

**METODE PENGUKURAN ARAH KIBLAT DENGAN
SEGITIGA SIKU-SIKU DARI BAYANGAN MATAHARI
SETIAP SAAT**

SINOPSIS



Disusun oleh:
Slamet Hambali.
085112075

PROGRAM MAGISTR
INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI (IAIN) WALISONGO
2010

ABSTRAK

Arah kiblat atau arah menuju Ka'bah melalui jalur terdekat merupakan bagian yang tak terpisahkan dalam ibadah umat Islam, karena arah kiblat adalah merupakan salah satu syarat sahnya shalat.

Pada saat ini banyak masjid yang arah kiblatnya melenceng jauh dari yang semestinya, seperti Masjid alon-alon Purwodadai melencengnya mencapai lebih dari 15° , kemudian simpang lima Purwodadi melencengnya mencapai $17^{\circ} 48'$ bahkan Masjid Agung Sukoharjo Jawa Tengah melencengnya hampir mencapai 30° (sepertiga siku-siku). Untuk masjid Agung Sukoharjo ini arah kiblatnya bukan lagi barat utara atau utara barat, tetapi barat kearah selatan atau selatan barat.

Metode pengukuran arah kiblat memang bermacam-macam, demikian juga tingkat keakurasiannya juga bermacam-macam, hal ini tidak bisa lepas dari sistem perhitungan, data astronomis yang digunakan, peralatan yang dipakai dan manusianya.

Metode pengukuran arah kiblat dengan segitiga siku-siku dari bayangan matahari setiap saat, adalah merupakan teori baru (ide penulis) yang penulis belum pernah menjumpai baik dalam buku-buku ilmu falak ataupun dalam modul. Bentuk segitiga siku-siku yang diambil dari bayangan matahari penulis memperkenalkan dua model, model pertama dengan satu segitiga siku-siku, dan model kedua dengan dua segitiga siku-siku. Keduanya telah dilakukan pengujian, dua kali di rumah penulis dan empat kali di Masjid Agung Jawa Tengah. Semua telah menunjukkan hasil yang tetap, walaupun waktunya berbeda, menggunakan model satu segitiga siku-siku ataupun model dua segitiga siku-siku telah memperoleh arah kiblat yang sama, dan sama dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah.

Metode ini amat praktis selama matahari tampak, metode ini dapat dilakukan setiap saat sejak matahari terbit hingga terbenam, kecuali pada saat matahari berdekatan dengan titik zenith (jarak zenith kurang dari 30°).

Metode ini mempunyai prinsip yang sama dengan metode pengukuran arah kiblat menggunakan alat bantu teodolit, sehingga dapat menjadi alternatif pengukuran arah kiblat yang akurat, secara sederhana dan berbeaya murah.

Tingkat akurasi metode ini cukup tinggi, bisa sama dengan metode pengukuran arah kiblat menggunakan *rasyd al-qiblah lokal*, bisa sama dengan metode pengukuran arah kiblat menggunakan alat bantu teodolit, bisa sama atau lebih baik dari metode pengukuran arah kiblat menggunakan *rasyd al-qiblah global*, lebih baik dari metode pengukuran arah kiblat menggunakan alat bantu tongkat istiwak dari bayangan matahari sebelum *mer pass* dan sesudah *mer pass*, apalagi dengan metode penguran arah kiblat menggunakan alat bantu kompas.

Metode pengukuran arah kiblat dengan segitiga siku-siku dari bayangan matahari ini, tidak hanya bisa dipakai di Indonesia saja, akan tetapi bisa digunakan juga di seluruh dunia yang dapat melihat matahari.

Kata kunci: *kiblat, matahari, segitiga siku-siku setiap saat.*

I. PENDAHULUAN.

Arah kiblat adalah arah terdekat menuju *Ka'bah (al-Masjid al-Haram)*. Kewajiban menghadap kearah *Ka'bah (al-Masjid al-Haram)* dalam pelaksanaan shalat telah diperintahkan Allah dalam surah al-Baqarah ayat 144, 149 dan 150.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi akhir-akhir ini telah mengantarkan manusia dapat mengetahui segala peristiwa yang terjadi di berbagai belahan dunia dengan sangat cepat bahkan bisa secara langsung. Dengan teknologi *Google Earth* manusia di dalam kamar dapat melihat berbagai tempat dipermukaan bumi, berbagai bentuk bangunan, jalan, pemandangan, rumah, masjid dan sebagainya lengkap dengan garis bujur dan garis lintang, termasuk garis bujur dan garis lintang untuk tengah-tengahnya *Ka'bah* yang menjadi kiblat umat Islam di berbagai belahan dunia. Dan dengan teknologi *Google Earth* pula kita dapat mengecek arah kiblat bangun-bangunan masjid di sekeliling kita ataupun di berbagai belahan dunia yang jauh dari kita, apakah kiblatnya sudah lurus atau masih ada sudut perbedaan dari arah kiblat yang sebenarnya.

Sampai dengan awal tahun 2010 penulis telah menyelesaikan pengecekan arah kiblat masjid-masjid besar di kota/kabupaten se-Jawa Tengah bersama Tim Sertifikasi Arah Kiblat Provinsi Jawa Tengah, dengan menggunakan alat bantu: (1). *Global Positioning System* (GPS), digunakan untuk memastikan garis bujur dan garis lintang masjid yang akan diukur arah kiblatnya dan ketepatan waktu atas informasi satelit. (2). *Teodolit*, digunakan untuk membidik posisi matahari, menentukan *True North* dari posisi matahari dan menentukan arah kiblat dari *True North* ataupun dari posisi matahari serta mengetahui sudut perbedaan arah kiblat bangunan masjid dengan arah kiblat yang sebenarnya. (3). Data ephemeris, guna mendapatkan data *declination* dan *equation of time* matahari pada tanggal, jam, menit dan detik saat pengukuran arah kiblat. (4). *Scientific calculator*, dipergunakan untuk menghitung tinggi matahari, azimuth matahari dan azimuth kiblat pada saat pengukuran arah kiblat.

Dari hasil pengecekan tersebut ternyata mayoritas arah kiblat masjid-masjid di Jawa Tengah tersebut melenceng dari yang sebenarnya, keadaannya bervariasi ada yang kurang ke arah utara dan ada yang kurang ke arah selatan, akan tetapi mayoritas kurang ke utara, sudutnya bervariasi, ada yang hanya $0^{\circ} 4'$ yaitu Masjid Agung Jepara, ada yang $0^{\circ} 55'$ Masjid Agung kota Magelang, 1°

Masjid Agung Kendal, $1^{\circ} 13'$ Masjid Agung Pati, $2^{\circ} 0' 33''$ Masjid Baiturrahman, $4^{\circ} 55'$ Masjid Agung Cilacap, $15^{\circ} 36' 50''$ Masjid Alon-Alon Purwodadi, $17^{\circ} 48'$ adalah Masjid Simpang Lima Purwodadi dan tertinggi adalah Masjid Agung Sukoharjo yaiyu mencapai $29^{\circ} 30'$ sehingga kiblatnya menghadap ke arah barat selatan.

Dalam pandangan penulis, penyimpangan arah kiblat masjid-masjid di Jawa Tengah itu tidak lain adalah kesalahan pengukuran awal, bukan karena pengaruh gerak lempeng bumi seperti yang sering muncul di media akhir-akhir ini. Ada kemungkinan pengukuran awal arah kiblat masjid-masjid itu dilakukan menggunakan kompas. Sedangkan kompas sendiri ada yang menggunakan lingkaran 360° dan ada juga yang menggunakan lingkaran 40° seperti kompas kiblat pada umumnya.

Sering tidak disadari bahwa kompas mempunyai banyak kelemahan, di antaranya (1) jarum utara kompas tidak mengarah ke *True North* melainkan mengarah ke kutub utara magnet bumi, dimana antara kutub utara bumi dan kutub utara magnet bumi terkadang berimpit terkadang tidak berimpit sehingga memerlukan koreksi *magnetic declination*. (2). Jika di sekeliling kompas ada medan magnet, maka jarum kompas bergeser menuju medan magnet tersebut. (3). Jika menggunakan kompas kiblat (angka maksimalnya 40 bukan 360) akan lebih mengacaukan lagi, karena kota-kota di Jawa untuk mendapatkan arah kiblat dalam buku petunjuk penggunaan kompas kiblat menggunakan acuan bilangan 9 dari bilangan lingkaran 40, yang berarti arah kiblat untuk daerah Jawa menurut petunjuk kompas kiblat tersebut adalah 81° dari Utara ke Barat (atau 9° dari Barat ke Utara).

Bilamana suatu tempat sudah diketahui secara pasti berapa garis bujur dan berapa lintangnya, kemudian juga diketahui secara pasti berapa garis bujur *Ka'bah* dan lintangnya, maka baru dapat dihitung arah kiblat dan azimuth kiblat yang benar. Selanjutnya bagaimana untuk mendapatkan arah kiblat dan azimuth kiblat tersebut di lapangan, maka dalam hal ini diperlukan teknik pengukuran arah kiblat.

Teknik pengukuran arah kiblat dapat dilakukan dengan banyak metode, yang selama ini dilakukan ada lima macam, yaitu:

1. Metode pengukuran arah kiblat menggunakan alat bantu kompas.

2. Metode pengukuran arah kiblat menggunakan alat bantu tongkat istiwaq dengan mengambil bayangan matahari sebelum zawal dan sesudah zawal.
3. Metode pengukuran arah kiblat menggunakan *rasyd al-qiblah global*.
4. Metode pengukuran arah kiblat menggunakan *rasyd al-qiblah lokal*.
5. Metode pengukuran arah kiblat menggunakan alat bantu teodolit dari posisi matahari setiap saat.

Ada satu metode lagi yang belum biasa dilakukan, melalui tulisan ini, penulis memperkenalkan sebuah metode pengukuran arah kiblat yang penulis angkat dalam tesis dengan judul "Metode Pengukuran Arah Kiblat dengan Segitiga Siku-Siku dari Bayangan Matahari Setiap Saat" dengan harapan bisa mempermudah masyarakat muslim di manapun berada untuk mendapatkan arah kiblat yang akurat, praktis yang dapat dilaksanakan pada setiap hari dan setiap saat dengan biaya murah.

Dalam penelitian tesis ini penulis menggunakan metode pengujian. Yakni menguji apakah teori yang penulis perkenalkan benar-benar menghasilkan arah kiblat yang akurat. Penulis melakukan pengujian sebanyak 6 kali, dua kali di rumah penulis dengan pertimbangan rumah penulis sudah berulang kali diadakan pengecekan arah kiblat dan empat kali di Masjid Agung Jawa Tengah dengan pertimbangan Masjid Agung Jawa Tengah arah kiblatnya cukup akurat. Keakuratan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah dapat dilihat oleh siapa saja baik melalui *qibla locator* ataupun melalui *Google Earth*.

II. ARAH KIBLAT.

Arah kiblat adalah arah terdekat menuju Ka'bah melalui lingkaran besar (*great circle*) bola bumi. Lingkaran bola bumi yang dilalui oleh arah kiblat dapat disebut lingkaran kiblat.

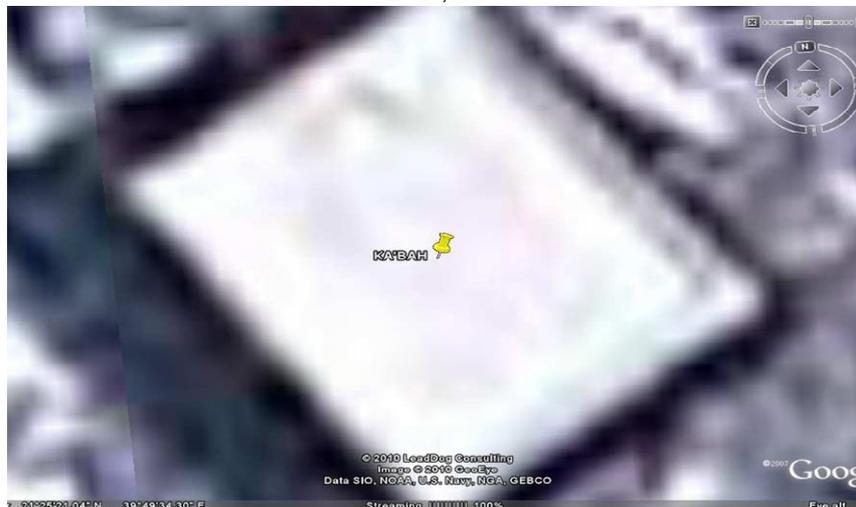
Lingkaran kiblat dapat didefinisikan sebagai lingkaran bola bumi yang melalui sumbu/poros kiblat.

Sumbu/poros kiblat adalah garis tengah bola bumi yang menghubungkan Ka'bah dengan kebalikan dari Ka'bah melalui titik pusat bumi. Posisi Ka'bah berdasarkan *Google Earth* 2010 tengah-tengahnya terletak pada bujur timur (BT^k) $39^0 49' 34,33''$ dan pada lintang utara (ϕ^k) $+21^0 25' 21,04''$. Dengan demikian

berarti kebalikan dari Ka'bah terletak pada bujur barat (BB^x) $140^0 10' 25,67''$ dengan lintang selatan (ϕ^x) $-21^0 25' 21,04''$.

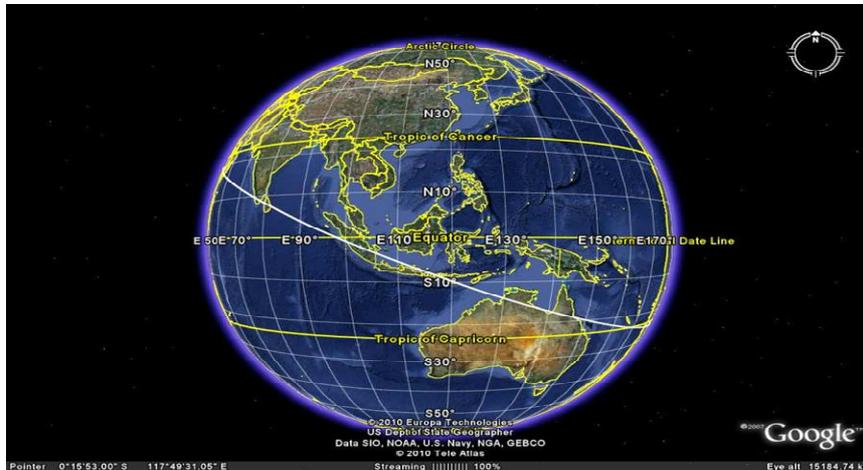
Arah kiblat di dalam bangunan Ka'bah adalah menghadap ke dinding Ka'bah, boleh menghadap ke utara, selatan, barat, timur, barat laut, tenggara, barat daya, timur laut dan sebagainya (bebas). Demikian juga arah kiblat di tempat kebalikan dari Ka'bah, yaitu di Bujur Barat (BB^x) $140^0 10' 25,67''$ dengan lintang (ϕ^x) $-21^0 25' 21,04''$ dapat menghadap ke arah mana saja, karena semua arah adalah menuju Ka'bah (kiblat).

Gambar 1
Gambar Ka'bah diambil dari *Google Earth* 2010, pojok kiri bawah menunjukkan posisi Ka'bah terletak pada BT $39^0 49' 34,33''$ dengan lintang utara $+21^0 25' 21,04''$



Pada bola bumi, sudut arah kiblat biasanya dalam perhitungan diberi lambang huruf B, adalah sudut yang dibentuk oleh lingkaran meridian bumi suatu tempat dengan lingkaran kiblat yang melalui suatu tempat tersebut.

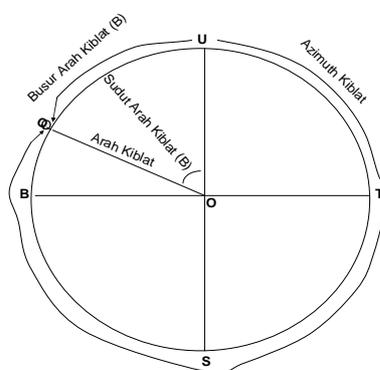
Gambar 2
Gambar bola bumi diambil dari *Google Earth* 2010, dengan satu lingkaran kiblat (lingkaran yang melalui Ka'bah dan melalui kebalikan Ka'bah)



Sedangkan pada bola langit, sudut arah kiblat dapat didefinisikan sebagai sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan titik pusat (tempat yang diukur arah kiblatnya) dan titik utara (U) dengan garis yang menghubungkan titik pusat dan proyeksi kiblat di lingkaran horizon (ufuk). Atau dapat didefinisikan juga sebagai busur dihitung dari titik utara/selatan sampai dengan proyeksi Ka'bah melalui horizon/ufuk .

Azimuth kiblat adalah sudut (busur) yang dihitung dari titik utara ke arah timur (searah perputaran jarum jam) melalui lingkaran horizon (ufuk) sampai proyeksi Ka'bah.

Gambar 3
OQ adalah arah kiblat, UQ adalah sudut arah kiblat (B), UTQB adalah sudut azimuth kiblat



Lingkaran UTSB adalah ufuk/horizon, garis OQ adalah arah kiblat (arah menuju Ka'bah), UOQ adalah sudut arah kiblat, busur UQ = sudut UOQ yaitu sudut arah kiblat (arah kiblat dihitung dari titik utara), sedangkan UTSBQ adalah azimuth kiblat.

III. METODE PENGUKURAN ARAH KIBLAT DENGAN SEGITIGA SIKU-SIKU DARI BAYANGAN MATAHARI SETIAP SAAT.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan:

A. Menghitung Arah Kiblat dan Azimuth Kiblat.

Dalam metode pengukuran arah kiblat dengan segitiga siku-siku dari bayangan matahari setiap saat, sebagaimana metode lainnya harus diawali dengan melakukan hisab arah kiblat dan hisab azimuth kiblat.

(1). Menghitung arah kiblat.

Dalam melakukan hisab arah kiblat, sebagaimana diuraikan pada buku-buku falak, seperti: *Almanak Hisab Rukyah* yang dikeluarkan oleh Departemen Agama RI (1981: 90), *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek* yang ditulis oleh Muhyiddin Khazin (2004: 55), juga *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern* yang ditulis oleh Susiknan Azhari (2007: 57) bahwa, untuk mendapatkan arah kiblat digunakan rumus:

$$\text{Cotan B} = \text{cotan } b \sin a : \sin C - \cos a \text{ cotan } C.$$

Untuk mempercepat dan mempermudah dalam melakukan hisab arah kiblat rumus tersebut penulis sederhanakan menjadi sebagai berikut:

$$\text{Cotan B} = \tan \phi^k \cos \phi^x : \sin C - \sin \phi^x : \tan C.$$

Keterangan:

B adalah arah kiblat dihitung dari titik utara atau selatan, jika hasil perhitungan positif arah kiblat dihitung dari titik Utara (U), dan jika hasil perhitungan negatif arah kiblat dihitung dari titik Selatan (S). B juga bisa disebut busur arah kiblat atau sudut arah kiblat (gambar nomor 3).

ϕ^k adalah lintang Ka'bah yaitu $+21^{\circ} 25' 21,04''$.

ϕ^x adalah lintang setempat yang akan dihitung arah kiblatnya.

C adalah jarak bujur terdekat dari Ka'bah ke timur atau ke barat sampai dengan bujur tempat yang akan diukur arah kiblatnya.

Contoh 1.

Menghitung arah kiblat Masjid Istiqlal Jakarta menggunakan rumus yang penulis sederhanakan.

Menurut *Google Earth* 2010, Masjid Istiqlal Jakarta terletak pada bujur timur (BT^x) = $106^0 49' 50,99''$ dengan lintang (ϕ^x) = $-6^0 10' 11,65''$, sedangkan Ka'bah terletak pada bujur timur (BT^k) $39^0 49' 34,33''$ dengan lintang (ϕ^k) $+21^0 25' 21,04''$.

Data yang diperlukan:

$$\phi^k = -6^0 10' 11,65''.$$

$$\phi^x = 21^0 25' 21,04''$$

$$C = BT^x (\text{Masjid Istiqlal}) - BT^k (\text{BT Ka'bah}).$$

$$= 106^0 49' 50,99'' - 39^0 49' 34,33''.$$

$$= 67^0 00' 16,66'' \text{ B (arah kiblatnya condong ke barat).}$$

Kemudian dimasukkan ke dalam rumus mencari arah kiblat yang disederhanakan sebagai berikut, yaitu:

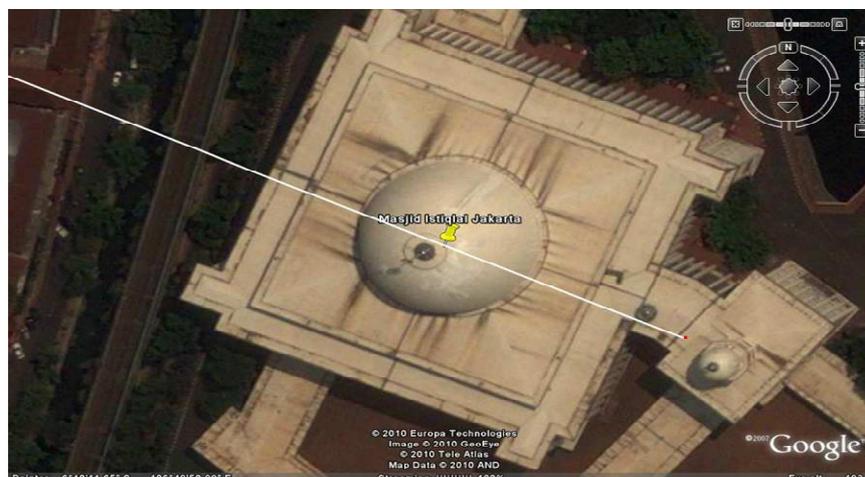
$$\text{Cotan B} = \tan \phi^k \cos \phi^x : \sin C - \sin \phi^x : \tan C.$$

$$= \tan 21^0 25' 21,04'' \times \cos -6^0 10' 11,65'' : \sin 67^0 00' 16,66'' - \sin -6^0 10' 11,65'' : \tan 67^0 00' 16,66''.$$

$$B = 64^0 51' 23,45'' \text{ UB (utara barat).}$$

Arah kiblat (B) Masjid Istiqlal Jakarta adalah $64^0 51' 23,45''$ dari utara ke arah barat.

Gambar 4
Arah Kiblat Masjid Istiqlal Jakarta diambil dari *Google Earth* 2010



Contoh 2.

Menghitung arah kiblat Masjid Kul Sharif Kazan Kemlin Rusia menggunakan rumus yang penulis sederhanakan.

Melalui *Google Earth* 2010, Masjid Kul Sharif Kazan Kemlin Rusia terletak pada bujur timur (BT^x) $55^0 47' 54,26''$ dengan lintang (ϕ^x) $+49^0 06' 18,82''$, sedangkan Ka'bah terletak pada bujur timur (BT^k) $39^0 49' 34,33''$ dengan lintang (ϕ^k) $+21^0 25' 21,04''$.

Data yang diperlukan:

$$\phi^k = +21^0 25' 21,04'' .$$

$$\phi^x = +49^0 06' 18,82'' .$$

$$C = BT^x - BT^k \text{ (BT Ka'bah).}$$

$$= 49^0 06' 18,82'' - 39^0 49' 34,33'' .$$

$$= 15^0 58' 19,93'' \text{ B (C kelompok 1, arah kiblatnya condong ke barat).}$$

Data dimasukkan dalam yang penulis sederhanakan:

$$\text{Cotan B} = \tan \phi^k \cos \phi^x : \sin C - \sin \phi^x : \tan C .$$

$$= \tan 21^0 25' 21,04'' \times \cos 49^0 06' 18,82'' : \sin 15^0 58' 19,93'' - \sin 49^0 06' 18,82'' : \tan 15^0 58' 19,93'' .$$

$$B = -30^0 21' 16,3'' \text{ SB (selatan barat).}$$

Arah kiblat (B) Masjid Kul Sharif Kazan Kemlin Rusia adalah $30^0 21' 16,3''$ dari titik selatan ke arah barat.

Gambar 5
Arah Kiblat Masjid Kul-Sharif Kazan Kremlin Rusia
diambil dari *Google Earth* 2010



(2). Menghitung Azimuth Kiblat.

Azimuth kiblat adalah sudut (busur) yang dihitung dari titik utara ke arah timur (searah perputaran jarum jam) melalui ufuk sampai dengan proyeksi Ka'bah. Atau dapat juga didefinisikan sebagai sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan titik pusat dan titik utara dengan garis yang menghubungkan titik pusat dan proyeksi Ka'bah melalui ufuk ke arah timur (searah perputaran jarum jam), sebagaimana digambarkan pada gambar 3.

Berdasarkan gambar 4 tersebut maka untuk mendapatkan azimuth kiblat dapat digunakan rumus sebagai berikut:

Jika B (arah kiblat) = UT; maka azimuth kiblatnya adalah tetap. Misalnya B= $58^{\circ} 30' 56.27''$ (UT) ; maka azimuth kiblatnya = $58^{\circ} 30' 56.27''$.

Jika B (arah kiblat) = ST; maka azimuth kiblatnya adalah $180^{\circ} + B$. Misalnya B= $-65^{\circ} 10'$ (ST) ; maka azimuth kiblatnya = $180^{\circ} + (-65^{\circ} 10') = 114^{\circ} 50'$.

Jika B (arah kiblat) = SB; maka azimuth kiblatnya adalah $180^{\circ} - B$. Misalnya B= $-65^{\circ} 10'$ (SB) ; maka azimuth kiblatnya = $180^{\circ} - (-65^{\circ} 10') = 245^{\circ} 10'$.

Jika B (arah kiblat) = UB; maka azimuth kiblatnya adalah $360^{\circ} - B$. Misalnya B= $67^{\circ} 50' 09,53''$ (UB) ; maka azimuth kiblatnya = $360^{\circ} - 67^{\circ} 50' 09,53'' = 292^{\circ} 09' 50,47''$.

B. Menghitung Sudut Waktu Matahari (t), Arah Matahari (B) dan Azimuth Matahari.

(1). Untuk mendapatkan sudut waktu (t) matahari, dapat digunakan rumus sebagai berikut,

$$t = (LMT + e - (BT^L - BT^x) / 15 - 12) \times 15. \text{ atau}$$

$$t = (LMT + e + (BB^L - BB^x) / 15 - 12) \times 15.$$

Keterangan:

t adalah sudut waktu matahari dihitung dari lingkaran miridian atas. Jika hasil perhitungan positif (+) posisi matahari berada di sebelah barat lingkaran miridian atas. Jika hasil perhitungan negatif (-) posisi matahari berada di sebelah timur miridian atas.

LMT adalah singkatan dari *local mean time*. Untuk di Indonesia sama dengan waktu daerah (WD) yang meliputi waktu Indonesia barat (WIB), waktu Indonesia tengah (WITA) dan waktu Indonesia timur (WIT).

e adalah singkatan dari *equation of time* (perata waktu).

BT^L adalah bujur timur *local mean time*, yaitu $BT 0^0$, $BT 15^0$, $BT 30^0$ dan seterusnya lipatan dari 15^0 .

BT^x adalah bujur timur lokasi yang akan diukur arah kiblatnya.

BB^L adalah bujur barat *local mean time*, yaitu $BB 0^0$, $BB 15^0$, $BB 30^0$ dan seterusnya lipatan dari 15^0 .

BB^x adalah bujur barat lokasi yang akan diukur arah kiblatnya.

Dalam perhitungan selanjutnya jika sudut waktu (t) negatif, maka harus diubah menjadi positif.

(2). Untuk mendapatkan arah matahari (A) dari titik utara atau selatan, dapat menggunakan rumus menentukan arah kiblat (B) dengan ketentuan lintang Ka'bah (ϕ^k) diganti menjadi deklinasi matahari (δ^m), jarak bujur dari Ka'bah sampai tempat yang akan diukur arah kiblatnya (C) diganti menjadi sudut waktu matahari (t), arah kiblat (B) diganti menjadi arah matahari (A). sehingga menjadi sebagai berikut,

Rumus menentukan arah matahari (A):

$$\text{Cotan A} = \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t.$$

Keterangan:

A adalah arah matahari dihitung dari titik utara atau dari titik selatan. Jika hasil perhitungan positif (+) arah matahari dihitung dari titik utara, jika negatif arah matahari dihitung dari titik selatan.

δ^m adalah deklinasi matahari.

ϕ^x adalah lintang tempat yang diukur arah matahari.

t adalah sudut waktu matahari, jika hasil perhitungan negatif, menunjukkan matahari berada di sebelah timur meridian (belum *mer pass* atau sebelum zawal), dan jika hasil perhitungan positif menunjukkan matahari berada di sebelah barat meridian (sudah melewati *mer pass* atau sesudah zawal).

(3). Untuk mendapatkan azimuth matahari, sebagaimana menentukan azimuth kiblat, dapat digunakan rumus sebagai berikut,

Rumus menentukan azimuth matahari (Az):

Jika A (arah matahari) = UT; maka azimuth matahari adalah tetap.
Misalnya A = $65^{\circ} 10'$ (UT) ; maka azimuth matahari = $65^{\circ} 10'$ (sama).

Jika A (arah matahari) = ST; maka azimuth matahari adalah $180^{\circ} + A$.
Misalnya A = $-65^{\circ} 10'$ (ST) ; maka azimuth matahari = $180^{\circ} + (-65^{\circ} 10') = 114^{\circ} 50'$.

Jika A (arah matahari) = SB; maka azimuth matahari adalah $180^{\circ} - A$.
Misalnya A = $-65^{\circ} 10'$ (SB) ; maka azimuth matahari = $180^{\circ} - (-65^{\circ} 10') = 245^{\circ} 10'$.

Jika A (arah matahari) = UB; maka azimuth matahari adalah $360^{\circ} - A$.
Misalnya A = $65^{\circ} 10'$ UB ; maka azimuth matahari = $360^{\circ} - (+65^{\circ} 10') = 294^{\circ} 50'$.

C. Menghitung Sudut Kiblat dari Bayangan Matahari (Q).

Pada dasarnya sudut kiblat dari bayangan matahari, adalah jarak antara azimuth kiblat dengan azimuth matahari. Namun dalam hal ini perlu diupayakan agar sudut kiblat dari bayangan matahari, besarnya tidak lebih dari 90° .

Untuk itu perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

Pertama, jika azimuth kiblat dikurangi azimuth matahari sisanya positif tidak lebih dari 90° , maka sisa tersebut langsung ditetapkan sebagai sudut *Pertama*, jika azimuth kiblat dikurangi azimuth matahari sisanya positif tidak lebih dari 90° , maka sisa tersebut langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada disebelah kanan bayangan matahari.

Contoh:

Data:

$$\text{Azimuth kiblat} = 290^{\circ} 40'.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 269^{\circ} 30'.$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Sudut kiblat dari bayangan matahari (Q)} &= 290^{\circ} 40' - 269^{\circ} 30' \\ &= 21^{\circ} 10' \text{ (kanan)}. \end{aligned}$$

Karena sudah kurang dari 90^0 ($21^0 10'$) maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kanan bayangan matahari.

Kedua, jika azimuth kiblat dikurangi azimuth matahari sisanya negatif tidak lebih dari 90^0 , maka sisa tersebut juga langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kiri bayangan matahari.

Contoh:

Data:

$$\text{Azimuth kiblat} = 290^0 40'.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 300^0 50'.$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Sudut kiblat dari bayangan matahari (Q)} &= 290^0 40' - 300^0 50' \\ &= -10^0 10' \\ &= 10^0 10' \text{ (kiri)}.\end{aligned}$$

Karena sudah kurang dari 90^0 ($-10^0 10'$) maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kiri bayangan matahari.

Ketiga, jika azimuth kiblat dikurangi (azimuth matahari + 180^0) sisanya positif kurang dari 90^0 , maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kanan bayangan matahari.

Contoh:

Data:

$$\text{Azimuth kiblat} = 290^0 40'.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 89^0 30'.$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Sudut kiblat dari bayangan matahari (Q)} &= 290^0 40' - (89^0 30' + 180^0) \\ &= 21^0 10' \text{ (kanan)}.\end{aligned}$$

Karena sudah kurang dari 90^0 ($21^0 10'$) maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kanan bayangan matahari.

Keempat, jika azimuth kiblat dikurangi (azimuth matahari + 180^0) sisanya negatif kurang dari 90^0 , maka langsung ditetapkan sebagai sudut

kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kiri bayangan matahari.

Contoh:

Data:

$$\text{Azimuth kiblat} = 290^{\circ} 40'.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 120^{\circ} 50'.$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Sudut kiblat dari bayangan matahari (Q)} &= 290^{\circ} 40' - (120^{\circ} 50' + 180^{\circ}) \\ &= -10^{\circ} 10'. \\ &= 10^{\circ} 10' \text{ (kiri)}.\end{aligned}$$

Karena sudah kurang dari 90° ($-10^{\circ} 10'$) maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kiri bayangan matahari.

Kelima, jika azimuth kiblat dikurangi (azimuth matahari - 180°) sisanya positif kurang dari 90° , maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kanan bayangan matahari.

Contoh:

Data:

$$\text{Azimuth kiblat} = 140^{\circ} 40'.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 300^{\circ} 20'.$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Sudut kiblat dari bayangan matahari (Q)} &= 140^{\circ} 40' - (300^{\circ} 20' - 180^{\circ}). \\ &= 20^{\circ} 20' \text{ (kanan)}.\end{aligned}$$

Karena sudah kurang dari 90° ($20^{\circ} 20'$) maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kanan bayangan matahari.

Keenam, jika azimuth kiblat dikurangi (azimuth matahari - 180°) sisanya negatif kurang dari 90° , maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kiri bayangan matahari.

Contoh:

Data:

$$\text{Azimuth kiblat} = 140^{\circ} 40'.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 330^{\circ} 50'.$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Sudut kiblat dari bayangan matahari (Q)} &= 140^{\circ} 40' - (330^{\circ} 50' - 180^{\circ}). \\ &= -10^{\circ} 10'. \\ &= 10^{\circ} 10' \text{ (kiri)}.\end{aligned}$$

Karena sudah kurang dari 90° ($10^{\circ} 10'$) maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kiri bayangan matahari.

Ketujuh, jika ($360^{\circ} + \text{azimuth kiblat}$) dikurangi azimuth matahari sisanya positif kurang dari 90° , maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kanan bayangan matahari.

Contoh:

Data:

$$\text{Azimuth kiblat} = 30^{\circ} 40'.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 330^{\circ} 20'.$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Sudut kiblat dari bayangan matahari (Q)} &= (360^{\circ} + 30^{\circ} 40') - 330^{\circ} 20' \\ &= 60^{\circ} 20' \text{ (kanan)}.\end{aligned}$$

Karena sudah kurang dari 90° ($60^{\circ} 20'$) maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di kanan bayangan matahari.

Kedelapan, jika ($360^{\circ} + \text{azimuth kiblat}$) dikurangi (azimuth matahari + 180°) sisanya positif kurang dari 90° , maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kanan bayangan matahari juga.

Contoh:

Data:

$$\text{Azimuth kiblat} = 30^{\circ} 40'.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 150^{\circ} 20'.$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Sudut kiblat dari bayangan matahari (Q)} &= (360^{\circ} + 30^{\circ} 40') - (150^{\circ} 20' + 180^{\circ}) \\ &= 60^{\circ} 20' \text{ (kanan)}.\end{aligned}$$

Karena sudah kurang dari 90^0 ($60^0 20'$) maka langsung ditetapkan sebagai sudut kiblat dari bayangan matahari, dan posisi arah kiblat berada di sebelah kanan bayangan matahari.

D. Membuat Segitiga Siku-Siku dari Bayangan Matahari.

Segitiga siku-siku dari bayangan matahari yang digunakan sebagai metode pengukuran arah kiblat ada dua macam, yaitu: dengan satu segitiga siku-siku, dan dengan dua segitiga siku-siku.

(1). Menggunakan satu segitiga siku-siku.

Setelah diperhitungkan semua, baik yang menyangkut, arah kiblat, azimuth kiblat, arah matahari, azimuth matahari, dan sudut kiblat dari bayangan matahari, berikutnya menyiapkan benda yang berdiri tegak lurus di tempat yang benar-benar datar, sampai saat atau waktu yang sudah diperhitungkan.

Ketika waktu telah tiba saatnya dilakukan pengukuran arah kiblat, benda yang berdiri tegak lurus tersebut ditarik garis lurus sesuai dengan bayangan benda tersebut sepanjang satu meter, dua meter dan sebagainya, semakin panjang akan menghasilkan tingkat akurasi yang semakin tinggi.

Hasil perhitungan sudut kiblat dari bayangan matahari, masuk kategori yang ke berapa? (*pertama, kedua, ketiga, ...*), sehingga arah kiblat ada di sebelah kanan atau sebelah kiri bayangan matahari.

Ujung bayangan yang mendekati azimuth kiblat tarik garis tegak lurus ke kiri atau ke kanan sesuai hasil perhitungan sudut kiblat dari bayangan matahari, yang ukuran panjangnya dapat digunakan rumus:

$$q (M G) = \tan Q$$

Keterangan:

q (M G) adalah sisi sigitiga siku-siku yang tegak lurus dengan bayangan matahari.

Q adalah sudut kiblat dari bayangan matahari.

g (Q M) adalah bayangan matahari yang diambil dari benda yang berdiri tegak lurus, yang panjangnya sudah ditentukan sebelumnya dengan ketentuan semakin panjang akan menghasilkan tigkat akurasi yang semakin tinggi.

Kemudian ditarik garis lurus yang menghubungkan ujung q dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (titik Q).

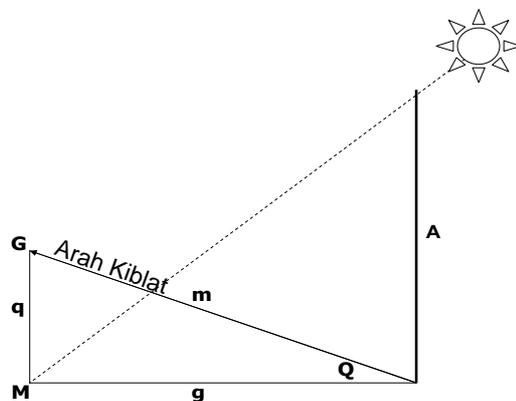
Garis lurus tersebut merupakan sisi miring (m) dalam segitiga siku-siku dan sekaligus merupakan arah kiblat di tempat tersebut.

m (Q G) adalah sisi miring yang merupakan arah kiblat, panjangnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$m(QG) = g : \cos Q$$

Tingkat akurasi sistim pengukuran arah kiblat dengan satu segitiga siku-siku ini, tergantung beberapa hal, yang antara lain: bagaimana ketepatan jam yang digunakan untuk acuan pengukuran? Bagaimana ketepatan bujur dan lintang baik untuk Ka'bah maupun untuk tempat yang diukur arah kiblatnya? Bagaimana ketepatan data deklinasi dan *equation of time* yang digunakan untuk acuan perhitungan? Juga apakah benda yang diambil bayangannya benar-benar berdiri tegak lurus di tempat yang benar-benar datar?

Gambar 6
Metode pengukuran arah kiblat menggunakan satu segitiga siku-siku dari bayangan matahari



Keterangan gambar.

A adalah benda yang berdiri tegak lurus yang diambil bayangannya.

Q adalah sudut kiblat dari bayangan matahari yang masuk dalam kategori *ketiga*, yaitu azimuth kiblat dikurangi (azimuth matahari + 180⁰), sisanya tidak lebih dari 90⁰. (Dihitung).

q (M G) adalah sisi siku-siku yang tegak lurus dengan ujung bayangan matahari yang se arah dengan azimuth kiblat. (Dihitung)

G adalah posisi kiblat.

g (Q M) adalah garis yang diambil dari bayangan matahari. (Ditentukan).

M adalah sudut siku-siku yang dibentuk oleh bayangan matahari dengan sisi siku-siku yang ditarik dari bayangan matahari.

m (Q G) adalah sisi miring yang merupakan arah Kiblat. Pengukuran arah kiblat dilakukan dengan mengukur q dan m sesuai hasil perhitungan.

(2). Menggunakan dua segitiga siku-siku.

Sebagaimana menggunakan satu segitiga siku-siku, setelah diperhitungkan semua, baik yang menyangkut, arah kiblat, azimuth kiblat, arah matahari, azimuth matahari, dan sudut kiblat dari bayangan matahari, berikutnya menyiapkan benda yang berdiri tegak lurus di tempat yang benar-benar datar, sampai saat atau waktu yang sudah diperhitungkan.

Ketika waktu telah tiba saatnya dilakukan pengukuran arah kiblat, benda yang berdiri tegak lurus tersebut ditarik garis lurus sesuai dengan bayangan benda tersebut sepanjang satu meter, dua meter dan sebagainya, semakin panjang akan menghasilkan tingkat akurasi yang semakin tinggi.

Hasil perhitungan sudut kiblat dari bayangan matahari, masuk kategori yang ke berapa? (*pertama, kedua, ketiga, ...*), sehingga arah kiblat ada di sebelah kanan atau sebelah kiri bayangan matahari.

Ujung bayangan yang mendekati azimuth kiblat (G^1) tarik garis lurus yang tidak tegak lurus ($q^1 + q^2$) ke kiri atau ke kanan sesuai dengan sudut kiblat dari bayangan matahari (Q) dipertemukan dengan garis lurus (m^2) yang panjangnya sama dengan bayangan benda (m^1).

Dalam menentukan panjang garis $q^1 + q^2$ dapat digunakan rumus:

$$q^1 + q^2 (G^1 G^2) = 2 (\sin \frac{1}{2} Q m^1)$$

Keterangan:

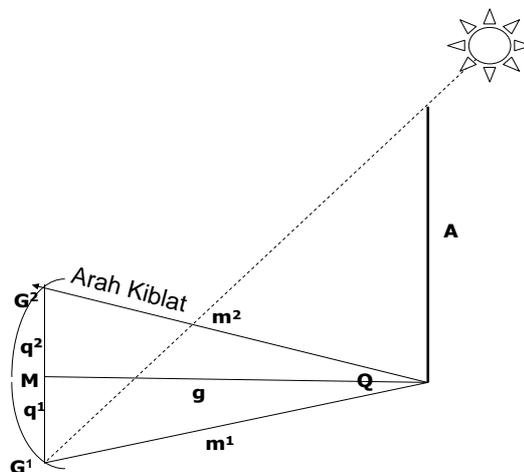
$q^1 + q^2 (G^1 G^2)$ adalah dua sisi siku-siku yang menghubungkan ujung bayangan benda (G^1) dengan ujung garis yang panjangnya sama dengan panjang bayangan benda itu sendiri (G^2).

Q adalah sudut kiblat dari bayangan matahari.

m^1 ($Q G^1$) adalah garis lurus yang diambil dari bayangan matahari.
 g ($Q M$) adalah sisi siku-siku yang menyebabkan terjadinya dua segitiga siku-siku. Untuk menentukan panjang sisi g dapat digunakan rumus:

$$g(QM) = m^1 \cos \frac{1}{2} Q$$

Gambar 7
 Metode pengukuran arah kiblat menggunakan dua segitiga siku-siku dari bayangan matahari



Keterangan gambar:

A adalah benda yang berdiri tegak lurus yang diambil bayangannya.

Q adalah sudut kiblat dari bayangan matahari yang masuk dalam kategori *ketiga*, yaitu azimuth kiblat dikurangi ($\text{azimuth matahari} + 180^0$), sisanya tidak lebih dari 90^0 .

G^1 adalah ujung bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat.

G^2 adalah posisi kiblat dari titik Q.

g ($Q M$) adalah sisi siku-siku yang menyebabkan terjadinya dua segitiga siku-siku. (Dihitung).

m^1 ($Q G^1$) adalah garis yang diambil dari bayangan matahari dari benda yang berdiri tegak lurus.

M adalah sudut siku-siku dari dua segitiga siku-siku.

m^2 ($Q G^2$) adalah sisi miring yang panjangnya sama dengan m^1 , dan sekaligus merupakan arah kiblat.

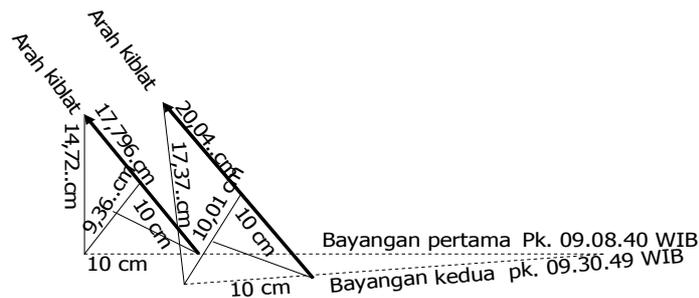
$q^1 + q^2$ ($G^1 G^2$) adalah garis atau sisi yang ditarik dari garis m^1 (garis yang diambil dari bayangan matahari). (Dihitung). Dalam hal ini pengukuran arah kiblat adalah dengan mengukur $q^1 + q^2$ ($G^1 G^2$) sesuai dengan hasil perhitungan. Untuk meyakinkan g juga dapat diukur sesuai dengan hasil perhitungan.

E. Hasil Pengujian Metode Pengukuran Arah Kiblat dengan Segitiga Siku-Siku dari Bayangan Matahari Setiap Saat.

Penulis melakukan pengujian pengukuran arah kiblat dengan segitiga siku-siku dari bayangan matahari setiap saat sebanyak 6 kali. Dua kali dilaksanakan di rumah penulis, empat kali dilaksanakan di Masjid Agung Jawa Tengah.

Di rumah penulis, dilaksanakan pada hari Sabtu Wage, 1 Mei 2010, pk. 09.08.40 WIB (*pengujian pertama*) dan pk. 09.30.49 WIB (*pengujian kedua*) dengan menghasilkan arah kiblat sebagaimana gambar berikut:

Gambar 8
Hasil pengujian pertama dan kedua, Sabtu, 1 Mei 2010
Pk. 09.08.40 WIB dan pk. 09.30.49 WIB di rumah penulis



1). *Pengujian pertama*, Sabtu Wage, 1 Mei 2010, pk. 09.08.40 WIB.

Dari *Google Earth* (2010) rumah penulis terletak pada bujur timur (BT^x) = $110^0 22' 08,25''$ dengan lintang (ϕ^x) = $-7^0 00' 07,36''$, sedangkan untuk Ka'bah terletak pada bujur timur (BT^k) = $39^0 49' 34,33''$ dengan lintang (ϕ^k) = $21^0 25' 21,04''$.

A. Menghitung arah kiblat dan azimuth kiblat di lokasi pengujian pertama dan kedua (rumah penulis).

(1). Menghitung arah kiblat (B) di lokasi pengujian pertama dan kedua.

Rumus:

$$\text{Cotan B} = \tan \phi^k \cos \phi^x : \sin C - \sin \phi^x : \tan C.$$

Data yang diperlukan:

$$\phi^k = 21^0 25' 21,04''.$$

$$\phi^x = -7^0 00' 07,36''.$$

$$\begin{aligned} C &= 110^0 22' 08,25'' - 39^0 49' 34,33'' \text{ (C kelompok 1, arah kiblat} \\ &\quad \text{condong ke barat).} \\ &= 70^0 32' 33,92''. \end{aligned}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} \text{Cotan B} &= \tan \phi^k \cos \phi^x : \sin C - \sin \phi^x : \tan C. \\ &= \tan 21^0 25' 21,04'' \times \cos -7^0 00' 07,36'' : \sin 70^0 32' \\ &\quad 33,92'' - \sin -7^0 00' 07,36'' : \tan 70^0 32' 33,92''. \\ B &= 65^0 29' 00,27'' \text{ UB (utara barat).} \end{aligned}$$

Arah kiblat (B) lokasi pengujian pertama dan kedua (rumah penulis) adalah $65^0 29' 00,27''$ dari utara ke arah barat.

(2). Menghitung azimuth kiblat (Az) di lokasi pengujian pertama dan kedua.

Karena arah kiblat (B) di lokasi pengujian pertama dan kedua (rumah penulis) adalah UB, maka untuk mendapatkan azimuth kiblat dapat digunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Az kiblat} &= 360^0 - B. \\ &= 360^0 - 65^0 29' 00,27''. \\ &= 294^0 30' 59,73''. \end{aligned}$$

Azimuth kiblat di lokasi penelitian pertama dan kedua (rumah penulis) adalah $294^0 30' 59,73''$.

B. Menghitung sudut waktu matahari (t), arah matahari (B) dan azimuth matahari di lokasi pengujian pertama (rumah penulis), hari Sabtu Wage, 1 Mei 2010 pk. 09.08.40 WIB.

(1). Menghitung sudut waktu matahari (t) pada saat pengujian pertama.

Rumus:

$$t = (\text{LMT} + e - (\text{BT}^L - \text{BT}^x) : 15 - 12) \times 15.$$

Data yang diperlukan:

LMT = pk. 09.08.40 WIB.

Dari Departemen Agama (2010: 137) *equation of time* (e) tanggal 1 Mei 2010, pk. 09.00 WIB (pk. 02.00 GMT) = $00^j 02^m 51^d$, kemudian pk. 10.00 WIB (pk. 03.00 GMT) = $00^j 02^m 51^d$.

Equation of time (e) tanggal 1 Mei 2010, pk. 09.08.40 WIB (pk. 02.08.40 GMT) = $00^j 02^m 51^d + 00^j 08^m 40^d \times (00^j 02^m 51^d - 00^j 02^m 51^d) = 00^j 02^m 51^d$.

$$e = +00^j 02^m 51^d.$$

$$\text{BT}^L = 105^0.$$

$$\text{BT}^x = 110^0 22' 08,25''.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} t &= (\text{LMT} + e - (\text{BT}^L - \text{BT}^x) : 15 - 12) \times 15. \\ &= (\text{pk. 09.08.40} + 00^j 02^m 51^d - (105^0 - 110^0 22' 08,25'') : 15 \\ &\quad - 12) \times 15. \\ &= -36^0 45' 06,75'' \text{ (T)}. \\ &= 36^0 45' 06,75'' \text{ (T)}. \end{aligned}$$

Sudut waktu (t) pada hari Sabtu Wage, 1 Mei 2010 pk. 09.08.40 WIB di lokasi pengujian pertama (rumah penulis) adalah $36^0 45' 06,75''$ (T).

(2). Menghitung arah matahari (A) pada saat pengujian pertama.

Rumus:

$$\text{Cotan A} = \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t.$$

Data yang diperlukan:

Dari Departemen Agama (2010: 137), deklinasi matahari (δ^m) tanggal 1 Mei 2010, pk. 09.00 WIB (pk. 02.00 GMT) = $15^0 00' 14''$, kemudian pk. 10.00 WIB (pk. 03.00 GMT) = $15^0 01' 00''$.

Deklinasi matahari (δ^m) tanggal 1 Mei 2010, pk. 09.08.40 WIB (pk. 02.08.40 GMT) = $15^0 00' 14'' + 00^j 08^m 40^d \times (15^0 01' 00'' - 15^0 00' 14'') = 15^0 00' 20,64''$.

$$\delta^m = 15^0 00' 20,64''.$$

$$\phi^x = -7^0 00' 07,36''$$

$$t = 36^0 45' 06,75'' \text{ (T)}.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned}\text{Cotan } A &= \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t. \\ &= \tan 15^0 00' 20,64'' \times \cos -7^0 00' 07,36'' : \sin 36^0 45' \\ &\quad 06,75'' - \sin -7^0 00' 07,36'' : \tan 36^0 45' 06,75''. \\ A &= 58^0 42' 18'' \text{ UT (utara timur).}\end{aligned}$$

Arah matahari (A) pada hari Sabtu Wage, 1 Mei 2010 pk. 09.08.40 WIB di lokasi pengujian pertama (rumah penulis) adalah $58^0 42' 18''$ UT (utara timur).

(3). Menghitung azimuth matahari pada saat pengujian pertama.

Karena arah matahari (A) di lokasi pengujian (rumah penulis) adalah UT, maka, azimuth matahari di lokasi pengujian pertama (rumah penulis) adalah sama dengan arah matahari, yaitu: $58^0 42' 18''$.

C. Menghitung sudut kiblat dari bayangan matahari (Q) pada saat pengujian pertama.

Rumus:

$$Q = \text{Az kiblat} - (180^0 + \text{Az matahari}).$$

Data yang diperlukan:

$$\text{Azimuth kiblat} = 294^0 30' 59,73''.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 58^0 42' 18''.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned}Q &= 294^0 30' 59,73'' - (180^0 + 58^0 42' 18'') \\ &= 55^0 48' 41,73''.\end{aligned}$$

Catatan:

Arah kiblat di sebelah kanan bayangan matahari.

D. Membuat segitiga siku-siku dari bayangan matahari di lokasi pengujian pertama berdasarkan data-data di atas.

(1). Menggunakan satu segitiga siku-siku. Dalam hal ini diawali dengan menentukan sisi siku-siku yang tegak lurus dengan bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat (q).

Rumus:

$$q (G^1 G) = \tan Q g.$$

Data yang diperlukan:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 55^0 48' 41,73''.$$

$$g \text{ (panjang bayangan matahari)} = 10 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} q \text{ (G}^1 \text{ G)} &= \tan Q \cdot g. \\ &= \tan 55^{\circ} 48' 41,73'' \cdot 10 \text{ cm.} \\ &= 14,72095938 \text{ cm.} \\ &= 14,72 \text{ cm (pembulatan).} \end{aligned}$$

Ujung sisi q (G) ditarik garis lurus (m) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Sisi m dari titik Q ke arah titik G adalah sisi miring yang merupakan arah kiblat di lokasi pengujian pertama.

Sedangkan sisi miring (m) panjangnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$m \text{ (Q G)} = g : \cos Q.$$

Data yang diperlukan:

$$Q \text{ (sudut kiblat dari bayangan matahari)} = 55^{\circ} 48' 41,73''.$$

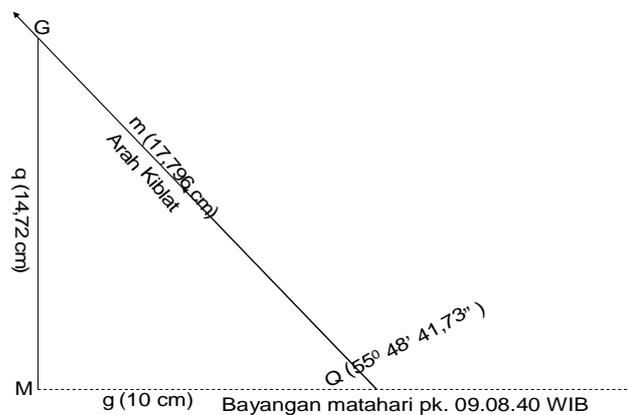
$$g \text{ (panjang bayangan matahari)} = 10 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} m \text{ (Q G)} &= g : \cos Q. \\ &= 10 : \cos 55^{\circ} 48' 41,73''. \\ &= 17,79625306 \text{ cm.} \\ &= 17,796 \text{ cm (pembulatan).} \end{aligned}$$

Gambar 9

Hasil pengujian pertama tanpa hasil pengujian kedua, Sabtu, 1 Mei 2010, pk. 09.08.40 WIB, dengan menggunakan satu segitiga siku-siku



(2). Menggunakan dua segitiga siku-siku dari bayangan matahari. Dalam hal ini diawali dengan menentukan sisi tidak siku-siku (tidak tegak lurus) dengan bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat.

Rumus:

$$q^1 + q^2 (G^1 G^2) = 2 (\sin \frac{1}{2} Q m^1).$$

Data yang diperlukan:

$$Q = 55^0 48' 41'',73.$$

$$m^1 (Q G^1) = 10 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} q^1 + q^2 (G^1 G^2) &= 2 (\sin \frac{1}{2} Q m^1). \\ &= 2 ((\sin (\frac{1}{2} \times 55^0 48' 41,73'')) \times 10 \text{ cm}). \\ &= 9,360384208 \text{ cm.} \\ &= 9,36 \text{ cm (pembulatan).} \end{aligned}$$

Ujung sisi $q^1 + q^2 (G^2)$ ditarik garis lurus (m^2) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Garis lurus (m^2) adalah sisi miring. Dari titik Q menuju ke titik G^2 adalah arah kiblat di lokasi pengujian pertama.

Sisi siku-siku (g) yang berada di tengah-tengah di antara dua segitiga siku-siku, panjangnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$g (Q M) = \cos \frac{1}{2} Q m^1.$$

Data yang diperlukan:

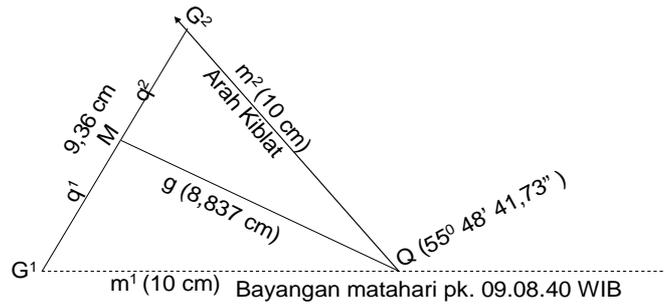
$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 55^0 48' 41,73''.$$

$$m^1 (Q G^1) = 10 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

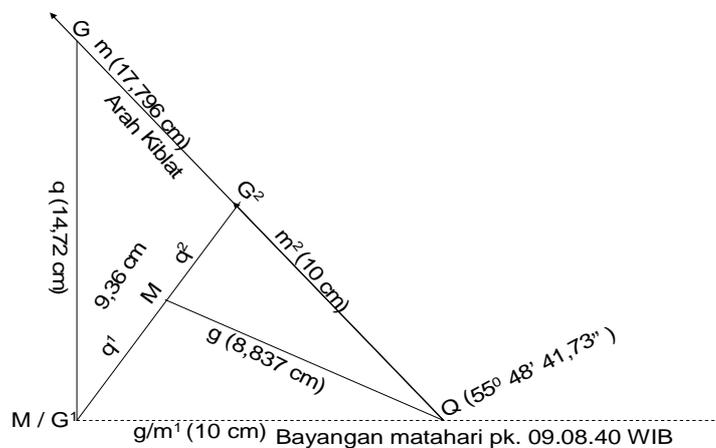
$$\begin{aligned} g (Q M) &= \cos \frac{1}{2} Q m^1. \\ &= \cos (\frac{1}{2} \times 55^0 48' 41,73'') \times 10 \text{ cm.} \\ &= 8,837182916 \text{ cm.} \\ &= 8,837 \text{ cm (pembulatan).} \end{aligned}$$

Gambar 10
 Hasil pengujian pertama tanpa hasil pengujian kedua, Sabtu, 1 Mei 2010, pk. 09.08.40 WIB, dengan menggunakan dua segitiga siku-siku



Bilamana diadakan penggabungan dalam pengujian pertama, antara menggunakan satu segitiga siku-siku dan menggunakan dua segitiga siku-siku, maka sisi miring yang merupakan arah kiblat menjadi berimpit, sebagaimana gambar di bawah.

Gambar 11
 Hasil pengujian pertama tanpa hasil pengujian kedua, Sabtu, 1 Mei 2010, pk. 09.08.40 WIB, dengan menggabungkan antara menggunakan satu segitiga siku-siku dan menggunakan dua segitiga siku-siku, menghasilkan arah kiblat yang sama



2). *Pengujian kedua*, Sabtu Wage, 1 Mei 2010, pk. 09.30.49 WIB.

A. Menghitung arah kiblat dan azimuth kiblat.

Berhubung lokasi pengujian kedua adalah sama dengan lokasi pengujian pertama, yang berarti untuk garis bujur, garis lintang, arah kiblat dan azimuth kiblat lokasi pengujian kedua adalah sama dengan lokasi pengujian pertama.

Sedangkan yang menyangkut data astronomis untuk matahari, apakah deklinasinya, *equation of timenya*, sudut waktunya, arahnya dari titik utara atau selatan, azimuthnya, tentu berbeda, karena walaupun tanggalnya sama akan tetapi jamnya berbeda.

B. Menghitung sudut waktu matahari (t), arah matahari (A) dan azimuth matahari di lokasi pengujian kedua (masih di rumah penulis), hari Sabtu Wage, 1 Mei 2010 pk. 09.30.49 WIB.

(1). Menghitung sudut waktu matahari (t) saat pengujian kedua.

Rumus:

$$t = (LMT + e - (BT^L - BT^X) : 15 - 12) \times 15.$$

Data yang diperlukan:

LMT = pk. 09.30.49 WIB.

Dari Departemen Agama (2010: 137) *equation of time* (e) tanggal 1 Mei 2010, pk. 09.00 WIB (pk. 02.00 GMT) = $00^j 02^m 51^d$, kemudian pk. 10.00 WIB (pk. 03.00 GMT) = $00^j 02^m 51^d$.

Equation of time (e) pk. 09.30.49 WIB (pk. 02.30.49 GMT) = $00^j 02^m 51^d + 00^j 30^m 49^d \times (00^j 02^m 51^d - 00^j 02^m 51^d) = 00^j 02^m 51^d$.

$$e = 00^j 02^m 51^d.$$

$$BT^L = 105^0.$$

$$BT^X = 110^0 22' 08,25''$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$t = (LMT + e - (BT^L - BT^X) : 15 - 12) \times 15.$$

$$= (\text{pk. 09.30.49} + 00^j 02^m 51^d - (105^0 - 110^0 22' 08,25'') : 15 - 12) \times 15.$$

$$= -31^0 12' 51,75'' \text{ (T).}$$

$$= 31^0 12' 51,75'' \text{ (T).}$$

Sudut waktu (t) pada hari Sabtu Wage, 1 Mei 2010 pk. 09.30.49 WIB di lokasi pengujian kedua (rumah penulis) adalah $31^0 12' 51,75''$ (T).

(2). Menghitung arah matahari (A) saat pengujian kedua.

Rumus:

$$\text{Cotan A} = \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t.$$

Data yang diperlukan:

Dari Depatemen Agama (2010: 137), deklinasi matahari (δ^m) tanggal, 1 Mei 2010, pk. 09.00 WIB (pk. 02.00 GMT) = $15^0 00' 14''$, kemudian pk. 10.00 WIB (pk. 03.00 GMT) = $15^0 01' 00''$.

Deklinasi matahari (δ^m) pk. 09.30.49 WIB (pk. 02.30.49 GMT) = $15^0 00' 14'' + 00^j 30^m 49^d \times (15^0 01' 00'' - 15^0 00' 14'') = 15^0 00' 37,63''$.

$$\delta^m = 15^0 00' 37,63''.$$

$$\phi^x = -7^0 00' 07,36''$$

$$t = 31^0 12' 51,75'' \text{ (T)}.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\text{Cotan A} = \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t.$$

$$= \tan 15^0 00' 37,63'' \times \cos -7^0 00' 07,36'' : \sin 31^0 12' 51,75'' - \sin -7^0 00' 07,36'' : \tan 31^0 12' 51,75''$$

$$A = 54^0 26' 43,91'' \text{ UT (utara timur)}.$$

Arah matahari (A) pada hari Sabtu Wage, 1 Mei 2010 pk. 09.30.49 WIB di lokasi pengujian kedua (rumah penulis) adalah $54^0 26' 43,91''$ UT.

(3). Menghitung azimuth matahari saat pengujian kedua.

Karena arah matahari (A) di lokasi pengujian kedua (rumah penulis) adalah UT, maka, azimuth matahari di lokasi pengujian kedua adalah sama dengan arah matahari, yaitu: $54^0 26' 43,91''$.

C. Menghitung sudut kiblat dari bayangan matahari (Q) pada hari Sabtu Wage, 1 Mei 2010 pk. 09.30.49 WIB di lokasi pengujian kedua.

Rumus:

$$Q = \text{Az Kiblat} - (180^0 + \text{Az Matahari}).$$

Data:

$$\text{Azimuth kiblat} = 294^0 30' 59,73''.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 54^0 26' 43,91''$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$Q = \text{Az Kiblat} - (180^0 + \text{Az Matahari}).$$

$$= 294^{\circ} 30' 59,73'' - (180^{\circ} + 54^{\circ} 26' 43,91'')$$

$$= 60^{\circ} 04' 15,82''.$$

Catatan:

Arah kiblat di sebelah kanan bayangan matahari.

D. Membuat segitiga siku-siku dari bayangan matahari pada hari Sabtu Wage, 1 Mei 2010 pk. 09.30.49 WIB di lokasi pengujian kedua (rumah penulis) berdasarkan data-data di atas.

(1). Menggunakan satu segitiga siku-siku dari bayangan matahari. Dalam hal ini diawali dengan menentukan sisi siku-siku yang tegak lurus (q) dengan garis yang diambil dari bayangan matahari (g) yang mendekati azimuth kiblat.

Rumus:

$$q (G^{\perp} G) = \tan Q g.$$

Data yang diperlukan:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 60^{\circ} 04' 15,82''.$$

$$g (\text{panjang bayangan matahari}) = 10 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$q (G^{\perp} G) = \tan Q g.$$

$$= \tan 60^{\circ} 04' 15,82'' \times 10 \text{ cm.}$$

$$= 17,37022492 \text{ cm.}$$

$$= 17,37 \text{ cm (pembulatan).}$$

Ujung sisi q (G) ditarik garis lurus (m) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Sisi m dari titik Q ke arah titik G adalah sisi miring yang merupakan arah kiblat di lokasi pengujian kedua.

Sedangkan sisi miring (m) panjangnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$m (Q G) = g : \cos Q.$$

Data yang diperlukan:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 60^{\circ} 04' 15,82''.$$

$$g (\text{panjang bayangan matahari}) = 10 \text{ cm.}$$

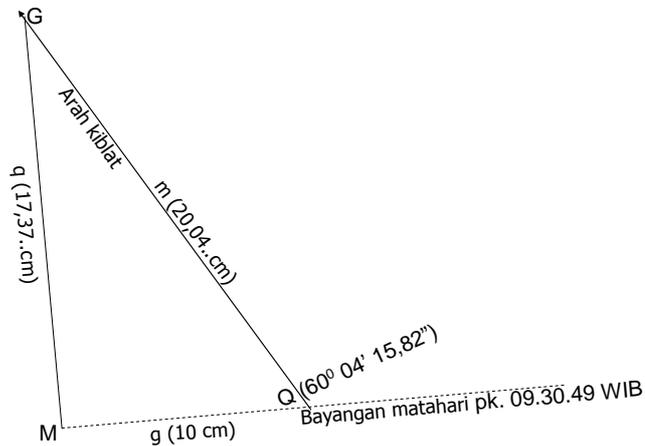
Data dimasukkan dalam rumus:

$$m (Q G) = g : \cos Q.$$

$$= 10 : \cos 60^{\circ} 04' 15,82''$$

= 20,04307146 cm
 = 20,04 cm (pembulatan).

Gambar 12
 Hasil pengujian kedua tanpa hasil pengujian pertama, Sabtu, 1 Mei 2010, pk. 09.30.49 WIB, dengan menggunakan satu segitiga siku-siku



(2). Menggunakan dua segitiga siku-siku dari bayangan matahari. Dalam hal ini diawali dengan menentukan sisi tidak siku-siku (tidak tegak lurus) dengan bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat.

Rumus:

$$q^1 + q^2 (G^1 G^2) = 2 (\sin \frac{1}{2} Q m^1).$$

Data yang diperlukan:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 60^0 04' 15,82''.$$

$$m^1 (Q G^1 \text{ atau panjang bayangan matahari}) = 10 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} q^1 + q^2 (G^1 G^2) &= 2 ((\sin (\frac{1}{2} \times 60^0 04' 15,82'')) \times 10 \text{ cm}). \\ &= 10,01073896 \text{ cm.} \\ &= 10,01 \text{ cm (pembulatan).} \end{aligned}$$

Ujung sisi $q^1 + q^2 (G^2)$ ditarik garis lurus (m^2) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Garis lurus (m^2) adalah sisi miring. Dari titik Q menuju ke titik G^2 adalah arah kiblat lokasi pengujian kedua (rumah penulis).

Sisi siku-siku (g) yang berada di tengah-tengah di antara dua segitiga siku-siku, panjangnya dapat dihitung dengan rumus:

$$g(QM) = \cos \frac{1}{2} Q m^1.$$

Data yang diperlukan:

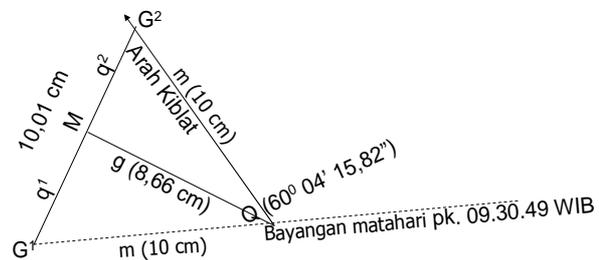
$$Q \text{ (sudut kiblat dari bayangan matahari)} = 60^{\circ} 04' 15,82''.$$

$$m^1 \text{ (} QG^1 \text{ atau panjang bayangan matahari)} = 10 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

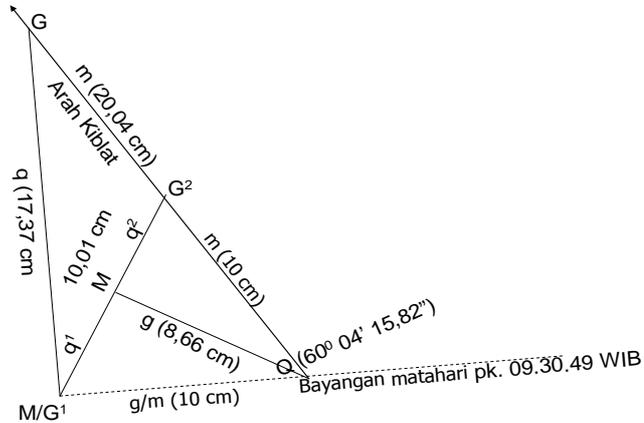
$$\begin{aligned} g(QM) &= \cos \frac{1}{2} Q m^1. \\ &= \cos (\frac{1}{2} \times 60^{\circ} 04' 15,82'') \times 10 \text{ cm.} \\ &= 8,657151748 \text{ cm.} \\ &= 8,66 \text{ cm (pembulatan).} \end{aligned}$$

Gambar 13
hasil pengujian kedua tanpa hasil pengujian pertama, Sabtu, 1 Mei
2010, pk. 09.30.49 WIB, dengan menggunakan dua segitiga siku-siku



Bilamana diadakan penggabungan dalam pengujian kedua, antara menggunakan satu segitiga siku-siku dengan dua segitiga siku-siku, maka sisi miring yang merupakan arah kiblat menjadi berimpit.

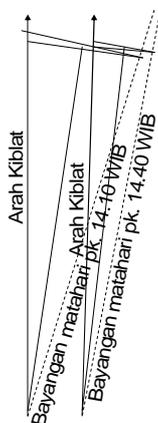
Gambar 14
 Hasil pengujian kedua tanpa hasil pengujian pertama, Sabtu, 1 Mei 2010, pk. 09.08.40 WIB, dengan menggabungkan antara menggunakan satu segitiga siku-siku dan menggunakan dua segitiga siku-siku, menghasilkan arah kiblat yang sama



Pengujian di Masjid Agung Jawa Tengah, dilaksanakan pada hari Ahad Paing, 9 Mei 2010, pk. 14.10 WIB (*pengujian ketiga*) dan pk. 14.40 WIB (*pengujian keempat*). Kemudian hari Ahad Wage, 7 Nopember 2010 pk. 14.15 WIB (*pengujian kelima*) dan pk. 14.45 WIB (*pengujian keenam*).

Pengujian ketiga dan keempat pada hari Ahad Paing, 9 Mei 2010 pk. 14.10 WIB dan pk. 14.40 WIB di Masjid Agung Jawa Tengah menghasilkan arah kiblat sebagaimana gambar berikut:

Gambar 15
 Penggabungan hasil pengujian *ketiga* dan *keempat*, Ahad, 9 Mei 2010, pk. 14.10.00 WIB dan pk. 14.40.00 WIB di Masjid Agung Jawa Tengah, dan juga penggabungan antara menggunakan satu segitiga siku-siku dan menggunakan dua segitiga siku-siku, menghasilkan arah kiblat yang sama dan searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



3). *Pengujian ketiga*, Ahad Paing, 9 Mei 2010, pk. 14.10.00 WIB.

Lokasi Masjid Agung Jawa Tengah adalah sangat luas, namun penulis memilih lokasi dari *Google Earth* (2010) terletak pada bujur timur (BT^x) = $110^0 26' 46,19''$ dengan lintang (ϕ^x) = $-6^0 58' 59,72''$, sedangkan untuk Ka'bah terletak pada bujur timur (BT^k) = $39^0 49' 34,33''$ dengan lintang (ϕ^k) = $21^0 25' 21,04''$.

A. Menghitung arah kiblat (B) dan azimuth kiblat di lokasi pengujian ketiga, keempat, kelima dan keenam (Masjid Agung Jawa Tengah).

(1). Menghitung arah kiblat (B) di lokasi pengujian ketiga, keempat, kelima dan keenam.

Rumus:

$$\text{Cotan B} = \tan \phi^k \cos \phi^x : \sin C - \sin \phi^x : \tan C.$$

Data yang diperlukan:

$$\phi^k = 21^0 25' 21,04''.$$

$$\phi^x = -6^0 58' 59,72''.$$

$$C = 110^0 26' 46,19'' - 39^0 49' 34,33''$$

$$= 70^0 37' 11,86''. \text{ (C kelompok 1, arah kiblat condong ke barat).}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\text{Cotan B} = \tan \phi^k \cos \phi^x : \sin C - \sin \phi^x : \tan C.$$

$$\text{Cotan B} = \tan 21^0 25' 21,04'' \times \cos -6^0 58' 59,72'' : \sin 70^0 37' 11,86'' - \sin -6^0 58' 59,72'' : \tan 70^0 37' 11,86''.$$

$$B = 65^0 30' 22,02'' \text{ UB (utara barat).}$$

Arah kiblat (B) lokasi pengujian ketiga, keempat, kelima dan keenam (Masjid Agung Jawa Tengah) adalah $65^0 30' 22,02''$ dari utara ke arah barat.

(2). Menghitung azimuth kiblat (Az) di lokasi pengujian ketiga, keempat, kelima dan keenam.

Karena arah kiblat (B) di lokasi pengujian ketiga, keempat, kelima dan keenam (Masjid Agung Jawa Tengah) adalah UB(utara barat), maka:

$$\begin{aligned} \text{Azimuth kiblat Masjid Agung Jawa Tengah} &= 360^0 - 65^0 30' 22,02'' \\ &= 294^0 29' 37,98''. \end{aligned}$$

B. Menghitung sudut waktu matahari (t), arah matahari (B) dan azimuth matahari dan sudut kiblat dari bayangan matahari (Q) di lokasi pengujian ketiga (Masjid Agung Jawa Tengah), hari Ahad Paing, 9 Mei 2010 pk. 14.10.00 WIB.

(1). Menghitung sudut waktu matahari (t) pada pengujian ketiga.

Rumus:

$$t = (\text{LMT} + e - (\text{BT}^L - \text{BT}^x) : 15 - 12) \times 15.$$

Data yang diperlukan:

LMT = pk. 14.10 WIB.

Dari Departemen Agama (2010: 145) *equation of time* (e) tanggal, 9 Mei 2010, pk. 14.00. WIB (pk. 07.00 GMT) = $00^j 03^m 33^d$, kemudian pk. 15.00 WIB (pk. 08.00 GMT) = $00^j 03^m 33^d$.

Equation of time (e) tanggal, 9 Mei 2010, pk. 14.10 WIB (pk. 07.10 GMT) = $00^j 03^m 33^d + 00^j 10^m 00^d \times (00^j 03^m 33^d - 00^j 03^m 33^d) = 00^j 03^m 33^d$.

$$e = +00^j 03^m 33^d.$$

$$\text{BT}^L = 105^0.$$

$$\text{BT}^x = 110^0 26' 46,19''$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$t = (\text{LMT} + e - (\text{BT}^L - \text{BT}^x) : 15 - 12) \times 15.$$

$$\begin{aligned} t &= (\text{pk. 14.10} + 00^j 03^m 33^d - (105^0 - 110^0 26' 46,19'') : 15 - \\ & \quad 12) \times 15. \\ &= +38^0 50' 01,19'' \text{ (B)}. \end{aligned}$$

(2). Menghitung arah matahari (A) pada pengujian ketiga.

Rumus:

$$\text{Cotan } A = \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t.$$

Data yang diperlukan:

Dari Departemen Agama (2010: 145), deklinasi matahari (δ^m) tanggal, 9 Mei 2010, pk. 14.00 WIB (pk. 07.00 GMT) = $17^0 20' 55''$, kemudian pk. 15.00 WIB (pk. 08.00 GMT) = $17^0 21' 35''$.

Deklinasi matahari (δ^m) tanggal, 9 Mei 2010, pk. 14.10 WIB (pk. 07.10 GMT) = $17^0 20' 55'' + 00^j 10^m 00^d \times (17^0 21' 35'' - 17^0 20' 55'') = 17^0 21' 01,67''$.

$$\begin{aligned}\delta^m &= 17^0 21' 01,67'' \\ \phi^x &= -6^0 58' 59,72'' \\ t &= 38^0 50' 01,19'' \text{ (B)}.\end{aligned}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned}\text{Cotan A} &= \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t. \\ \text{Cotan A} &= \tan 17^0 21' 01,67'' \times \cos -6^0 58' 59,72'' : \sin 38^0 50' \\ &\quad 01,19'' - \sin -6^0 58' 59,72'' : \tan 38^0 50' 01,19''. \\ A &= 57^0 09' 15,76'' \text{ UB (utara Barat)}.\end{aligned}$$

Arah matahari (A) pada hari Ahad Paing, 9 Mei 2010, pk. 14.10.00 WIB di lokasi pengujian ketiga (Masjid Agung Jawa Tengah) adalah $57^0 09' 15,76''$ UB (utara Barat).

(3). Menghitung azimuth matahari pada pengujian ketiga.

Karena arah matahari (A) di lokasi pengujian ketiga (Masjid Agung Jawa Tengah) adalah UB, maka untuk mendapatkan azimuth matahari di lokasi tersebut adalah:

$$\begin{aligned}\text{Azimuth matahari} &= 360^0 - A. \\ &= 360^0 - 57^0 09' 15,76'' \\ &= 302^0 50' 44,24''.\end{aligned}$$

C. Menghitung sudut kiblat dari bayangan matahari (Q) di lokasi pengujian ketiga (Masjid Agung Jawa Tengah).

Rumus:

$$Q = \text{Az kiblat} - \text{azimuth matahari}.$$

Data yang diperlukan:

$$\begin{aligned}\text{Azimuth kiblat} &= 294^0 29' 37,98'' \\ \text{Azimuth matahari} &= 302^0 50' 44,24''.\end{aligned}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned}Q &= 294^0 29' 37,98'' - 302^0 50' 44,24''. \\ &= -8^0 21' 06,26''. \\ &= -8^0 21' 06,26''\end{aligned}$$

Catatan :

Arah kiblat di sebelah kiri bayangan matahari.

D. Membuat segitiga siku-siku dari bayangan matahari pada saat pengujian ketiga.

(1). Membuat satu segitiga siku-siku dari bayangan matahari, diawali dengan menentukan sisi siku-siku yang tegak lurus dengan bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat, dengan rumus:

$$q (G^1 G) = \tan Q g.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 8^0 21' 06,26''.$$

$$g (\text{panjang bayangan matahari}) = 90 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} q (G^1 G) &= \tan 8^0 21' 06,26'' \times 90 \text{ cm.} \\ &= 13,21259052 \text{ cm.} \\ &= 13,21 \text{ cm (pembulatan).} \end{aligned}$$

Ujung sisi q (G) ditarik garis lurus (m) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Sisi m dari titik Q ke arah titik G adalah sisi miring yang merupakan arah kiblat di lokasi pengujian ketiga.

Sedangkan sisi miring (m) panjangnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$m (Q G) = g : \cos Q.$$

Data yang diperlukan:

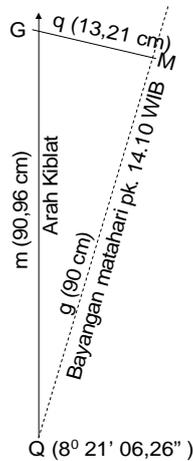
$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 8^0 21' 06,26''.$$

$$g (\text{panjang bayangan matahari}) = 90 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} m (Q G) &= g : \cos Q. \\ &= 90 : \cos 8^0 21' 06,26''. \\ &= 90,96467747 \text{ cm.} \\ &= 90,96 \text{ cm (pembulatan).} \end{aligned}$$

Gambar 16
 Hasil pengujian ketiga tanpa hasil pengujian keempat, Ahad, 9 Mei 2010, pk. 14.10 WIB, dengan menggunakan satu segitiga siku-siku, memperoleh arah kiblat yang searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



(2). Membuat dua segitiga siku-siku dari bayangan matahari untuk menentukan arah kiblat di lokasi pengujian ketiga (Masjid Agung Jawa Tengah), diawali dengan menentukan sisi tidak siku-siku (tidak tegak lurus) dengan bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat, dengan rumus:

$$q^1 + q^2 (G^1 G^2) = 2 (\sin \frac{1}{2} Q m^1).$$

Data yang diperlukan:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 8^0 21' 06,26''.$$

$$m^1 (Q G^1) = 90 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$q^1 + q^2 (G^1 G^2) = 2 ((\sin (\frac{1}{2} \times 8^0 21' 06,26'')) \times 90 \text{ cm}).$$

$$= 13,10726815 \text{ cm.}$$

$$= 13,11 \text{ cm (pembulatan).}$$

Ujung sisi $q^1 + q^2 (G^2)$ ditarik garis lurus (m^2) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Garis lurus (m^2) adalah sisi miring, dari titik Q menuju ke titik G^2 adalah arah kiblat lokasi pengujian ketiga (Masjid Agung Jawa Tengah).

Sisi siku-siku (g) yang berada di tengah-tengah di antara dua segitiga siku-siku, panjangnya dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$g (Q M) = \cos \frac{1}{2} Q m^1.$$

Data yang diperlukan:

$$Q \text{ (sudut kiblat dari bayangan matahari)} = 8^0 21' 06,26''.$$

$$m^1 (Q G^1) = 90 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$g (Q M) = \cos \frac{1}{2} Q m^1.$$

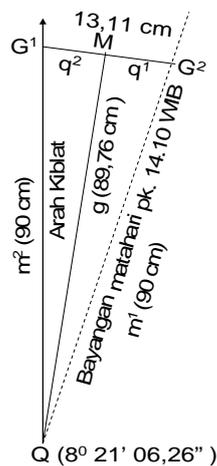
$$= \cos (\frac{1}{2} \times 8^0 21' 06,26'') \times 90 \text{ cm.}$$

$$= 89,761071018 \text{ cm.}$$

$$= 89,76 \text{ cm (pembulatan).}$$

Gambar 17

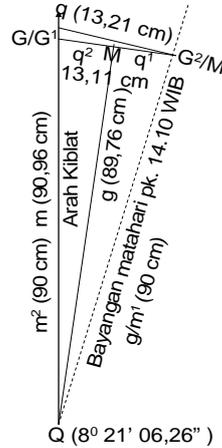
Hasil pengujian ketiga tanpa hasil pengujian keempat, Ahad, 9 Mei 2010, pk. 14.10 WIB, dengan menggunakan dua segitiga siku-siku, memperoleh arah kiblat yang searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



Bilamana diadakan penggabungan dalam pengujian ketiga, antara menggunakan satu segitiga siku-siku dengan dua segitiga siku-siku, maka sisi miring yang merupakan arah kiblat menjadi berimpit.

Gambar 18

Hasil pengujian ketiga tanpa hasil pengujian keempat, Ahad, 9 Mei 2010, pk. 14.10 WIB, dengan menggabungkan antara menggunakan satu segitiga siku-siku dengan dua segitiga siku-siku, menghasilkan arah kiblat yang sama dan searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



4). *Pengujian keempat*, Ahad Paing, 9 Mei 2010, pk. 14.40 WIB.

A. Menghitung arah kiblat dan azimuth kiblat.

Berhubung lokasi pengujian keempat adalah sama dengan lokasi pengujian ketiga, yang berarti untuk garis bujur, garis lintang, arah kiblat dan azimuth kiblat lokasi pengujian keempat sama dengan lokasi pengujian ketiga.

Sedangkan yang menyangkut data astronomis untuk matahari, apakah deklinasinya, *equation of timenya*, sudut waktunya, arahnya dari titik utara atau selatan, azimuthnya, tentu berbeda, karena waktu (jam) nya berbeda walaupun tanggalnya sama.

B. Menghitung sudut waktu matahari (t), arah matahari (A), azimuth matahari dan sudut kiblat dari bayangan matahari (Q) di lokasi pengujian keempat (Masjid Agung Jawa Tengah), hari Ahad Paing, 9 Mei 2010 pk. 14.40 WIB.

(1). Menghitung sudut waktu matahari (t) pada saat pengujian keempat.

Rumus:

$$t = (LMT + e - (BT^L - BT^x)) : 15 - 12) \times 15.$$

Data yang diperlukan:

LMT = pk. 14.40 WIB.

Dari Departemen Agama (2010: 145) *equation of time* (e) pk. 14.00 WIB (pk. 07.00 GMT) = $00^j 03^m 33^d$, kemudian pk. 15.00 WIB (pk. 08.00 GMT) = $00^j 03^m 33^d$.

Equation of time (e)) pk. 14.40 WIB (pk. 07.40 GMT) = $00^j 03^m 33^d + 00^j 40^m \times (00^j 03^m 33^d - 00^j 03^m 33^d) = 00^j 03^m 33^d$.

$$e = 00^j 03^m 33^d.$$

$$BT^L = 105^0.$$

$$BT^x = 110^0 26' 46'', 19.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$t = (LMT + e - (BT^L - BT^x)) : 15 - 12 \times 15.$$

$$= (\text{pk. } 14.40 + 00^j 03^m 33^d - (105^0 - 110^0 26' 46,19'')) : 15 - 12 \times 15.$$

$$= +46^0 20' 01,19'' \text{ (B)}.$$

$$= 46^0 20' 01,19'' \text{ (B)}.$$

(2). Menghitung arah matahari (A) di lokasi pengujian keempat.

Rumus:

$$\text{Cotan } A = \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t.$$

Data yang diperlukan:

Dari Departemen Agama (2010: 137), deklinasi matahari (δ^m) pk. 14.00 WIB (pk. 07.00 GMT) = $17^0 20' 55''$, kemudian pk. 15.00 WIB (pk. 08.00 GMT) = $17^0 21' 35''$.

Deklinasi matahari (δ^m) pk. 14.40 WIB (pk. 07.40 GMT) = $17^0 20' 55'' + 00^j 40^m \times (17^0 21' 35'' - 17^0 20' 55'') = 17^0 21' 21,67''$.

$$\delta^m = 17^0 21' 21,67''.$$

$$\phi^x = -6^0 58' 59,72''.$$

$$t = 46^0 20' 01,19'' \text{ (B)}.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\text{Cotan } A = \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t.$$

$$= \tan 17^0 21' 21,67'' \times \cos -6^0 58' 59,72'' : \sin 46^0 20' 01,19'' -$$

$$\sin -6^0 58' 59,72'' : \tan 46^0 20' 01,19''.$$

$$A = 61^0 24' 50,71'' \text{ UB (utara barat)}.$$

(3). Menghitung azimuth matahari pada saat pengujian keempat.

Karena arah matahari (A) di lokasi pengujian keempat (Masjid Agung Jawa Tengah) adalah UB, maka, untuk mendapatkan azimuth matahari di lokasi pengujian keempat adalah menggunakan rumus:

$$\text{Az matahari} = 360^0 - A.$$

Data yang diperlukan:

$$A = 61^0 24' 50,71'' \text{ UB}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} \text{Az matahari} &= 360^0 - 61^0 24' 50,71'' \\ &= 298^0 35' 09,29''. \end{aligned}$$

C. Menghitung sudut kiblat dari bayangan matahari (Q) di lokasi pengujian keempat.

Rumus:

$$Q = \text{Az kiblat} - \text{Az matahari}.$$

Data yang diperlukan:

$$\text{Azimuth kiblat} = 294^0 30' 59,73''.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 298^0 35' 09,29''.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} Q &= \text{Az kiblat} - \text{Az matahari} \\ &= 294^0 29' 37,98'' - 298^0 35' 09,29'' \\ &= -4^0 05' 31,31'' \\ &= 4^0 05' 31,31'' \end{aligned}$$

Catatan:

Arah kiblat di sebelah kiri bayangan matahari.

D. Membuat segitiga siku-siku pada pengujian keempat.

(1). Membuat satu segitiga siku-siku dari bayangan matahari, diawali dengan menentukan sisi siku-siku yang tegak lurus dengan bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat, dengan rumus:

$$q (G^1 G) = \tan Q g.$$

Data yang diperlukan:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 4^0 05' 31,31''.$$

$$g (\text{panjang bayangan matahari}) = 90 \text{ cm}.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} q (G^1 G) &= \tan Q g \\ &= \tan 4^0 05' 31,31'' \times 90 \text{ cm}. \end{aligned}$$

$$= 6,438696532 \text{ cm.}$$

$$= 6,44 \text{ cm (pembulatan).}$$

Ujung sisi q (G) ditarik garis lurus (m) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Sisi m dari titik Q ke arah titik G adalah sisi miring yang merupakan arah kiblat di lokasi pengujian keempat.

Sedangkan sisi miring (m) panjangnya dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$m(QG) = g : \cos Q.$$

Data yang diperlukan:

$$Q \text{ (sudut kiblat dari bayangan matahari)} = 4^{\circ} 05' 31,31''.$$

$$g \text{ (panjang bayangan matahari)} = 90 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$m(QG) = g : \cos Q.$$

$$= 90 : \cos 4^{\circ} 05' 31,31''.$$

$$= 90,23002168 \text{ cm}$$

$$= 90,23 \text{ cm (pembulatan).}$$

Gambar 19

Hasil pengujian keempat tanpa hasil pengujian ketiga, Ahad, 9 Mei 2010, pk. 14.40 WIB, dengan menggunakan satu segitiga siku-siku, memperoleh arah kiblat yang searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



(2). Membuat dua segitiga siku-siku dari bayangan matahari untuk menentukan arah arah kiblat di lokasi pengujian keempat (Masjid

Agung Jawa Tengah), diawali dengan menentukan sisi tidak siku-siku (tidak tegak lurus) dengan bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat, dengan rumus:

$$q^1 + q^2 (G^1 G^2) = 2 (\sin \frac{1}{2} Q m^1).$$

Data yang diperlukan:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 4^0 05' 31,31''.$$

$$m^1 (Q G^1) = 90 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$q^1 + q^2 (G^1 G^2) = 2 (\sin \frac{1}{2} Q m^1).$$

$$= 2 ((\sin (\frac{1}{2} \times 4^0 05' 31,31'')) \times 90 \text{ cm}).$$

$$= 6,426379453 \text{ cm.}$$

$$= 6,43 \text{ cm (pembulatan).}$$

Ujung sisi $q^1 + q^2 (G^2)$ ditarik garis lurus (m^2) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Garis lurus (m^2) adalah sisi miring, dari titik Q menuju ke titik G^2 adalah arah kiblat lokasi pengujian keempat (Masjid Agung Jawa Tengah).

Sisi siku-siku (g) yang berada di tengah-tengah di antara dua segitiga siku-siku, panjangnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$g (Q M) = \cos \frac{1}{2} Q m^1.$$

Data:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 4^0 05' 31,31''.$$

$$m^1 (Q G^1) = 90 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$g (Q M) = \cos \frac{1}{2} Q m^1.$$

$$= \cos (\frac{1}{2} \times 4^0 05' 31,31'') \times 90 \text{ cm.}$$

$$= 89,94262289 \text{ cm.}$$

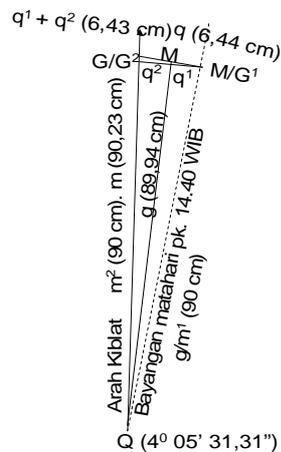
$$= 89,94 \text{ cm (pembulatan).}$$

Gambar 20
 Hasil pengujian keempat tanpa hasil pengujian ketiga, Ahad, 9 Mei 2010, pk. 14.40 WIB, dengan menggunakan dua segitiga siku-siku, memperoleh arah kiblat yang searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



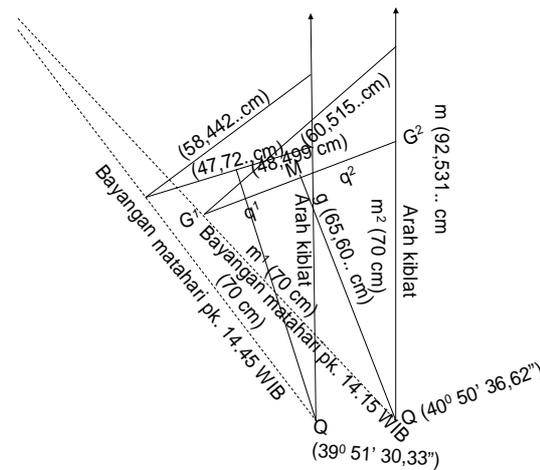
Bilamana diadakan penggabungan dalam pengujian keempat, antara menggunakan satu segitiga siku-siku dengan dua segitiga siku-siku, maka sisi miring yang merupakan arah kiblat menjadi berimpit.

Gambar 21
 Hasil pengujian keempat tanpa hasil pengujian ketiga, Ahad, 9 Mei 2010, pk. 14.40 WIB, dengan menggabungkan antara menggunakan satu segitiga siku-siku dan menggunakan dua segitiga siku-siku, menghasilkan arah kiblat yang sama dan searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



Pengujian kelima dan keenam pada hari Ahad Wage, 7 Nopember 2010 pk. 14.15 WIB dan pk. 14.45 WIB di Masjid Agung Jawa Tengah menghasilkan arah kiblat sebagaimana gambar berikut:

Gambar 22
 Penggabungan hasil pengujian kelima dan keenam, Ahad, 7 Nopember 2010, pk. 14.15 WIB dan pk. 14.45 WIB di Masjid Agung Jawa Tengah, dan juga penggabungan antara menggunakan satu segitiga siku-siku dan menggunakan dua segitiga siku-siku, menghasilkan arah kiblat yang sama dan searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



5). *Pengujian kelima*, Ahad Wage, 7 Nopember 2010, pk. 14.15 WIB.

A. Menghitung arah kiblat dan azimuth kiblat.

Berhubung lokasi pengujian kelima adalah sama dengan lokasi pengujian ketiga dan keempat, yang berarti untuk garis bujur, garis lintang, arah kiblat dan azimuth kiblat lokasi pengujian kelima adalah sama dengan lokasi pengujian ketiga.

Sedangkan yang menyangkut data astronomis untuk matahari, apakah deklinasinya, *equation of timenya*, sudut waktunya, arahnya dari titik utara atau selatan, azimuthnya, tentu berbeda, karena waktu (jam) nya berbeda.

B. Menghitung sudut waktu matahari (t), arah matahari (A), azimuth matahari, di lokasi pengujian kelima (Masjid Agung Jawa Tengah), hari Ahad Wage, 7 Nopember 2010, pk. 14.15 WIB.

(1). Menghitung sudut waktu matahari (t) pada saat pengujian kelima.

Rumus:

$$t = (\text{LMT} + e - (\text{BT}^L - \text{BT}^x) : 15 - 12) \times 15.$$

Data yang diperlukan:

$$\text{LMT} = \text{pk. 14.15 WIB.}$$

Dari Departemen Agama (2010: 327) *equation of time* (e) pk. 14.00 WIB (pk. 07.00 GMT) = $00^j 16^m 22^d$, kemudian pk. 15.00 WIB (pk. 08.00 GMT) = $00^j 16^m 22^d$.

$$\text{Equation of time (e) } \text{pk. 14.15 WIB (pk. 07.15 GMT)} = 00^j 16^m 22^d + 00^j 15^m \times (00^j 16^m 22^d - 00^j 16^m 22^d) = 00^j 16^m 22^d.$$

$$e = 00^j 16^m 22^d.$$

$$\text{BT}^L = 105^0.$$

$$\text{BT}^x = 110^0 26' 46,19''.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$t = (\text{LMT} + e - (\text{BT}^L - \text{BT}^x) : 15 - 12) \times 15.$$

$$= (\text{pk. 14.15} + 00^j 16^m 22^d - (105^0 - 110^0 26' 46,19'') : 15 - 12) \times 15.$$

$$= +43^0 17' 16,19'' \text{ (B).}$$

$$= 43^0 17' 16,19'' \text{ (B).}$$

(2). Menghitung arah matahari (A) dan azimuth matahari di lokasi pengujian kelima.

Rumus:

$$\text{Cotan A} = \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t.$$

Data yang diperlukan:

Dari Departemen Agama (2010: 327), deklinasi matahari (δ^m) pk. 14.00 WIB (pk. 07.00 GMT) = $-16^0 15' 53''$, kemudian pk. 15.00 WIB (pk. 08.00 GMT) = $-16^0 16' 38''$.

$$\text{Deklinasi matahari } (\delta^m) \text{ pk. 14.15 WIB (pk. 07.15 GMT)} = -16^0 15' 53'' + 00^j 15^m \times (-16^0 16' 38'' - (-16^0 15' 53'')) = -16^0 16' 04,25''.$$

$$\delta^m = -16^0 16' 04,25''.$$

$$\phi^x = -6^0 58' 59,72''.$$

$$t = 43^0 17' 16,19'' \text{ (B).}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\text{Cotan A} = \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t.$$

$$= \tan -16^0 16' 04,25'' \times \cos -6^0 58' 59,72'' : \sin 43^0 17' 16,19'' - \sin -6^0 58' 59,72'' : \tan 43^0 17' 16,19''.$$

$$A = -73^{\circ} 39' 01,36'' \text{ SB (selatan barat).}$$

(3). Menghitung azimuth matahari pada saat pengujian kelima.

Karena arah matahari (A) di lokasi pengujian kelima (Masjid Agung Jawa Tengah) adalah SB, maka, untuk mendapatkan azimuth matahari di lokasi pengujian kelima adalah menggunakan rumus:

$$\text{Az matahari} = 180^{\circ} - A.$$

Data yang diperlukan:

$$A = -73^{\circ} 39' 01,36'' \text{ SB .}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} \text{Az matahari} &= 180^{\circ} - (-73^{\circ} 39' 01,36'') \\ &= 253^{\circ} 39' 01,36''. \end{aligned}$$

C. Menghitung sudut kiblat dari bayangan matahari (Q) di lokasi pengujian kelima.

Dalam hal ini digunakan rumus:

$$Q = \text{azimuth kiblat} - \text{azimuth matahari.}$$

Data yang diperlukan:

$$\text{Azimuth kiblat} = 294^{\circ} 30' 59,73''.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 253^{\circ} 39' 01,36''.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} Q &= \text{azimuth kiblat} - \text{azimuth matahari.} \\ &= 294^{\circ} 29' 37,98'' - 253^{\circ} 39' 01,36'' \\ &= 40^{\circ} 50' 36,62''. \end{aligned}$$

Catatan:

Arah kiblat di sebelah kanan bayangan matahari.

D. Membuat segitiga siku-siku di lokasi pengujian kelima (Masjid Agung Jawa Tengah).

(1). Membuat satu segitiga siku-siku dari bayangan matahari, diawali dengan menentukan sisi siku-siku yang tegak lurus dengan bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat, dengan rumus:

$$q (G^1 G) = \tan Q g.$$

Data yang diperlukan:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 40^{\circ} 50' 36,62''.$$

$$g (\text{panjang bayangan matahari}) = 70 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned}
 q (G^1 G) &= \tan Q g. \\
 &= \tan 40^0 50' 36,62'' \times 70 \text{ cm.} \\
 &= 60,5151921 \text{ cm.} \\
 &= 60,515 \text{ cm (pembulatan).}
 \end{aligned}$$

Ujung sisi q (G) ditarik garis lurus (m) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Sisi m dari titik Q ke arah titik G adalah sisi miring yang merupakan arah kiblat di lokasi pengujian kelima.

Sedangkan sisi miring (m) panjangnya dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$m (Q G) = g : \cos Q.$$

Data yang diperlukan:

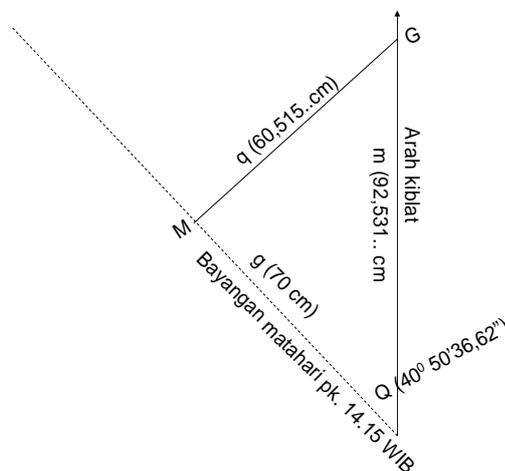
$$\begin{aligned}
 Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) &= 40^0 50' 36,62''. \\
 g (\text{panjang bayangan matahari}) &= 70 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned}
 m (Q G) &= g : \cos Q. \\
 &= 70 : \cos 40^0 50' 36,62''. \\
 &= 92,53155394 \text{ cm} \\
 &= 92,53 \text{ cm (pembulatan).}
 \end{aligned}$$

Gambar 23

Hasil pengujian kelima tanpa hasil pengujian keenam, Ahad, 7 Nopember 2010, pk. 14.15 WIB, dengan menggunakan satu segitiga siku-siku, memperoleh arah kiblat yang searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



(b). Membuat dua segitiga siku-siku dari bayangan matahari untuk menentukan arah arah kiblat di lokasi pengujian kelima (Masjid Agung Jawa Tengah), diawali dengan menentukan sisi tidak siku-siku (tidak tegak lurus) dengan bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat, dengan rumus:

$$q^1 + q^2 (G^1 G^2) = 2 (\sin \frac{1}{2} Q m^1).$$

Data yang diperlukan:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 40^0 50' 36,62''.$$

$$m^1 (Q G^1) = 70 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} q^1 + q^2 (G^1 G^2) &= 2 (\sin \frac{1}{2} Q m^1). \\ &= 2 ((\sin (\frac{1}{2} \times 40^0 50' 36,62'')) \times 70 \text{ cm}). \\ &= 48,8499004 \text{ cm.} \\ &= 48,85 \text{ cm (pembulatan)}. \end{aligned}$$

Ujung sisi $q^1 + q^2 (G^2)$ ditarik garis lurus (m^2) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Garis lurus (m^2) adalah sisi miring, dari titik Q menuju ke titik G^2 adalah arah kiblat lokasi pengujian kelima (Masjid Agung Jawa Tengah).

Sisi siku-siku (g) yang berada di tengah-tengah di antara dua segitiga siku-siku, panjangnya dapat dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$g (Q M) = \cos Q m^1.$$

Data:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 40^0 50' 36,62''.$$

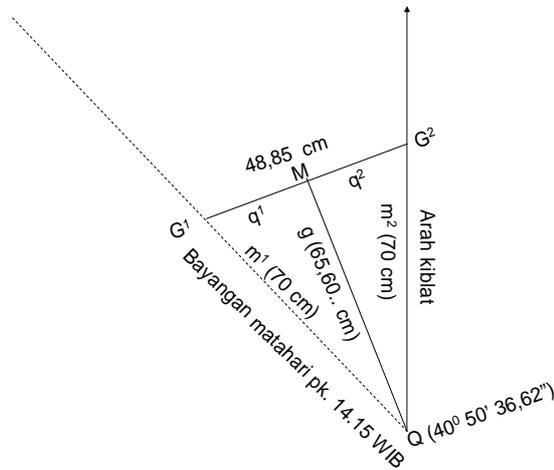
$$m^1 (Q G^1) = 70 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} g (Q M) &= \cos \frac{1}{2} Q m^1. \\ &= \cos (\frac{1}{2} \times 40^0 50' 36,62'') \times 70 \text{ cm.} \\ &= 65,6004711 \text{ cm.} \\ &= 65,6 \text{ cm (pembulatan)}. \end{aligned}$$

Gambar 24

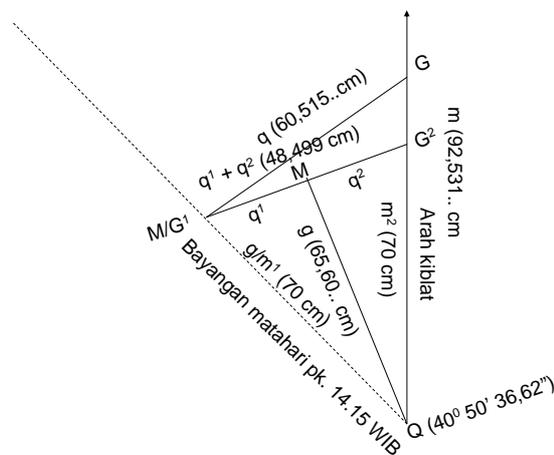
Hasil pengujian kelima tanpa hasil pengujian keenam, Ahad, 7 Nopember 2010, pk. 14.15 WIB, dengan menggunakan dua segitiga siku-siku, memperoleh arah kiblat yang searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



Bilamana diadakan penggabungan dalam pengujian kelima, antara menggunakan satu segitiga siku-siku dan menggunakan dua segitiga siku-siku, maka sisi miring yang merupakan arah kiblat menjadi berimpit.

Gambar 25

Hasil pengujian kelima tanpa hasil pengujian keenam, Ahad, 7 Nopember 2010, pk. 14.15 WIB, dengan menggabungkan antara menggunakan satu segitiga siku-siku dan menggunakan dua segitiga siku-siku, menghasilkan arah kiblat yang sama dan searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



6). *Pengujian keenam*, Ahad Wage, 7 Nopember 2010, pk. 14.45 WIB.

A. Menhitung arah kiblat dan azimuth kiblat.

Lokasi pengujian keenam adalah sama dengan lokasi pengujian ketiga, keempat dan kelima, yang berarti untuk garis bujur, garis lintang, arah kiblat dan azimuth kiblat di lokasi pengujian keenam adalah sama dengan lokasi pengujian ketiga, keempat dan kelima.

Sedangkan yang menyangkut data astronomis untuk matahari, apakah deklinasinya, *equation of timenya*, sudut waktunya, arahnya dari titik utara atau selatan, azimuthnya, tentu berbeda, karena waktu (jam) nya berbeda.

B. Menghitung sudut waktu matahari (t), arah matahari (A), azimuth matahari dan sudut kiblat dari bayangan matahari (Q) di lokasi pengujian keenam (Masjid Agung Jawa Tengah), hari Ahad Wage, 7 Nopember 2010, pk. 14.45 WIB.

(1). Menghitung sudut waktu matahari (t) pada saat pengujian keenam.

Rumus:

$$t = (LMT + e - (BT^L - BT^X) : 15 - 12) \times 15.$$

Data yang diperlukan:

LMT = pk. 14.45 WIB.

Dari Departemen Agama (2010: 327) *equation of time* (e) pk. 14.00 WIB (pk. 07.00 GMT) = $00^j 16^m 22^d$, kemudian pk. 15.00 WIB (pk. 08.00 GMT) = $00^j 16^m 22^d$.

Equation of time (e)) pk. 14.45 WIB (pk. 07.15 GMT) = $00^j 16^m 22^d + 00^j 45^m \times (00^j 16^m 22^d - 00^j 16^m 22^d) = 00^j 16^m 22^d$.

e = $00^j 16^m 22^d$.

$BT^L = 105^0$.

$BT^X = 110^0 26' 46,19''$.

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} t &= (LMT + e - (BT^L - BT^X) : 15 - 12) \times 15. \\ &= (\text{pk. } 14.45 + 00^j 16^m 22^d - (105^0 - 110^0 26' 46,19'') : 15 - \\ &\quad 12) \times 15. \\ &= +50^0 47' 16,19'' \text{ (B)}. \\ &= 50^0 47' 16,19'' \text{ (B)}. \end{aligned}$$

(2). Menghitung arah matahari (A) di lokasi pengujian keenam.

Rumus:

$$\text{Cotan } A = \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t.$$

Data yang diperlukan:

Dari Depatemen Agama (2010: 327), deklinasi matahari (δ^m) pk. 14.00 WIB (pk. 07.00 GMT) = $-16^0 15' 53''$, kemudian pk. 15.00 WIB (pk. 08.00 GMT) = $-16^0 16' 38''$.

Deklinasi matahari (δ^m) pk. 14.45 WIB (pk. 07.45 GMT) = $-16^0 15' 53'' + 00^j 45^m \times (-16^0 16' 38'' - (-16^0 15' 53'')) = -16^0 16' 26,75''$.

$$\delta^m = -16^0 16' 26,75''.$$

$$\phi^x = -6^0 58' 59,72''.$$

$$t = 50^0 47' 16,19'' \text{ (B)}.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} \text{Cotan } A &= \tan \delta^m \cos \phi^x : \sin t - \sin \phi^x : \tan t. \\ &= \tan -16^0 16' 26,75'' \times \cos -6^0 58' 59,72'' : \sin 50^0 47' \\ &\quad 16,19'' - \sin -6^0 58' 59,72'' : \tan 50^0 47' 16,19''. \end{aligned}$$

$$A = -74^0 38' 07,65'' \text{ SB (selatan barat)}.$$

(3). Menghitung azimuth matahari pada saat pengujian keenam.

Karena arah matahari (A) di lokasi pengujian kelima (Masjid Agung Jawa Tengah) adalah SB, maka, untuk mendapatkan azimuth matahari di lokasi pengujian keenam adalah menggunakan rumus:

$$\text{Az matahari} = 180^0 - A.$$

Data yang diperlukan:

$$A = -74^0 38' 07,65'' \text{ SB}.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} \text{Az matahari} &= 180^0 - (-74^0 38' 07,65''). \\ &= 254^0 38' 07,65'' \text{).} \end{aligned}$$

C. Menghitung sudut kiblat dari bayangan matahari (Q) di lokasi pengujian keenam.

Dalam hal ini digunakan rumus:

$$Q = \text{azimuth kiblat} - \text{azimuth matahari}.$$

Data yang diperlukan:

$$\text{Azimuth kiblat} = 294^0 30' 59,73''.$$

$$\text{Azimuth matahari} = 254^0 38' 07,65''.$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} Q &= \text{azimuth kiblat} - \text{azimuth matahari.} \\ &= 294^{\circ} 29' 37,98'' - 254^{\circ} 38' 07,65''. \\ &= 39^{\circ} 51' 30,33''. \end{aligned}$$

Catatan:

Arah kiblat di sebelah kanan bayangan matahari.

D. Membuat segitiga siku-siku dari bayangan matahari di lokasi pengujian keenam.

(1). Membuat satu segitiga siku-siku dari bayangan matahari, diawali dengan menentukan sisi siku-siku yang tegak lurus dengan bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat, dengan rumus:

$$q (G^1 G) = \tan Q g.$$

Data yang diperlukan:

$$\begin{aligned} Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) &= 39^{\circ} 51' 30,33''. \\ g (\text{panjang bayangan matahari}) &= 70 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} q (G^1 G) &= \tan Q g. \\ &= \tan 39^{\circ} 51' 30,33'' \times 70 \text{ cm.} \\ &= 58,44283227 \text{ cm.} \\ &= 58,44 \text{ cm (pembulatan).} \end{aligned}$$

Ujung sisi q (G) ditarik garis lurus (m) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Sisi m dari titik Q ke arah titik G adalah sisi miring yang merupakan arah kiblat di lokasi pengujian keenam.

Sedangkan sisi miring (m) panjangnya dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$m (Q G) = g : \cos Q.$$

Data yang diperlukan:

$$\begin{aligned} Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) &= 39^{\circ} 51' 30,33''. \\ g (\text{panjang bayangan matahari}) &= 70 \text{ cm.} \end{aligned}$$

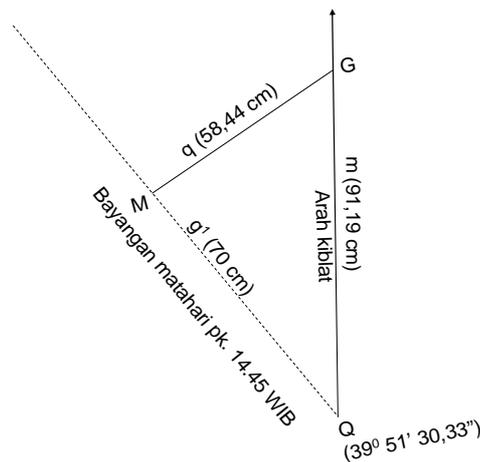
Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} m (Q G) &= g : \cos Q. \\ &= 70 : \cos 39^{\circ} 51' 30,33''. \\ &= 91,18971786 \text{ cm} \end{aligned}$$

= 91,19 cm (pembulatan).

Gambar 26

Hasil pengujian keenam tanpa hasil pengujian kelima, Ahad, 7 Nopember 2010, pk. 14.45 WIB, dengan menggunakan satu segitiga siku-siku, memperoleh arah kiblat yang searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



(2). Membuat dua segitiga siku-siku dari bayangan matahari untuk menentukan arah kiblat di lokasi pengujian keenam (Masjid Agung Jawa Tengah), diawali dengan menentukan sisi tidak siku-siku (tidak tegak lurus) dengan bayangan matahari yang mendekati azimuth kiblat, dengan rumus:

$$q^1 + q^2 (G^1 G^2) = 2 (\sin \frac{1}{2} Q m^1).$$

Data yang diperlukan:

$$Q (\text{sudut kiblat dari bayangan matahari}) = 39^0 51' 30,33''.$$

$$m^1 (Q G^1) = 70 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} q^1 + q^2 (G^1 G^2) &= 2 (\sin \frac{1}{2} Q m^1). \\ &= 2 ((\sin (\frac{1}{2} \times 39^0 51' 30,33'')) \times 70 \text{ cm}). \\ &= 47,72024766 \text{ cm.} \\ &= 47,72 \text{ cm (pembulatan).} \end{aligned}$$

Ujung sisi $q^1 + q^2 (G^2)$ ditarik garis lurus (m^2) dipertemukan dengan ujung bayangan yang menjauh dari azimuth kiblat (Q). Garis lurus (m^2)

adalah sisi miring, dari titik Q menuju ke titik G^2 adalah arah kiblat lokasi pengujian kelima (Masjid Agung Jawa Tengah).

Sisi siku-siku (g) yang berada di tengah-tengah di antara dua segitiga siku-siku, panjangnya dapat dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$g \quad (Q M) = \cos Q m^1.$$

Data:

$$Q \text{ (sudut kiblat dari bayangan matahari)} = 39^0 51' 30,33''.$$

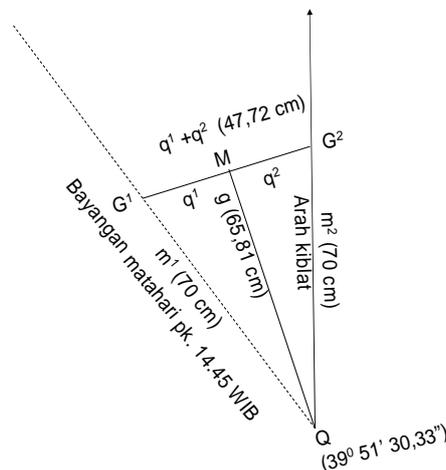
$$m^1 (Q G^1) = 70 \text{ cm.}$$

Data dimasukkan dalam rumus:

$$\begin{aligned} g \quad (Q M) &= \cos \frac{1}{2} Q m^1. \\ &= \cos (\frac{1}{2} \times 39^0 51' 30,33'') \times 70 \text{ cm.} \\ &= 65,80801236 \text{ cm.} \\ &= 65,81 \text{ cm (pembulatan).} \end{aligned}$$

Gambar 27

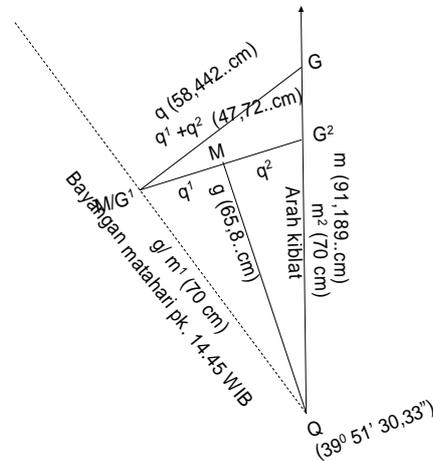
Hasil pengujian keenam tanpa hasil pengujian kelima, Ahad, 7 Nopember 2010, pk. 14.45 WIB, dengan menggunakan dua segitiga siku-siku, memperoleh arah kiblat yang searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



Bilamana diadakan penggabungan dalam pengujian keenam, antara menggunakan satu segitiga siku-siku dan menggunakan dua segitiga siku-siku, maka sisi miring yang merupakan arah kiblat menjadi berimpit sebagaimana gambar berikut:

Gambar 28

Hasil pengujian keenam tanpa hasil pengujian kelima, Ahad, 7 Nopember 2010, pk. 14.45 WIB, dengan menggabungkan antara menggunakan satu segitiga siku-siku dan menggunakan dua segitiga siku-siku, memperoleh arah kiblat yang searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah



Dari hasil pengujian di atas dapat disimpulkan, bahwa metode pengukuran arah kiblat dengan segitiga siku-siku dari bayangan matahari, baik dengan menggunakan satu segitiga siku-siku ataupun menggunakan dua segitiga siku-siku telah menghasilkan arah kiblat yang sama, demikian juga dalam pengujian ketiga, keempat, kelima dan keenam dengan lokasi Masjid Agung Jawa Tengah telah menghasilkan arah kiblat yang searah dengan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN.

A. Kesimpulan.

1. Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam metode pengukuran arah kiblat dengan segitiga siku-siku dari bayangan matahari.
 - a. Menghitung arah kiblat (B) dengan rumus sederhana: $\text{Cotan } B = \frac{\tan \phi^k \cos \phi^x}{\sin C - \sin \phi^x} : \tan C$.
 - b. Menghitung azimuth kiblat dengan rumus: jika, $B = UT (+)$ maka azimuth kiblat = B. Jika $B = ST (-)$, maka azimuth kiblat = $180^0 + B$. Jika $B = SB (-)$, maka azimuth kiblat = $180^0 - B$. Jika $B = UB (+)$, maka azimuth kiblat = $360^0 - B$.
 - c. Menghitung arah matahari (A) dengan menggunakan rumus: $\text{Cotan } A = \frac{\tan \delta^m \cos \phi^x}{\sin t - \sin \phi^x} : \tan t$.

- d. Menghitung azimuth matahari dengan rumus: Jika $A = UT (+)$, maka azimuth matahari = A . Jika $A = ST (-)$, maka azimuth matahari = $180^0 + A$. Jika $A = SB (-)$, maka azimuth matahari = $180^0 - A$. Jika $A = UB (+)$, maka azimuth matahari = $360^0 - A$.
- e. Menghitung sudut kiblat dari bayangan matahari (Q), dengan diupayakan supaya besar sudut Q tidak lebih dari 90^0 , sehingga rumus untuk mendapatkan sudut kiblat dari bayangan matahari (Q) bisa, $Q = \text{azimuth kiblat} - \text{azimuth matahari}$, bisa juga $Q = \text{azimuth kiblat} - (180^0 + \text{azimuth matahari})$, bisa juga $Q = \text{azimuth kiblat} - (\text{azimuth matahari} - 180^0)$, bisa juga $Q = (360^0 + \text{azimuth kiblat}) - \text{azimuth matahari}$, bisa juga $Q = \text{azimuth kiblat} - (360^0 + \text{azimuth matahari})$. Kemudian jika sudut Q positif maka arah kiblat berada di sebelah kanan bayangan matahari, sedangkan jika negatif maka arah kiblat di sebelah kiri bayangan matahari.
- f. Menetapkan panjang bayangan matahari (sisi g) untuk satu segitiga siku-siku atau (sisi m^1) untuk dua segitiga siku-siku yang akan dijadikan acuan dalam pengukuran arah kiblat dengan menggunakan metode segitiga siku-siku dari bayangan matahari. Semakin panjang bayangan matahari yang diambil, akan menghasilkan arah kiblat yang semakin akurat.
- g. Bilamana menggunakan satu segitiga siku-siku, maka
Pertama, menghitung panjang sisi siku-siku (q) dari bayangan matahari (g), dengan menggunakan rumus: $q = \tan Q \cdot g$. Sedangkan sudut siku-siku yang dibentuk oleh bayangan matahari (g) dengan sisi siku-siku (q) diberi nama titik M . Sisi q ditarik ke kanan jika sudut Q positif, dan ditarik ke kiri jika sudut Q negatif.
Kedua, membuat sisi miring (m) dengan mempertemukan ujung sisi g yang menjauh dari azimuth kiblat (titik Q) dengan ujung sisi q yang menjauh dari bayangan matahari (titik G). Sisi miring dari titik Q ke arah titik G melalui sisi m adalah arah kiblat. Sisi miring tersebut panjangnya dapat dihitung dengan rumus: $m = g : \cos Q$.
- h. Bilamana menggunakan dua segitiga siku-siku, maka
Pertama, menghitung panjang sisi tidak siku-siku ($q^1 + q^2$) dari bayangan matahari (m^1), dengan menggunakan rumus: $q^1 + q^2 = 2 (\sin \frac{1}{2} Q \cdot m^1)$. Titik tengah antara titik q^1 dan titik q^2 diberi nama titik M . Sisi siku-siku yang menghubungkan titik Q dan titik M diberi nama sisi g . Titik

pertemuan antara sisi m^1 dan sisi q^1 diberi nama titik (sudut) G^1 . Titik pertemuan antara sisi m^2 dan sisi q^2 diberi nama titik (sudut) G^2 . Untuk mendapatkan panjang sisi g dapat digunakan rumus: $g = \cos \frac{1}{2} Q m^1$. Sisi $q^1 + q^2$ ditarik ke kanan jika sudut Q positif, dan ditarik ke kiri jika sudut Q negatif.

Kedua, membuat sisi miring (m^2) dengan mempertemukan titik Q dengan titik G^2 , yang panjangnya sama dengan sisi dari bayangan matahari (m^1).

Dari titik Q ke arah titik G^2 melalui sisi m^2 adalah arah kiblat.

2. Metode pengukuran arah kiblat dengan segitiga siku-siku dari bayangan matahari setiap saat, akan menghasilkan arah kiblat yang akurat bilamana data-data pendukungnya akurat. Data-data pendukung yang dibutuhkan dalam metode ini adalah garis bujur Ka'bah, garis lintang Ka'bah, garis bujur lokasi yang akan diukur arah kiblatnya, garis lintang lokasi yang akan diukur arah kiblatnya dan jam yang digunakan acuan pengukuran.
3. Metode ini berfungsi sama dengan metode teodolit. Dengan metode ini pengukuran arah kiblat yang akurat dapat dilakukan dengan sederhana dan biaya murah.

B. Saran.

1. Kompas amat penting, akan tetapi hendaknya hanya digunakan pada saat keadaan darurat saja, seperti pada saat malam hari, mendung, hujan, atau hanya untuk kepentingan pribadi saja. Bukan digunakan untuk acuan pembangunan masjid yang sifatnya permanen.
2. Metode pengukuran arah kiblat dengan segitiga siku-siku dari bayangan matahari menurut penulis adalah amat praktis dan tidak membutuhkan biaya tinggi, karena metode ini dapat dilaksanakan setiap saat selama matahari tampak dan matahari tidak berdekatan dengan titik zenith. Untuk itu metode ini perlu disosialisasikan kepada masyarakat luas, agar bisa mendapatkan arah kiblat yang akurat tanpa harus biaya tinggi.

C. Penutup.

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis persembahkan kehadirat Ilahi Rabbiy atas segala rahmat-Nya. Dengan rahmat-Nya itulah penulis dapat

menyelesaikan tesis ini, dengan harapan ada manfaatnya, baik bagi penulis pribadi maupun bagi para pembaca yang tertarik pada permasalahan yang ada pada tesis ini.

Tesis ini memperkenalkan teori baru tentang metode pengukuran arah kiblat dengan segitiga siku-siku dari bayangan matahari, yang menurut penulis metode ini amat praktis dan tidak butuh biaya tinggi.

Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Semoga Allah senantiasa membimbing kita dengan taufiq-Nya, sehingga kita senantiasa berada di jalan yang di ridhai-Nya. Amin.

V. DAFTAR PUSTAKA.

- Al-Jailany, Zubeir Umar, tt., *Al-Khulāṣah al-Wafīyyah*, Kudus: Menara Kudus.
- Arifin, Jaenal, 2003, *Pemikiran Hisab Rukyah K.H. Nor Ahmad SS di Indonesia*, Tesis Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, tidak diterbitkan.
- Azhari, Susiknan, 2007, *Ilmu Falak, Perjumpaan Khazanah dan Sains Modern*, Cet II, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah.
- Baker, Robert H, 1930, *Astronomy A Textbook for University and College Students*, Canada: D. van Nostrand Company.
- Dawanas, D.N., 1996, *Dasar-dasar Astronomi Bola*, Bandung: ITB Press.
- Departemen Agama RI, 1981, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam.
- , 2009, *Ephemeris Hisab Rukyat 2010*, Jakarta: Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Ditjen Bimbingan Masyarakat Islam.
- Direktorat Hidro Oeanografi TNI AL.RI, 1994, *Almanak Nautika*, Jakarta.
- Google, 2010, *Google Earth*.
- Green, R.M., 1985, *Spherical Astronomy*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Hidayat, Bambang, 1995, *Perjalanan Mengenal Astronomi*, Bandung: ITB Press.
- Izzuddin, Ahmad, 2001, *Fiqh Hisab Rukyah di Indonesia, Upaya Penyatuan Mazhab Rukyah dengan Mazhab Hisab*, Tesis Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang.

- , 2003, *Fiqh Hisab Rukyah di Indonesia, Upaya Penyatuan Mazhab Rukyah dengan Mazhab Hisab*, Yogyakarta: Logung Pustaka.
- Khazin, Muhyiddin, 2004, *Ilmu Falak, Dalam Teori dan Praktek*, Yogyakarta: Buana Pustaka.
- Khoironi, Nur, 2008, *Penggunaan Sistim Rukyah dalam Penentuan Awal Bulan Ramadhan antara Nahdlatul Ulama dan Hizbut-Tahrir*, Skripsi Fakultas Syari'ah UIN Yogyakarta, tidak diterbitkan.
- Mackie, J.B., 1971, *The Elements Astronomy for Surveyors*, London: Griffin.
- Maksum bin Ali, Muhammad, tt., *ad-Durus al-Falakiyyah*, Surabaya: Ahmad Ibnu Sa'id bin Nabhan.
- , tt., *Badi'ah al-Misqāl fi Hisab as-Sinān wa al-Hilāl*, Surabaya: Sa'ad bin Nasir Nabhan.
- McNally, D., 1974, *Positional Astronomi*, London: Muller Educational.
- Meeus, Jean, 1983, *Astronomical Tables of the Sun, Moon and Planets*, Richmond Virginia: Willmann-Bell.
- , 1991, *Astronomical Algorithms*, Virginia: Willmaan-Bell.
- Mueller, 1969, *Spherical and Practical Astronomy*, New York: Frederick Ungar Publishing Co.
- Muhadjir, Noeng, 2000, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, Yogyakarta: Rake Sarasin, edisi IV.
- Nafi', Agus Yusrun, 2007, *Pemikiran Hisab Rukyah K.H. Turaikhan dan Aplikasinya*, Tesia, Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, tidak diterbitkan.
- Orderay, Richard, 1971, *Earth Scienc*, Reinhold: Van Nostrand.
- Rachim, Abdur, 1983, *Ilmu Falak, Cet. I*, Yogyakarta: Liberty.
- Roelofs, R, 1950, *Astronomy Applied to Land Surveying*, Amsterdam: N.V. Uitgeverif Argus.
- Romdhoni, Ali, 2009, *Konsep Pemaduan Hisab dan Rukyah dalam Penentuan Awal Bulan Kamariyah (Studi atas Pandangan Ormas Muhammadiyah dan NU)*, Skripsi Fakultas Syari'ah UIN Yogyakarta, tidak diterbitkan.
- Roy;A.E., 1982, *Orbital Motion*, Bristol: Adam Hilger Ltd.
- Schwarz, H.R., 1988, *Numerische Mathematik*, Stuttgart: B.G. Teubner Verlag.

Sugiyono, 2009, *Metode Penelitian Kuantitatif kualitatif dan R&D*, Bandung: Alfabeta.

Wardan, Muhammad, 1957, *Hisab 'Urfi dan Hakiki*, t.p.

Widodo, Eko Wahyu, 2009, *Studi Penyatuan Awal Bulan Ramadhan, Syawal dan Zulhijjah serta Implementasi Pembuatan Kalender Hijriyah Perspektif Badan Hisab Rukyah*, Skripsi Fakultas Syari'ah UIN Yogyakarta, tidak diterbitkan.