

BAB III

RANCANGAN PEMBUATAN QIBLA LASER

A. Deskripsi Umum Tentang Qibla Laser Sebagai Penentu Arah Kiblat

1. Pengertian Qibla Laser

Qibla laser merupakan alat yang menjadikan Matahari dan Bulan sebagai acuan untuk menentukan arah kiblat. Sebenarnya setiap benda langit merupakan benda yang bisa membantu kita untuk menunjukkan arah dan waktu, akan tetapi dalam hal ini hanya dijelaskan dua benda langit yaitu Matahari dan Bulan.



Gambar 3.1 Tampilan Qibla Laser

Secara umum Qibla Laser terdiri dari dua kata yaitu Qibla dan Laser. Qibla ialah kiblat yang merupakan arah menghadap setiap muslim dalam melakukan salat, sehingga semua gerakan salat, baik ketika berdiri, ruku'

maupun sujud senantiasa berimpit dengan arah itu.¹ sedangkan Laser ialah suatu cahaya yang mempunyai sifat *monokromatis* (tunggal/hanya satu), *koheren*, terarah dan *brightness* (sifat kecerahan tinggi). Laser ini juga sebagai pengganti teropong dalam pembidikan tempat yang akan ditentukan arah kiblatnya.

Dalam metode ini laser menjadi alat penentu arah kiblat sehingga perlu dijelaskan secara umum apa itu sinar laser, prinsip dan cara kerja sinar laser serta fungsi dari sinar laser itu sendiri.

a) Konsep Umum Tentang Sinar Laser

Laser adalah singkatan dari Bahasa Inggris yaitu *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, yang artinya adalah cahaya yang diperkuat oleh pancaran radiasi yang terstimulasi. Jadi sinar laser dihasilkan dari sumber pancaran radiasi. Pada teknologi laser, cahaya yang dihasilkan mempunyai karakteristik tersendiri yaitu: *monokromatik* (satu panjang gelombang yang spesifik), *koheren* (pada frekuensi yang sama), dan menuju satu arah yang sama sehingga cahayanya menjadi sangat kuat, terkonsentrasi, dan terkoordinir dengan baik.²

b) Prinsip dan Cara Kerja Sinar Laser

Laser adalah suatu sumber cahaya *koheren* yang sifatnya *monokromatik* dan selalu lurus. Teknik dan cara kerja sinar laser ini terdiri dari dua cakupan

¹ Muhyidin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005, hlm. 67

²<http://www.engineeringtown.com/kids/index.php/kamu-harus-tahu/185-apa-itu-sinar-laser>, diakses pada hari Kamis tanggal 20 Maret 2014 pukul 21:30 WIB.

yaitu elektronika dan optika. Sedang para ilmuwan lebih sering menggolongkannya pada bidang elektronika kuantum.

Laser bisa muncul karena terjadi suatu proses yang dinamakan relaksasi electron. Ketika proses ini berlangsung, ada beberapa foton yang terlepas secara teratur. Ini berbeda dengan cahaya pada lampu senter atau sejenisnya. Proses pelepasan foton tidak terjadi dengan teratur tapi acak.

Selanjutnya laser tersebut akan memunculkan cahaya atau sinar yang punya ukuran panjang gelombang tertentu. Sedang prosesnya, pertama electron yang posisinya dalam keadaan ground state dalam pita valensi mendapatkan energi, lalu statusnya menjadi naik terhadap pita konduksi atau dalam keadaan eksitasi.

Cara kerja sinar laser selanjutnya, electron sudah muncul lagi pada posisi awal atau *ground state* yang diikuti oleh foton yang lepas. Agar energi yang diambil cukup besar maka dibutuhkan suatu resonator yang dapat berupa cermin atau lensa. Saat masuk dalam resonator, foton yang terlepas ini saling memantulkan cahaya pada dinding resonator hingga punya daya yang sanga kuat untuk meninggalkannya.

Sinar pantulan atau laser yang kuat inilah yang kemudian dipakai untuk alat potong, seperti laser CO₂. Sistem dan cara kerja sinar laser yang baik yaitu yang punya tingkat pelebaran rendah tapi punya energi foto yang tinggi. Hasil tersebut akan menciptakan sinar atau cahaya yang lebih baik dan sempurna.³

³ <http://www.anneahira.com/cara-kerja-sinar-laser-dapat.htm>, diakses pada hari Kamis tanggal 20 Maret 2014 pukul 21:40 WIB.

c) Fungsi Sinar Laser

Teknologi dan cara kerja sinar laser bisa diaplikasikan untuk aneka macam keperluan. Misalnya laser pointer yang digunakan untuk melakukan presentasi, atau laser untuk meluruskan arah dan target tembakan. Selain itu sinar laser juga sering dipakai sebagai alat pemotong yang pada saat ini telah banyak diaplikasikan di pabrik-pabrik elektronik dan baja.

Kekuatan	Kegunaan / Fungsinya
1-5 mW	Laser Penunjuk
5 mW	Perangkat CD-ROM
5–10 mW	DVD Player Atau Perangkat DVD-ROM
100 mW	Kecepatan Tinggi Pembakaran Citra CD-RW
250 mW	Pemakai Pembakaran DVD-R 16x
400 mW	Membakar Kotak Perhiasan Dengan Diska Didalamnya Selama 4 Detik
	Percetakan DVD Piringan Ganda 24x

Tabel 3.1 Daftar Kekuatan Laser Dan Kegunaan Laser⁴

2. Komponen Qibla Laser

Qibla Laser terdiri dari beberapa komponen yang berfungsi sebagai penentu kiblat secara cepat, dan akurat. Bagian ini terdiri dari beberapa komponen penting yaitu *tripod*, bidang datar, bidang dial putar, *mounting*, *semicircle* (setengah lingkaran), lubang pengintai.

a. *Tripod*

Tripod atau kaki tiga adalah dasar (*base*) atau penopang yang menyangga alat survey dan menjaga agar tetap stabil pada tanah saat

⁴ <http://id.wikipedia.org/wiki/Laser>, diakses pada hari Kamis tanggal 20 Maret 2014 pukul 21:45 WIB.

penelitian.⁵ *Tripod* ini terdiri dari tiga buah alas penyangga yang terbuat dari kayu untuk menjaga kestabilan benda pada tanah dan batangnya berbahan logam agar kaki tiga terpancang dengan kokoh. *Tripod* yang terpasang pada bidang level termasuk dalam kategori *extensionleg tripod* yaitu jenis *tripod* yang kakinya dapat diatur ke atas atau ke bawah, panjang atau pendek yang sangat berguna untuk mengatur pada permukaan tanah yang tidak rata.⁶



Gambar 3.2 *Tripod* Qibla Laser Dengan Menggunakan Kayu dan Panjang 1 Meter

Tanpa *tripod* bidang level tidak akan berfungsi secara maksimal karena *tripod* inilah yang akan mengatur keseimbangan benda yang berdiri di atasnya. Apabila bidang level tidak seimbang, maka hasil pengukuran pun dapat dipastikan tidak akurat.

⁵ Lawrence E. Jones, *The Sundial and Geometry*, Edisi Ke-2, Glastonbury: North American Sundial Society, 2005. hlm. 64.

⁶ *Ibid*, hlm. 65.

b. Bidang Datar

Pengertian bidang (bidang datar) adalah kumpulan titik⁷ yang mempunyai panjang dan lebar serta digambarkan sebagai permukaan datar, halus dan tipis⁸ atau bidang dimana setiap titik di atasnya tegak lurus pada satu titik acuan. Suatu bentuk air tenang dapat dianggap sebuah bidang datar apabila pengaruh dari faktor lain seperti angin, pasang surut, arus, dan rotasi Bumi bisa dihilangkan.⁹



Gambar 3.3 Bidang Dial Qibla Laser Dengan Diameter 29 cm

Bidang level pada Qibla Laser berfungsi sebagai pondasi agar Qibla Laser dapat kokoh sekaligus pengatur keseimbangan benda yang berada di atasnya yaitu bidang dial putar. Jika bidang level ini tidak ada, maka bidang dial tidak dapat bekerja sesuai dengan fungsinya dan bersifat kaku karena tidak dapat diputar.

⁷ Titik tidak mempunyai panjang atau lebar, hanya untuk menentukan letak. Lihat Ahsanul In'am, *Pengantar Geometri*, Malang: Bayu Media Publishing, 2003, hlm. 2.

⁸ *Ibid*

⁹ James R. Wirshing dan Roy H. Wirshing, *Pengantar Pemetaan (Teori dan soal-soal)*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 1995, hlm. 87.

c. Bidang Dial Putar

Dinamakan bidang dial putar karena bidang ini berfungsi sebagai penampung cahaya yang dihasilkan oleh sinar Matahari dan bisa diputar 360°. Penulis mendefinisikan bidang dial putar yaitu kumpulan titik yang mempunyai panjang dan lebar serta digambarkan sebagai permukaan datar yang dapat diputar.



Gambar 3.4 Bidang Dial Putar Qibla Laser Dengan Diameter 27 cm

Bidang ini juga dilengkapi dengan lingkaran kosentris sebagaimana tongkat istiwa pada umumnya dan skala busur dengan skala terkecil 1° yang memungkinkan untuk memperoleh ketelitian yang mencukupi untuk menentukan arah kiblat.

Luas lingkaran bidang dial adalah 1074,7 cm¹⁰ dengan jari-jari 18,5 cm, dan kelilingnya adalah 116,2 cm. Bahan dasar pembuatan bidang dial putar sama dengan bidang level yaitu kayu yang dilapisi oleh cat.

¹⁰ Luas Lingkaran $A = \pi r^2$ dan keliling lingkaran $B = 2\pi r$ dengan keterangan $\pi = 3,14$ dan $r = 18,5$ cm

d. *Mounting*

Mounting yang dimaksud dalam Qibla Laser ialah penyangga bidang *semicircle*. *Mounting* Qibla Laser terbuat dari besi yang dilengkungkan sebesar 90 derajat sehingga membuat 3 siku-siku, fungsi melengkungkan *Mounting* untuk mencentralkan bidang *semicircle*.



Gambar 3.5 *Mounting* Qibla Laser Dengan Panjang 25 cm dan Penanda Derajat Dengan Bentuk Seperti Sabit.

e. *Semicircle* (Setengah Lingkaran)

Semicircle merupakan bidang vertical yang dilengkapi dengan busur derajat. Skala derajat dalam bidang vertical ini 180 derajat, dan panjang diameternya 12 cm. Dinamakan *semicircle* karena bentuknya setengah lingkaran yang berfungsi untuk menentukan *altitude* (ketinggian benda langit).



Gambar 3.6 *Semicrcl*e (Setengah Lingkaran) Qibla Laser dengan Diameter 12 cm

f. Lubang Pengintai

Untuk membidik benda langit harus dengan menggunakan lubang pengintai sebagai pengganti teropong, jika untuk membidik Matahari dengan mengambil cahaya serta memfokuskan ketitik yang paling terang, sedangkan untuk membidik Bulan harus membidik secara langsung ke lubang pengintai.



Gambar 3.7 Lubang Pengintai Qibla Laser Dengan Panjang 12 cm dan Dilengkapi Dengan 2 Lingkarang di atasnya Untuk Menempatkan Laser.

B. Menghitung Posisi Benda-Benda Langit

1. Menghitung Posisi Matahari

Matahari bersinar setiap hari, terbit pagi hari di ufuk timur, mencapai posisi tertinggi di langit pada siang hari dan terbenam sore hari di ufuk barat. Di malam hari, Matahari berada di bawah ufuk dan kemudian keesokan hari kembali muncul di pagi hari. Keteraturan ini terjadi setiap hari dan dapat dipelajari oleh manusia.¹¹

Waktu terbit dan terbenam Matahari setiap hari selalu berubah meskipun kecil. Demikian pula posisi Matahari saat terbit dan terbenam. Bagi yang tinggal di dekat garis khatulistiwa, seperti di Indonesia, akan mengamati perubahan posisi terbitnya Matahari dengan jelas. Suatu saat terbit tepat di arah timur (azimuth 90 derajat), di lain hari sudah bergeser sedikit ke arah utara (azimuth kurang dari 90 derajat). Kemudian kembali lagi tepat di arah timur, lalu bergeser sedikit ke arah selatan (azimuth lebih dari 90 derajat) dan kemudian kembali lagi tepat di arah timur. Demikian pula dengan pergeseran tempat terbenamnya Matahari di ufuk barat.¹²

Langkah awal dalam penentuan arah kiblat dengan Qibla Laser dengan menghitung posisi Matahari meliputi bujur ekliptika, jarak Matahari ke Bumi, *right ascension*, deklinasi, azimuth dan *altitude*.

¹¹ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, materi perkuliahan untuk mata kuliah Mekanika Benda Langit Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Gadjah, hlm. 63.

¹² Baharrudin Zainal, *Ilmu Falak*, Terengganu Malaysia: Dawama, 2004, hlm. 58.

a. Data Matahari yang Dimuat Dalam Proses Perhitungan.¹³

1. *Ecliptic Longitude* (Bujur Astronomi Matahari), yaitu jarak Matahari dari titik aries diukur sepanjang lingkaran ekliptika.
2. *Ecliptic Latitude* (Lintang Astronomi Matahari), yaitu jarak titik pusat Matahari dari lingkaran ekliptika sepanjang lingkaran kutub ekliptika.
3. *Apparent Right Ascension* (Panjatan Tegak), yaitu jarak Matahari dari titik aries diukur sepanjang lingkaran ekuator.
4. *Apparent Declination* (Deklinasi Matahari), yaitu jarak Matahari dari ekuator diukur sepanjang lingkaran deklinasi.
5. *True Geosentric Distance* (jarak Geosentris), jarak antara Bumi dan Matahari dalam satuan AU (1 AU = 150 juta km).
6. *Semi Diameter* (jari-jari piringan Matahari), jarak titik pusat Matahari dengan piringan luarnya.
7. *True Obliquiti* (Kemiringan Ekliptika), yaitu kemiringan ekliptika dari ekuator.
8. *Equation of Time* (Perata Waktu), yaitu selisih antara waktu kulminasi Matahari hakiki dengan waktu kulminasi Matahari pertengahan (rata-rata).

b. Rumus Menentukan Posisi Matahari

Dalam mengetahui posisi Matahari pada tanggal dan waktu tertentu dan diamati di tempat tertentu (bujur, lintang). Waktu yang digunakan dinyatakan dalam *Local Time* (LT), atau *Universal Time* (UT). Jika dinyatakan dalam *Local*

¹³ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta: Pustaka Buana, Cet IV, 2004, hlm.153.

Time (waktu setempat), maka konversikan dulu ke *Universal Time* dengan cara mengurangkannya dengan zona waktu.

Proses perhitungan posisi Matahari dengan menggunakan sistem perhitungan Jean Meus ditempuh dengan langkah-langkah sebagai berikut:¹⁴

- a. Menghitung nilai *Julian Day* (JD)¹⁵ untuk waktu *Local Time* (LT) tersebut.
- b. Menghitung nilai *Delta_T*.¹⁶
- c. Menghitung *Julian Day Ephemeris* (JDE) untuk waktu *Dynamical Time* (TD) = JD + *Delta_T*.
- d. Menghitung nilai T yang diperoleh dari JDE tersebut. Rumusnya adalah $T = (JDE - 2451545) / 36525$.¹⁷
- e. Menghitung nilai bujur rata-rata Matahari = $L_0 = 280,46645 + 36000,76983 * T$.
- f. Menghitung *anomali* rata-rata Matahari adalah $M_0 = 357,5291 + 35999,0503 * T$.
- g. Menghitung nilai koreksi = $C = (1,9146 - 0,0048 * T) * \sin(M_0) + (0,0200 - 0,0001 * T) * \sin(2 * M_0) + 0,0003 * \sin(3 * M_0)$.
- h. Menghitung *eksentrisitas* orbit bumi (e) = $0,0167086 - 0,0000420 * T$.

¹⁴ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, materi perkuliahan untuk mata kuliah Mekanika Benda Langit Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Gadjah Mada.

¹⁵ *Julian day* adalah perhitungan yang berlanjut berupa pecahan yang hitung mulai tahun - 4712. *Julian day* dimulai tepat pada siang hari yaitu pukul 12 *Universal Time* (UT). *Julian Day* selalu berkorespondensi dengan *Dynamical Time* atau *Julian Ephemeris Day* (JDE). Lihat Jean Meeus, *astronomical Algorithms*, Virgia : Willman-Bell, Inc, 1991, hlm 59

¹⁶ Selisih antara TD (*Dynamical Time*) dengan UT (*Universal Time*) adalah *Delta_T* yang dirumuskan sebagai $\Delta T = TD - UT$. Lihat Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, *op.cit.* hlm.20.

¹⁷ 2451545 bersesuaian dengan JDE untuk tanggal 1 Januari 2000 pukul 12 TD. Sementara itu 36525 adalah banyaknya hari dalam 1 abad (100 tahun).

- i. Menghitung bujur ekliptika sesungguhnya = $L = L_0 + C$.
- j. Menghitung *anomali* sesungguhnya = $M = M_0 + C$.
- k. Menghitung *omega* = $125,04452 - 1934,13626 * T$.
- l. Menghitung kemiringan orbit rata-rata = $Epsilon_0 = 23,43929111 - 0,01300417 * T$.
- m. Menghitung $Delta_Epsilon = 0.002555556 * COS (Omega) + 0.00015833 * COS (2*L_0)$.
- n. Menghitung kemiringan orbit = $Epsilon = Epsilon_0 + Delta_Epsilon$.
- o. Menghitung waktu *Greenwich Sidereal Time* (GST) untuk waktu UT.
- p. Menghitung waktu *Local Sidereal Time* (LST) untuk waktu UT tersebut.¹⁸

Koordinat Ekliptika Geosentrik (*Lambda, Beta, Jarak*)

- 1) Bujur ekliptika nampak = $Lambda = Bujur Ekliptika sesungguhnya (L) - 0,00569 - 0,00478 * SIN (Omega)$. Nilai $Lambda$ antara 0 dan 360 derajat.
- 2) Lintang ekliptika (*Beta*) menurut metode ini selalu dianggap nol derajat.
- 3) Jarak Matahari-Bumi = $R = 1,000001018 * (1 - e^2) / (1 + e * COS (M))$.
Satuan R adalah astronomical unit (AU). 1 AU = 149598000 km.

Koordinat Ekuator Geosentrik (*Alpha, Delta*)

- 1) Dengan menganggap *Beta* untuk Matahari = 0, maka rumus transformasi koordinat dari koordinat ekliptika ke ekuator menjadi lebih sederhana.
- 2) $TAN (Alpha) = Abs (COS (Epsilon) * SIN (Lambda)) / Abs (COS (Lambda))$.

¹⁸ Satuan untuk L_0 , M_0 , C , L , M , *Omega*, *Epsilon*, *Delta_Epsilon* dan *Epsilon* adalah derajat. Untuk L_0 , M_0 , L , M dan *Omega*, jika nilainya lebih dari 360 derajat atau negatif, maka kurangkan atau tambahkan dengan kelipatan 360 derajat, hingga akhirnya sudutnya terletak antara 0 dan 360 derajat

3) *Right Ascension = Alpha* = $ATAN (TAN (Alpha))$.¹⁹

4) Rumus untuk deklinasi adalah :

- $SIN (Delta) = SIN (Epsilon) * SIN (Lambda)$.
- $Deklinasi = Delta = ASIN (SIN (Delta))$.²⁰

Koordinat Horizon (Azimuth, *Altitude*)

1) *Hour Angle* = HA = LST – *Alpha*.

2) Rumus untuk menentukan Azimuth Matahari adalah:

- $TAN (Azimuth_s) = Abs (SIN (HA)) / Abs (COS (HA) * SIN (Lintang Tempat) - TAN (Delta) * COS (Lintang Tempat))$.
- $Azimuth_s = ATAN (TAN (Azimuth_s))$.
- $Azimuth = Azimuth_s + 180$ dengan satuan derajat.²¹

3) Rumus untuk menentukan tinggi Matahari (*Altitude*) adalah:

- $SIN (Altitude) = SIN (Lintang Tempat) * SIN (Delta) + COS (Lintang Tempat) * COS (Delta) * COS (HA)$.
- $Altitude = ASIN (SIN (Altitude))$.²²

¹⁹ Satuan *Alpha* adalah derajat. Selanjutnya karena biasanya *Alpha* dinyatakan dalam satuan jam, maka *Alpha* bersatuan derajat tersebut harus dibagi 15. *Alpha* terletak antara pukul 00:00:00 dan pukul 23:59:59. Jika *Alpha* diluar rentang tersebut, tambahkan atau kurangkan dengan kelipatan dari 24 jam

²⁰ Nilai deklinasi Matahari berada dalam rentang sekitar -23,5 hingga 23,5 derajat.

²¹ $Azimuth_s$ diukur dari titik Selatan, sedangkan Azimuth berpatokan dari titik Utara. Arah Azimuth sesuai dengan arah jarum jam. Azimuth 0, 90, 180 dan 270 derajat masing-masing menunjuk arah Utara, Timur, Selatan dan Barat.

²² *Altitude* berada dalam rentang -90 hingga 90 derajat.

2. Menghitung Posisi Bulan

Bulan dalam bahasa Inggris disebut *Moon*, yaitu satu-satunya benda langit yang mengikuti Bumi. Bulan tidak memancarkan sinar sendiri, terlihat dari Bumi karena menerima sinar dari Matahari. Pada saat ijtimak, Bulan tidak memantulkan sinar ke Bumi, dari hari ke hari Bulan mulai nampak dengan diawali bentuk seperti sabit. Semakin lama semakin membesar sehingga pada hari 14 dan 15 terjadi purnama (*Full Moon*), akhirnya pada malam 29 cahayanya makin menghilang yang disebut *Muhak*²³

Menentukan posisi Bulan termasuk hal penting dalam ilmu hisab. Misalnya, menentukan berapakah azimuth dan ketinggian bulan pada saat maghrib pada hari terjadinya ijtimak atau hari sesudahnya. Juga, menentukan kapan Bulan terbit, transit dan terbenam jika diamati dari suatu tempat tertentu.²⁴ Dalam hal menentukan arah kiblat, posisi Bulan juga penting sebagai acuan atau pengganti Matahari dalam menentukan arah kiblat suatu tempat.

Pada perhitungan menentukan posisi Bulan di langit berdasarkan teori Brown. Ernest W. Brown adalah seorang astronom berkebangsaan Inggris abad 19. Seperti biasa, pertama kali akan dihitung posisi Bulan menurut koordinat ekliptika geosentrik, yaitu nilai bujur ekliptika (*lambda*), lintang ekliptika (*beta*) dan jarak Bumi-Bulan.²⁵

²³ Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, cet II, 2008, hlm. 174

²⁴ Susiknan Azhari, *Ensiklopedia...op.cit*, hlm. 175

²⁵ Rinto Anugraha, *Mekanika...*, *op.cit*. hlm. 98.

Jika Bulan diproyeksikan/ditarik tegak lurus ke bidang horison/ufuk, maka *altitude* adalah sudut ketinggian Bulan dari ufuk, sedangkan azimuth, seperti telah dijelaskan pada tulisan-tulisan sebelumnya adalah sudut antara titik utara (azimuth 0 derajat) dengan titik proyeksi Bulan di ufuk yang diukur dari arah utara mengikuti arah jarum jam.

Dalam proses perhitungan perhitungan posisi Bulan ada beberapa istilah yang perlu diketahui, diantaranya :²⁶

1. *Apparent Longitude* (Bujur Astronomis Bulan), yaitu jarak dari titik aries sampai titik perpotongan antara lingkaran kutub ekliptika yang melewati Bulan dengan lingkaran ekliptika, diukur sepanjang lingkaran ekliptika.
2. *Apparent Latitude* (Lintang Astronomis Bulan), yaitu jarak antara Bulan dengan lingkaran ekliptika diukur sepanjang lingkaran kutub ekliptika.
3. *Apparent Right Ascension* (Panjatan Tegak), yaitu jarak dari titik aries sampai titik perpotongan lingkaran deklinasi yang melewati Bulan dengan ekuator, diukur sepanjang lingkaran ekuator.
4. *Apparent Declination* (Deklinasi Bulan), yaitu jarak Bulan dari ekuator sepanjang lingkaran deklinasi.
5. *Horizontal Parallax* (Beda lihat), yaitu sudut antara garis yang ditarik dari titik pusat Bulan ketika di ufuk ke titik pusat Bumi dan garis yang ditarik dari titik pusat Bulan ketika itu ke permukaan Bumi.
6. *Semi Diameter* (jari-jari piringan Bulan), yaitu jarak antara titik pusat Bulan dengan pringan luarnya.

²⁶ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta: Pustaka Buana, Cet IV, 2004, hlm.154.

Proses perhitungan posisi Bulan dengan menggunakan sistem algoritma Brown ditempuh dengan langkah-langkah sebagai berikut:²⁷

- a. Menghitung nilai *Julian Day* (JD) untuk waktu *Local Time* (LT) tersebut.
- b. Menghitung nilai *Delta_T*.
- c. Menghitung *Julian Day Ephemeris* (JDE) untuk waktu *Dynamical Time* (TD) = JD + *Delta_T*.
- d. Menghitung nilai T yang diperoleh dari JDE tersebut. Rumusnya adalah $T = (JDE - 2451545) / 36525$.²⁸
- e. Menghitung nilai bujur rata-rata Bulan = $U = 218,317 + 481267,883 * T$
- f. Menghitung *anomali* rata-rata Bulan = $V = 134,954 + 477198,849 * T$
- g. Menghitung *Omega* = $125,041 - 1934,142 * T$
- h. Menghitung nilai bujur rata-rata Matahari adalah $L = 280,46645 + 36000,76983 * T$.
- i. Menghitung *anomali* rata-rata Matahari adalah $M = 357,5291 + 35999,0503 * T$.
- j. Menghitung nilai koreksi:
 - koreksi 1 = $22640 * \text{SIN}(V) + 769 * \text{SIN}(2*V) + 36 * \text{SIN}(3*V)$
 - koreksi 2 = $-125 * \text{SIN}(U - L)$
 - koreksi 3 = $2370 * \text{SIN}(2 * (U - L))$
 - koreksi 4 = $-668 * \text{SIN}(M)$

²⁷ Rinto Anugraha, *Mekanika...*, loc.cit

²⁸ 2451545 bersesuaian dengan JDE untuk tanggal 1 Januari 2000 pukul 12 TD. Sementara itu 36525 adalah banyaknya hari dalam 1 abad (100 tahun).

- koreksi 5 = $-412 * \text{SIN}(2 * (U - \text{Omega})) + 212 * \text{SIN}(2 * (U - L - V))$
- koreksi 6 = $4586 * \text{SIN}(2 * (U - L) - V) + 206 * \text{SIN}(2 * (U - L) - V - M) + 192 * \text{SIN}(2 * (U - L) + V) + 165 * \text{SIN}(2 * (U - L) - M) + 148 * \text{SIN}(V - M) - 110 * \text{SIN}(V + M)$
- Total koreksi C = $(K1 + K2 + K3 + K4 + K5 + K6) / 3600$

- k. Menghitung *true longitude (lambda)* = bujur rata-rata Bulan (U) + C
- l. Menghitung lintang ekliptika Bulan (*Beta*) = $18520 * \text{SIN}(L - \text{Omega}) + 0,114 * \text{SIN}(2 * (U - \text{Omega})) + 0,150 * \text{SIN}(M) - 526 * \text{SIN}(2 * L - U - \text{Omega}) + 44 * \text{SIN}(2 * L - U - \text{Omega} + V) - 31 * \text{SIN}((2 * L - U - \text{Omega} - V)) - 23 * \text{SIN}((2 * L - U - \text{Omega} + M)) + 11 * \text{SIN}((2 * L - U - \text{Omega} - M)) - 25 * \text{SIN}(U - \text{Omega} - 2 * V) + 21 * \text{SIN}(U - \text{Omega} - V)$.
- m. Menghitung sudut paralaks Bumi-Bulan (*Phi*) = $(3423 + 187 * \text{COS}(V) + 10 * \text{COS}(2 * V) + 34 * \text{COS}(2 * (U - L) - V) + 28 * \text{COS}(2 * (U - L)) + 3 * \text{COS}(2 * (U - L) + V)) / 3600$.
- n. Menghitung sudut jari-jari Bulan (*s*) = $\text{ASIN}(0,272493 * \text{SIN}(\text{Phi}))$
- o. Menghitung jarak Bumi – Bulan (*R*) = $6378,14 / \text{SIN}(\text{Phi})$.²⁹
- p. Menghitung *eksentrisitas* orbit Bumi (*e*) = $0,0167086 - 0,0000420 * T$.
- q. Menghitung kemiringan orbit rata-rata (*Epsilon*) = $23,43929111 - 0,01300417 * T$.
- r. Menghitung *Delta_Epsilon* = $0.002555556 * \text{COS}(\text{Omega}) + 0.00015833 * \text{COS}(2 * L_0)$.

²⁹ Bersatuan kilometer (km)

- s. Menghitung kemiringan orbit = $Epsilon = Epsilon_0 + Delta_Epsilon$.
- t. Menghitung waktu *Greenwich Sidereal Time* (GST) untuk waktu UT.
- u. Menghitung waktu *Local Sidereal Time* (LST) untuk waktu UT tersebut.³⁰
- v. Menghitung *Right Ascension* ($Alpha$)

- $TAN(Alpha) = Abs SIN (Lambda) * COS (Epsilon) - TAN (Beta) * SIN (Epsilon) / Abs (COS (Lambda))$.
- $Alpha = ATAN (TAN (Alpha))$.³¹

5) Rumus untuk deklinasi Bulan ($Delta$) adalah :

- $SIN(Delta) = SIN (Beta) * COS (Epsilon) + COS (Beta) * SIN (Epsilon) * SIN (Lambda)$
- $Delta = ASIN (SIN(Delta))$.³²

w. $Hour Angle = HA = LST - Alpha$.

x. Rumus untuk menentukan Azimuth Bulan adalah:

- $TAN (Azimuth_s) = Abs (SIN (HA) / Abs (COS (HA) * SIN (Lintang Tempat) - TAN (Delta) * COS (Lintang Tempat))$.
- $Azimuth_s = ATAN (TAN (Azimuth_s))$.
- $Azimuth = Azimuth_s + 180$ dengan satuan derajat.

y. Rumus untuk menentukan tinggi Bulan ($Altitude$) adalah:

³⁰ Satuan untuk L_0 , M_0 , C , L , M , $Omega$, $Epsilon$, $Delta_Epsilon$ dan $Epsilon$ adalah derajat. Untuk L_0 , M_0 , L , M dan $Omega$, jika nilainya lebih dari 360 derajat atau negatif, maka kurangkan atau tambahkan dengan kelipatan 360 derajat, hingga akhirnya sudutnya terletak antara 0 dan 360 derajat

³¹ Satuan $Alpha$ adalah derajat. Selanjutnya karena biasanya $Alpha$ dinyatakan dalam satuan jam, maka $Alpha$ bersatuan derajat tersebut harus dibagi 15. $Alpha$ terletak antara pukul 00:00:00 dan pukul 23:59:59. Jika $Alpha$ diluar rentang tersebut, tambahkan atau kurangkan dengan kelipatan dari 24 jam

³² Nilai deklinasi Matahari berada dalam rentang sekitar -23,5 hingga 23,5 derajat.

- $\text{SIN}(\textit{Altitude}) = \text{SIN}(\text{Lintang Tempat}) * \text{SIN}(\textit{Delta}) + \text{COS}(\text{Lintang Tempat}) * \text{COS}(\textit{Delta}) * \text{COS}(\text{HA}).$
- $\textit{Altitude} = \text{ASIN}(\text{SIN}(\textit{Altitude})).$

C. Pembuatan Program Perhitungan Posisi Matahari dan Bulan

Dalam menentukan arah kiblat dengan Qibla Laser maka dibutuhkan perhitungan seperti azimuth Matahari dan Bulan, akan tetapi langkah-langkah perhitungannya susah bagi masyarakat umum, sehingga perlu dibuat program. Tipe program ini ialah *.xls* yang merupakan tipe program dari *Microsoft Office Excel*.

Perlu ketelitian untuk memasukkan data-data yang diperlukan ke dalam program, karena data tidak akan muncul atau *error* apabila salah memasukkan data. Berikut penulis jelaskan data dan format input data yang terdapat dalam *Posisi Matahari & Bulan.xls*.

KOTA SEMARANG				
Lintang	6	39	11	S
Bujur	110	21	26	E

WAKTU PERHITUNGAN			
Tanggal	6	Jam	12
Bulan	5	Menit	1
Tahun	2014	Desik	18

POSISI MATAHARI	
DATA PENGAMATAN DI SEMARANG PADA HARI KAMIS WAGE 6 MARET 2014 M JAM 12 : 1 : 12 WIB	
Ecliptic Longitude	345° 32' 41"
Apparent Right Ascension	346° 41' 35"
Apparent Declination	-5° 41' 52"
Eksentrisitas	0° 1' 0"
True Geosentric Distance	0.992037
True Obliquiti	23° 26' 7"
Hour Angle (HA)	2° 49' 43"
Azimuth Matahari	294° 27' 57"
Altitude Matahari	86° 54' 27"
Azimuth Kiblat	294° 30' 48"
True North	65° 32' 3"
Qibla Laser	0° 2' 51"

POSISI BULAN	
DATA PENGAMATAN DI SEMARANG PADA HARI KAMIS WAGE 6 MARET 2014 M JAM 12 : 1 : 12 WIB	
Apparent Longitude	48° 32' 14"
Apparent Latitude	-1° 43' 15"
Apparent Right Ascension	46° 34' 21"
Apparent Declination	15° 41' 7"
Jarak Bumi - Bulan (R)	387608
Semi Diameter	0° 15' 25"
Hour Angle (HA)	302° 57' 5"
Azimuth Bulan	67° 39' 26"
Altitude Bulan	29° 8' 13"
Azimuth Kiblat	294° 30' 48"
True North	292° 20' 34"
Qibla Laser	226° 51' 23"

Gambar 3.8 Program Excel Perhitungan Posisi Matahari dan Bulan

1) Lintang Tempat dan Bujur Tempat

Lintang tempat (*latitude*) atau lintang geografis adalah jarak sepanjang meridian Bumi diukur dari khatulistiwa sampai kedudukan pengamat.³³ Dalam bahasa Arab diistilahkan *Urd al Balad*.³⁴ Bujur tempat (*longitude*) adalah atau *Thul al Balad* adalah jarak yang diukur sepanjang busur ekuator dari bujur yang melalui kota Greenwich sampai bujur yang melalui tempat yang dimaksud.³⁵ Lintang biasanya dinotasikan dengan simbol *Phi* (ϕ)³⁶, dan untuk Bujur dinotasikan dengan simbol *lambda* (λ)³⁷.

Dalam menentukan arah kiblat suatu tempat perlu data lintang dan bujur. Untuk Data geografis Makkah, ada berbagai pendapat para ahli Ilmu Falak. Diantara sebagai berikut:³⁸

³³ Russel C. Brinker, *Dasar-Dasar Pengukuran Tanah (Surveying)*, Edisi ke – 7 Jilid 2, Jakarta: Penerbit Erlangga, 1997., hlm. 71.

³⁴ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi...*, *op. cit.*, hlm. 134.

³⁵ *Ibid*, hlm. 47

³⁶ huruf ke-21 dalam [Alfabet Yunani](#) yang sering digunakan dalam simbol matematika .

³⁷ Huruf ke-11 dalam Alfabet Yunani, dalam ilmu [kartografi](#) melambangkan derajat [garis bujur](#).

³⁸ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis: Metode Hisab-Rukyah Praktis dan Solusi Permasalahannya*, Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, 2012, hlm 30. Lihat juga Susiknan Azhari, *Ilmu Falak :Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*, Yogyakarta: Suara Muhammdiyah, 2007, hlm 5. Lihat juga Slamet Hambali, *Ilmu Falak...*, *op. cit.*, hlm. 181-182

No	Sumber data	Lintang	Bujur
1.	Almanak Hisab Rukyah	21° 25' LU	39° 50' BT
2.	Ahmad Izzuddin	21° 25' 21.17' LU	39° 49' 34.56'' BT
3.	Ma'shum bin Ali	21° 50' LU	40° 13' BT
4.	Mohammad Ilyas	21° LU	40° BT
5.	Mohammad Odeh	21° 25' 22'' LU	39° 49' 31'' BT
6.	Nabhan Masputra	21° 25' 14,7 LU	39° 49' 40'' BT
7	Slamet Hambali	21° 25' 21,04'' LU	39° 49' 34,33'' BT
8..	Saadoe'ddin Djambek	21° 25' LU	39° 50' BT

Tabel 3.2 Lintang dan Bujur Makkah Menurut Para Ahli Ilmu Falak

Penulis menggunakan lintang dan bujur tempat oleh Slamet Hambali dengan bantuan *Google Earth* yaitu 21° 25' 20,98'' LU dan 39° 49' 34,26'' BT.³⁹ Data koordinat ini cukup teliti dan terbukti akurat dalam prakteknya di lapangan.

Untuk mengetahui nilai Lintang Tempat dan Bujur Tempat dapat menggunakan bisa menggunakan alat GPS⁴⁰ untuk menghasilkan nilai yang lebih akurat atau menggunakan akses data internet dengan *Google Earth*.

Nilai Lintang Tempat dimasukkan ke dalam baris kolom **Lintang** dan **Bujur**. Nilai satuan sudut yang digunakan adalah derajat (°) dan menit (') dan detik ("). Contoh : Semarang berada pada lintang -7° 00' 00'' dan nilai bujur 110° 24' 00''. Nilai tersebut diinput pada kolom yang

³⁹ Data ini diperoleh dengan menggunakan jasa *Google Earth* yang diambil dari foto satelit, dengan meletakkan cursor tepat di tengah-tengah Kakbah maka diperoleh BT Kakbah 39°49'34.26'', BT dan lintang Kakbah 21°25'20'',98 LU. Lihat dalam Slamet Hambali, *Ilmu Falak...,op. cit.*, hlm. 181-182

⁴⁰ Alat ukur koordinat dengan menggunakan satelit yang dapat mengetahui posisi lintang, bujur, ketinggian tempat, jarak, dan lain-lain.

disediakan sesuai dengan satuan yang tertera dalam tabel. Perlu diperhatikan, nilai lintang utara dengan simbol “N” adalah positif (+), sedangkan nilai lintang selatan dengan tanda “S” adalah negative (-). Demikian pula untuk nilai bujur, bujur barat dengan simbol “E” bernilai positif (+) sedangkan untuk bujur timur dengan simbol “T” bernilai negatif (-).

KOTA SEMARANG				
Lintang	6	59	11	S
Bujur	110	21	56	E

Gambar 3.9 Data Input Program Posisi Matahari dan Bulan.

2) Tanggal dan Waktu

Untuk mengetahui nilai deklinasi dan azimuth Matahari diperlukan tanggal pada saat pengukuran karena Bumi terus bergerak maka setiap deklinasi pun berubah-ubah. Tanggal yang dimasukkan menggunakan penanggalan Masehi, bukan penanggalan Hijriyah atau yang lainnya.

Contoh: Pengukuran dilakukan pada tanggal 6 Maret 2014, maka ditulis **06** (tanggal) **03** (bulan) **2014** (tahun). Sedangkan data waktu diambil dari waktu pengamatan. Perlu diperhatikan dalam penulisan adalah format waktu hh/mm/ss dalam tabel perhitungan ini adalah 24 jam.

Contoh : Waktu pengukuran siang hari pukul 12.01.12 WIB maka ditulis **12** (jam) **01** (menit) **12** (detik).

WAKTU PERHITUNGAN				
Tanggal	6		Jam	12
Bulan	5		Menit	1
Tahun	2014		Detik	12

Gambar 3.10 Data Input Waktu Program Posisi Matahari dan Bulan.

3) Output Data dari Program Posisi Matahari dan Bulan

Data output dari program posisi Matahari dan Bulan berisikan data nilai cukup banyak karena sebagai komparasi dengan data yang ada di ephemeris, akan tetapi data yang dibutuhkan dalam pengukuran arah kiblat sebagai berikut:

1. Azimuth Kiblat

Data lintang tempat dan bujur tempat yang telah dimasukkan kedalam kolom akan menghasilkan nilai azimuth kiblat secara otomatis yang tertera pada azimuth kiblat. Jadi program ini bertujuan untuk mempermudah pengguna tanpa harus menghitung nilai azimuth kiblat. Adapun satuan nilai azimuth kiblat adalah derajat ($^{\circ}$), menit ($'$) dan detik ($''$). Nilai azimuth kiblat secara otomatis yang nantinya akan diaplikasikan ke dalam Qibla Laser.

2. Utara Sejati

Utara sejati atau *True North* adalah titik utara di mana poros rotasi Bumi bertemu permukaan. Utara sejati juga dikenal dengan sebutan Utara Geografis.⁴¹

⁴¹ http://id.wikipedia.org/wiki/Kutub_Utara, diakses pada hari Kamis tanggal 20 Maret 2014 pukul 22:10 WIB.

3. Azimuth Matahari dan Bulan

Azimuth atau *as-Simtu* adalah arah, yaitu harga suatu sudut untuk Matahari atau Bulan dihitung sepanjang horizon atau ufuk. Biasanya diukur dari titik utara ke timur (searah jarum jam) sampai titik perpotongan antara lingkaran vertikal yang melewati Matahari atau Bulan dengan lingkaran horizon.

4. *Irtifa'* atau *Altitude*

Irtifa' atau *altitude* adalah ketinggian suatu benda langit yang dihitung sepanjang lingkaran vertical dari ufuk sampai benda langit. Nilai ketinggian benda langit adalah -90 sampai 90 derajat. Ketinggian benda langit diberi tanda positif bila berada diatas ufuk, dan diberi tanda positif apabila berada dibawah ufuk.

5. Qibla Laser

Qibla Laser merupakan hasil yang menunjukkan arah kiblat suatu tempat dengan menggunakan laser sebagai penunjuk. Qibla Laser juga harus dibantu dengan peralatan lain guna melengkapi dan membantu kinerja seperti Laptop, *Waterpass* dan GPS (*Global Positioning System*).

Contoh: Hasil perhitungan di Semarang pada hari Kamis Wage tanggal 06

Maret 2014 jam 12 :01: 12 WIB dan jam 22:00:00 WIB:

POSISI MATAHARI		POSISI BULAN	
DATA PENGAMATAN DI SEMARANG PADA HARI KAMIS WAGE 6 MARET 2014 M JAM 12 : 1 : 12 WIB		DATA PENGAMATAN DI SEMARANG PADA HARI KAMIS WAGE 6 MARET 2014 M JAM 22 : 0 : 0 WIB	
Ecliptic Longitude	345° 32' 41"	Apparent Longitude	53° 51' 20"
Apparent Right Ascension	346° 41' 35"	Apparent Latitude	-2° 10' 16"
Apparent Declination	-5° 41' 52"	Apparent Right Ascension	52° 2' 19"
Eksentrisitas	0° 1' 0"	Apparent Declination	16° 37' 46"
True Geosentric Distance	0.992037	Jarak Bumi - Bulan (R)	389987
True Obliquiti	23° 26' 7"	Semi Diameter	0° 15' 19"
Hour Angle (HA)	2° 49' 43"	Hour Angle (HA)	87° 35' 43"
Azimuth Matahari	294° 27' 57"	Azimuth Bulan	286° 47' 42"
Altitude Matahari	86° 54' 27"	Altitude Bulan	0° 17' 32"
Azimuth Kiblat	294° 30' 48"	Azimuth Kiblat	294° 30' 48"
True North	65° 32' 3"	True North	73° 12' 18"
Qibla Laser	0° 2' 51"	Qibla Laser	7° 43' 6"

Gambar 3.11 Hasil Perhitungan di Semarang Dengan Menggunakan Program Posisi Matahari dan Bulan.