

Telaah Penentuan Arah Kiblat dengan Perhitungan Trigonometri Bola dan Bayang-Bayang Gnomon oleh Matahari

Moedji Raharto dan Dede Jaenal Arifin Surya

Observatorium Bosscha FMIPA ITB, Bandung, Indonesia, 409391

Email: moedji@as.itb.ac.id

Abstrak

Solusi penentuan sudut arah Kiblat dapat diperoleh melalui informasi koordinat geografis posisi pengamat, posisi Ka'bah dan memanfaatkan rumus segitiga bola (trigonometri bola) yang menghubungkan antara parameter yang diketahui dan sudut arah Kiblat yang ingin diketahui. Solusi harga nominal arah Kiblat dengan cara ini bergantung pada informasi dan cara penentuan koordinat geografis. Penentuan posisi beberapa titik di sekitar Masjid ditentukan dengan menggunakan GPS (Global Positioning System) GPS-map 60CSx. Kemudian informasi sudut arah Kiblat itu dipergunakan sebagai masukan dalam penentuan arah Kiblat dengan bayang – bayang Gnomon oleh Matahari. Alat yang dipergunakan adalah Mizwala, Gnomon dan bidang dial. Pertama ditentukan arah azimuth bayang – bayang Gnomon pada tanggal dan jam pengamatan di lokasi pengamat, dengan demikian dapat ditentukan arah Utara – Selatan sebenarnya (bukan Utara – Selatan magnet Bumi), setelah itu arah Kiblat ditentukan dengan referensi/acuan arah Utara – Selatan yang telah ditentukan sebelumnya. Cara berikutnya adalah penentuan arah dan tinggi bayang – bayang Gnomon di lokasi pengamat saat Matahari berada di atas Ka'bah. Telaah awal perbandingan hasil penentuan dengan dua cara ini untuk lokasi di sekitar masjid Sabilushalihin, Buah Batu, Bandung tidak terdapat perbedaan nominal yang berarti, jadi kedua metode tersebut mempunyai presisi yang kurang lebih setara.

Kata kunci: kiblat, ka'bah, makkah, gnomon.

Abstract

Solution of finding kiblah direction can be obtained from the geographical data and the geographical position of Ka'bah with spherical triangle's formula which connect the three parameters, spherical angle of kiblah direction from an observer and the geographic position of the observer and the geographic position of Ka'bah in Makkah. The result of calculation will depend on the precision of input data, how the data obtained through measurement. Here we measured geographic position several points around the mosque using GPS (Global Positioning System) GPS-map 60CSx and we used geographic data of Ka'bah. The result of calculating kiblah direction then will be used as comparison information of the kiblah direction obtained through the shadow of the sun using Gnomon and dial plane. We used Mizwala for searching or obtaining the kiblah direction using Gnomon and dial plane. First we determine the azimuth direction of shadow of Gnomon at the date and time (the azimuth data of the shadow is calculated at the date and the time of observation) when we make observation in the location of observer, then the true north – south direction can be derived by turning the value of azimuth in the dial plane in the same with azimuth of the shadow. Then the calculated kiblah direction and the true direction can be used to determine the kiblah direction. The other methods is to determine the shadow of kiblah direction when the sun at the zenith of the Ka'bah. We compare the two methods in the area of Sabilushalihin mosque, Buah Batu, Bandung and we conclude that the two methods have comparable precisions in determining the kiblah direction.

Keywords: kiblat, ka'bah, makkah, gnomon.

1. PENDAHULUAN

Umat Islam memerlukan arah Kiblat untuk keperluan ibadahnya sehari-hari, diantaranya ibadah shalat, etika di toilet, dan penempatan jenazah di pemakaman. Ketentuan arah Kiblat adalah arah sudut ke masjidil Haram yang merupakan ketertiban bagi umat Islam dalam menjalankan ibadah shalat. Hakekat shalat sujud ke Allah SWT bukan sujud ke Ka'bah. Pada dasarnya kemanapun kita menghadap di situlah wajah Allah, kebaktian bukanlah menghadap ke timur atau ke barat, akan tetapi kebaktian adalah beriman kepada Allah (QS 2:115 dan 177). Dan Allah memindahkan kiblat dari Baitul Maqdis ke Masjidil Haram untuk menguji keimanan orang-orang mukmin, sekaligus mengabulkan permohonan Nabi Muhammad saw (QS 2: 142 – 146). Setiap umat mempunyai kiblat masing-masing, dan kiblat umat Islam adalah Baitullah (Ka'bah di masjidil Haram) (QS 2: 148 – 151, QS 5:97).

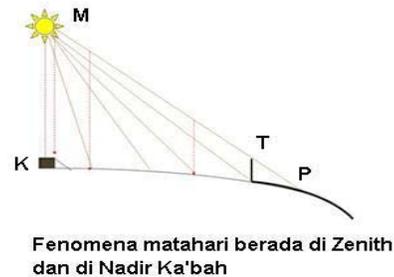
Kalibrasi sudut arah Kiblat tidak dimaksudkan indikator adanya perubahan arah Kiblat. Bagi masjid-masjid yang dibangun berdasarkan pengetahuan arah Kiblat yang sederhana biasanya kurang presisi dan kalibrasi arah Kiblat bertujuan untuk menyempurnakan arah Kiblat dengan memanfaatkan bayang – bayang sebuah tongkat lurus yang tertancap pada bidang datar atau sebuah benang yang diberi bandul.

Secara definisi Kiblat berasal dari bahasa arab yakni qibala yang berarti mengarah atau mengarahkan. Yang dimaksud dengan arah Kiblat yaitu besar sudut dari suatu tempat terhadap Ka'bah, di dalam Masjidil Haram yang berada di kota Makkah di Negara Saudi Arabia. Jadi dalam hal ini perlu usaha menentukan arah Kiblat dengan lebih seksama atau lebih presisi, tidak hanya sekedar mengarah ke Barat bagi umat Islam di Indonesia. Secara umum posisi geografis kota Makkah berada pada $39^{\circ} 50'$ BT (Bujur Timur) dan $+21^{\circ} 25'$ LU (Lintang Utara) dan berdasarkan data GPSmap dengan ordo titik $r = \pm 7$ meter adalah $39^{\circ} 50' 34''$ BT dan $+21^{\circ} 25' 21''$ LU.

Penentuan arah Kiblat pada umumnya dibagi dalam dua cara yaitu yang pertama adalah mengamati arah bayang – bayang Gnomon atau tongkat lurus yang ditancapkan tegak lurus pada sebuah bidang datar pada momen Matahari berada di atas zenith atau di atas Nadir Ka'bah (lihat Gambar 1). Jadi yang diperlukan adalah informasi pada tanggal dan jam berapa momen Matahari berada di atas zenith atau di atas Nadir Ka'bah akan berlangsung. Kemudian apakah pengamat masih bisa menyaksikan Matahari pada momen tersebut. Dalam setahun terdapat dua kali kesempatan yaitu momen Matahari menuju titik posisi paling Utara (dalam koordinat ekuatorial) sekitar bulan Mei dan kepulangannya menuju ekuator langit sekitar bulan Juli.

Cara lainnya memerlukan informasi posisi geografis pengamat dan Ka'bah, melalui perhitungan dengan menggunakan rumus segitiga bola (trigonometri bola) dapat dihitung besar sudut arah Kiblat. Kemudian untuk penentuan orientasi arah Utara – Selatan benar, poros/sumbu rotasi Bumi (bukan arah Utara – Selatan medan magnet Bumi) dengan memanfaatkan posisi geosentrik Matahari pada tanggal dan jam pengamatan, nilai teoritis azimuth Matahari dan arah bayang – bayang yang merupakan indikator arah azimuth Matahari dari lokasi pengamat dipergunakan untuk kalibrasi orientasi arah Utara – Selatan benar. Selanjutnya nilai perhitungan sudut arah Kiblat dari posisi pengamat tersebut dipergunakan untuk mencari arah Kiblat dengan acuan Utara – Selatan yang telah dikalibrasi terhadap azimuth Matahari.

Indikator arah Utara-Selatan bisa juga mempergunakan kompas yang telah dikalibrasi terhadap arah Utara – Selatan benar. Walaupun perlu ke hati – hatian adanya gangguan orientasi jarum magnet dalam hal terdapat medan magnet lokal yang bisa dihasilkan dari besi – besi baja dalam beton maupun arus listrik atau anomali batuan magnet.



GAMBAR 1. Pengamat (P), tongkat (T), bayangan tongkat (L) saat matahari (M) di zenith ka'bah.

Perbaikan arah Kiblat yang lebih presisi dapat dilakukan dengan menggunakan bayang – bayang tongkat lurus oleh Matahari terutama pada momen Matahari di atas Ka'bah atau di Zenit Ka'bah. Bayang – bayang Matahari tidak terganggu oleh medan magnet lokal, namun terganggu tertutup oleh awan. Pada sekitar tanggal 28 Mei dan 16 Juli Matahari, saat berkulminasi atas, kedudukan Matahari berada di arah dekat dengan Zenith Ka'bah. Bagi umat Islam, hari tersebut dinamakan “Yaumul Rashdul Qiblat” atau hari meluruskan arah Kiblat karena saat itu Matahari di atas Ka'bah atau kota Makkah. Fenomena yang terjadi 2 kali selama setahun ini dikenal juga dengan istilah kulminasi atas, transit utama atau Istiwa A'dhom.

Istiwa, dalam bahasa astronomi adalah kulminasi atas atau transit yaitu fenomena saat posisi Matahari melintasi

di meridian langit pengamat. Dalam penentuan waktu shalat, dua menit setelah kulminasi atas Matahari, istiwa digunakan sebagai pertanda masuknya waktu shalat Zuhur. Setiap hari dalam wilayah zona tropis yaitu wilayah sekitar garis Katulistiwa antara $23,5^\circ$ LU sampai $23,5^\circ$ LS posisi Matahari saat istiwa selalu berubah. Sudut jarak zenith minimal Matahari berubah bergeser ke arah utara dan disaat lain bergeser ke selatan sepanjang garis meridian. Hingga pada saat tertentu sebuah tempat akan mengalami peristiwa yang disebut Istiwa A'dhom yaitu saat Matahari berada tepat di atas kepala pengamat atau di zenith lokasi pengamat tersebut.

Saat Matahari di atas Ka'bah maka semua bayangan benda tegak akan mengarah ke Ka'bah. Hal ini bisa difahami sebab akibat gerakan semu Matahari yang disebut sebagai gerak tahunan Matahari. Ini diakibatkan selama Bumi beredar mengelilingi Matahari sumbu Bumi miring $66,5^\circ$ terhadap bidang edarnya sehingga selama setahun Matahari terlihat mengalami pergeseran antara $23,5^\circ$ LU sampai $23,5^\circ$ LS. Pada saat nilai azimuth Matahari sama dengan nilai azimuth lintang geografis sebuah tempat maka di tempat tersebut terjadi Istiwa A'dhom yaitu melintasnya Matahari melewati zenit lokasi setempat. Demikian halnya Ka'bah yang berada pada koordinat $21,4^\circ$ LU dan $39,8^\circ$ BT dalam setahun juga akan mengalami 2 kali peristiwa Istiwa A'dhom.

Peristiwa ini menurut data deklinasi Matahari ephemeris hisab rukyat tahun 2011, yaitu setiap tanggal 28 Mei sekitar pukul 12.18 waktu Makkah dan 16 Juli sekitar pukul 12.27 waktu Makkah. Jika waktu tersebut dikonversi maka di Indonesia Bagian Barat, peristiwanya terjadi pada sekitar tanggal 28 Mei pukul 16.18 WIB dan sekitar tanggal 16 Juli pukul 16.27 WIB. Dengan adanya

peristiwa Matahari tepat di atas Ka'bah tersebut maka umat Islam yang berada jauh dan berbeda waktu tidak lebih dari 5 atau 6 jam dapat menentukan arah Kiblat secara presisi menggunakan teknik bayangan Matahari. Untuk daerah yang mengalami siang bersamaan dengan Makkah dapat menggunakan jadwal berikut ini untuk menentukan arah kiblat:

26 – 30 Mei, pukul 16:18 WIB (09:18 UT/GMT)

14 – 18 Juli, pukul 16:27 WIB (09:27 UT/GMT)

Arah kiblat adalah dari ujung bayangan ke arah tongkat. Untuk daerah yang mengalami siang berlawanan dengan Makkah dapat menggunakan jadwal berikut ini untuk menentukan arah kiblat.

12 – 16 Jan, pukul 04:30 WIB (11 – 15 Jan, 21:30 UT) 27 Nov – 1 Des, pk1 04:09 WIB (26 – 30 Nov, 21:09 UT) n Arah kiblat adalah dari tongkat ke ujung bayangan. Rentang waktu ± 5 menit masih cukup akurat untuk dipergunakan sebagai panduan arah Kiblat.

Walaupun untuk memperoleh informasi tersebut diperlukan informasi posisi Matahari dalam sistem koordinat Ekuatorial maupun sistem koordinat Horizontal dan posisi Ka'bah, namun pengetahuan tersebut dengan mudah diperoleh misalnya dengan pengamatan langsung kedudukan Matahari di sekitar tanggal tersebut di arah dekat Zenith Ka'bah, sekitar waktu dhuhur dan indikator panjang bayang – bayang hampir nol. Sedangkan kedudukan Matahari di arah dekat Nadir Ka'bah dapat dihitung secara teoritis dengan asumsi kedudukan Matahari saat berkulminasi atas dengan dengan arah zenith pengamat dengan kedudukan lintang selatan – $21^\circ 25' 21''$ LS dan bujur barat ($180^\circ - 39^\circ 50' 34''$) = $140^\circ 09' 26''$ BB.

TABEL 1. Data kalibrasi arah Kiblat dengan memanfaatkan momen Matahari berada di atas Ka'bah, tanggal 28 Mei 2011, pukul 16:18 Lokasi masjid Sabilushalihin, Buah Batu, Bandung. $-60 29' 16''$ LS dan $1070 20' 12''$ BT, yang arah Kiblatnya $64^\circ 53' 27''$ atau dalam azimuth $295^\circ, 10$

No	Waktu (jam:menit:detik WIB)	Deklinasi Matahari ($^\circ$)	Azimuth Matahari ($^\circ$)	Azimuth Bayangan ($^\circ$)
1	15:21:24 – 15:27:36	21,2	298,4	118,4
2	15:29:13 – 15:32:19	21,3	298,6	118,6
3	15:35:10 – 15:37:18	21,4	298,9	118,9
4	15:42:27 – 15:51:45	21,4	297,9	117,9
5	15:54:28 – 16:02:17	21,4	296,1	116,1
6	16:03:12 – 16:10:17	21,4	296,4	116,4
7	16:11:18 – 16:15:12	21,4	295,1	115,1
8	16:17:25 – 16:24:17	21,4	295,1	115,1
9	16:26:28 – 16:31:22	21,4	295,1	115,2
10	16:34:17 – 16:41:27	21,4	295,2	115,4
11	16:44:19 – 16:52:17	21,5	295,3	115,5
12	16:55:29 – 17:03:17	21,5	294,9	114,8

2. PENGAMATAN PADA MOMEN MATAHARI DI ATAS KA'BAH

Dua momen Matahari di atas Ka'bah dimanfaatkan untuk menentukan arah Kiblat di lokasi masjid Sabilushalihin, Buah Batu, Bandung. Posisi geografis diperoleh melalui pengukuran GPS menunjukkan $-6^{\circ} 29' 16''$ LS dan $107^{\circ} 20' 12''$ BT. Melalui perhitungan dengan menggunakan rumus arah Kiblat ditunjukkan bahwa Kiblatnya $64^{\circ} 11' 47''$ atau dalam azimuth $295,03^{\circ}$. Pengamatan arah Kiblat melalui pengamatan bayang – bayang tongkat pada momen Matahari di atas Ka'bah dilakukan pada tanggal 28 Mei 2011 ditunjukkan dalam Tabel 1 sedang momen Matahari di atas Ka'bah dilakukan pada tanggal 16 Juli 2011 ditunjukkan dalam Tabel 2. Hasil pengamatan menunjukkan arah Kiblat $295^{\circ}.1$ atau $295^{\circ}.2$.

Hasil berikut pada Tabel 2 berikut adalah data kalibrasi arah Kiblat dengan memanfaatkan momen Matahari berada di atas Ka'bah, tanggal 16 Juli 2011, pada pukul 16:27:00 WIB dengan lokasi masjid Sabilushalihin, Buah Batu, Bandung. $-6^{\circ} 29' 16''$ LS dan $107^{\circ} 20' 12''$ BT, akhirnya arah Kiblatnya $64^{\circ} 53' 27''$ atau dalam azimuth $295,02^{\circ}$.

Dari kedua tabel tersebut (Tabel 1 dan Tabel 2), diperoleh bahwa pada tanggal 28 Mei 2011 data azimuth Kiblat dari bayang-bayang Gnomon adalah $295,1^{\circ}$ dan pada tanggal 16 Juli 2011 azimuth Kiblatnya adalah

$295,2^{\circ}$. Perbedaan $0,1^{\circ}$ dapat disebabkan oleh fenomena angkasa (refraksi) mulai waktu pengamatan yang berbeda dan beberapa faktor lainnya terutama dari ketelitian instrumen. Hasil pengamatan di atas pada Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan tidak adanya perbedaan yang berarti.

3. PERHITUNGAN ARAH KIBLAT DENGAN TRIGONOMETRI BOLA

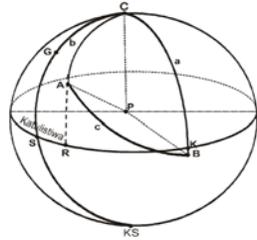
Posisi lintang dan bujur geografis diukur dengan GPS-map 60CSx, begitu pula kalibrasi waktu pengamatan mempergunakan indicator waktu GPS-map 60CSx. Raharto (2010) mengidentifikasi ada beragam formula untuk perhitungan arah Kiblat dalam uraian berikut dibawah ini.

Tinjau bola bumi dengan segitiga bola terhadap Ka'bah (Gambar 2), dimana, A=Ka'bah, B=Tempat Salat/Pengamat, C= Kutub Utara, G= Greenwich, a= Meridian Tempat, b= Meridian Ka'bah, c= Busur Arah Kiblat, BK= Lintang Tempat (ϕT), RA = Lintang Kakbah (ϕK), P= Titik Pusat Bumi, SR ($\angle SCR$)= Bujur Kakbah (λK), SK ($\angle SCK$) = Bujur Tempat (λT) dan ABC adalah Sudut Arah Kiblat.

Pada penentuan arah Kiblat, jika posisi geografis bujur suatu tempat/kota berada di sebelah timur Mekah (Ka'bah), maka besar sudut arah Kiblat, B, dihitung dari Utara-Barat ($0^{\circ} < B < 180^{\circ}$).

TABEL 2. Data kalibrasi arah Kiblat dengan memanfaatkan momen Matahari berada di atas Ka'bah, tanggal 16 Juli 2011, pada pukul 16:27:00 WIB Lokasi masjid Sabilushalihin, Buah Batu, Bandung. $-6^{\circ} 29' 16''$ LS dan $107^{\circ} 20' 12''$ BT, yang arah Kiblatnya $64^{\circ} 53' 27''$ atau dalam azimuth $295^{\circ}.02$

No	Waktu (jam:menit:detik WIB)	Deklinasi Matahari ($^{\circ}$)	Azimuth Matahari ($^{\circ}$)	Azimuth Bayangan ($^{\circ}$)
1	15:44:12 – 15:50:36	21,38	298,7	118,7
2	15:51:13 – 15:53:24	21,38	297,5	117,5
3	15:55:10 – 16:05:18	21,38	297,5	117,5
4	16:09:11 – 16:13:32	21,38	296,7	116,7
5	16:14:28 – 16:17:15	21,39	295,0	115,0
6	16:21:12 – 16:24:17	21,39	295,1	115,2
7	16:26:18 – 16:31:12	21,40	295,2	115,2
8	16:34:25 – 16:39:25	21,40	295,2	115,2
9	16:42:42 – 16:46:18	21,40	295,3	115,3
10	16:47:19 – 16:51:34	21,40	295,3	115,3
11	16:52:16 – 16:56:15	21,41	295,6	115,6
12	16:57:29 – 17:02:44	21,42	294,3	114,3



GAMBAR 2. Bola Bumi, segitiga bola ABC, A=Ka'bah; B=pengamat dan C = kutub Utara.

Apabila posisi geografis bujur suatu tempat/kota berada di sebelah barat Mekah (Ka'bah), maka besar sudut arah Kiblat, B, dihitung dari Utara-Timur ($0^\circ < B < 180^\circ$). Model Bola Bumi (skala kurang presisi): A = Mekah (Ka'bah, lintang geografis utara $+21^\circ 25'$ dan bujur geografis $39^\circ 50'$ bujur timur), B = posisi tempat dan C adalah kutub utara, $a = (90^\circ - \phi_B)$, $b = (90^\circ - \phi_A)$ dan c masing-masing adalah sisi-sisi dihadapan sudut bola A, B (= arah kiblat) dan C (beda bujur geografis A dan B).

Bila A = Mekah (Ka'bah, lintang geografis utara $+21^\circ 25'$ dan bujur geografis $39^\circ 50'$ bujur timur), B = posisi tempat dan C adalah kutub utara, $a = (90^\circ - \phi_B)$, $b = (90^\circ - \phi_A)$ dan c masing-masing adalah sisi-sisi dihadapan sudut bola A, B (= arah kiblat) dan C (beda bujur geografis A dan B) maka:

Cara 1:

$$\tan \left\{ \frac{1}{2} (A-B) \right\} = \left[\sin \left\{ \frac{1}{2} (a-b) \right\} \times \cot (C/2) \right] / \sin \left\{ \frac{1}{2} (a+b) \right\}$$

$$\tan \left\{ \frac{1}{2} (A+B) \right\} = \left[\cos \left\{ \frac{1}{2} (a-b) \right\} \times \cot (C/2) \right] / \cos \left\{ \frac{1}{2} (a+b) \right\}$$

$$B = (A+B) / 2 - (A-B) / 2, \text{ sudut } B = \text{arah kiblat}$$

Cara 2:

$$\cot B = \left\{ (\cot b \sin a - \cos a \cos C) / \sin C \right\}$$

Cara 3:

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

$$\tan (B/2) = \tan r / \sin (s-b)$$

$$s = (a+b+c) / 2$$

$$\tan r = \left[\left\{ \sin (s-a) \sin (s-b) \sin (s-c) \right\} / \sin s \right]^{(1/2)}$$

Cara 4:

$$\text{haversine} = \text{hav}, \text{hav } B = (1 - \cos B) / 2$$

$$\text{hav } B = \sin (s-c) \sin (s-a) \text{ cosec } c \text{ cosec } a$$

$$\text{cosec } a = 1 / \sin a, \text{ cosec } c = 1 / \sin c$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

$$s = (a+b+c) / 2$$

Cara 5:

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

Cara 6:

$$\sin a / \sin A = \sin b / \sin B = \sin c / \sin C$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

Untuk memeriksa perhitungan melalui cara di atas dapat diperiksa melalui prosedur menghitung X1, Y1, Z, X2 dan Y2 sebagai berikut:

$X1 = \sin a \sin B = \sin b \sin A$, $Y1 = \sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$, $Z = \cos a = \cos b \cos c + \sin a \sin b \cos C$, $X2 = \sin a \sin C = \sin c \sin A$, $Y2 = \sin a \cos C = \cos c \sin b - \sin c \cos b \cos A$. Sebagai kontrol hasil perhitungan perlu dihitung: $X1^2 + Y1^2 + Z^2 = 1$ atau $X2^2 + Y2^2 + Z^2 = 1$, kalau ternyata dalam perhitungan tidak menghasilkan satu maka perlu dicurigai ada perhitungan yang keliru.

4. PERHITUNGAN ARAH KIBLAT MASJID SABILUSHALIHIN BUAH BATU, BANDUNG DENGAN BERAGAM FORMULA MATEMATIS

Bila A = Mekah (Ka'bah, lintang geografis utara $\phi_A = +21^\circ 25' 21''$ dan bujur geografis $\lambda_A = 39^\circ 50' 34''$ bujur timur), B = Posisi Masjid Sabilushalihin : $\phi_B = -6^\circ 29' 16''$ (Lintang Selatan) dan bujur geografis $\lambda_B = 107^\circ 20' 16''$ (Bujur Timur) dan C adalah kutub utara, $a = (90^\circ - \phi_B)$, $b = (90^\circ - \phi_A)$ dan c masing-masing adalah sisi-sisi dihadapan sudut bola A, B (= arah kiblat) dan C (beda bujur geografis A dan B) maka:

$$a = (90^\circ - \phi_B) = 90^\circ - (-6^\circ 29' 16'') = 96^\circ 29' 16''; b = (90^\circ - \phi_A) = 90^\circ - (+21^\circ 25' 21'') = 68^\circ 34' 39'' \text{ dan } C = \lambda_B - \lambda_A = 107^\circ 20' 16'' - 39^\circ 50' 34'' = 67^\circ 29' 42''.$$

Sebagai contoh perhitungan arah Kiblat dengan Cara 1 Menggunakan Rumus Tangens:

$$\tan \left\{ \frac{1}{2} (A-B) \right\} = \left[\sin \left\{ \frac{1}{2} (a-b) \right\} \times \cot (C/2) \right] / \sin \left\{ \frac{1}{2} (a+b) \right\}$$

$$\tan \left\{ \frac{1}{2} (A+B) \right\} = \left[\cos \left\{ \frac{1}{2} (a-b) \right\} \times \cot (C/2) \right] / \cos \left\{ \frac{1}{2} (a+b) \right\}$$

$$B = (A+B) / 2 - (A-B) / 2, \text{ sudut } B = \text{arah kiblat}$$

$$(a-b) / 2 = (96^\circ 29' 16'' - 68^\circ 34' 39'') / 2 = (27^\circ 54' 37'') / 2 = 13^\circ 57' 18''.5$$

$$(a+b) / 2 = (96^\circ 29' 16'' + 68^\circ 34' 39'') / 2 = (165^\circ 03' 55'') / 2 = 82^\circ 31' 57''.5$$

$$(C/2) = (67^\circ 29' 42'' / 2) = 33^\circ 44' 51''$$

$$\sin \left\{ \frac{1}{2} (a-b) \right\} = \sin (13^\circ 57' 18''.5) = 0.241162105$$

$$\sin \left\{ \frac{1}{2} (a+b) \right\} = \sin (82^\circ 31' 57''.5) = 0.991519055$$

$$\cos \left\{ \frac{1}{2} (a-b) \right\} = \cos (13^\circ 57' 18''.5) = 0.970484847$$

$$\cos \left\{ \frac{1}{2} (a+b) \right\} = \cos (82^\circ 31' 57''.5) = 0.129961388$$

$$\tan (C/2) = \tan (33^\circ 44' 51'') = 0.668115525$$

$$\cot (C/2) = \cot (33^\circ 44' 51'') = (0.668115525)^{-1} = 1.496747136$$

$$\tan \left\{ \frac{1}{2} (A-B) \right\} = \left[\sin \left\{ \frac{1}{2} (a-b) \right\} \times \cot (C/2) \right] / \sin \left\{ \frac{1}{2} (a+b) \right\}$$

$$\tan \left\{ \frac{1}{2} (A-B) \right\} = (0.241162105 \times 1.496747136) / 0.991519055 = 0.364046145 \text{ dan } (A-B) / 2 = 20^\circ 00' 13''.83$$

$\tan \{(1/2) (A+B)\} = [\cos \{(1/2) (a - b)\} \times \cot (C/2)] / \cos \{(1/2) (a + b)\}$

$\tan \{(1/2) (A+B)\} = (0.970484847 \times 1.496747136) / 0.129961388 = 11.1769383$ dan $(A + B) / 2 = 84^\circ 53'14''.51$

$B = (A + B) / 2 - (A - B) / 2$, sudut B = arah kiblat

Sudut B = arah kiblat sudut yang diukur dari garis ke arah Utara ke arah Barat sebesar B; $B = (A + B) / 2 - (A - B) / 2 = 84^\circ 53'14''.51 - 20^\circ 00' 13''.83 = 64^\circ 53' 0''.68$ (di sektor Utara – Barat atau $25^\circ 06' 59''.32 + 90^\circ = 115^\circ 06' 59''.32$ (di sektor Timur – Selatan), azimuth arah Kiblat (pengukuran dari Utara (Az = 0°), Timur (Az = 90°), Selatan (Az = 180°, Barat (Az = 270°)) Masjid Sabilushalihin Buah Batu, Bandung adalah $295^\circ 06' 59''.32$ atau $295^\circ.1164768$.

Hasil perhitungan arah kiblat Masjid Sabilushalihin Buah Batu Bandung dengan menggunakan formula diatas disajikan pada Tabel 3. Penentuan posisi sebuah titik pengamat dipilih di sekitar masjid atau lapangan yang sering dipergunakan shalat led. Tabel 4 berikut memperlihatkan data dan hasil eksperimen penentuan arah kiblat yang dilakukan dengan cara trigonometri bola, di enam lokasi masjid dan sebuah lapangan di Jawa

Barat.

Hasil perhitungan dan penentuan arah Kiblat pada saat Matahari di atas Ka'bah menunjukkan hasil yang konsisten seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Cara lain perhitungan arah Kiblat dengan menggunakan formula matematis dan menggunakan alat Miswalah dalam Tabel 3 menunjukkan hasil yang konsisten dengan hasil pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pengukuran dan perhitungan di tujuh tempat di Jawa Barat dalam Tabel 4 menunjukkan nilai yang konsisten bahwa untuk sudut arah Kiblat kota Bandung mempunyai Azimuth 295.1 derajat.

5. KESIMPULAN

Telah dilakukan penentuan arah Kiblat dengan dua cara yaitu dengan pengamatan bayang – bayang Gnomon oleh matahari dan dengan perhitungan trigonometri bola. Hasil perhitungan dan penentuan arah kiblat dengan kedua caratersebut di Lokasi masjid Sabilushalihin, Buah Batu, Bandung menunjukkan hasil yang konsisten. Pengukuran dan perhitungan arah kiblat di tujuh tempat di Jawa Barat menunjukkan nilai yang

TABEL 3. Data sampel lokasi Masjid Sabilushalihin Buah Batu, Bandung yang dihitung di empat titik, tanggal 21 Mei 2011

No	Nama Titik	Lintang	Bujur	Arah Kiblat	Arah Bujur Geografis	Az Kiblat
1	Titik 1 (gerbang masuk pagar)	$-6^\circ 29' 16''$	$107^\circ 20' 16''$	$64^\circ.894$	Utara-Barat	$295^\circ.105$
2	Titik 2 (depan tempat wudhu)	$-6^\circ 29' 21''$	$107^\circ 20' 11''$	$64^\circ.892$	Utara-Barat	$295^\circ.108$
3	Titik 3 (Tempat Sujud)	$-6^\circ 29' 19''$	$107^\circ 20' 14''$	$64^\circ.901$	Utara-Barat	$295^\circ.099$
4	Titik 4 (Pertengahan Ruangan)	$-6^\circ 29' 13''$	$107^\circ 20' 17''$	$64^\circ.892$	Utara-Barat	$295^\circ.108$

TABEL 4. Input data GPS dan perhitungan arah kiblat lewat trigonometri bola dari data lokasi (satu titik) yang sudah ditentukan arah Kiblatnya, tanggal 16-29 Juli 2011

No	Nama Tempat	Lintang	Bujur	Arah Kiblat	Arah Bujur Geografis	Azimuth Kiblat
1	Masjid Agung Bandung	$-6^\circ 31' 46''$	$107^\circ 22' 47''$	$65^\circ 28' 32''$	Utara-Barat	$294^\circ.524$
2	Masjid Cipaganti	$-6^\circ 34' 12''$	$107^\circ 28' 12''$	$65^\circ 26' 17''$	Utara-Barat	$294^\circ.562$
3	Lapangan Gasibu	$-6^\circ 34' 26''$	$107^\circ 21' 17''$	$65^\circ 21' 34''$	Utara-Barat	$294^\circ.641$
4	Masjid STKS	$-6^\circ 34' 12''$	$107^\circ 32' 12''$	$65^\circ 19' 38''$	Utara-Barat	$294^\circ.673$
5	Masjid Agung Ciparay	$-7^\circ 05' 16''$	$107^\circ 41' 17''$	$64^\circ 11' 46''$	Utara-Barat	$295^\circ.803$
6	Masjid Salman ITB	$-6^\circ 52' 26''$	$107^\circ 37' 17''$	$65^\circ 15' 18''$	Utara-Barat	$294^\circ.745$
7	Masjid Sabilushalihin Buah Batu	$-6^\circ 29' 16''$	$107^\circ 20' 12''$	$64^\circ 11' 47''$	Utara-Barat	$295^\circ.804$

konsisten bahwa untuk sudut arah Kiblat kota Bandung mempunyai Azimuth 295.1 derajat. Dapat disimpulkan bahwa kedua metode tersebut mempunyai tingkat presisi yang setara dalam penentuan arah Kiblat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami haturkan banyak terima kasih kepada beberapa pihak pihak masjid yang berada di Bandung khususnya Masjid Sabilushalihin Buah Batu, Bandung. Dengan alat yang kami gunakan yakni Mizwala Qibla Finder dan sejumlah referensinya, kami ucapkan terima kasih pula kepada Founder MQF Bapak Hendro Setyanto, M.Si. Dan kami ucapkan pula banyak terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Abidin, M. Raharto, dan O. Neswan, Study of The Implication of Error on The Deviation of Direction of Kiblah, dalam Prosiding International Conference on Mathematics and Natural Sciences, November 29-30, 2006, Bandung, Indonesia (ICMNS 2006), 2006, hal. 1252 – 1254.
- [2] Z. Abidin, 2008. Galat Penentuan Arah Kiblat, (Tesis), Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [3] M. Raharto, Bayang-bayang arah Kiblat, Harian Republika Sabtu 27 Mei 2006.
- [4] M. Raharto, Telaah Indikator Arah Kiblat melalui Bayang – Bayang oleh Matahari pada saat di dekat Zenith Ka’bah, Prosiding Seminar Nasional MIPA 2007, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNY, Yogyakarta, 25 Agustus 2007, 2007, hal. F77-F89.
- [5] M. Raharto, O. Neswan, dan Z. Abidin, Estimasi Penyimpangan Arah Kiblat; Prosiding Seminar Nasional Fisika 2010, Universitas Negeri Semarang 2010, hal FA1023-1 - FA1023-16.
- [6] M. Raharto, Ragam Cara Penentuan Arah Kiblat dalam Perspektif Astronomi, Semiloka Nasional Problematika Arah Kiblat dan Waktu Shalat, Urgensi dan Sosialisasi, Pesantren Tebuireng Jombang, 12 – 14 Juli, 2010.
- [7] M. S. M. Saifullah, M. Ghoniem, Abd al-Rahman Robert Squires, dan Mansur Ahmed; The Qiblah of Early Mosques: Jerrusalem or Makkah?; Islamic Awareness, 2001.
- [8] H. Setyanto, Mizwala Qibla Finder Tutorial, (2011).
- [9] S. K. Abdali, 1997, The Correct Qibla, <http://patriot.net/users/abdali/ftp/qibla.pdf>.
- [10] W. M. Smart, Text Book on Spherical Astronomy-sixth edition, Cambridge: Cambridge University Press, 1980.