamat yang menjadi pusat koordinat. Dan untuk fraksi iluminasi bulan yang didapatkan nilai yang sama untuk tahun yang sama, dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan 4.6. Hal itu terjadi karena waktu acuan pengamatan adalah waktu universal atau GMT.

Tabel 4.5 Fraksi iluminasi awal Ramadhan

No.	Kota	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	Bandung	0.03	0.05	0.07	0.1	0.13	0.15
2	Berlin	0.03	0.05	0.07	0.1	0.13	0.15
3	Buenos Aires	0.03	0.05	0.07	0.1	0.13	0.15
4	Cape Town	0.03	0.05	0.07	0.1	0.13	0.15
5	Sydney	0.03	0.05	0.07	0.1	0.13	0.15

Tabel 4.6 Fraksi iluminasi awal Syawal

No.	Kota	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	Bandung	0.11	0.14	0.17	0.19	0.21	0.21
2	Berlin	0.11	0.14	0.17	0.19	0.21	0.21
3	Buenos Aires	0.11	0.14	0.17	0.19	0.21	0.21
4	Cape Town	0.11	0.14	0.17	0.19	0.21	0.21
5	Sydney	0.11	0.14	0.17	0.19	0.21	0.21

Data hilal awal Ramadhan dan Syawal tahun 2012 yang diperoleh dari kota Bandung dan diambil setelah matahari terbenam tersaji pada Tabel 4.7. Waktu terbenam matahari awal Ramadhan pada tanggal 19 Juli 2012 pukul 17:49 WIB dan awal Syawal pada tangga 18 Agustus 2012 pukul 17:51 WIB.

Tabel 4.7a Data hilal awal Ramadhan tahun 2012

Data Hilal	Output Program	BMKG
Azimuth	286° 18' 2"	286° 18'
Altitude (Ketinggian Hilal)	1° 59' 3"	1° 24.25'
Fraksi Iluminasi (%)	0.21	0.18

Tabel 4.7a Data hilal awal Syawal tahun 2012

Data Hilal	Output Program	BMKG
Azimuth	275° 43' 33"	275° 44.58'
Altitude (Ketinggian Hilal)	7° 33' 5"	6° 51.58'
Fraksi Iluminasi (%)	0.94	0.83

Pada Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan data dari hasil output program dengan data dari BMKG, itu terjadi karena perbedaan koordinat pengamatan meskipun dalam orde detik busur. Koordinat kota Bandung yang dimasukkan pada program adalah 6° 54' 53,08" LS dan 107° 36' 35,32" BT, sedangkan untuk BMKG adalah 6° 54' LS dan 107° 35' BT. Pengamatan untuk awal Syawal dilakukan pada tanggal 18 Agustus 2012, bukan tanggal 17 Agustus 2012 di hari konjungsi. Hal itu karena konjungsi terjadi pada pukul 22:54 WIB, meskipun dilakukan pengamatan 3 jam setelahnya posisi hilal masih di bawah horison seperti pada Tabel 4.4. Jadi, secara astronomis dapat diketahui awal Ramadhan untuk tahun 2012 adalah pada tanggal 20 Juli 2012. Dan awal Syawal pada tanggal 19 Agustus 2012. Sedangkan, apabila terjadi perbedaan dalam penentuan awal Ramadhan dan Syawal itu lebih pada kriteria yang sudah disepakati atau kriteria tertentu dalam menentukan awal bulan.

4.3 Probabilitas Kenampakan Bulan

Konjungsi (ijtima') merupakan penanda awal masuknya bulan baru dalam sistem penanggalan hijriyah. Kemudian setelah terjadinya ijtima' dilakukan pengamatan terhadap hilal. Hilal adalah bulan sabit muda yang nampak setelah terjadinya konjungsi. Yang menjadi syarat utama konjungsi adalah ketika bujur ekliptika bulan berada satu bidang dengan bujur ekliptika matahari.

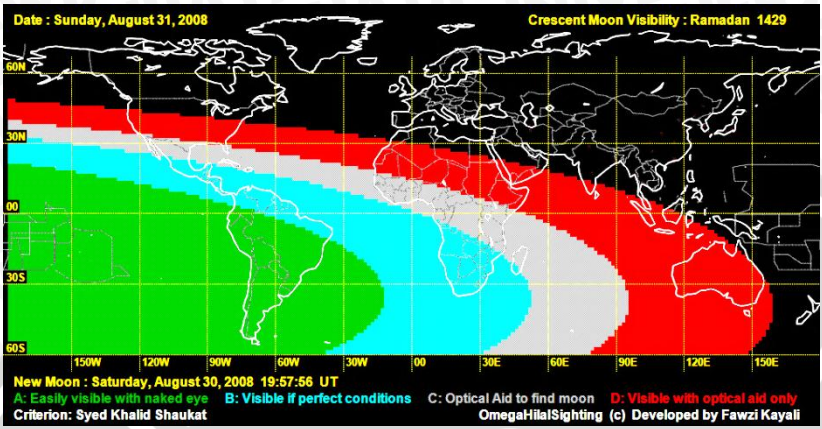
Ketika peristiwa konjungsi atau iluminasi bulan (0%), bulan berada pada fase bulan mati/bulan baru (*new moon*). Dan setelah iluminasinya lebih dari 0% menurut perhitungan astronomi, bulan sudah masuk pada fase bulan sabit pertama (*waxing crescent*) sehingga bisa dikatakan pada sistem kalender hijriyah sudah masuk pada bulan baru. Akan tetapi meskipun sudah

masuk pada fase bulan sabit pertama, belum tentu hilal sudah bisa teramati. Hilal belum bisa diamati apabila posisi bulan berada di bawah ufuk/kaki langit. Hal tersebut ditunjukkan dengan ketinggian bulan dari bidang horison pengamat (*altitude*) yang bernilai negatif. Dan sebaliknya, bila di atas ufuk hilal bisa untuk diamati karena *altitude* bernilai positif.

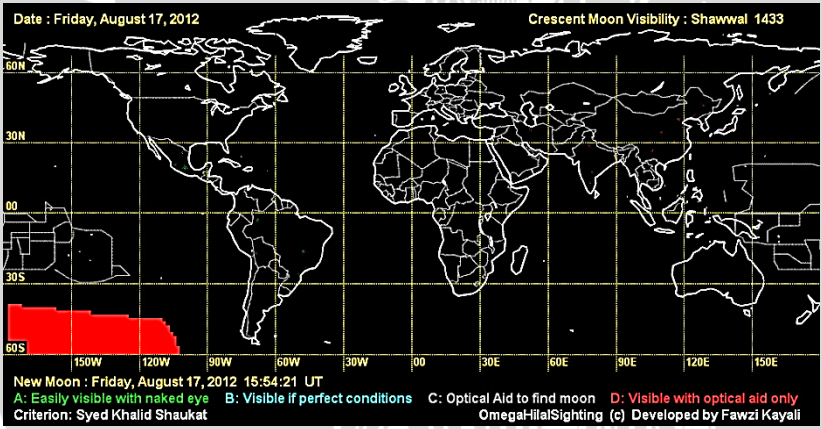
Perbedaan bujur geografis suatu tempat menyebabkan terjadinya perbedaan waktu. Setiap perubahan 15° bujur beda waktunya adalah satu jam. Untuk itu dilakukan pengamatan setelah konjungsi, waktu yang diambil adalah 3 jam setelahnya. Sehingga menjadikan waktu konjungsi sebagai waktu acuan pengamatan. Hasil fraksi iluminasi yang didapatkan sama besar pada tahun yang sama, seperti yang ditunjukkan Tabel 4.5.

Besar iluminasi yang sama untuk lima kota tersebut, diperoleh tidak pada hari yang sama. Ada yang diperoleh pada hari berikutnya. Misalnya pada konjungsi awal Ramadhan pada tahun 2008, yang terjadi pada 30 Agustus 2008 pukul 19:58:4,32. Kota Bandung, Cape Town dan Sydney untuk memiliki iluminasi 0,05% pada 31 Agustus 2008. Dan pada konjungsi awal Syawal tahun 2012 pada 17 Agustus 2012 pukul 15:54:28,89, kota Bandung dan Sydney pada 18 Agustus 2012 baru memiliki iluminasi 0,21%.

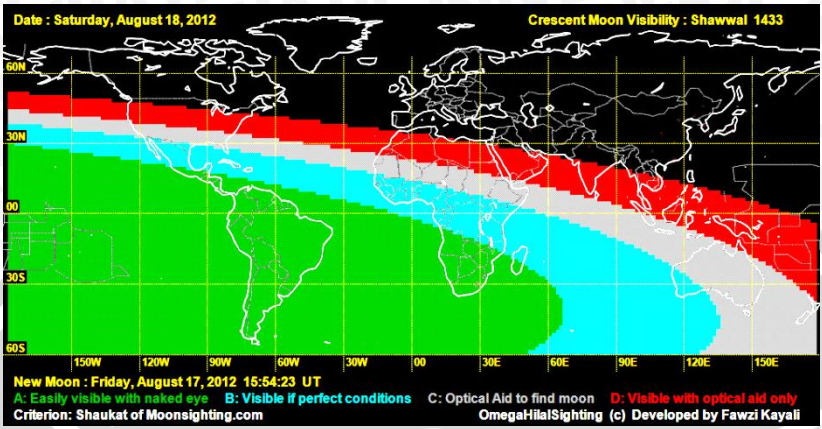
Dan dengan cara yang sama juga dapat melihat awal bulan Ramadhan dan Syawal dengan menggunakan peta visibilitas, untuk visibilitas Ramadhan tahun 2008 dan Syawal tahun 2012 dari *moonsighting.com.* Peta visibilitas tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2 untuk awal Ramadhan dan Syawal pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Visibilitas awal Ramadhan tahun 2008



Gambar 4.4a Visibilitas awal Syawal tahun 2012



Gambar 4.4b Visibilitas awal Syawal tahun 2012

Dari gambar-gambar tersebut diatas dapat diketahui bahwa probabilitas kenampakan bulan lebih besar terjadi pada tempat pengamatan yang berada pada bujur sebelah barat. Itu terjadi karena pergerakan bulan yang bergerak dari arah barat ke timur dengan kemiringan ± 5° dari bidang ekliptika.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dihasilkan aplikasi visibilitas bulan yang terdiri dari form menu utama, fase bulan, posisi bulan dan konversi. Dan dalam penelitian ini aplikasi tersebut sudah dapat digunakan untuk menentukan awal bulan baru.

Probabilitas kenampakan bulan dapat ditentukan dengan mengetahui terlebih dahulu letak geografis (lintang dan bujur) lokasi pengamatan, kapan waktu dilakukannya pengamatan dan mengetahui posisi bulan (berdasarkan koordinat ekliptika geosentrik, ekuator dan horison). Terutama posisi bulan pada koordinat horison (*altitude* dan azimuth) karena pusat acuan berdasarkan posisi pengamat.

5.2 Saran

Pada penelitian ini ada beberapa kekurangan yaitu:

a. Dalam aplikasi program belum ada *database* yang dinamis.
b. Pada *source code* program belum ada sintaks perulangan sehingga untuk pengambilan data iluminasi harus dilakukan secara manual.

Ada beberapa hal yang perlu dilakukan agar penelitian lebih baik antara lain:

a. Menambahkan *database* dinamis pada aplikasi yang disertai dengan form tambah data untuk memudahkan pengelolaan data.
b. Menambahkan sintaks program perulangan.
c. Menambahkan fitur tambahan seperti peta pembagian waktu, visual bulan secara *real time* sesuai dengan waktu komputer user, tampilan secara 3D dan lain-lain.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous[1]. (2010). Fase-fase Bulan. Akses tanggal 9 September, 2012, dari www.shamanscrystal.co.uk.

Anonymous[2]. (2008). Hukum I Kepler. Akses tanggal 4 September, 2012, dari www.schools.wikia.com.

Anonymous[3]. (2005). Hukum II Kepler. Akses tanggal 4 September, 2012, dari www.kids.britannica.com.

Anonymous[4]. (2002). Hukum III Kepler. Akses tanggal 4 September, 2012, dari www.dailyspeculations.com.

Anonymous[5]. (2009). Konsep model geosentris Ptolomeus Akses tanggal 14 Agustus, 2012, dari http://gocodealpha.blogspot.com/2009/06/gara-gara-gravitasi.html.

Anonymous[6]. (2012). Model heliosentris Copernicus. Akses tanggal 2 September, 2012, dari http://3.bp.blogspot.com/copernicus.gif.

Anonymous[7]. The Earth, Sun, and Moon. Akses tanggal 9 September, 2012, dari http://library.thinkquest.org/29033/begin/earthsunmoon.htm.

Anonymous[8]. (2007). The Sidereal and Synodic Month. Akses tanggal 9 september, 2012, dari http://stevekluge.com/geoscience/images/siderealsynodic.jpg .

Anonymous[9]. Kalender Julian, Kalender Gregorian, dan Hari Julian. Akses tanggal 9 September, 2012, dari http://id.wikipedia.org/wiki/Kalender.

Anonymous[10]. Kalender Hijriyah. Akses tanggal 9 September, 2012, dari http://id.wikipedia.org/wiki/Kalender_Hijriyah.

Anugraha, R. 2012. Mekanika Benda Langit. Yogyakarta.

Goldstein, H. 2002. Classical Mechanics Third Edition. Addison Wesley. San Fransisco.

Karttunen, Hannu. 2007. Fundamental Astronomy. Fifth Edition, Springer. New York.

Kurniawan, Y. 2005. Kiat Praktis Menguasai ActionScript 2.0 Flash MX 2004. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.

Lawton, C. (1995). History of Astronomy. Akses tanggal 5 Agustus, 2012, dari http://homepages.tcp.co.uk/~carling/astrhis.html.

Meeus, J. 1998. Astronomical Algorithms. Second Edition, Willmann-Bell, Inc. United States of America.

Nurwendaya, C. 2010. Kaidah-kaidah Falakiyah dan Simulasi Hisab Rukyat. Manado, Sulawesi Utara.

Siregar, D. S. (1976). Gerak dan Lintasan Satelit. Akses tanggal 27 Juli, 2012, dari personal.fmipa.itb.ac.id/suryadi/files/.../almanak1978-79_suryadi.pdf.

Sukrisno, E. U. d. 2005. 10 Langkah Belajar Logika dan Algoritma, Menggunakan Bahasa C dan C++ di GNU/Linux. Penerbit ANDI. Yogyakarta.

Tipler, P. A. 1998. Fisika. Erlangga. Jakarta.