

# **Telaah Indikator Arah Kiblat melalui bayang – bayang oleh Matahari pada saat di dekat zenith Ka’bah**

**Moedji Raharto**

Kelompok Keahlian Astronomi, FMIPA – ITB

## **ABSTRAK**

Setiap tahun ada dua momen Matahari berada dekat dengan zenit Ka’bah (lintang geografis  $\phi = +21^\circ 25' 16.''6$  (LU) dan bujur geografis  $\lambda = 39^\circ 48' 27.''3$  (BT) ), yaitu misalnya yang pertama tahun 2007 ketika Matahari menuju titik balik musim panas (tanggal 22 Juni), 28 Mei 2007, dan yang kedua ketika Matahari dari titik balik musim panas kembali ke ekuator langit, 16 Juli 2007. Momen posisi Matahari berada di zenith atau di nadir Ka’bah dapat dipergunakan untuk menentukan arah Kiblat dari suatu tempat yang masih bisa menyaksikan Matahari di atas horizon. Jam pengamatan sekitar masuknya waktu Dhuhur di Mekah (di masjidil Haram) pada momen tanggal – tanggal itu merupakan momen yang baik untuk penentuan arah Kiblat yang murah, mudah dan presisi. Secara teoritis momen yang ideal itu hanya satu hari dan pada jam tertentu saja. Untuk keperluan praktis perlu dikaji kemungkinan pemanfaatan posisi Matahari di sekitar zenith Ka’bah, beberapa menit setelah dan sebelum momen terbaik atau beberapa hari sebelum dan sesudah hari terbaik momen Matahari di atas Ka’bah. Telaah teoritis bayang – bayang indikator arah Kiblat pada momen Matahari di sekitar zenith Ka’bah 5 menit sebelum dan sesudah jam 16:18 wib pada rentang tanggal 25 – 30 Mei dan 5 menit sebelum dan sesudah jam 16:26 wib pada rentang tanggal 14 – 19 Juli, menunjukkan bahwa penyimpangan Azimuth Kiblat bisa mencapai hampir  $\pm 1$  derajat.

## **I. PENDAHULUAN**

Umat Islam memerlukan indikator arah Kiblat, arah Ka’bah dari suatu tempat di permukaan Bumi. Arah Kiblat diperlukan untuk menghadap Kiblat dalam menyempurnakan pelaksanaan shalat, menyempurnakan pemakaman untuk meletakkan jenazah menghadap Kiblat di liang lahat dan upaya kehati – hatian dalam aktivitas keseharian, ibadah dan penghormatan yaitu tidak membelakangi Kiblat pada waktu buang air besar/kecil. Lokasi tempat pengamat dan Ka’bah diletakkan pada sebuah bola Bumi. Perhitungan arah Kiblat secara umum memerlukan informasi lintang dan bujur geografis pada Bola Bumi, kemudian dengan mempergunakan rumus segitigabola sudut arah Kiblat itu bisa diperoleh. Posisi lintang dan bujur geografis Ka’bah adalah lintang utara  $+21^\circ 25'$  dan bujur timur  $39^\circ 50'$  . Pengukuran posisi Ka’bah dengan GPS dihasilkan lintang geografis  $\phi = +21^\circ 25' 21''$  (LU) dan bujur geografis  $\lambda = 39^\circ 50' 34''$  (BT) atau

GPS – Mekah lintang geografis  $\phi = +21^\circ 25' 16.''6$  (LU) dan bujur geografis  $\lambda = 39^\circ 48' 27.''3$  (BT).

Keberadaan Medan magnit Bumi dan Matahari dapat dipergunakan untuk mencari indikator arah Kiblat melalui Compass seperti QBLAT Qompass. Solusi lainnya adalah menggunakan bayang – bayang arah Kiblat oleh Matahari pada hari dan jam tertentu atau pada saat posisi Matahari di sekitar zenith Ka'bah. Matahari merupakan bintang induk tatasurya dengan massa yang sangat besar dalam orde  $10^{33}$  kg atau lebih dari 99 persen massa total tatasurya. Karena massanya yang jauh lebih besar dari benda langit anggota tatasurya lainnya, maka Matahari mempunyai gaya tarik gravitasi yang sangat kuat menambat Bumi, planet lainnya, asteroid maupun komet dan bahkan debu antar planet tetap berada dalam satu sistem tatasurya. Bumi beredar mengelilingi Matahari dengan selang waktu tropis rata-rata 365.2422 hari Matahari rata-rata (satu tahun tropis didefinisikan selang waktu posisi Matahari di arah titik Aries dua kali berurutan).

Matahari sebuah bola gas yang pijar dengan daya  $10^{26}$  watt pada jarak 150 juta km dinikmati manusia, sebagai penghangat biosfer planet Bumi, berperan dalam proses fotosintesa dalam kehidupan tanaman di planet Bumi. Energi Matahari merupakan subsidi energi tanpa batas (dalam skala kebutuhan manusia) bagi penghuni planet Bumi. Bayangkan hanya sepersatu miliar bagian dari produksi energi Matahari yang sampai pada planet Bumi dan sudah cukup menghangatkan dan menghidupi sekitar 6 miliar manusia. Sebagian kecil dimanfaatkan manusia dengan menadahnya dalam solar sel (panel surya). Energi radiasi Matahari itu juga mengubah pola musim daratan, musim hujan musim kering, musim dingin, semi, panas dan gugur di planet Bumi.

Peran lain bola gas pijar Matahari adalah membentuk bayang-bayang planet, sehingga ada kawasan kerucut umbra, kawasan penumbra. Bayang-bayang planet Bumi dan satelit alamnya Bulan bisa melahirkan fenomena gerhana Bulan maupun gerhana Matahari, manusia bisa menyaksikan atraksi langit yang menakjubkan itu sepanjang zaman.

Fenomena bergantinya siang – malam yang teratur sebagai konsekuensi rotasi planet Bumi dan revolusi planet Bumi, sehari didefinisikan 24 jam

Matahari rata – rata, selang waktu Matahari rata – rata mencapai meridian pengamat dua kali berurutan. Sumbu rotasi Bumi yang miring 23.5 derajat terhadap normal bidang orbitnya mengubah dinamika suasana terang – gelap fenomena terbit terbenam Matahari, terbitnya fajar dan hilangnya senja.

Selain bayang-bayang planet Bumi, Matahari juga membentuk bayang-bayang sebuah benda pada permukaan Bumi. Pengetahuan tentang bayang-bayang pada permukaan Bumi itu juga pernah dimanfaatkan manusia untuk mengetahui ukuran fisik planet Bumi seperti yang pernah dilakukan oleh Erasthenes (3 abad sebelum Masehi). Erasthenes astronom Alexandria mengetahui bayang-bayang tongkat di dua kota Aswan dan Syene dan jarak dua kota tersebut sehingga radius Bumi bisa ditentukan. Begitupula orientasi kemiringan orbit Bumi terhadap ekuator langit atau ekuator langit terhadap ekliptika sebesar 23.5 derajat diketahui manusia melalui bayang-bayang terpendek dan terpanjang pada suatu tempat. Melalui bayang-bayang Matahari juga dapat direkonstruksi Jam Matahari (sundial) begitu pula melalui bayang-bayang dapat ditentukan waktu ibadah shalat dhuhur dan ashar ( waktu ibadah lainnya mengacu pada fenomena terbenam Matahari, hilangnya senja dan terbitnya fajar).

Salah satu manfaat bayang-bayang benda oleh Matahari adalah menentukan arah Kiblat. Antara lain bila Matahari berada di atas Zenit sebuah busur lingkaran besar yang menghubungkan antara sebuah tempat dengan Mekah, maka arah bayang-bayang itu merupakan arah Kiblat tempat yang bersangkutan. Untuk itu diperlukan informasi posisi tempat dan tentu juga posisi Ka'bah. Karena posisi Ka'bah diketahui dan kedudukan Matahari setiap saat diketahui maka bisa dicari solusi, arah bayang-bayang penunjuk arah Kiblat pada tempat-tempat dengan posisi lintang dan bujur geografisnya.

Cara lain yang paling sederhana memanfaatkan momen posisi Matahari berada di atas Zenit Ka'bah atau Masjidil Haram, maka bayang-bayang akan menunjukkan arah Kiblat tempat tersebut. Kesempatan ini terjadi dua kali dalam setahun yaitu ketika Matahari akan mencapai titik paling Utara (deklinasi paling utara, +23.5 derajat) dan yang kedua ketika Matahari kembali menuju posisi ke ekuator langit dari titik paling Utara tersebut. Pada tahun 2007 kesempatan

momen pertama akan berlangsung hari Ahad tanggal 28 Mei 2007 pada jam 16:18 wib sedangkan momen kesempatan kedua akan berlangsung pada hari Sabtu 16 Juli 2007 jam 16:27 wib.

Momen ini tidak bisa disaksikan dari seluruh wilayah Indonesia, wilayah Indonesia Barat mempunyai keuntungan bisa menyaksikan saat posisi Matahari masih tinggi, seperti di Banda Aceh tinggi Matahari masih 34 derajat pada jam 16:18 wib, di Bandung tinggi Matahari hanya 17 derajat, di Surabaya lebih rendah lagi, tinggi Matahari sekitar 15 derajat. Di wilayah Indonesia Tengah masih bisa menyaksikan dan kebetulan posisi Matahari cukup rendah pada jam 16:18 wib, di Menado misalnya tinggi Matahari sekitar 5 derajat. Di wilayah Indonesia Timur seperti di Jayapura Matahari sudah terbenam, penduduk di kawasan ini sudah berada diantara waktu Magrib dan Isya.

Momen ini sebenarnya bisa dipergunakan sebagai momen pembelajaran memperkenalkan pengamatan dalam sains bagi siwa sekolah dan sekaligus memperkenalkan manfaat bayang-bayang oleh oleh sorot bola gas pijar Matahari. Awas jangan tatap Matahari secara langsung berbahaya untuk mata anda bisa menimbulkan kebutaan permanen. Cari benda-benda lurus, berdiri tegak lurus pada bidang datar di sekitar rumah tinggal, amati arah bayang-bayangnya sebagai penunjuk arah Kiblat di tempat tinggal kita. Kemungkinan lain kita ambil sebuah tongkat lurus dan ditancapkan tegak lurus di lapangan tempat shalat Ied sering dilaksanakan atau di kawasan pemakaman muslim, rencanakan memanfaat momen Matahari di atas Ka'bah untuk menentukan arah Kiblat dengan presisi. Momen tersebut juga merupakan momen untuk mensosialisasikan cara mudah untuk mendapatkan arah Kiblat yang presisi ke masyarakat luas sehingga masyarakat luas dapat menentukan arah Kiblat tempat shalatnya dengan lebih presisi tidak hanya sekedar mengarahkan arah Kiblatnya ke arah Barat.

Adakah toleransi dalam waktu – waktu pengamatan bayang-bayang arah Kiblat yang presisi tersebut setiap tahun? Toleransi itu perlu dicari agar secara praktis bisa dimanfaatkan oleh penduduk secara luas. Momen itu juga dapat dipergunakan mengkalibrasi jarum kompas yang dipergunakan untuk indikator arah Kiblat.

## II. MATERIAL DAN METODA

Arah Kiblat merupakan arah dari suatu tempat di permukaan Bumi ke arah Ka'bah, sepanjang busur lingkaran besar terpendek dari tempat tersebut ke Ka'bah. Posisi Ka'bah mempunyai lintang geografis lintang utara, LU + 21° 25' (atau LU + 21° 25' 21'') dan bujur geografis bujur timur, BT 39° 50' (BT 39° 50' 34''). Untuk keperluan praktis arah Kiblat dianggap cukup memadai bila telah mengarah pada kota Mekah (area Haram), bukan sebuah titik Ka'bah, ada toleransi di sekitar titik tersebut. Abidin et al. (2006) memperlihatkan ukuran rentang model kawasan Haram sekitar 20 menit busur dari Ka'bah. Bila rentang itu diadopsi maka simpangan jarak zenith sekitar 20 menit busur dari Zenit Ka'bah masih bisa ditoleransi dalam penentuan arah Kiblat dengan bayang – bayang Matahari. Posisi jarak zenith terhadap zenith Ka'bah sejauh 0.3 derajat masih dapat dianggap sebagai toleransi penentuan bayang – bayang arah Kiblat oleh Matahari.

Misalnya untuk kota Bandung dengan posisi bujur geografis BT  $\lambda = 107^\circ 37'$  dan LS  $\Phi = -06^\circ 57'$ , sudut arah Kiblat  $25^\circ 10' 23''.64$  [Azimuth Ka'bah dari kota Bandung  $295^\circ.17323333$ ] dari titik Barat ke arah titik Utara. Kemungkinan sudut arah Kiblat kota Bandung lainnya menurut Abidin (2006) adalah (1)  $25^\circ 05' 17''.75$  [Azimuth Ka'bah dari kota Bandung  $295^\circ.08826389$ ], (2)  $25^\circ 15' 32''.97$  [Azimuth Ka'bah dari kota Bandung  $295^\circ.25915833$ ], (3)  $25^\circ 30' 39''.09$  [Azimuth Ka'bah dari kota Bandung  $295^\circ.51085833$ ], (4)  $25^\circ 50' 07''.00$  [ $295^\circ.83527778$ ]. Jadi rentang Azimut Kiblat dari kota Bandung bisa merentang dari  $295.1$  derajat hingga  $295.8$  derajat.

**Tabel 1:** Posisi semu geosentrik Matahari (mengacu pada ekuator dan ekuinok semu)  
[Data diperoleh melalui situs : Astronomical Applications Department US Naval Observatory,  
Washington, DC 203392 – 5420]

tgl	Wkt (UT1)	Asensiorekta			Deklinasi			Jarak	Persamaan Waktu
		j	m	s	°	'	"		
2007 Mei 25	11:00:00.0	4	07	30.334	+ 20	55	34.97	1.012818979	+ 3 06.7
2007 Mei 26	11:00:00.0	4	11	33.019	+ 21	06	12.42	1.012993127	+ 3 00.5
2007 Mei 27	11:00:00.0	4	15	36.172	+ 21	16	27.97	1.013164105	+ 2 53.9
<b>2007 Mei 28</b>	<b>11:00:00.0</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>39.785</b>	<b>+ 21</b>	<b>26</b>	<b>21.45</b>	<b>1.013332051</b>	<b>+ 2 46.9</b>
2007 Mei 29	11:00:00.0	4	23	43.847	+ 21	35	52.64	1.013497086	+ 2 39.4
2007 Mei 30	11:00:00.0	4	27	48.348	+ 21	45	01.38	1.013659300	+ 2 31.4

2007 Jul 14 11:00:00.0	7 33 34.621	+ 21 41 58.48	1.016557676	- 5 49.7
2007 Jul 15 11:00:00.0	7 37 37.740	+ 21 32 44.81	1.016512637	- 5 56.2
<b>2007 Jul 16 11:00:00.0</b>	<b>7 41 40.347</b>	<b>+ 21 23 09.12</b>	<b>1.016461486</b>	<b>- 6 02.3</b>
2007 Jul 17 11:00:00.0	7 45 42.426	+ 21 13 11.64	1.016404365	- 6 07.8
2007 Jul 18 11:00:00.0	7 49 43.963	+ 21 02 52.58	1.016341463	- 6 12.8
2007 Jul 19 11:00:00.0	7 53 44.946	+ 20 52 12.20	1.016272999	- 6 17.2

Untuk mengetahui tanggal terbaik untuk pengamatan baying – baying arah Kiblat dicari data posisi deklinasi Matahari sekitar tanggal 28 Mei 2007 dan 16 Juli 2007. Tanggal dengan data posisi deklinasi Matahari yang mempunyai harga dekat dengan lintang Ka'bah + 21° 25', ditetapkan sebagai tanggal terbaik. Dalam formula atau rumus 2-2 dalam Table 2 diperlihatkan bahwa bila lintang tempat dan deklinasi Matahari sama besar maka tinggi Matahari akan mencapai maksimal pada saat di meridian Ka'bah dan mencapai tinggi 90 derajat di tempat pengamatan tersebut (di zenith Ka'bah). Pada Table 1 dapat dilihat bahwa pada tahun 2007 kemungkinan tanggal terbaik pengamatan bayang – bayang Kiblat adalah tanggal 28 Mei dan 16 Juli 2007. Masalahnya Bumi berotasi dan deklinasi Matahari juga akan berubah walaupun sedikit perubahannya, sehingga apakah deklinasi Matahari sama dengan lintang Ka'bah bisa tepat dicapai pada saat Matahari berada di meridian Ka'bah? Sebagian nampaknya hanya mencapai sekitar zenith Ka'bah dan tidak tepat berada pada zenith Ka'bah. Apakah kondisi demikian masih bisa dipergunakan untuk menentukan arah Kiblat?

Beberapa formula hubungan antara tinggi Matahari,  $h_o$  atau  $hM$ , Azimut Matahari,  $Az_o$ , lintang geografis tempat pengamatan,  $\phi$ , deklinasi Matahari,  $\delta_o$ , dan sudut jam Matahari,  $H_o$ , diperlihatkan dalam Tabel 2.

**Tabel 2** Hubungan tata koordinat Horizon dan Ekuatorial melalui rumus Haversine, rumus Sinus, rumus 4-bagian dan rumus Kosinus dalam segitiga bola.

$$\cos \phi \cos h_o \text{ hav } Az_o = \text{hav} (90^\circ - \delta_o) - \text{hav} (\phi - h_o) \text{ (R. Haversine) ..... (2-1)}$$

$$\cos \phi \cos \delta_o \text{ hav } H_o = \text{hav} (90^\circ - h_o) - \text{hav} (\phi - \delta_o) \text{ (R. Haversine) ..... (2-2)}$$

$$X_o = \cos h_o \sin Az_o = - \cos \delta_o \sin H_o \text{ (R. Sinus) ..... (2-3)}$$

$$Y_o = \cos h_o \cos Az_o = \sin \delta_o \cos \phi - \cos \delta_o \sin \phi \cos H_o \text{ (R. 4-bagian) ..... (2-4)}$$

$$Z_o = \sin h_o = \sin \delta_o \sin \phi + \cos \delta_o \cos \phi \cos H_o \text{ (R. Kosinus) ..... (2-5)}$$

$$Z1 = \cos \delta_o \cos H_o = \sin h_o \cos \phi - \cos h_o \cos Az_o \sin \phi \text{ (R. 4-bagian) ..... (2-6)}$$

$$Y1 = \sin \delta_o = \sin h_o \sin \phi + \cos h_o \cos Az_o \cos \phi \text{ (R. Kosinus) ..... (2-7)}$$

$$X1 = - \cos \delta_o \sin H_o = \cos h_o \sin Az_o \text{ (R. Sinus) ..... (2-8)}$$

$$X_o^2 + Y_o^2 + Z_o^2 = X1^2 + Y1^2 + Z1^2 = 1 ..... (2-9)$$

$hM = h_o$  = tinggi matahari,  $Az_o$  = azimut matahari,  $\phi$  = lintang geografis tempat pengamatan,  $\delta_o$  = deklinasi matahari,  $H_o$  = sudut jam matahari, hav = haversine ( $\text{hav } \theta = (1/2)(1 - \cos \theta) = (1/2) \text{ vers } \theta$ ) dan  $z_m = z_o$  = jarak zenit matahari =  $90^\circ - h_o$

Keterangan Table 3a – 3d: tM =Waktu Mekah (j:men), hM = Tinggi Matahari (derajat), tB= Waktu di Bandung wib (j:men), hB = Tinggi Matahari di Bandung (derajat), AzB= Azimut Matahari di Bandung (derajat) pada jam tB. Angka pada baris ke dua menunjukkan tanggal. Posisi yang dipergunakan untuk memperoleh data dalam Tabel 3a – 3d adalah M= MEKAH :E 39° 50', N21° 25'; B= BANDUNG : E107° 34', S6° 57' (data software Mawaqait 2001).

**Tabel 3a:** M= MEKAH :E 39° 50', N21° 25'; B= BANDUNG : E107° 34', S6° 57'  
Tinggi (Altitude) and Azimuth Matahari Tgl 25, 26 dan 27 Mei 2007.

tM	hM	tB	hB	AzB		tM	hM	tB	hB	AzB		tM	hM	tB	hB	AzB
25	25	25	25	25		26	26	26	26	26		27	27	27	27	27
12:07	87.5	16:07	20.4	295.4		12:07	87.5	16:07	20.3	295.6		12:07	87.5	16:07	20.3	295.7
12:08	87.9	16:08	20.1	295.3		12:08	87.7	16:08	20.1	295.5		12:08	87.7	16:08	20.1	295.7
12:09	87.9	16:09	19.9	295.2		12:09	88.0	16:09	19.9	295.4		12:09	88.0	16:09	19.9	295.6
12:10	88.2	16:10	19.7	295.2		12:10	88.2	16:10	19.7	295.4		12:10	88.2	16:10	19.6	295.5
12:11	88.4	16:11	19.5	295.1		12:11	88.4	16:11	19.4	295.3		12:11	88.4	16:11	19.4	295.5
12:12	88.6	16:12	19.2	295.0		12:12	88.6	16:12	19.2	295.2		12:12	88.6	16:12	19.2	295.4
12:13	88.8	16:13	19.0	295.0		12:13	88.9	16:13	19.0	295.2		12:13	88.9	16:13	19.0	295.3
12:14	89.0	16:14	18.8	294.9		12:14	89.1	16:14	18.8	295.1		12:14	89.1	16:14	18.7	295.3
12:15	89.2	16:15	18.6	294.8		12:15	89.3	16:15	18.5	295.0		12:15	89.3	16:15	18.5	295.2
12:16	89.4	16:16	18.3	294.8		12:16	89.5	16:16	18.3	295.0		12:16	89.6	16:16	18.3	295.1
12:17	89.5	16:17	18.1	294.7		12:17	89.6	16:17	18.1	294.9		12:17	89.8	16:17	18.1	295.1
<b>12:18</b>	<b>89.5</b>	<b>16:18</b>	<b>17.9</b>	<b>294.6</b>		<b>12:18</b>	<b>89.7</b>	<b>16:18</b>	<b>17.9</b>	<b>294.8</b>		<b>12:18</b>	<b>89.8</b>	<b>16:18</b>	<b>17.8</b>	<b>295.0</b>
12:19	89.4	16:19	17.7	294.6		12:19	89.5	16:19	17.6	294.8		12:19	89.7	16:19	17.6	295.0
12:20	89.2	16:20	17.4	294.5		12:20	89.4	16:20	17.4	294.7		12:20	89.5	16:20	17.4	294.9
12:21	89.1	16:21	17.2	294.5		12:21	89.2	16:21	17.2	294.6		12:21	89.2	16:21	17.2	294.8
12:22	88.8	16:22	17.0	294.4		12:22	88.9	16:22	17.0	294.6		12:22	89.0	16:22	17.0	294.8
12:23	88.6	16:23	16.8	294.3		12:23	88.7	16:23	16.7	294.5		12:23	88.8	16:23	16.7	294.7
12:24	88.4	16:24	16.5	294.3		12:24	88.5	16:24	16.5	294.5		12:24	88.5	16:24	16.5	294.6
12:25	88.2	16:25	16.3	294.2		12:25	88.3	16:25	16.3	294.4		12:25	88.3	16:25	16.3	294.6
12:26	88.0	16:26	16.1	294.2		12:26	88.0	16:26	16.1	294.3		12:26	88.1	16:26	16.1	294.5
12:27	87.7	16:27	15.9	294.1		12:27	87.8	16:27	15.8	294.3		12:27	87.8	16:27	15.8	294.5
12:28	87.5	16:28	15.6	294.0		12:28	87.6	16:28	15.6	294.2		12:28	87.6	16:28	15.6	294.4

**Tabel 3 b:** Tinggi (Altitude) and Azimuth Matahari Tgl 28, 29 dan 30 Mei 2007

tM	hM	tB	hB	AzB		tM	hM	tB	hB	AzB		tM	hM	tB	hB	AzB
28	28	28	28	28		29	29	29	29	29		30	30	30	30	30
12:07	87.5	16:07	20.3	295.9		12:07	87.4	16:07	20.3	296.1		12:07	87.4	16:07	20.3	296.3
12:08	87.7	16:08	20.1	295.9		12:08	87.7	16:08	20.0	296.0		12:08	87.6	16:08	20.0	296.2
12:09	87.9	16:09	19.8	295.8		12:09	87.9	16:09	19.8	296.0		12:09	87.9	16:09	19.8	296.1
12:10	88.2	16:10	19.6	295.7		12:10	88.1	16:10	19.6	295.9		12:10	88.1	16:10	19.6	296.1
12:11	88.4	16:11	19.4	295.7		12:11	88.4	16:11	19.4	295.8		12:11	88.3	16:11	19.4	296.0
12:12	88.6	16:12	19.2	295.6		12:12	88.6	16:12	19.2	295.8		12:12	88.5	16:12	19.1	295.9
12:13	88.9	16:13	19.0	295.5		12:13	88.8	16:13	18.9	295.7		12:13	88.8	16:13	18.9	295.9
12:14	89.1	16:14	18.7	295.4		12:14	89.1	16:14	18.7	295.6		12:14	89.0	16:14	18.7	295.8
12:15	89.3	16:15	18.5	295.4		12:15	89.3	16:15	18.5	295.6		12:15	89.2	16:15	18.5	295.7
12:16	89.6	16:16	18.3	295.3		12:16	89.5	16:16	18.3	295.5		12:16	89.4	16:16	18.3	295.7
12:17	89.8	16:17	18.1	295.3		12:17	89.7	16:17	18.0	295.4		12:17	89.6	16:17	18.0	295.6
<b>12:18</b>	<b>90.0</b>	<b>16:18</b>	<b>17.8</b>	<b>295.2</b>		<b>12:18</b>	<b>89.8</b>	<b>16:18</b>	<b>17.8</b>	<b>295.4</b>		<b>12:18</b>	<b>89.7</b>	<b>16:18</b>	<b>17.8</b>	<b>295.5</b>

12:19	89.7	16:19	17.6	295.1		12:19	89.7	16:19	17.6	295.3		12:19	89.6	16:19	17.6	295.5
12:20	89.5	16:20	17.4	295.1		12:20	89.5	16:20	17.4	295.2		12:20	89.5	16:20	17.4	295.4
12:21	89.3	16:21	17.2	295.0		12:21	89.3	16:21	17.1	295.2		12:21	89.3	16:21	17.1	295.3
12:22	89.0	16:22	16.9	294.9		12:22	89.1	16:22	16.9	295.1		12:22	89.0	16:22	16.9	295.3
12:23	88.8	16:23	16.7	294.9		12:23	88.8	16:23	16.7	295.0		12:23	88.8	16:23	16.7	295.2
12:24	88.6	16:24	16.5	294.8		12:24	88.6	16:24	16.5	295.0		12:24	88.6	16:24	16.5	295.1
12:25	88.3	16:25	16.3	294.8		12:25	88.4	16:25	16.3	294.9		12:25	88.4	16:25	16.2	295.1
12:26	88.1	16:26	16.0	294.7		12:26	88.1	16:26	16.0	294.9		12:26	88.1	16:26	16.0	295.0
12:27	87.9	16:27	15.8	294.6		12:27	87.9	16:27	15.8	294.8		12:27	87.9	16:27	15.8	295.0
12:28	87.7	16:28	15.6	294.6		12:28	87.7	16:28	15.6	294.7		12:28	87.7	16:28	15.6	294.9

**Tabel 3 c:** Tinggi (Altitude) and Azimuth Matahari Tgl 14, 15 dan 16 Juli 2007

tM	hM	tB	hB	AzB		tM	hM	tB	hB	AzB		tM	hM	tB	hB	AzB
14	14	14	14	14		15	15	15	15	15		16	16	16	16	16
12:18	88.0	16:18	19.7	296.0		12:18	88.0	16:18	19.7	295.9		12:18	88.0	16:18	19.8	295.7
12:19	88.2	16:19	19.5	296.0		12:19	88.2	16:19	19.5	295.8		12:19	88.2	16:19	19.6	295.7
12:20	88.5	16:20	19.2	295.9		12:20	88.5	16:20	19.3	295.8		12:20	88.4	16:20	19.4	295.6
12:21	88.7	16:21	19.0	295.8		12:21	88.7	16:21	19.1	295.7		12:21	88.7	16:21	19.1	295.5
12:22	88.9	16:22	18.8	295.8		12:22	88.9	16:22	18.9	295.6		12:22	88.9	16:22	18.9	295.5
12:23	89.1	16:23	18.6	295.7		12:23	89.1	16:23	18.6	295.6		12:23	89.1	16:23	18.7	295.4
12:24	89.4	16:24	18.3	295.6		12:24	89.4	16:24	18.4	295.5		12:24	89.4	16:24	18.5	295.3
12:25	89.5	16:25	18.1	295.6		12:25	89.6	16:25	18.2	295.4		12:25	89.6	16:25	18.2	295.3
<b>12:26</b>	<b>89.7</b>	<b>16:26</b>	<b>17.9</b>	<b>295.5</b>		<b>12:26</b>	<b>89.8</b>	<b>16:26</b>	<b>18.0</b>	<b>295.4</b>		<b>12:26</b>	<b>89.8</b>	<b>16:26</b>	<b>18.0</b>	<b>295.2</b>
<b>12:27</b>	<b>89.7</b>	<b>16:27</b>	<b>17.7</b>	<b>295.4</b>		<b>12:27</b>	<b>89.8</b>	<b>16:27</b>	<b>17.7</b>	<b>295.3</b>		<b>12:27</b>	<b>89.9</b>	<b>16:27</b>	<b>17.8</b>	<b>295.1</b>
12:28	89.5	16:28	17.4	295.4		12:28	89.6	16:28	17.5	295.2		12:28	89.7	16:28	17.6	295.1
12:29	89.4	16:29	17.2	295.3		12:29	89.4	16:29	17.3	295.2		12:29	89.5	16:29	17.4	295.0
12:30	89.1	16:30	17.0	295.3		12:30	89.2	16:30	17.1	295.1		12:30	89.2	16:30	17.1	295.0
12:31	88.9	16:31	16.8	295.2		12:31	89.0	16:31	16.8	295.0		12:31	89.0	16:31	16.9	294.9
12:32	88.7	16:32	16.6	295.1		12:32	88.7	16:32	16.6	295.0		12:32	88.8	16:32	16.7	294.8
12:33	88.5	16:33	16.3	295.1		12:33	88.5	16:33	16.4	294.9		12:33	88.5	16:33	16.5	294.8
12:34	88.2	16:34	16.1	295.0		12:34	88.3	16:34	16.2	294.9		12:34	88.3	16:34	16.2	294.7
12:35	88.0	16:35	15.9	295.0		12:35	88.0	16:35	15.9	294.8		12:35	88.1	16:35	16.0	294.6
12:36	87.8	16:36	15.7	294.9		12:36	87.8	16:36	15.7	294.7		12:36	87.8	16:36	15.8	294.6
12:37	87.5	16:37	15.4	294.8		12:37	87.6	16:37	15.5	294.7		12:37	87.6	16:37	15.6	294.5
12:38	87.3	16:38	15.2	294.8		12:38	87.3	16:38	15.3	294.6		12:38	87.4	16:38	15.3	294.5

**Tabel 3d:** Tinggi (Altitude) and Azimuth Matahari Tgl 17, 18 dan 19 Juli 2007

tM	hM	tB	hB	AzB		tM	hM	tB	hB	AzB		tM	hM	tB	hB	AzB
17	17	17	17	17		18	18	18	18	18		19	19	19	19	19
12:18	87.9	16:18	19.9	295.6		12:18	87.9	16:18	19.9	295.4		12:18	87.8	16:18	20.0	295.2
12:19	88.2	16:19	19.7	295.5		12:19	88.1	16:19	19.7	295.3		12:19	88.1	16:19	19.8	295.2
12:20	88.4	16:20	19.4	295.4		12:20	88.4	16:20	19.5	295.3		12:20	88.3	16:20	19.6	295.1
12:21	88.6	16:21	19.2	295.4		12:21	88.6	16:21	19.3	295.2		12:21	88.5	16:21	19.3	295.0
12:22	88.9	16:22	19.0	295.3		12:22	88.8	16:22	19.0	295.1		12:22	88.7	16:22	19.1	295.0
12:23	89.1	16:23	18.8	295.2		12:23	89.0	16:23	18.8	295.1		12:23	88.9	16:23	18.9	294.9
12:24	89.3	16:24	18.5	295.2		12:24	89.2	16:24	18.6	295.0		12:24	89.1	16:24	18.7	294.8
12:25	89.5	16:25	18.3	295.1		12:25	89.4	16:25	18.4	294.9		12:25	89.3	16:25	18.4	294.8
<b>12:26</b>	<b>89.7</b>	<b>16:26</b>	<b>18.1</b>	<b>295.0</b>		<b>12:26</b>	<b>89.6</b>	<b>16:26</b>	<b>18.2</b>	<b>294.9</b>		<b>12:26</b>	<b>89.4</b>	<b>16:26</b>	<b>18.2</b>	<b>294.7</b>
<b>12:27</b>	<b>89.8</b>	<b>16:27</b>	<b>17.9</b>	<b>295.0</b>		<b>12:27</b>	<b>89.6</b>	<b>16:27</b>	<b>17.9</b>	<b>294.8</b>		<b>12:27</b>	<b>89.5</b>	<b>16:27</b>	<b>18.0</b>	<b>294.6</b>
12:28	89.7	16:28	17.6	294.9		12:28	89.6	16:28	17.7	294.8		12:28	89.4	16:28	17.8	294.6
12:29	89.5	16:29	17.4	294.9		12:29	89.4	16:29	17.5	294.7		12:29	89.3	16:29	17.5	294.5
12:30	89.2	16:30	17.2	294.8		12:30	89.2	16:30	17.3	294.6		12:30	89.1	16:30	17.3	294.5
12:31	89.0	16:31	17.0	294.7		12:31	89.0	16:31	17.0	294.6		12:31	88.9	16:31	17.1	294.4
12:32	88.8	16:32	16.7	294.7		12:32	88.8	16:32	16.8	294.5		12:32	88.7	16:32	16.9	294.3

12:33	88.5	16:33	16.5	294.6		12:33	88.5	16:33	16.6	294.4		12:33	88.5	16:33	16.6	294.3
12:34	88.3	16:34	16.3	294.5		12:34	88.3	16:34	16.4	294.4		12:34	88.3	16:34	16.4	294.2
12:35	88.1	16:35	16.1	294.5		12:35	88.1	16:35	16.1	294.3		12:35	88.1	16:35	16.2	294.1
12:36	87.9	16:36	15.8	294.4		12:36	87.8	16:36	15.9	294.3		12:36	87.8	16:36	16.0	294.1
12:37	87.6	16:37	15.6	294.4		12:37	87.6	16:37	15.7	294.2		12:37	87.6	16:37	15.7	294.0
12:38	87.4	16:38	15.4	294.3		12:38	87.4	16:38	15.5	294.1		12:38	87.4	16:38	15.5	294.0

## **PENGAMATAN**

Pengamatan bayang – bayang arah Kiblat tgl 15 Juli 2007 di Bosscha mengalami kegagalan karena Matahari tertutup awan tebal, baru pada jam 16:50 wib bayang – bayang benda tegak oleh Matahari nampak, kemiringan bayang – bayang garis arah Kiblat yang sebenarnya nampak jelas. Pengamatan tersebut bertujuan untuk membuat titik acuan arah Kiblat dan jarum compass. Titik – titik acuan itu dapat dipergunakan untuk menentukan variasi medan magnit dengan mengamati perubahan arah jarum kompas dalam keadaan perubahan yang ekstrim.

Pengamatan tanggal 16 Juli 2007 dilakukan pada jam 16:00 hingga jam 17:00 wib di atas Gd Astronomi. Secara umum ada awan tebal menutupi Matahari sehingga tidak membentuk bayang – bayang. Sekitar jam 16:23 – 16:33 wib awan tersingkap dan masih variable, namun sempat melihat bayang – bayang arah Kiblat (sayang panjang bayang – bayang belum sempat diukur) untuk mengetahui jarak zenith Matahari. Informasi untuk menentukan jarak ke Ka’bah, yaitu jarak zenith Matahari pada saat Matahari tepat di atas Ka’bah (dalam radians) dikalikan radius Bumi.

Teknis pengamatan relatif murah, dipergunakan “tusuk gigi”, kayu ringan berukuran diameter kecil, bulat dan ujungnya tajam, panjang sekitar 5.5 cm, bisa didirikan tegak di atas kertas. Kertas putih HVS, diberi garis estimasi arah Kiblat (lakukan estimasi awal misalnya untuk Bandung 25 derajat dari arah Barat dsb) dan garis estimasi arah Timur – Barat, kedua garis diusahakan berpotongan di tengah kertas dan “tusuk gigi” diberdirikan di titik potong tersebut.

### **III. DISKUSI DAN KESIMPULAN**

Mengapa jadual Matahari mencapai meridian Ka'bah pada tanggal 28 Mei 2007 dan 16 Juli 2007 berbeda sekitar 10 menit? Orbit Bumi mengelilingi Matahari berbentuk ellips dengan eksentrisitet 0.0167, oleh karena itu kecepatan Bumi mengelilingi Matahari tidak konstan, sedang rotasi planet Bumi relatif konstan. Kecepatan Bumi mengelilingi Matahari  $[ v^2 = G (m_1+m_2) \{(2/r) - (1/a)\} ]$ ;  $G = \text{konstanta gravitasi} = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ;  $m_1 = \text{massa Matahari} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ ;  $m_2 = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$ ;  $a = \text{jarak rata-rata Bumi-Matahari atau disebut satuan astronomi (sa)} = 1.496 \times 10^{11} \text{ m}$ ;  $r(28 \text{ Mei}) = 1.516 \times 10^{11} \text{ m}$  atau  $1.0132658 \text{ sa}$  dan  $r(16 \text{ Juli}) = 1.521 \times 10^{11} \text{ m}$  atau  $1.0163796 \text{ sa}$ ;  $v(28 \text{ Mei}) = 29391.23864 \text{ m/sec} = 105808.4591 \text{ km/jam}$  dan  $v(16 \text{ Juli}) = 29293.14763 \text{ m/sec} = 105455.3315 \text{ km/jam}$ . Kecepatan orbit Bumi pada tanggal 28 Mei sekitar 353 km/sec lebih cepat dibanding dengan kecepatan orbit Bumi mengelilingi Matahari pada tanggal 16 Juli. Pada tanggal 16 Juli Matahari mencapai meridian 06 menit 03 detik lebih lambat mencapai meridian dan pada tanggal 28 Mei Matahari mencapai meridian 2 menit 53 detik lebih cepat. Karena itu waktu Matahari mencapai di atas Ka'bah pada tanggal 28 Mei (jam 16:17 wib) sekitar 10 menit lebih awal dibanding Matahari mencapai jarak Zenit terkecil dari Zenit Ka'bah dengan tanggal 16 Juli (jam 16:26 wib). Busur yang ditempuh dalam sehari pada sekitar tanggal 28 Mei mencapai 0.947766888 derajat perhari dan sekitar tanggal 16 Juli mencapai 0.953823417 derajat perhari. Bandingkan dengan titik terdekat Bumi terhadap Matahari (titik perihelion) dan titik terjauh Bumi terhadap Matahari (titik aphelion) yang dicapai pada tanggal 2–5 Januari (perihelion) dan 3–6 Juli (aphelion). Pada periode tahun 1960 hingga tahun 2005 misalnya jarak perihelion Bumi – Matahari bervariasi antara 0.983208 sa pada tanggal 3 Januari 1961 hingga 0.983323 sa pada tanggal 3 Januari 1992. Pada periode yang sama jarak aphelion Bumi bervariasi antara 1.016643 sa (4 Juli 2001) hingga 1.016759 sa (3 Juli 1984).

Posisi bujur ekliptika Matahari pada tanggal 28 Mei adalah 66 derajat 11 menit atau Matahari berada pada arah rasi Taurus dan bujur ekliptika Matahari pada tanggal 16 Juli adalah 113 derajat 57 menit atau Matahari berada pada arah

rasi Gemini. Jadi bersamaan momen Matahari di atas Ka'bah, rasi Taurus dan rasi Gemini juga berada di atas Ka'bah.

Pada tabel 1 dan tabel 3a-d dapat ditetapkan tanggal dan jam terbaik di zenit atau dekat zenit Ka'bah, yaitu Matahari di zenith Ka'bah pada tanggal 28 Mei 2007 jam 16:18 wib dan Matahari di dekat zenith Ka'bah pada tanggal 16 Juli 2007 jam 16:26 wib. Pada tanggal 28 Mei 2007 jam 16:18 wib dan pada tanggal 16 Juli 2007 jam 16:26 wib, jarak zenith Matahari mencapai 0 derajat pada tanggal 28 Mei 2007 jam 16:18 wib dan 0.2 derajat dari zenith Ka'bah (atau tinggi Matahari di meridian Ka'bah mencapai 89.8 derajat) pada tanggal 16 Juli 2007 jam 16:26 wib. Pada kedua momen itu 28 Mei 2007 jam 16:18 wib dan 16 Juli 2007 jam 16:26 wib, azimut Matahari dari kota Bandung sama besar yaitu 295.2 derajat.

Bila pengamatan bayang – bayang arah Kiblat hanya membatasi azimuth Matahari dari kota Bandung  $295^{\circ}.2 \pm 0.^{\circ}2$  maka rentang pengamatan tanggal dan waktu pengamatan diperlihatkan dalam Tabel 4 sebagai berikut:

**Tabel 4:** Jadual pengamatan Matahari pada azimuth  $295^{\circ}.2 \pm 0.^{\circ}2$  untuk pengamat di Bandung

tahun 2007	Rentang waktu wib	tahun 2007	Rentang waktu wib
25 Mei	16:07 – 16 :13	14 Juli	16:27 – 16 :35
26 Mei	16:09 – 16 :16	15 Juli	16:25 – 16 :32
27 Mei	16:12 – 16 :19	16Juli	16:23 – 16 :30
28 Mei	16:14 – 16 :21	17 Juli	16:20 – 16 :27
29 Mei	16:17 – 16 :24	18 Juli	16:17 – 16 :24
30 Mei	16:20 – 16 :27	19 Juli	16:15 – 16 :22

Bila pengamatan bayang – bayang arah Kiblat hanya membatasi jam terbaik dari kota Bandung. Misalnya tanggal 25 – 30 Mei 2007, tanggal dan jam terbaik 28 Mei 2007 jam 16:18 wib maka rentang pengamatan tanggal 25 – 30 Mei 2007 adalah 16:13 wib hingga 16:23 wib. Sedang untuk tanggal dan jam terbaik 16 Juli 2007 jam 16:26 wib maka rentang pengamatan tanggal 14 – 19 Juli

2007 adalah jam 16:21 wib hingga 16:31 wib dan rentang azimuth Matahari diperlihatkan dalam Tabel 5 sebagai berikut:

**Tabel 5:** Azimut Matahari pada tanggal dan 5 menit sebelum dan sesudah jam terbaik untuk pengamat di Bandung pada rentang tanggal 25 – 30 Mei 2007 jam 16:13 wib hingga 16:23 wib dan tanggal 14 – 19 Juli 2007 jam 16:21 wib hingga 16:31 wib.

tahun 2007	Rentang azimut Matahari (derajat)	tahun 2007	Rentang azimut Matahari (derajat)
25 Mei	295.0 – 294.3	14 Juli	295.8 – 295.2
26 Mei	295.2 – 294.5	15 Juli	295.7 – 295.0
27 Mei	295.3 – 294.7	16 Juli	295.5 – 294.9
28 Mei	295.5 – 294.9	17 Juli	295.4 – 294.7
29 Mei	295.7 – 295.0	18 Juli	295.2 – 294.6
30 Mei	295.9 – 295.2	19 Juli	295.0 – 294.4

Pengamatan seperti dalam Tabel 5 merupakan pengamatan bayang – bayang Arah Kiblat yang relatif mudah secara instruksional, namun dalam Tabel 6 ditunjukkan ada konsekuensi rentang kesalahan mencapai hampir  $\pm 1$  derajat dalam kepraktisan komunikasi tersebut. Pengamatan ini masih jauh lebih presisi dibandingkan hanya menentukan arah Kiblat ke arah Barat yang mencapai kesalahan sampai 25 derajat.

**Tabel 6:** Selisih (dalam derajat) azimut Matahari pada tanggal dan 5 menit sebelum dan sesudah jam terbaik untuk pengamat di Bandung pada rentang tanggal 25 – 30 Mei 2007 jam 16:13 wib hingga 16:23 wib dan tanggal 14 – 19 Juli 2007 jam 16:21 wib hingga 16:31 wib dikurangi 295.2.

Mei tahun 2007	Azimut Matahari jm 16:13 wib (derajat) dikurangi 295.2 derajat	Azimut Matahari jm 16:23 wib (derajat) dikurangi 295.2 derajat	Juli tahun 2007	Azimut Matahari jm 16:21 wib (derajat) dikurangi 295.2 derajat)	Azimut Matahari jm 16:31 wib (derajat) dikurangi 295.2 derajat)
25	– 0.2	– 0.9	14	+0.6	– 0.0
26	+0.0	– 0.7	15	+0.5	– 0.2
27	+0.1	– 0.5	16	+0.3	– 0.3
28	+0.3	– 0.3	17	+0.2	– 0.5
29	+0.5	– 0.2	18	+0.0	– 0.6
30	+0.7	– 0.0	19	– 0.2	– 0.8

Arah Kiblat dengan bayang – bayang Matahari tidak hanya bergantung pada kedudukan Matahari di atas zenith Ka’bah. Jadi walaupun jarak zenith Matahari 1.1 derajat dari zenit Ka’bah untuk tanggal 14 Juli 2007 pada jam 16:31 wib dan jarak zenith Matahari 1.9 derajat dari zenit Ka’bah tanggal 19 Juli 2007 pada jam 16:19 wib, terdapat solusi bayang – bayang arah Kiblat oleh Matahari, azimuth Matahari pada kedua tanggal itu 295.2 derajat dari kota Bandung.

#### **IV. DAFTAR PUSTAKA**

Abidin, Z., Raharto, M. and Neswan, O.; 2006; *Study of the implication of error on the deviation of the direction of Kiblah*

Anonim; 1985; *Pedoman Penentuan Arah Kiblat – Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama RI*

MSM Saifullah, Muhammad Ghoniem, Abd al-Rahman Robert Squires and Mansur Ahmed; 2001; *The Qiblah of Early Mosques: Jerusalem or Makkah?; Islamic Awareness*

S. Kaml Abdali; 1997; *The Correct Qibla*; ([k.abdali@acm.org](mailto:k.abdali@acm.org))

Smart, WM; 1980; *Textbook on Spherical Astronomy – sixth edition*, Cambridge University Press

Raharto, M.; 2006; *Bayang-bayang arah Kiblat – Harian Republika Sabtu 27 Mei 2006*