

**PENENTUAN GERHANA BULAN DENGAN PROGRAM APLIKASI
BERBASIS VSOP87 Dan ELP2000**



SINOPSIS

Oleh:

BASHORI ALWI
NIM : 105112058

**PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG**

2011

ABSTRACT

The eclipse of the moon is not a rare phenomenon in science, which can be counted through some methods devised by both experts in traditional counting methods and experts in modern ones, what is usually called astronomy.

In the light of astronomical theories, it is a well-known fact that all of the heavenly bodies around the sun are lit by the sun, each of them then producing shadows which take up the outer space and keep away from the sun. Generally, the eclipse occurs when the shadows of heavenly bodies get into others which sometimes cover all sides of the sunspot, preventing them from being lit by the sun ray at all. Sometimes the heavenly bodies only cover some parts of the sunspot, and the other heavenly bodies which the shadows of the ones get into are lit by only some pieces of sun rays.

Through looking into this phenomenon deeply we can precisely know and determine the time when the eclipse occurs and the place where it can clearly be seen. The lunar eclipse occurs when the sun, moon, and earth are in alignment and the coordinate of the sun is at 180 degrees in contrast to that of the moon if seen from the earth (*istiqbal*) and the diagonal line of the moon must be less than $1^{\circ} 3' 46''$, so that if both the sun and the moon are in the position, the lunar eclipse will absolutely occur and it will be seen only in areas where the night falls then.

In order to ease the process of this research, I employ a method of the qualitative research by processing and retrieving both traditional and modern data. In addition to proposing and using written theories, the research is presented by writing it out of software-application program which can help to show its proof. I do hope this work will make a brilliant significant contribution to science, especially to those who devote themselves to astronomy and falak.

Key words: *the eclipse of the moon (the lunar eclipse), the modern astronomy.*

A. Latar Belakang Masalah

Gerhana bulan dan matahari terjadi sebagai salah satu tanda kebesaran Allah SWT. Gerhana matahari terjadi ketika matahari, bulan dan bumi berada pada suatu garis lurus. Sedangkan gerhana bulan terjadi matahari, bumi dan bulan berada pada suatu garis lurus. Gerhana matahari terjadi pada fase bulan baru (new moon), namun tidak setiap bulan baru akan terjadi gerhana matahari. Sedangkan gerhana bulan terjadi pada fase bulan purnama (full moon), namun tidak setiap bulan purnama akan terjadi gerhana bulan. Hal ini disebabkan bidang orbit bulan mengitari bumi tidak sejajar dengan bidang orbit bumi mengitari matahari (bidang ekliptika), namun miring membentuk sudut sebesar sekitar 5 derajat. Seandainya bidang orbit bulan mengitari tersebut terletak tepat pada bidang ekliptika, maka setiap bulan baru akan selalu terjadi gerhana matahari, dan setiap bulan purnama akan selalu terjadi gerhana bulan.

Gerhana merupakan padanan kata *eclipse* (dalam bahasa inggris) atau *ekleipsis* (dalam bahasa yunani) atau *eklipsis* (dalam bahasa latin). Sedangkan dalam bahasa arab dikenal dengan istilah *kusuf* atau *khusuf*. Pada dasarnya istilah *kusuf* dan *khusuf* dapat digunakan untuk menyebut gerhana matahari atau gerhana bulan. Hanya saja, kata *kusuf* lebih dikenal untuk menyebut gerhana matahari, sedangkan kata *khusuf* untuk gerhana bulan.

Kusuf berarti *menutupi*, menggambarkan adanya fenomena alam bahwa (dilihat dari bumi) bulan menutupi matahari, sehingga terjadi gerhana

matahari. Sedangkan *khusuf* berarti *memasuki*, menggambarkan fenomena alam bahwa bulan memasuki bayangan bumi, hingga terjadi gerhana bulan.

Zaman dahulu gerhana merupakan fenomena alam yang ditakuti oleh masyarakat. Hal ini bisa dilihat dari penamaan gerhana dengan kata *eclipse* (gerhana) yang berasal dari bahasa Yunani *Ekleipsis* (peninggalan), yang menunjukkan betapa orang-orang zaman dahulu takut terhadap fenomena ini, yaitu sewaktu matahari ataupun bulan lenyap dari pandangan mata, tampak benda langit itu sungguh-sungguh meninggalkan manusia. Mereka menyangka fenomena gerhana merupakan tanda-tanda kurang baik atau bencana. Zaman Rasulullah SAW pun fenomena gerhana ini diyakini masyarakat sebagai suatu pertanda akan lahir atau meninggalnya seseorang. Namun keyakinan ini dibantah oleh hadits yang diriwayatkan Bukhari yang berbunyi:

حدثنا أصبغ قال: أخبرني ابن وهب قال: أخبرني عمرو بن عبد الرحمن بن القاسم حدثه عن أبيه عن ابن عمر رضي الله عنهما أنه كان يخبر عن النبي صلى الله عليه وسلم: إن الشمس والقمر لا يخسفان لموت أحد ولا لحياته و لكنهما آيتان من آيات الله فإذا رأيتموهما فصلوا

(رواه البخاري)

Artinya: “*Asbagh telah bercerita kepada kami bahwasanya ia berkata: Ibnu Wahab telah bercerita kepada-ku, ia berkata: telah bercerita kepada-ku Umar dari Abdur Rahman bin Qasim bahwa ia telah bercerita kepadanya dari ayah-nya. Dari Ibnu Umar r.a, bahwasanya Umar mendapat berita dari Nabi SAW: sesungguhnya matahari dan bulan tidak mengalami gerhana karena kematian atau hidupnya seseorang, tapi keduanya merupakan tanda diantara tanda-tanda kebesaran Allah. Jika kalian melihat keduanya (gerhana), maka shalatlah.*”

Hadits di atas dapat dimengerti bahwasanya terjadinya gerhana bukan karena kematian atau hidupnya seseorang, melainkan sebagai salah satu tanda kebesaran Allah, sehingga bisa direnungkan kembali tanda keMahabesaran-Nya sebagai penguasa dan pemelihara langit yang tak pernah lengah.

Secara umum, fenomena gerhana adalah suatu peristiwa jatuhnya bayangan benda langit ke benda langit lainnya, yang kadangkala benda langit tersebut menutupi seluruh piringan matahari, sehingga benda langit yang kejatuhan bayangan benda langit lainnya, tidak bisa menerima sinar matahari sama sekali. Dan kadangkala benda langit tersebut menutupi sebagian piringan matahari, sehingga benda langit yang kejatuhan bayangan benda langit lainnya, hanya bisa menerima sebagian sinar matahari.

Ilmu astronomi, mengartikan fenomena gerhana dengan tertutupnya arah pandangan pengamat ke benda langit oleh benda langit lainnya yang lebih dekat dengan pengamat. Menurut Cecep Nurwendaya / Widya Sawitar, fenomena gerhana adalah peristiwa yang sangat wajar dan biasa terjadi. Hal ini dilihat dari sifat Bulan yang mengedari Bumi, sementara Bumi mengedari Matahari. Bumi dan Bulan sama-sama tidak memancarkan cahaya sendiri, hanya mendapat cahaya utamanya dari Matahari. Dengan demikian, akan dimengerti kalau Bumi dan Bulan memiliki bayang-bayang, baik bayang-bayang utama yang disebut *umbra*¹ maupun bayang-bayang samar atau *penumbra*². Jadi dapat dimaklumi juga apabila permukaan Bumi terkena

¹ Umbra adalah sebutan umum bagi daerah tergelap suatu bayangan yang sama sekali tidak mendapat sumber cahaya.

² Penumbra adalah sebutan umum daerah bayangan yang tidak sepenuhnya gelap.

bayang-bayang Bulan, terjadilah gerhana Matahari, Atau sebaliknya, jika Bulan memasuki bayang-bayang Bumi, maka akan terjadi gerhana Bulan.

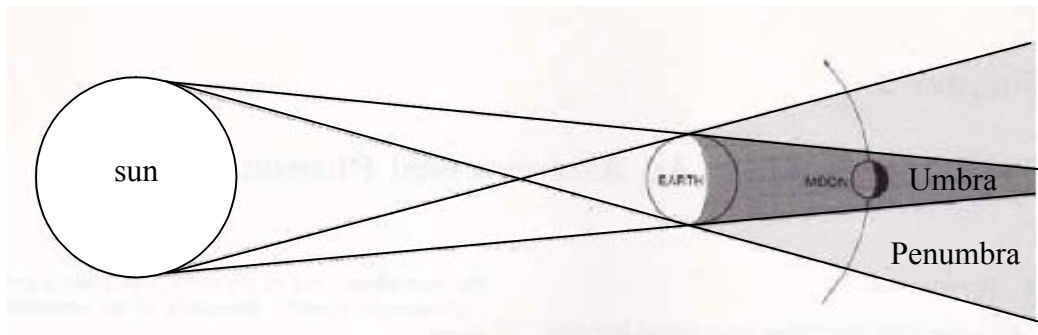
Dari penjelasan di atas ada pertanyaan menarik untuk di selesaikan yaitu, kapankah akan terjadi gerhana bulan, dan bagaimana periode terjadinya gerhana bulan. serta bagaimana akurasi penentuannya terjadinya peristiwa tersebut.

Dalam beberapa referensi (buku-buku falak) telah banyak dilakukan berkaitan dengan perhitungan gerhana bulan. hanya saja disana masih menggunakan metode yang lama yaitu manual sistem. Dan tentu karena perhitungan dilakukan secara manual, maka selain prosesnya lambat tentu juga memungkinkan sering terjadi kesalahan.

Dalam kesempatan ini, penulis akan menyajikan sebuah perhitungan gerhana Bulan yang dilakukan secara *auto* / otomatis dengan sistem komputerisasi. Hal ini dilakukan dengan maksud untuk mempermudah mengetahui kapan terjadinya gerhana Bulan. Kemudian untuk mendapatkan hasil yang akurat, maka dalam perhitungan ini menggunakan algoritma yang sangat akurat yaitu algoritma VSOP87 dan ELP-2000.

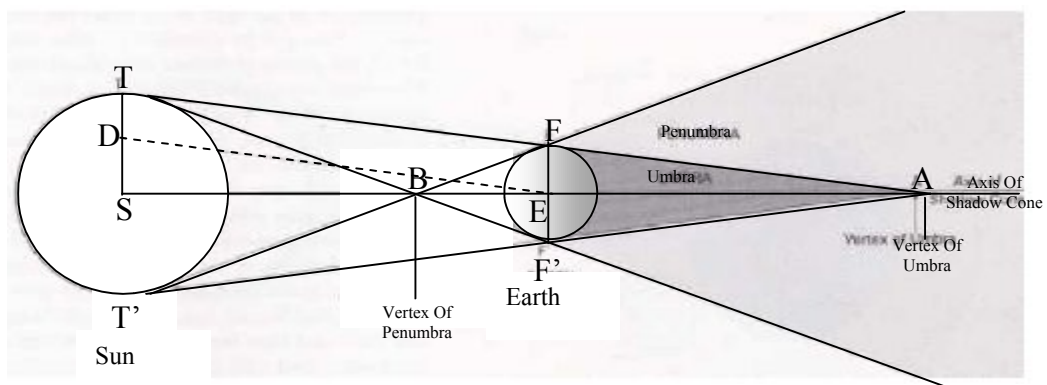
B. Proese Terjadinya Gerhana Bulan

Prinsip dasar terjadinya gerhana Bulan yaitu ketika Matahari, Bumi dan Bulan berada pada satu garis yaitu saat Bulan berposisi atau saat Bulan purnama, sehingga pada saat tersebut akan melewati bayangan Bumi seperti:

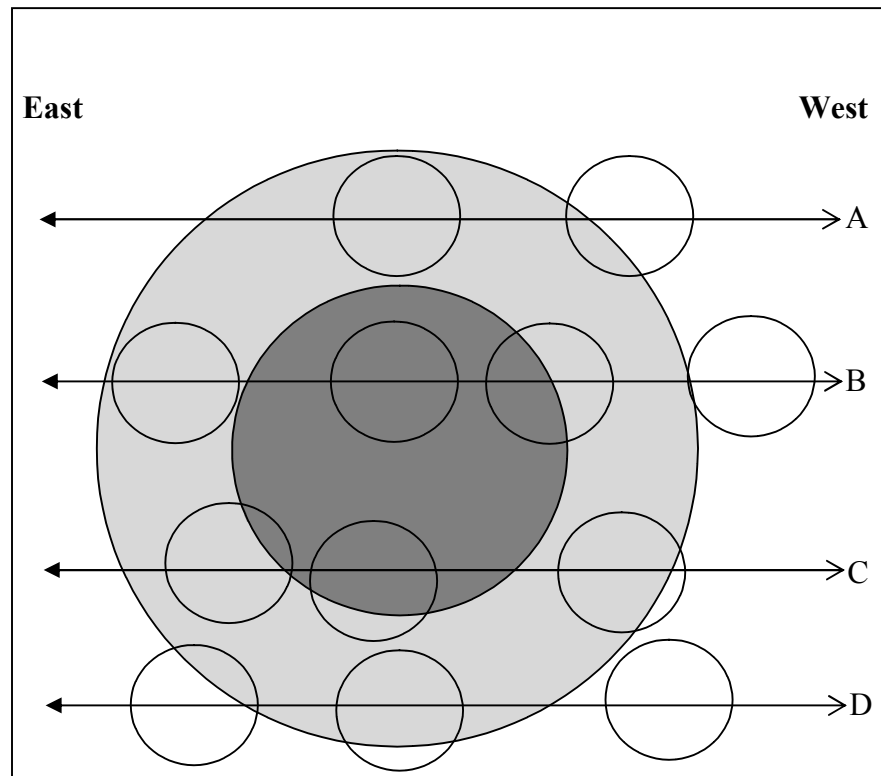


Ilustrasi Gerhana Bulan

Gerhana bulan terjadi ketika Bulan melalui bayangan Bumi sehingga Bulan tidak lagi tersinari oleh Matahari (Gambar 2.2). Struktur bayangan Bumi dapat dilihat pada Gambar 2.3. Titik S adalah pusat Matahari. E adalah pusat Bumi. Garis SE adalah sumbu bayangan. Garis TFA dan T'F'A adalah tangen luar yang membentuk kerucut umbra dengan A adalah titik puncak kerucut umbra. Garis TF' dan T'F adalah tangen dalam yang membentuk kerucut penumbra dengan B adalah titik puncak kerucut penumbra. Garis DE sejajar dengan TF sehingga segitiga SDE serupa dengan segitiga EFA. Bumi dianggap tidak memiliki atmosfer.



Umbra dan Penumbra Bumi

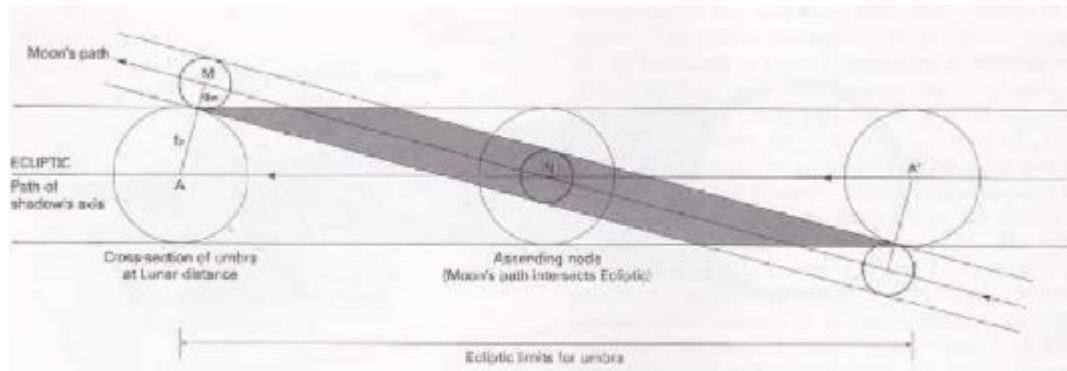


Tipe-tipe Gerhana Bulan

Beberapa tipe gerhana bulan dilukiskan pada Gambar 2.4. Bayangan umbra Bumi berwarna gelap dan bayangan penumbra Bumi berwarna abu-abu. Ketika Bulan melewati bayangan penumbra dan atau umbra dari barat ke timur, ada empat kemungkinan tipe gerhana, yaitu A total penumbral, B total, C parsial dan D parsial penumbral.

Gerhana bulan hanya dapat terjadi ketika Bulan purnama dan dekat dengan salah satu titik naik (*ascending node*) atau titik turun Bulan (*descending node*). Pertanyaannya adalah, seberapa dekat? Jika Bulan, Bumi dan Matahari hanya merupakan titik, maka posisi lurus Bulan, Bumi dan Matahari harus benar-benar sempurna. Tetapi karena ketiganya bukan titik,

maka Bulan purnama tersebut akan memasuki bayangan Bumi dalam rentang tertentu dari titik naik/turun Bulan. Batas ini dikenal sebagai batas ekliptika bulan (*lunar ecliptic limit*). Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 2.5



Ilustrasi batas ekliptika untuk umbra

Sebagaimana dilihat dari Bumi, bayangan Bumi bergerak sepanjang ekliptika dari barat ke timur dengan rata-rata 1 derajat perhari. Orbit Bulan miring sekitar 5 derajat terhadap ekliptika dan memotong ekliptika pada dua titik, yang disebut titik naik dan titik turun. Bulan bergerak dari barat ke timur kira-kira 13 derajat perhari dan akan melewati bayangan Bumi. Jika Bulan dan bayangan Bumi berada di dekat salah satu titik tersebut pada waktu yang sama, gerhana akan terjadi jika mereka saling *overlap*. Pada gambar 2.5 tersebut, jari-jari sudut umbra adalah f_2 , sedangkan jari-jari sudut Bumi adalah S_m (Dr. Eng. Rinto Anugraha, 2012; 136).

D. Algoritma Perhitungan Gerhana Bulan

Kemajuan di bidang astronomi saat ini telah memasuki era modern yang memungkinkan kita untuk menentukan posisi benda-benda langit dengan ketelitian tinggi, termasuk di dalamnya menentukan posisi Bumi, Bulan, dan

Matahari. Perkembangan Astronomi modern ini dapat dimanfaatkan untuk membantu menentukan waktu-waktu ibadah dalam Islam, seperti waktu shalat, awal bulan, termasuk juga menentukan kapan terjadinya gerhana. Yang mana sampai saat ini sering terjadi perbedaan dalam penentuannya.

Beriringan dengan kemajuan di bidang astronomi, perkembangan teknologi komputer telah mencapai kemajuan yang spektakuler. Kemajuan di bidang komputer ini juga dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan program komputer yang dapat membantu dalam penentuan waktu-waktu dalam Islam. Program ini ditulis dengan bahasa pemrograman yang mampu mengimplementasikan rumus / model yang berkembang di astronomi modern. Untuk menghasilkan program komputer yang baik diperlukan algoritma yang baik pula, sehingga program tersebut menghasilkan perhitungan yang akurat dan cepat.

Dalam tesis ini ditulis untuk memberikan gambaran secara sepintas atau mendetail tentang algoritma yang disusun untuk pembuatan program komputer yang berbasis pada rumus / model astronomi modern, sehingga dapat dipakai untuk membantu perhitungan waktu dalam peribadatan umat Islam, tentunya model algoritma yang dipakai adalah algoritma yang saat ini dinyatakan paling akurat dan cepat, yaitu algoritma VSOP87 dan ELP2000.

Diagram Flowchart Perhitungan Gerhana Bulan

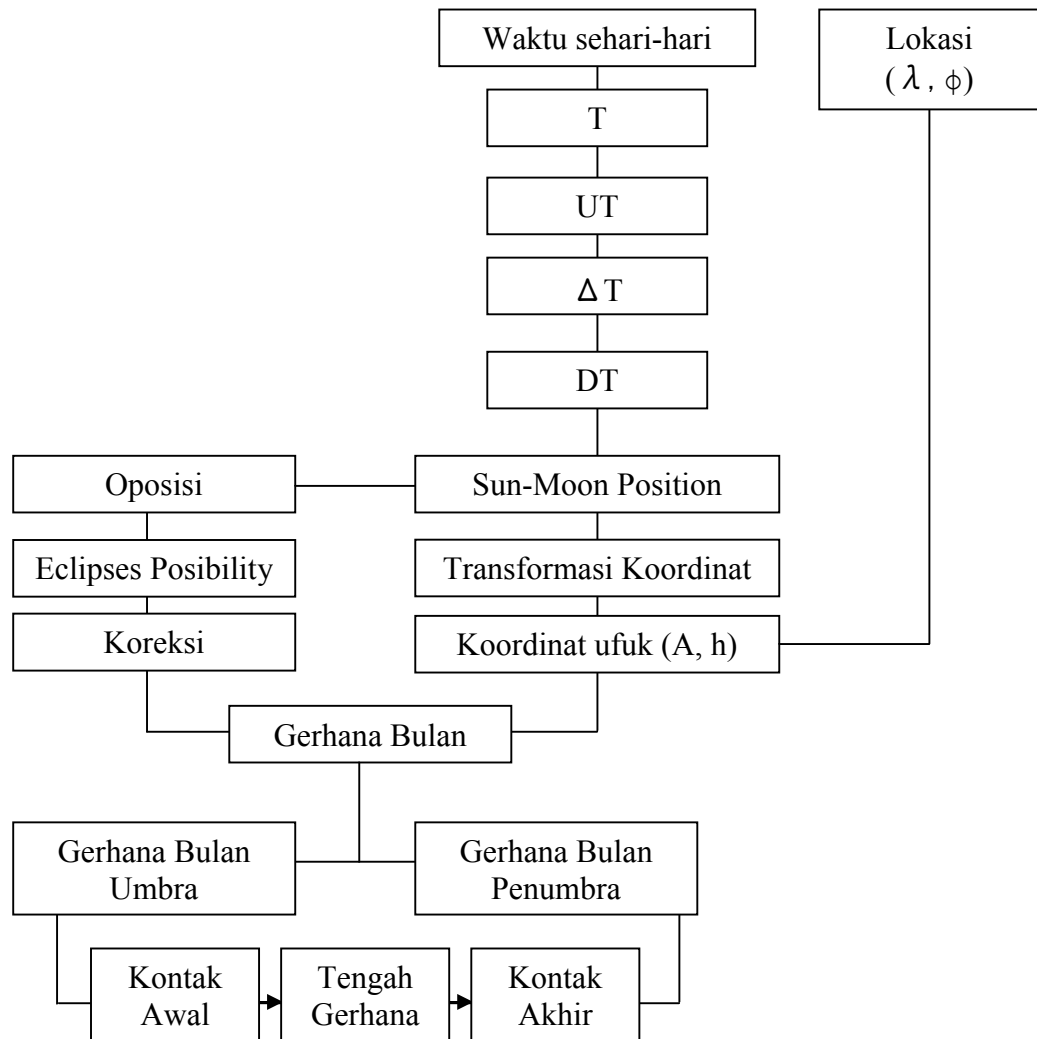
Dalam perhitungan gerhana bulan pada dasarnya adalah menghitung posisi Matahari, Bumi, dan Bulan. Dimana ketiga benda langit ini pada saat tertentu akan mengalami konjungsi (new moon), dan pada tertentu pula akan

mengalami oposisi (Full moon). Dalam kalender hijriyah manakala ketiga benda langit ini terjadi konjungsi, maka hal itu menunjuk akan terjadi permulaan awal bulan dalam kalender hijriyah, dan apabila mengalami oposisi maka wajah bulan akan terlihat penuh, dan itu disebut bulan purnama.

Pada saat terjadinya New Moon dan Full Moon ini, wajah Bulan tidaklah tetap, akan tetapi selalu berubah-berubah, pada saat new moon misalnya, wajah bulan terkadang miring ke selatan, miring ke utara, terlentang, kadang juga tegak lurus, dan lain-lain, namun untuk mengetahui wajah bulan saat new moon, maka dilihatnya pada saat Matahari sudah terbenam. Dan pada saat oposisi pun juga sebenarnya wajah bulan tidak tetap, hanya saja karena berbedaannya kecil maka sulit sekali untuk dibedakan.

Karena perbedaan-perbedaan itu juga, maka pada saat tertentu posisi ketiga benda langit itu akan benar-benar lurus, maka pada saat seperti ini terjadilah yang namanya gerhana, jika ketiga benda langit itu tersusun secara berurutan yaitu Matahari-Bulan- Bumi, maka pada saat itu terjadi gerhana Matahari, tapi jika ketiga benda langit tersebut tersusun Matahari-Bumi-Bulan, maka pada itu terjadi Gerhana Bulan.

Untuk mengetahui perhitungan gerhana Bulan, maka secara garis besar dapat dilihat gambaran proses berikut ini :



Flowchart Proses Perhitungan Gerhana Bulan

Dari diagram tersebut perhitungan gerhana Bulan dimaksud adalah mencari waktu kapan terjadinya gerhana Bulan dan didaerah manakah yang memungkinkan terjadinya gerhana tersebut, namun dalam aplikasi ini, perhitungan dilakukan dengan menentukan waktu terlebih dahulu untuk diketahui apakah pada waktu yang ditentukan itu terjadi gerhana Bulan atau tidak. Dalam aplikasi ini disediakan data bulan dan tahun, dari data bulan dan tahun tersebut kemudian dilakukan perhitungan berikut ini:

1. Menghitung nilai k dan T.

Dari data bulan dan tahun yang telah dipilih, dihitung perkiraan nilai k, dengan rumus :

$$k = (\text{perkiraan tahun} - 2000) * 12,3685,$$

Tanda string (*) menunjukkan tanda perkalian. Hasil nilai k di atas hanyalah perkiraan saja. Adapun untuk gerhana, hanya ada dua kemungkinan k, yaitu bulat untuk gerhana matahari, atau bulat ditambah 0,5 untuk gerhana bulan, dengan nilai k, kemudian dihitung nilai, rumus

$$T = k/1236,85$$

2. Menentukan gerhana atau tidak.

Untuk mengecek apakah terjadi gerhana atau tidak, maka dimenghitung nilai F. Nilai F yang menunjukkan argumen lintang bulan dirumuskan sebagai berikut :

$$F = 160,7108 + 390,67050274 * k - 0,0016341 * T * T.$$

Seperti biasa, sudut yang besarnya di atas 360 derajat atau negatif harus dibagi dengan 360 kemudian diambil sisanya (antara 0 - 360 derajat).

Syarat terjadinya gerhana adalah sebagai berikut. Jika selisih F dengan kelipatan 180 derajat (0, 180 dan 360 derajat) kurang dari 13,9

derajat, maka akan terjadi gerhana. Adapun jika selisih F dengan kelipatan 180 derajat lebih besar dari 21 derajat, maka tidak akan terjadi gerhana.

Sebagai tambahan, jika F dekat dengan dengan 0 atau 360 maka gerhana terjadi dekat titik naik bulan (ascending node). Sedangkan jika F dekat dengan 180 derajat, maka gerhana terjadi di dekat titik turun bulan (descending node).

3. Menghitung nilai-nilai M, M', Omega, F1, A1, JDE belum terkoreksi dan koreksi JDE.

Setelah syarat terjadinya gerhana dapat terpenuhi melalui nilai F di atas, selanjutnya, akan dihitung nilai E, M, M', Omega, F1 dan A1. Nilai-nilai tersebut berguna untuk menghitung koreksi JDE.

$$\begin{aligned}
 E &= 1 - 0,002516 * T - 0,0000074 * T * T. \\
 M &= 2,5534 + 29,10535669 * k - 0,0000218 * T * T. \\
 M' &= 201,5643 + 385,81693528 * k + 0,0107438 * T * T. \\
 \text{Omega} &= 124,7746 - 1,56375580 * k + 0,0020691 * T * T. \\
 F1 &= F - 0,02665 * \sin(\text{Omega}). \\
 A1 &= 299,77 + 0.107408 * k - 0,009173 * T * T
 \end{aligned}$$

Dari nilai T yang telah diketahui kemudian dihitung Julian Day Ephemeris (JDE), yang menyatakan perkiraan waktu terjadinya gerhana bulan. Rumusnya adalah

$$\text{JDE} = 2451550,09765 + 29,530588853 * k + 0,0001337 * T * T$$

Nilai JDE yang dihasilkan dari rumus di atas ini masih belum terkoreksi, untuk mendapatkan hasil tengah gerhana yang akurat maka nilai JDE ini di koreksi terlebih dahulu, rumus koreksi JDE sebagai berikut, Ruas kiri di bawah ini masih berupa 10000 kali koreksi JDE. Hasilnya untuk menentukan koreksi JDE tentu dibagi dengan 10000.

$$\begin{aligned} \text{Koreksi JDE} = & -4065*\sin(M') + 1727*E*\sin(M) + \\ & 161*\sin(2*M') - 97*\sin(2*F1) + 73*E*\sin(M' - M) - \\ & 50*E*\sin(M' + M) - 23*\sin(M' - 2*F1) + 21*E*\sin(2*M) + \\ & 12*\sin(M' + 2*F1) + 6*E*\sin(2*M' + M) - 4*\sin(3*M') - \\ & 3*E*\sin(M + 2*F1) + 3*\sin(A1) - 2*E*\sin(M - 2*F1) - \\ & 2*E*\sin(2*M' - M) - 2*\sin(\text{Omega})/ 10000 \end{aligned}$$

Setelah diketahui Koreksi JDE, kemudian nilai tersebut digunakan untuk menambah JDE yang belum terkoreksi. Jadi, JDE terkoreksi saat gerhana bulan maksimum adalah = JDE belum terkoreksi + koreksi JDE.

JDE tengah gerhana sudah diketahui, kemudian dikonversi ke dalam tanggal dan jam, akan tetapi dalam JDE ini masih dalam satuan TD (Dynamical Time). Untuk mendapatkan nilai dalam satuan UT, maka
Tengah gerhana = TD - Delta_T.

4. Menghitung nilai P, Q, W, Gamma dan u.

Nilai P, Q, W, Gamma dan u berguna untuk menghitung besarnya magnitude dan semi durasi fase umbra dan penumbra. Rumus :

$$\begin{aligned}
 P &= 2070 * E * \sin(M) + 24 * E * \sin(2 * M) - 392 * \sin(M') + \\
 &116 * \sin(2 * M') - 73 * E * \sin(M' + M) + 67 * E * \sin(M' - M) + \\
 &118 * \sin(2 * F1) / 10000 \\
 Q &= 52207 - 48 * E * \cos(M) + 20 * E * \cos(2 * M) - 3299 * \cos(M') - \\
 &60 * E * \cos(M' + M) + 41 * E * \cos(M' - M) / 10000 \\
 W &= \text{ABS}(\text{COS}(F1)) \\
 \text{Gamma} &= (P * \cos(F1) + Q * \sin(F1)) * (1 - 0,0048 * W) \\
 u &= 59 + 46 * E * \cos(M) - 182 * \cos(M') + 4 * \cos(2 * M') - 5 * E * \cos(M \\
 &+ M') / 10000
 \end{aligned}$$

* Nilai Gamma negatif menunjukkan bahwa saat gerhana terjadi, bulan berada di bawah bidang ekliptika. Sedang nilai Gamma Positif menunjukkan berada di atas bidang ekliptika saat terjadi gerhana.

5. Magnitude dan Semi Durasi Fase Umbral dan Penumbral.

Perhitungan ini merupakan akhir penentuan gerhana, dan juga menentukan lama dan jenis gerhana yang akan terjadi, seperti gerhana total atau sebagian, atau hanya terjadi gerhana penumbra saja.

Perhitungan magnitude dan semi durasi sebagai berikut :

$$\text{Radius Penumbra (RP)} = 1,2848 + u$$

$$\text{Radius Umbra (RU)} = 0,7403 - u$$

Kedua radius ini bersatuan jari-jari ekuator bumi.

$$\text{Magnitude gerhana penumbra} = (1,5573 - u - \text{ABS}(\text{Gamma})) / 0,545$$

$$\text{Magnitude gerhana umbra} = (1,0128 - u - \text{ABS}(\text{Gamma})) / 0,545$$

Jika kedua magnitudo di atas bernilai positif. Maka menunjukkan ada fase penumbra maupun umbra. Jika misalnya magnitudo umbra bernilai negatif, maka tidak ada gerhana umbra, yang ada hanya gerhana penumbra.

Selanjutnya dihitung komponen-komponen berikut :

$$\begin{aligned} P_u &= 1,0128 - u \\ T_1 &= 0,4678 - u \\ H &= 1,5573 + u \\ n &= 0,5458 + 0,0400 \cdot \cos(M') \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai komponen-komponan di atas, kemudian mencari waktu terjadinya gerhana, mulai dari kontak awal hingga kontak akhir gerhana, untuk menentukan awal, tengah dan akhir gerhana dapat digunakan rumus berikut :

- a. Menentukan Semi durasi fase penumbra (sdfp) dirumuskan :

$$\text{sdfp} = (60/n) \cdot \text{SQRT}(H \cdot H - \text{Gamma} \cdot \text{Gamma})$$

- b. Menentukan Semi durasi fase parsial umbra (sdfu) dirumuskan :

$$\text{sdfu} = (60/n) \cdot \text{SQRT}(P_u \cdot P_u - \text{Gamma} \cdot \text{Gamma})$$

- c. Menentukan semi durasi fase total umbra (sdft) dirumuskan :

$$\text{sdft} = (60/n) \cdot \text{SQRT}(T_1 \cdot T_1 - \text{Gamma} \cdot \text{Gamma})$$

6. Contoh Hasil Perhitungan.

Dari proses perhitungan yang telah dilakukan melalui software, maka akan dapat diketahui waktu terjadinya gerhana bulan, berikut adalah contoh-contoh hasil perhitungan gerhana bulan :

Perhitungan Gerhana Bulan untuk bulan November 2012
dengan waktu lokal WIB

Fullmoon	Rabu, 28 November 2012 Jam 21:33:27 WIB
Tipe Gerhana	Gerhana Bulan Penumbra
Awal Fase Penumbra	Rabu, 28 November 2012 Jam 19:16:52 WIB
Awal Fase Umbra	Tidak Ada
Awal Fase Total	Tidak Ada
Tengah Gerhana	Rabu, 28 November 2012 Jam 21:33:52 WIB
Awal Fase Total	Tidak Ada
Awal Fase Umbra	Tidak Ada
Awal Fase Penumbra	Rabu, 28 November 2012 Jam 23:50:03 WIB

Menurut perhitungan program SAMAWAT ini bahwa pada bulan November 2012 nanti akan terjadi Gerhana Bulan Penumbra. Peristiwa ini sebenarnya sulit untuk dilihat oleh mata telanjang, karena pengaruh bayangan penumbra terhadap cahaya bulan yang dipantulkan dari matahari sangatlah kecil. Hanya mungkin akan terlihat oleh para ahli yang terbiasa dengan cahaya Bulan. Untuk Gerhana Umbra tidak ada di bulan ini apalagi Gerhana Total, sehingga dalam SAMAWAT akan tertulis tidak ada.

Perhitungan Gerhana Bulan untuk bulan April 2013
dengan waktu lokal WIB

Fullmoon	Jum'at, 26 April 2013 Jam 03:08:32 WIB
Tipe Gerhana	Gerhana Bulan Parsial/Sebagian
Awal Fase Penumbra	Jum'at, 26 April 2013 Jam 01:05:09 WIB
Awal Fase Umbra	Jum'at, 26 April 2013 Jam 02:55:24 WIB
Awal Fase Total	Tidak Ada
Tengah Gerhana	Jum'at, 26 April 2013 Jam 03:08:32 WIB
Awal Fase Total	Tidak Ada
Awal Fase Umbra	Jum'at, 26 April 2013 Jam 03:21:40 WIB
Awal Fase Penumbra	Jum'at, 26 April 2013 Jam 05:11:55 WIB

Perhitungan Gerhana Bulan untuk bulan April 2014
dengan waktu lokal WIB

Fullmoon	Selasa, 15 April 2014 Jam 14:46:40 WIB
Tipe Gerhana	GERHANA BULAN TOTAL
Awal Fase Penumbra	Selasa, 15 April 2014 Jam 11:55:12 WIB
Awal Fase Umbra	Selasa, 15 April 2014 Jam 12:59:36 WIB
Awal Fase Total	Selasa, 15 April 2014 Jam 14:07:40 WIB
Tengah Gerhana	Selasa, 15 April 2014 Jam 14:46:40 WIB
Awal Fase Total	Selasa, 15 April 2014 Jam 15:25:40 WIB
Awal Fase Umbra	Selasa, 15 April 2014 Jam 16:33:44 WIB
Awal Fase Penumbra	Selasa, 15 April 2014 Jam 17:38:08 WIB

Sebagai perbandingan dengan program aplikasi ini, NASA telah merilis data gerhana bulan ini dengan waktu-waktu sebagaimana di bawah ini,

namun karena perhitungan pada NASA ini dalam GMT, maka dalam aplikasi SAMAWAT ini juga perlu dikonversi ke GMT untuk menyamakan perbandingan dengan mengurangi 7 jam, dan data ini hanya akan mencantumkan waktu tengah gerhana saja, adapun perbandingannya sebagai berikut :

Perbandingan Perhitungan Gerhana Bulan Maksimum
antara Program SAMAWAT dengan Perhitungan NASA
untuk tahun 2012 sampai dengan tahun 2015

<i>NO</i>	<i>Gerhana Bulan Tanggal</i>	<i>*Jenis Gerhana</i>	<i>Perhitungan SAMAWAT (Jam GMT)</i>	<i>Perhitungan NASA (Jam GMT)</i>	<i>Selisih</i>
1	04/ 06 /2012	U	11 : 03 : 16	11 : 03 : 12	4 detik
2	28/ 11 /2012	P	14 : 33 : 27	14 : 32 : 59	28 detik
3	25/ 04 /2013	U	20 : 08 : 32	20 : 07 : 29	63 detik
4	25/ 05 /2013	P	04 : 11 : 01	04 : 09 : 57	63 detik
5	18/ 10 /2013	P	23 : 50 : 35	23 : 50 : 17	18 detik
6	15/ 04 /2014	T	07 : 46 : 40	07 : 45 : 39	61 detik
7	08/ 10 /2014	T	10 : 54 : 37	10 : 54 : 35	2 detik
8	04/ 04 /2015	U	12 : 01 : 00	12 : 00 : 15	45 detik
9	28/ 09 /2015	T	02 : 47 : 24	02 : 47 : 08	16 detik

* t = Gerhana Bulan Total

u = Gerhana Bulan Umbral (Umbral/ Sebagian/Parsial)

n = Gerhana Bulan Penumbral

Dari data-data perbandingan di atas jika dirata-ratakan akan ada perbandingan sebesar 30 detik, untuk kepentingan melihat gerhana hal ini masih cukup relevan. Jadi program SAMAWAT ini sangat layak untuk kepentingan penentuan gerhana bulan, bahkan data-data astronominya juga dapat dijadikan rujukan dalam perhitungan awal bulan Hijriyah atau waktu shalat.

E. Akurasi Perhitungan

Menentukan posisi Matahari – Bulan adalah hal sangat penting dalam penentuan gerhana bulan, bahkan juga sangat penting untuk perhitungan awal bulan hijriyah dan waktu shalat, oleh karenanya algoritma yang akurat harus didahulukan untuk mengetahui posisi keduanya. pada pembahasan yang telah lalu telah dijelaskan bagaimana perhitungan posisi Matahari dan Bulan, baik algoritma maupun koreksi-koreksi serta analisa akurasi. Tentunya dengan menggunakan algoritma yang paling akurat yaitu algoritma VSOP87 dan algoritma ELP2000.

Dari hasil perhitungan posisi Matahari dan Bulan tentu akan diketahui koordinat keduanya. Setelah diketahui bujur dan lintang baik Matahari maupun Bulan dari perhitungan tersebut, maka akan diketahui pula fase-fase bulan, yaitu fase konjungsi, first quarter, fullmoon, dan juga last quarter. Dari fase-fase bulan inilah kemudian dijadikan tanda awal masuk bulan baru untuk fase konjungsi, dan tanda bulan purnama untuk fase fullmoon.

Pada fase fullmoon Bulan terlihat satu lingkaran penuh, karena ia memiliki selisih bujur 180 derajat dengan Matahari. Namun pada saat tertentu cahaya Matahari akan tertutupi oleh bayangan Bumi sehingga mengakibatkan bulan tidak mendapatkan cahaya. Maka pada saat ini dikatakan telah terjadi gerhana bulan. berikut adalah analisis algoritma terjadinya gerhana Bulan.

Metode untuk menghitung koordinat matahari dengan akurasi tertinggi saat ini adalah dengan menggunakan teori algoritma VSOP87 dengan lengkap. Tingkat ketelitiannya sangat tinggi dengan tingkat error tidak lebih dari 0,01 detik busur. VSOP87 menyediakan data berupa suku-suku periodik dari peredaran matahari jika diamati dari beberapa planet seperti Merkurius, Venus, Bumi, Mars, Jupiter, saturnus, Uranus dan Neptunus. Untuk Bumi terdapat 2425 suku periodik yang telah disajikan oleh Bureau Des Longitudes. (Meeus, 1991: 154)

2425 suku periodik tersebut merupakan satu kesatuan dari lintang, bujur dan jarak bumi jika dilihat dari matahari (Heliosentris). Untuk menghitung bujur matahari diperlukan 1080 suku periodik. Kemudian perhitungan lintang matahari membutuhkan 348 suku periodik dan radius jarak bumi dengan matahari terdapat 997 suku periodik, total jumlah keseluruhannya adalah 2425 suku. Cara untuk mengubah heliosentrik menjadi geosentrik (dari bumi) cukup dengan jalan menambahkan 180^0 .

Algoritma VSOP87 merupakan algoritma terakurat untuk menentukan pergerakan matahari saat ini. Penggunaan algoritma ini sangat dianjurkan untuk diprioritaskan ketika akan menghitung posisi matahari (Anugraha, 2009)

F. Kesimpulan

Dari pembahasan dan analisa yang telah penulis lakukan. Menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan Gerhana bulan merupakan perhitungan posisi Matahari – Bulan, karena perhitungan ini merupakan perhitungan basis data, maka suatu hal yang harus ada adalah komputer/laptop dan software yang berkaitan dengan Program Basis Data. Dalam penelitian ini menggunakan Visual Basic 0.6 sebagai alat perhitungan, kemudian lakukan langkah-langkah berikut :
 - a. Buatlah design program sesuai dengan keinginan, yang di dalamnya memuat input dan out put, data input meliputi waktu dan lokasi, sedangkan data out put adalah hasil dari perhitungan yang meliputi jenis gerhana dan waktu saat terjadi gerhana
 - b. Menghitung Julian Day, Julian Day menjadi syarat untuk menghitung posisi benda bulan, matahari dan planet–planet yang selanjutnya dipakai untuk menentukan gerhana bulan, bulan baru, waktu shalat dan lain–lain.
 - c. Menghitung data-data Matahari seperti Bujur dan Lintang Ekliptika Matahari dan data lainnya dengan menggunakan algoritma VSOP87.
 - d. Menghitung data-data Bulan sebagaimana data Matahari dengan algoritma ELP2000 serta fase-fasenya, fase bulan meliputi New Moon, Firt quarter, Full Moon, dan Last Quarter. Gerhana Bulan hanya akan terjadi saat fase Full Moon.
 - e. Menentukan kemungkinan terjadinya gerhana bulan saat fase purnama atau fullmoon

- f. Jika memungkinkan terjadi gerhana saat purnama, maka hitunglah *Magnitude dan Semi Durasi untuk mendapatkan kontak awal dan kontak akhir gerhana.*

Akurasi Perhitungan Gerhana bulan dengan menggunakan algoritma VSOP87 dan ELP2000 memiliki akurasi yang sangat tinggi, algoritma ini telah dibuktikan oleh para pakar atau ilmuwan yang berkompeten dalam bidang ini, seperti Jean Meeus, Muhammad Odeh, termasuk oleh peneliti sendiri. Namun akurasi dari algoritma ini akan dicapai apabila prosedur pemrograman atau perhitungan juga benar. Tapi jika prosedur pemrograman tidak benar maka hasil perhitungan juga akan Error atau tidak akurat.

DAFTAR PUSTAKA

A. Buku – buku

- Admiranto, A. Gunawan, 2009, *Menjelajahi Tata Surya*, Yogyakarta: Kanisius
- _____, 2009, *Menjelajahi Bintang Galaksi dan Alam Semesta*, Yogyakarta: Kanisius
- Al-Anṣārī, Zakariya., tt, *Fath al-Wahhāb, Juz I*, Beirut: Dār al-Fikr
- Al Babarti, Muhammad ibn Mahmud, tt, *al’Ināyah Syarḥ Hidāyah*, al-Maktabah al-Syamilah
- Al Dimyāṭī, Al-Bakri, tt, *I’ānah Al-Ṭālibīn, Juz I*, Beirut: Dār al-Fikr
- Al Dardiri, tt, *al-Syarkh al Kabīr*, Juz I, Dār al-Fikr
- Al Haṭṭāb, Muhammad ibn Muhammad ibn Abdurrahman, tt, *Mawāhīb al Jalīl fī Syarkhi Mukhtaṣār al-Syaikh Khalīl*, Beirut: Dār al-Fikr
- Al Kasāni, tt, *Badāi al-Ṣanāi’i fī Tartīb al-Syarāi’*, Juz I dan II, al-Maktabah al-Syamilah
- Al Khān, Muṣṭafā dan Al Buga, Muṣṭafā, tt, *al-Fiqh al-Manhaji*, Surabaya: Al Fitrah
- Al Nafrāwī, Ahmad ibn Ghunaim ibn Saḥīm ibn Mahnā, tt, *al-Fawākīh al-Diwāni*, Beirut: Dār al-Fikr
- Al Nawāwī, Abu Zakariya., tt, *al-Majmū Syarḥ al-Muhazzab*, Beirut: Dār al-Fikr
- Al Ramli, Muhammad bin Syihabuddin, 2004, *Nihāyah al-Muhtāj*, Juz I Beirut: Dār al-Fikr
- Al Sarakhsi Al-Hanafī, 2001, *al-Mabsuṭh*, Beirut: Dār Al-Kutub Al-Ilmiyah
- Al Syafī’I, Muhammad ibn Idrīs, tt, *al-Umm*, Beirut: Dār al-Ma’rifah
- Al Syairāzi, Abū Ishāq, tt, *al-Muhazzab*, Juz 1, Beirut: Dār al-Fikr
- Arkanuddin, Mutoha dan Fahrurrazi, Djawahir, 2009, *Ilmu Falak dan Pergerakan Benda Langit*, Yogyakarta: RHI
- Al-Auqāf, Wizārah, *Al Mausū’ah al-Fiqhiyyah al Kuwaitiyyah*, Kuwait
- Azhari, Susiknan, 2007, *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan sains Modern*, Yogyakarta, suara Muhammadiyah
- _____, 2008, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Cet 2
- _____, 2004, *Ilmu Falak Teori dan Praktek*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah
- Beazley.Mitchell, 2002, *Philip’s Astronomy Encyclopedia*, London: Octopus Publishing Group
- Bretagnon, P and Simon,J.-L. 1986, *Planetary Programs and Tables from -4000 to +2800*, Virginia: William Bell, Richmond
- Al-Bujairamī, Sulaiman., 1995, *al-Bujairami ‘ala al-Khatib*, Beirut: Dar al-Fikr
- Chapront, Jean dan Francou, G’erard, 1983, *The Lunar Theory Elp2000 Revisited*, Perancis: Observatoire de Paris
- Chapront Touze,M dan Chapront, J, *Lunar Tables and Programs from 4000 B.C. to A.D. 8000*, 1991 , Virginia : Willmann-Bell, Richmond

- Djamaluddin, T., 2005, *Menggagas Fiqih Astronomi, Telaah Hisab-Rukyat dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, cet. I, Bandung: Kaki Langit
- _____, et al. 2010, *Hisab Rukyat di Indonesia serta Permasalahannya*, Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
- Dirjen Badan Peradilan Agama Mahkamah Agung RI, 2007, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Dirjen Badilag MA RI
- Djambek.Saadoe'ddin. tt, *Shalat dan Puasa di Daerah Kutub*
- _____, 1974, *Pedoman Waktu Shalat sepanjang Masa (Guna Mengetahui Waktu-Waktu Shalat yang Lima Bagi Setiap Tempat di Antara Lintang 7° Utara dan Lintang 10° Selatan)*, Jakarta: Penerbit Bulan Bintang
- _____, 1976, *Hisab Awal Bulan*, Cet. 1, Jakarta: Penerbit Tintamas Indonesia
- Dyayadi, 2008, *Alam Semesta Bertawaf*, Yogyakarta: Lingkaran
- Fahrurrazi, Djawahir & Bilal Ma'ruf, 2010, *Sistem Koordinat: Sistem Koordinat Terrestrial, Sistem Koordinal Langit, Transformasi Koordinat*, Yogyakarta: Teknik Geodesi Fakultas Teknik UGM
- Ibn Abdurrahman, Muhammad., tt, *Mawāhib al Jalīl*, Beirut: Dār al Fikr.
- Ibn, 'Abidīn, tt, *Radd al-Muhtār alā al-Dur al-Mukhtār*, al-Maktabah al-Syamilah
- Ibn Hamam, Kamāluddin., tt, *Fath al-Qādir*, al-Maktabah al-Syamilah
- Ibn Khuzaimah, 1970, *Ṣaḥīḥ Ibn Khuzaimah*, Baeirut: Beirut: Al Maktab Al Islāmī
- Ibn Najim, Zainuddin Ibn Ibrāhīm., 1997, *al-Bahru Al-Rāiq Syarh Kanzu Al Daqāiq*, : Dār al Fikr al-'Ilmiyyah
- Ibn Qudāmah, Abu Muhammad 'Abdullāh., 1992, *Al-Mughnī*, Juz I, Beirut: Dār al-Fikr
- _____, tt, *al-Inṣāf*, al-Maktabah al-Syamilah
- Ibn Taimiyyah, Abd al-Salām., tt, *al-Muharrār fī al-Fiqh*, Beirut: Dār al-Ma'ārif
- Ilyas, Mohammad., 1984, *A Modern Guide to Astronomical Calculations of Islamic Calendar Times & Qibla*, Kuala Lumpur, Berita Publishing
- _____, 1997, *Sistem Kalendar Islam Dari Perspektif Astronomi*, Selangor Malaysia: Dewan Bahasa dan Pustaka
- Izzudin, A., 2007, *Fiqih Hisab Rukyah menyatukan NU & MUHAMMADIYAH dalam penentuan AWAL RAMADHAN, IDUL FITRI, dan IDUL ADHA*, Jakarta: Erlangga.
- Karttunen, Hannu et.al, 1995, *Fundamental Astronomy*, New York: Spinger
- Khafid, 2010, *Modul Kuliah Astronomi dan Hisab Kontemporer*, Semarang: Pascasarjana IAIN Walisongo
- Khazin, M.,2004, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta: Buana Pustaka
- _____, 2005, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka
- King, D. A. 2004, *In Synchrony With The Heavens Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*, Leiden : Koninklijke Brill NV
- Madcoms, 2004 *Microsoft Visual Basic 6.0*, Yogyakarta: Penerbit Andi
- _____,2003, *Database Visual Basic 6.0 dengan SQL*, Yogyakarta: Penerbit Andi

- Majlis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah, 2009, *Pedoman Hisab Muhammadiyah*, Yogyakarta: Tim Majlis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah
- Maskufa, 2009, *Ilmu Falaq*, Jakarta: Gaung Persada Press
- Meeus, Jean, 1991, *Astronomical Algorithms*, Virginia: Williamn-Bell Inc
- _____, 1983, *Astronomical Tables of the Sun, Moon and Planets*, Virginia: Williamn-Bell Inc
- Moulton, Forest Ray, 1916, *An Introductionto Astronomy*, New York: The Macmillan Company
- Murtadho. Muh, 2008, *Ilmu Falak Praktis*, Malang: UIN Malang Press
- Al-Nawawi, tt, *Al-Majmu' Syarkhu al-Muhazzab*
- Rachim, Abd. 1983, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty
- Setyanto, Hendro. 2008, *Membaca Langit*, Jakarta: Al-Ghuraba
- Simamora, P., 1985, *Ilmu Falak (Kosmografi) Teori, Perhitungan, Keterangan dan Tulisan*, Cet. 30, Jakarta: Penerbit C.V Pedjuang Bangsa
- Suryabrata, Sumadi., 1997, *Metodologi Penelitian*, Jakarta: PT RajaGrafindo Persada
- Nautical Alamanc Office USNO & Royal Greenwich Observatory HMNAO, 1994, *The Astronomical Almanac*, U.S. Government Printing Office.
- Wahono, R.S., 2003. *Cepat Mahir Algoritma dalam bahasa C*. IlmuComputer.com
- Al-Zuhailiy, Wahbah. 1989 , *al-fiqh al-Islamy wa Adillatuhu*, cet k-3, Damsyiq: Dar al-Fikr

B. Jurnal, Artikel dan Makalah

- Borkowski, K.M., “ELP 2000-85 and the Dynamical Time – Universal Time relation”, *Astronomy and Astrophysics* vol.205, 1988
- Bretagnon, P. & Francou, G. “Planetary Theories in Rectangular and Spherical Variables - VSOP 87 Solutions”, *Astronomy and Astrophysics* vol. 202, no. 1-2, Agustus 1988
- Bretagnon, P, “Theorie du Mouvement de l’ensemble des planētes. Solution VSOP82”, *Astronomy and Astrophysics* vol.114, 1982
- Chapront Touze,M dan Chapront, J, “The Lunar Ephemeris ELP2000”, *Jurnal Astronomy and Astrophysics* vol: 124, 1983
- Djameluddin, 2010, *Problematika Waktu Shalat Subuh*, Makalah yang disampaikan dalam Seminar Sehari “Awal Waktu Subuh, Perspektif Islam dan Sains” di PPMI Assalaam pada tanggal 1 Agustus 2010

Khafid, 2003, *Algoritma Astronomi Modern Dan Penentuan Awal Bulan Islam Secara Global*, Makalah dalam Seminar dan Workshop Nasional: Aspek Astronomi dalam Kalender Bulan dan Kalender Matahari di Indonesia, Senin 13 Oktober 2003

Zahid, Abdul Muid, 2007, *Belajar Ilmu Hisab*, Jawa Timur

C. Internet

<ftp://ftp.imcce.fr/pub/ephem/planets/vsop87/> diakses pada tanggal 4 Juli 2010
<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEpath/ve82-predictions.html> diunduh pada hari Kamis, 28 Oktober 2010 Jam 06.15 WIB

<http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/ftp-index?ftp/cats/VI/81>

<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/lunar.html>

<http://www.eramuslim.com/syariah/ilmu-hisab/gerhana-bulan-parsial-26-juni-2010.htm>

<http://www.eramuslim.com/syariah/ilmu-hisab/transformasi-sistem-koordinat.htm>

<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/phase/phases2001.html>

_____ 2009, *Menghitung Posisi Matahari*,

<http://eramuslim.com>

http://id.wikipedia.org/wiki/tata_koordinat_langit/ diakses pada tanggal 13 April 2010 pukul 21.30 WIB

<http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/3098235>, diakses pada tanggal 2 Januari 2011

CUCICULUM VITAE

Nama : Bashori Alwi, S.H.I

Alamat : Jl. Garuda no 16 Gang Pendopo Indah Wedusan
Lor Rt/Rw 01/02 - Balung Anyar – Lekok –
Pasuruan – Jawa Timur

Tempat Tanggal Lahir : Pasuruan, 27 Desember 1983

Pendidikan Formal :

1. SDN Balung Anyar Lekok
2. MTs YTP NU Lekok Pasuruan
3. MA Nurul Jadid Paiton Probolinggo
4. Perguruan Tinggi : IAI Nurul Jadid Fakultas
Syari'ah Paiton Probolinggo
5. Pasca Sarjana IAI Negeri Walisongo
Semarang – Jawa Tengah

Pendidikan Non Formal : Pondok Pesantren Nurul Jadid Paiton
Probolinggo,
MI Raudlatu Shibyan Balung Anyar

Pengalaman Organisasi : Biro Kepesantrenan PP.Nurul Jadid
Biro Keuangan PP Nurul Jadid
Fak. Syariah IAI Nurul Jadid
Wakil Ketua Osis MTs YTP NU Lekok
Bendahara BEM IAI Nurul Jadid

Nomor Telp. : HP. 0852 369 00267