

BAB IV

**APLIKASI DAN UJI AKURASI DATA *GLOBAL POSITIONING SYSTEM*
(GPS) DAN *AZIMUTH* MATAHARI PADA *SMARTPHONE* BERBASIS
ANDROID UNTUK HISAB ARAH KIBLAT**

Dalam tahap uji akurasi ini, analisis yang hendak penulis lakukan adalah analisis komparatif dan eksperimen. Komparatif yaitu dengan cara membandingkan data koordinat yang diperoleh dari GPS Status dengan data koordinat salah satu jenis GPS tipe navigasi yaitu GPS *Handheld* yang biasa digunakan dan sudah memiliki akurasi yang cukup baik.

Sama halnya dengan data koordinat dari GPS, metode pengujian yang penulis gunakan yaitu membandingkan data *azimuth* Matahari pada aplikasi *Qibla Compass Sundial Lite* dengan perhitungan arah kiblat menggunakan *theodolite* yang membutuhkan data *azimuth* Matahari secara manual, hal ini dilakukan karena penelitian ini berbasis aplikasi dalam bentuk *software* sehingga perlu dibandingkan kembali dengan metode serupa secara manual yang sudah lama digunakan dan dianggap akurat.

Metode eksperimen yaitu data dari aplikasi yang diteliti ini (GPS Status dan *Qibla Compass Sundial Lite*) digunakan untuk menghitung arah kiblat pada tempat yang sudah dikenal memiliki arah kiblat yang presisi juga pada tempat yang memiliki indikasi terhalangnya sinyal satelit.

Dalam perhitungan arah kiblat diperlukan data-data yang akurat untuk menghasilkan hasil perhitungan yang benar-benar akurat pula, sehingga perlu

untuk menganalisis terlebih dahulu sejauh mana keakurasian data – data pendukung tersebut, terutama data titik koordinat yang diakses dari GPS pada *smartphone* android, sebagai berikut :

A. Analisis terhadap Akurasi Data GPS pada *Smartphone* Berbasis Android untuk Hisab Arah Kiblat

Data GPS pada *smartphone* berbasis android yang akan diteliti di sini yaitu data titik koordinat pada tempat-tempat terpilih sebagai objek dari metode eksperimen yang penulis gunakan. Data-data titik koordinat tersebut kemudian diaplikasikan dalam perhitungan arah kiblat untuk dikomparasikan dengan data dari sumber lain (GPS *handheld*) sehingga dapat diketahui selisih hasil perhitungannya dan dapat diketahui keakuratan datanya.

1. Data koordinat yang didapat dari GPS Status android pada hari Senin 05 November 2012 pukul 07:49:08 WIB / pukul 00:49:08 GMT di Masjid Agung Jawa Tengah :



Gambar 4.1. GPS Status : Koordinat Masjid Agung Jawa Tengah

(Sumber : Screenshot GPS Status Android)

Lintang Tempat (φ) : - 6⁰ 59'04,14''

Bujur Tempat(λ) : 110⁰ 26' 48,3''

Sedangkan data dari GPS *Handheld* :

Lintang Tempat (φ) : - 6⁰ 59'04.08''

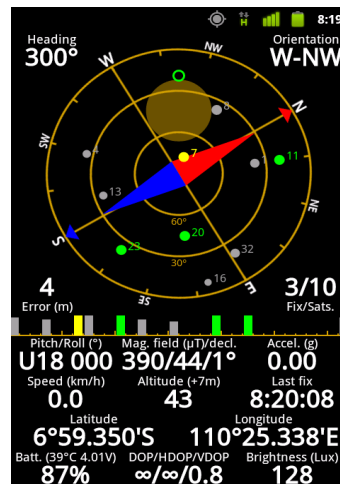
Bujur Tempat(λ) : 110⁰ 26' 48''

Selisih :

Koordinat Masjid Agung Jawa Tengah			
Nilai	GPS Status Android	GPS <i>Handheld</i>	Selisih
Lintang Tempat	- 6 ⁰ 59'04.14''	- 6 ⁰ 59'04.08''	00 ⁰ 00' 06''
Bujur Tempat	110 ⁰ 26' 48.3''	110 ⁰ 26' 48''	00 ⁰ 00' 0.3''
<i>Azimuth</i> Kiblat	294 ⁰ 29' 38''	294 ⁰ 29' 38''	00 ⁰ 00' 00''

Tabel 4.1. Komparasi Koordinat Masjid Agung Jawa Tengah

2. Data koordinat yang didapat dari GPS Status android pada hari Senin 05 November 2012 pukul 08:20:23 WIB / 01:20:23 GMT di Masjid Jami' Baitur Rahman Simpang Lima Semarang :



Gambar 4.2. GPS Status : Koordinat Masjid Baitur Rahman Simpang Lima Semarang

(Sumber : Screenshot GPS Status Android)

Lintang Tempat (φ) : - 6⁰ 59' 21''

Bujur Tempat(λ) : 110⁰ 25' 20''

Sedangkan data dari *GPS Handheld* :

Lintang Tempat (φ) : - 6⁰ 59' 21.12''

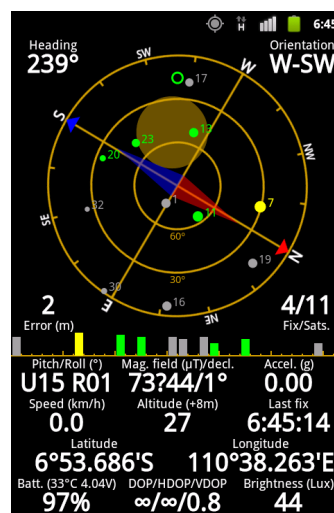
Bujur Tempat (λ) : 110⁰ 25' 20''

Selisih :

Koordinat Masjid Jami' Baitur Rahman Simpang Lima Semarang			
Nilai	GPS Status Android	GPS <i>Handheld</i>	Selisih
Lintang Tempat	-6 ⁰ 59' 21''	-6 ⁰ 59' 21.12''	00⁰ 00' 0.12''
Bujur Tempat	110 ⁰ 25' 20''	110 ⁰ 25' 20''	00⁰ 00' 00''
<i>Azimuth</i> Kiblat	294 ⁰ 30' 03''	294 ⁰ 30' 03''	00⁰ 00' 00''

Tabel 4.2. Komparasi Koordinat Masjid Baitur Rahman Simpang Lima Semarang

3. Data koordinat yang didapat dari GPS Status android pada hari Senin 05 November 2012 pukul 06:47:29 WIB / 23:47:29 GMT di Masjid Agung Demak :



Gambar 4.3. GPS Status : Koordinat Masjid Agung Demak

(Sumber : Screenshot GPS Status Android)

Lintang Tempat (ϕ) : - 6⁰ 53' 41.16"

Bujur Tempat (λ) : 110⁰ 38' 15"

Sedangkan data dari GPS *Handheld* :

Lintang Tempat (ϕ) : - 6⁰ 53' 41.28"

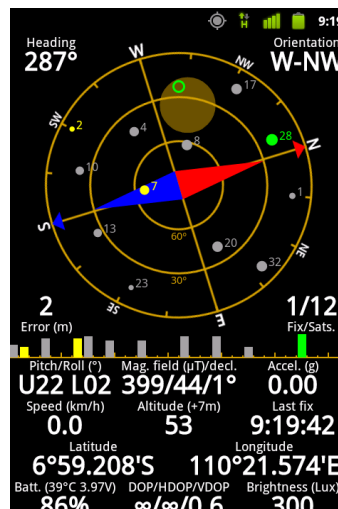
Bujur Tempat (λ) : 110⁰ 38' 15.9"

Selisih :

Koordinat Masjid Agung Demak			
Nilai	GPS Status Android	GPS <i>Handheld</i>	Selisih
Lintang Tempat	-6 ⁰ 53' 41.16"	- 6 ⁰ 53' 41.28"	00 ⁰ 00' 0.12"
Bujur Tempat	110 ⁰ 38' 15"	110 ⁰ 38' 15.9"	00 ⁰ 00' 0.9"
Azimuth Kiblat	294 ⁰ 25' 39"	294 ⁰ 25' 39"	00 ⁰ 00' 00"

Tabel 4.3. Komparasi Koordinat Masjid Agung Demak

4. Data koordinat yang didapat dari GPS Status android pada hari Senin 05 November 2012 pukul 09:20:22 WIB / 02:20:22 GMT di Depan Masjid Kampus 1 IAIN Walisongo Semarang :



Gambar 4.4. GPS Status : Koordinat Masjid Kampus 1 IAIN Walisongo Semarang

(Sumber : Screenshot GPS Status Android)

Lintang Tempat (ϕ) : - 6⁰ 59' 12.48"

Bujur Tempat (λ) : 110⁰ 21' 34"

Sedangkan data dari GPS *Handheld* :

Lintang Tempat (ϕ) : - 6⁰ 59' 12.36"

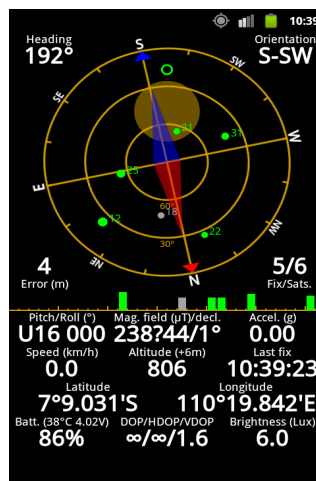
Bujur Tempat (λ) : 110⁰ 21' 34"

Selisih :

Koordinat Masjid Kampus I IAIN Walisongo Semarang			
Nilai	GPS Status Android	GPS <i>Handheld</i>	Selisih
Lintang Tempat	-6 ⁰ 59' 12.48"	-6 ⁰ 59' 12.36"	00 ⁰ 00' 0.12"
Bujur Tempat	110 ⁰ 21' 34"	110 ⁰ 21' 34"	00 ⁰ 00' 00"
Azimuth Kiblat	294 ⁰ 30' 54"	294 ⁰ 30' 54"	00 ⁰ 00' 00"

Tabel 4.4. Komparasi Koordinat Masjid Kampus I IAIN Walisongo

5. Data koordinat yang didapat dari GPS Status android pada hari Rabu, 17 April 2013 pukul 10:39:21 WIB / 03:39:21 GMT di Nglimut - Gonoharjo :



Gambar 4.5. GPS Status : Koordinat Nglimut - Gonoharjo

(Sumber : Screenshot GPS Status Android)

Lintang Tempat (φ) : - 07⁰ 09' 01.86''

Bujur Tempat(λ) : 110⁰ 19' 50''

Sedangkan data dari GPS *Handheld* :

Lintang Tempat (φ) : - 07⁰ 09' 02.03''

Bujur Tempat(λ) : 110⁰ 19' 50.5''

Selisih :

Koordinat Nglimut – Gonoharjo			
Nilai	GPS Status Android	GPS <i>Handheld</i>	Selisih
Lintang Tempat	-7 ⁰ 09' 1.86''	-7 ⁰ 09' 2.03''	00⁰ 00' 17''
Bujur Tempat	110 ⁰ 19' 50''	110 ⁰ 19' 50.5''	00⁰ 00' 00.5''
<i>Azimuth</i> Kiblat	294 ⁰ 33' 45''	294 ⁰ 33' 44''	00⁰ 00' 01''

Tabel 4.5. Komparasi Koordinat Nglimut - Gonoharjo

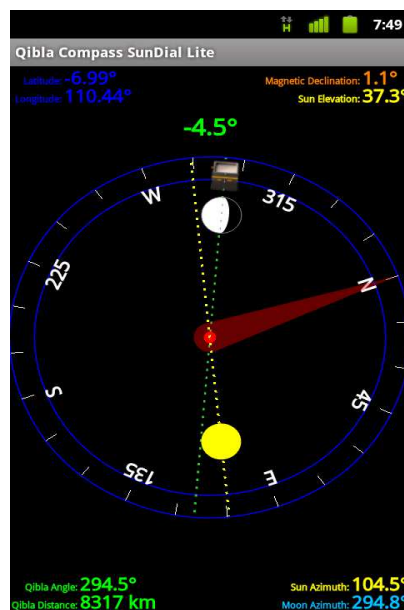
Terdapat selisih pada hasil komparasi antara GPS Status Android, GPS *Handheld* yaitu pada nilai koordinat baik lintang tempat maupun bujur tempatnya. Pada tabel komparasi di atas (lihat tabel 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5) selisih yang didapat hanya pada kisaran detik, sehingga ketika diaplikasikan untuk perhitungan arah kiblat di semua lokasi, selisih *azimuth* kiblat nya adalah 00⁰ 00' 00''. Hal ini menunjukkan bahwa data koordinat yang diakses dari *smartphone* android sudah cukup akurat.

Objek kedua yang akan penulis teliti yaitu data *Azimuth* Matahari pada *smartphone* berbasis android dalam aplikasi *Qibla Compass Sundial Lite*, untuk

diketahui sejauh mana keakuratan data tersebut jika dibandingkan dengan perhitungan manual kontemporer menggunakan data ephemeris, sebagai berikut :

B. Analisis terhadap Akurasi Data *Azimuth* Matahari pada *Smartphone* Berbasis *Android* untuk Hisab Arah Kiblat

1. Menentukan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah, Senin 05 November 2012 pukul 07:49:08 WIB / pukul 00:49:08 GMT.



Gambar 4.6. *Qibla Compass Sundial Lite* : Masjid Agung Jawa Tengah

(Sumber : Screenshot *Qibla Compass Sundial Lite* Android)

Diketahui :

Lintang Mekah : $21^{\circ} 25' 21,17''$

Bujur Mekah : $39^{\circ} 49' 34,56''$

Lintang Tempat : $- 6^{\circ} 59' 04,14''$

Bujur Tempat : $110^{\circ} 26' 48,3''$

Tentukan *azimuth* kiblat UTSB

$$\text{SBMD} = 110^{\circ} 26' 48,3'' - 39^{\circ} 49' 34,56''$$

$$= 70^{\circ} 37' 13,74''$$

Masukkan rumus :

$$\text{Cotan } Q = \frac{\text{Tan } LM \cdot \text{Cos } LT}{\text{Sin } SBMD} - \frac{\text{Sin } LT}{\text{Tan } SBMD}$$

$$= (\tan 21^{\circ} 25' 21,04'' \cdot \cos -6^{\circ} 59' 04,14'' : \sin 70^{\circ} 31' 18,87'') - (\sin -6^{\circ} 59' 04,14'' : \tan 70^{\circ} 37' 13,97'')$$

$$= 65^{\circ} 30' 21,24'' \text{ (dari Utara ke Barat/ UB)}$$

$$\text{Arah Kiblat dari Barat ke Utara/ BU} = 90^{\circ} - 65^{\circ} 30' 21,24''$$

$$= 24^{\circ} 29' 38,76''$$

$$\text{Azimuth Kiblat UT SBQ} = 270^{\circ} + 24^{\circ} 29' 38,76'' = \mathbf{294^{\circ} 29' 38''}$$

Data untuk menghitung Sudut Waktu Matahari dan Utara Sejati.

Deklinasi matahari (δ) dan *equation of time* (e) hari Senin 05 November 2012 pukul 07:49:08 WIB / pukul 00:49:08 GMT dapat diketahui dari data ephemeris 2012, nilai deklinasi Matahari setelah di interpolasi yaitu (δ) yaitu : $-15^{\circ} 44' 29,67''$ dan nilai *equation of time* (e) $0^j 16^m 27''$.

Masukkan rumus :

- a. Menentukan sudut waktu Matahari saat pengukuran

$$T_0 = \text{WD} + e - (\text{BD} - \text{BT}) : 15 - 12 = x 15$$

$$T_0 = 07^{\circ} 49' 08'' + 0^j 16^m 27'' - (105^{\circ} - 110^{\circ} 26' 48,3'') : 15 - 12 = x 15$$

$$= -53^{\circ} 09' 26,7''$$

$$T_0 = -53^{\circ} 09' 26,7'' \text{ B (Barat)}$$

- b. Menentukan arah Matahari saat pembidikan dengan rumus

$$\text{Cotg } A_0 = \text{Tan } \delta \times \text{Cos } \Phi : \text{Sin } t_0 - \text{Sin } \Phi : \text{Tan } t_0$$

$$\text{Cotg } A_0 = \text{Tan } -15^{\circ} 44' 29,67'' \times \text{Cos } -6^{\circ} 59' 04,14''$$

$$: \text{Sin } -53^{\circ} 09' 26,7'' - \text{Sin } -6^{\circ} 59' 04,14'' : \text{Tan } -53^{\circ} 09' 26,7''$$

$$= \mathbf{75^{\circ} 30' 24,94''}$$

c. Menentukan *azimuth* Matahari

Untuk pengukuran pagi (Timur) dan deklinasi Selatan, maka nilai

$$\text{azimuth Matahari} = 180^{\circ} - \text{Arah Matahari}$$

$$\text{azimuth Matahari} = 180^{\circ} - 75^{\circ} 30' 24,94'' = \mathbf{104^{\circ} 29' 35''}$$

d. Menentukan Utara sejati

Karena perhitungan dilakukan pada pagi hari dan deklinasi Selatan,

$$\text{maka Utara sejati } 180^{\circ} + 75^{\circ} 30' 24,94'' = \mathbf{255^{\circ} 30' 24''}$$

e. Kesimpulan hasil

$$\text{Azimuth Kiblat} = \mathbf{294^{\circ} 29' 38''}$$

$$\text{Sudut Waktu Matahari} = \mathbf{38^{\circ} 49' 04,55''}$$

$$\text{Arah Matahari} = \mathbf{75^{\circ} 30' 24,94''}$$

$$\text{Azimuth Matahari} = \mathbf{104^{\circ} 29' 35''}$$

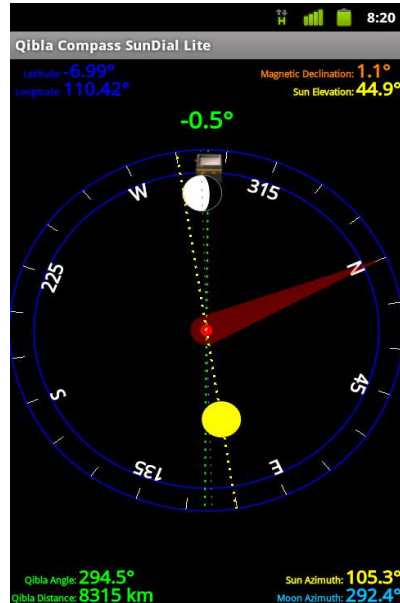
$$\text{Utara Sejati} = \mathbf{255^{\circ} 30' 24''}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka dapat diketahui bahwasanya nilai *azimuth* Matahari dengan perhitungan manual menggunakan data

ephemeris, hasilnya adalah $104^{\circ} 29' 35''$. Sedangkan data dari Qibla

Compass Sundial Lite : $104,5^{\circ} = 104^{\circ} 30'$

2. Menentukan arah kiblat Masjid *Jami'* Baitur Rahman Simpang Lima Semarang, Senin 05 November 2012 pukul 08:20:23 WIB / 01:20:23 GMT



Gambar 4.7. *Qibla Compass Sundial Lite* : Masjid *Jami'* Baitur Rahman Semarang

(Sumber : Screenshot *Qibla Compass Sundial Lite* Android)

Diketahui :

Lintang Tempat	: $-6^{\circ} 59' 21''$
Bujur Tempat	: $110^{\circ} 25' 20''$
Waktu Bidik	: 08:20:23 WIB / 01:20:23 GMT
Deklinasi	: $-15^{\circ} 44' 53.29''$
<i>Equation of Time</i>	: $00^j 16^m 27^d$

Tentukan *azimuth* kiblat UTSB

$$\begin{aligned} \text{SBMD} &= 110^{\circ} 25' 20'' - 39^{\circ} 49' 34,56'' \\ &= 70^{\circ} 35' 45,44'' \end{aligned}$$

Masukkan rumus :

$$\begin{aligned}
\text{Cotan } Q &= \frac{\text{Tan } LM \cdot \text{Cos } LT}{\text{Sin } SBMD} - \frac{\text{Sin } LT}{\text{Tan } SBMD} \\
&= (\tan 21^{\circ} 25' 21,17'' \cdot \cos -6^{\circ} 59' 21'' : \sin 70^{\circ} 35' 45,44'') - (\sin -6^{\circ} 59' 21'' : \tan 70^{\circ} 35' 45,44'') \\
&= 65^{\circ} 29' 56,44'' \text{ (dari Utara ke Barat/ UB)} \\
\text{Arah Kiblat dari Barat ke Utara/ BU} &= 90^{\circ} - 65^{\circ} 29' 56,44'' \\
&= 24^{\circ} 30' 03,56'' \\
\text{Azimuth Kiblat UTSBQ} &= 270^{\circ} + 24^{\circ} 30' 03,56'' = \mathbf{294^{\circ} 30' 03''}
\end{aligned}$$

Data untuk menghitung Sudut Waktu Matahari dan Utara Sejati.

Masukkan rumus :

- a. Menentukan sudut waktu Matahari saat pengukuran

$$\begin{aligned}
T_0 &= \text{WD} + e - (\text{BD}-\text{BT}) : 15 - 12 = x 15 \\
T_0 &= 08^{\circ} 20' 23'' + 0^{\text{j}} 16^{\text{m}} 27'' - (105^{\circ} - 110^{\circ} 25' 20'') : 15 - 12 = x 15 \\
&= -45^{\circ} 22' 10'' \\
T_0 &= \mathbf{-45^{\circ} 22' 10''}
\end{aligned}$$

- b. Menentukan arah Matahari saat pembidikan dengan rumus

$$\begin{aligned}
\text{Cotg } A_0 &= \text{Tan } \delta \times \text{Cos } \Phi : \text{Sin } t_0 - \text{Sin } \Phi : \text{Tan } t_0 \\
\text{Cotg } A_0 &= \text{Tan } -15^{\circ} 44' 53,29'' \times \text{Cos } -6^{\circ} 59' 21'' : \text{Sin } -45^{\circ} 22' 10'' - \\
&\text{Sin } -6^{\circ} 59' 21'' : \text{Tan } -45^{\circ} 22' 10'' \\
&= \mathbf{74^{\circ} 43' 13,51''}
\end{aligned}$$

- c. Menentukan *azimuth* Matahari

Untuk pengukuran pagi (Timur) dan deklinasi Selatan, maka nilai *azimuth* Matahari = $180^{\circ} - \text{Arah Matahari}$

$$\text{azimuth Matahari} = 180^{\circ} - 74^{\circ} 43' 13,51'' = \mathbf{105^{\circ} 16' 46''}$$

d. Menentukan Utara sejati

Karena perhitungan dilakukan pada pagi hari dan deklinasi Selatan, maka :

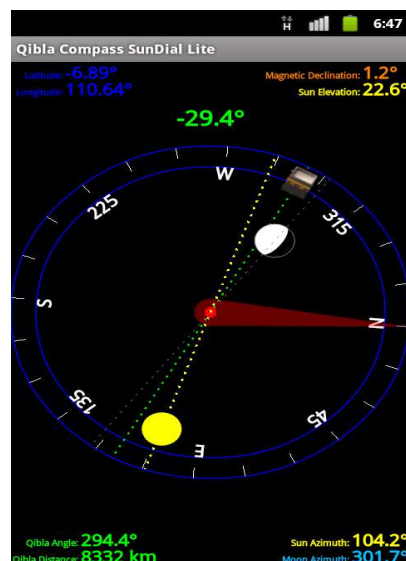
$$\text{Utara sejati} = 180^\circ + 74^\circ 43' 13.51'' = 254^\circ 43' 13''$$

Hasil :

Azimuth Kiblat	= 294° 30' 03''
Sudut Waktu Matahari	= -45° 22' 10''
Arah Matahari	= 74° 43' 13.51''
<i>Azimuth</i> Matahari	= 105° 16' 46''
Utara Sejati	= 254° 43' 13''

Nilai *azimuth* Matahari dengan perhitungan manual menggunakan data ephemeris, hasilnya adalah 105° 16' 46''. Sedangkan data dari Qibla Compass Sundial Lite : $105.3^\circ = 105^\circ 18' 00''$.

3. Menentukan arah kiblat Masjid Agung Demak, Senin 05 November 2012 pukul 06:47:29 WIB / 23:47:29 GMT.



Gambar 4.8. Qibla Compass Sundial Lite : Masjid Agung Demak

(Sumber : Screenshot Qibla Compass Sundial Lite Android)

Diketahui :

Lintang Tempat	: - 6 ⁰ 53' 41.16"
Bujur Tempat	: 110 ⁰ 38' 15"
Waktu Bidik	: 06:47:29 WIB / 23:47:29 GMT
Deklinasi	: -15 ⁰ 43' 42.61"
<i>Equation of Time</i>	: 00 ⁰ 16' 27"

Tentukan *azimuth* kiblat UTSB

$$\begin{aligned} \text{SBMD} &= 110^0 38' 15'' - 39^0 49' 34,56'' \\ &= 70^0 48' 40,44'' \end{aligned}$$

Masukkan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Cotan } Q &= \frac{\text{Tan } LM \cdot \text{Cos } LT}{\text{Sin } SBMD} - \frac{\text{Sin } LT}{\text{Tan } SBMD} \\ &= (\tan 21^0 25' 21,17'' \cdot \cos -6^0 53' 41.16'' : \sin 70^0 48' 40,44'') - (\sin -6^0 53' 41.16'' : \tan 70^0 48' 40,44'') \\ &= 65^0 34' 20.04'' \text{ (dari Utara ke Barat/ UB)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah Kiblat dari Barat ke Utara/ BU} &= 90^0 - 65^0 34' 20.04'' \\ &= 24^0 25' 39.96'' \end{aligned}$$

$$\text{Azimuth Kiblat UTSBQ} = 270^0 + 24^0 25' 39.96'' = \mathbf{294^0 25' 39''}$$

Data untuk menghitung Sudut Waktu Matahari dan Utara Sejati.

Masukkan rumus :

a. Menentukan sudut waktu Matahari saat pengukuran

$$T_0 = \text{WD} + e - (\text{BD}-\text{BT}) : 15 - 12 = x \ 15$$

$$\begin{aligned} T_0 &= 08^0 47' 29'' + 0^j 16^m 27'' - (105^0 - 110^0 38' 15'') : 15 - 12 = x \ 15 \\ &= -68^0 22' 45'' \end{aligned}$$

$$T_0 = -68^{\circ} 22' 45''$$

- b. Menentukan arah Matahari saat pembidikan dengan rumus

$$\text{Cotg } A_0 = \text{Tan } \delta \times \text{Cos } \Phi : \text{Sin } t_0 - \text{Sin } \Phi : \text{Tan } t_0$$

$$\text{Cotg } A_0 = \text{Tan } -15^{\circ} 43' 42,61'' \times \text{Cos } -6^{\circ} 53' 41,16'' : \text{Sin } -68^{\circ} 22' 45''$$

$$- \text{Sin } -6^{\circ} 53' 41,16'' : \text{Tan } -68^{\circ} 22' 45''$$

$$= 75^{\circ} 47' 35,12''$$

- c. Menentukan *azimuth* Matahari

Untuk pengukuran pagi (Timur) dan deklinasi Selatan, maka nilai *azimuth* Matahari = $180^{\circ} - \text{Arah Matahari}$

$$\text{azimuth Matahari} = 180^{\circ} - 75^{\circ} 47' 35,12'' = 104^{\circ} 12' 24''$$

- d. Menentukan Utara sejati

Karena perhitungan dilakukan pada pagi hari dan deklinasi Selatan, maka Utara sejati $180^{\circ} + 75^{\circ} 47' 35,12'' = 255^{\circ} 47' 35''$

Hasil :

$$\text{Azimuth Kiblat} = 294^{\circ} 25' 39''$$

$$\text{Sudut Waktu Matahari} = -68^{\circ} 22' 45''$$

$$\text{Arah Matahari} = 75^{\circ} 47' 35,12''$$

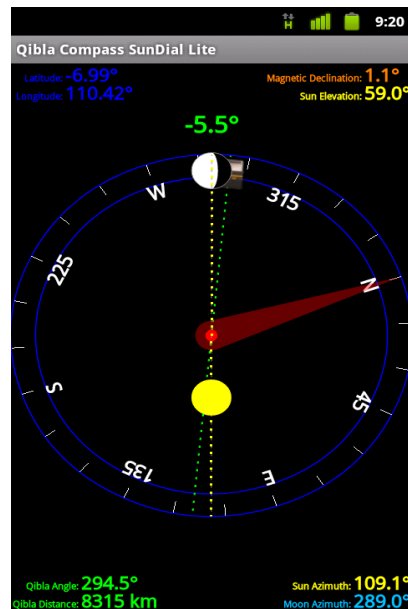
$$\text{Azimuth Matahari} = 104^{\circ} 12' 24''$$

$$\text{Utara Sejati} = 255^{\circ} 47' 35''$$

Nilai *azimuth* Matahari dengan perhitungan manual menggunakan data ephemeris, hasilnya adalah $180^{\circ} - 75^{\circ} 47' 35,12'' = 104^{\circ} 12' 24''$.

Sedangkan data dari Qibla Compass Sundial Lite : $104,2 = 104^{\circ} 12' 00''$.

4. Menentukan arah kiblat Masjid Kampus I IAIN Walisongo Semarang,
 Senin 05 November 2012 pukul 09:20:22 WIB / 02:20:22 GMT.



Gambar 4.9. Qibla Compass Sundial Lite : Masjid Kampus I IAIN Walisongo Semarang

(Sumber : Screenshot Qibla Compass Sundial Lite Android)

Diketahui :

Lintang Tempat : $-6^{\circ} 59' 12.48''$

Bujur Tempat : $110^{\circ} 21' 34''$

Waktu Bidik : $09^{\circ} 20' 22''$

Deklinasi : $-15^{\circ} 45' 38.61''$

Equation of Time : $00^{\circ} 16' 27''$

Tentukan *azimuth* kiblat UTSB

$$\text{SBMD} = 110^{\circ} 21' 34'' - 39^{\circ} 49' 34,56''$$

$$= 70^{\circ} 31' 59,44''$$

Masukkan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Cotan } Q &= \frac{\text{Tan } LM \cdot \text{Cos } LT}{\text{Sin } SBMD} - \frac{\text{Sin } LT}{\text{Tan } SBMD} \\ &= (\tan 21^{\circ} 25' 21,17'' \cdot \cos -6^{\circ} 59' 12,48'' : \sin 70^{\circ} 31' 59,44'') - (\sin -6^{\circ} 59' 12,48'' : \tan 70^{\circ} 31' 59,44'') \\ &= 65^{\circ} 29' 05,69'' \text{ (dari Utara ke Barat/ UB)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah Kiblat dari Barat ke Utara/ BU} &= 90^{\circ} - 65^{\circ} 29' 05,69'' \\ &= 24^{\circ} 30' 54,31'' \end{aligned}$$

$$\text{Azimuth Kiblat UTSBQ} = 270^{\circ} + 24^{\circ} 30' 54,31'' = \mathbf{294^{\circ} 30' 54''}$$

Data untuk menghitung Sudut Waktu Matahari dan Utara Sejati.

Masukkan rumus :

- a. Menentukan sudut waktu Matahari saat pengukuran

$$T_0 = \text{WD} + e - (\text{BD} - \text{BT}) : 15 - 12 = x \ 15$$

$$\begin{aligned} T_0 &= 09^{\circ} 20' 22'' + 0^{\text{j}} 16^{\text{m}} 27'' - (105^{\circ} - 110^{\circ} 21' 34'') : 15 - 12 = x \ 15 \\ &= -68^{\circ} 22' 45'' \end{aligned}$$

$$T_0 = \mathbf{-68^{\circ} 22' 45''}$$

- b. Menentukan arah Matahari saat pembidikan dengan rumus

$$\text{Cotg } A_0 = \text{Tan } \delta \times \text{Cos } \Phi : \text{Sin } t_0 - \text{Sin } \Phi : \text{Tan } t_0$$

$$\begin{aligned} \text{Cotg } A_0 &= \text{Tan } -15^{\circ} 45' 38,61'' \times \text{Cos } -6^{\circ} 59' 12,48'' : \text{Sin } -68^{\circ} 22' \\ &45'' - \text{Sin } -6^{\circ} 59' 12,48'' : \text{Tan } -68^{\circ} 22' 45'' \\ &= \mathbf{75^{\circ} 47' 35,12''} \end{aligned}$$

- c. Menentukan *azimuth* Matahari

Untuk pengukuran pagi (Timur) dan deklinasi Selatan, maka nilai *azimuth* Matahari = $180^{\circ} - \text{Arah Matahari}$

$$\text{azimuth Matahari} = 180^\circ - 75^\circ 47' 35.12'' = 104^\circ 12' 24''$$

d. Menentukan Utara sejati

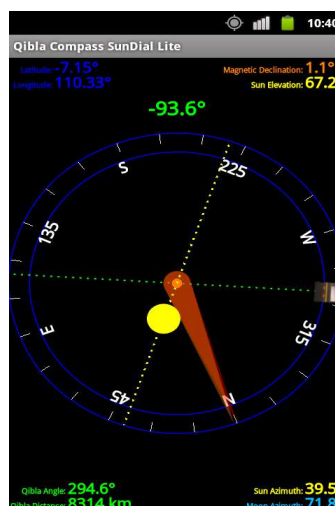
Karena perhitungan dilakukan pada pagi hari dan deklinasi Selatan, maka Utara sejati $180^\circ + 75^\circ 47' 35.12'' = 255^\circ 47' 35''$

Hasil :

<i>Azimuth</i> Kiblat	= $294^\circ 30' 54''$
Sudut Waktu Matahari	= $-30^\circ 26' 11''$
Arah Matahari	= $70^\circ 54' 58.8''$
<i>Azimuth</i> Matahari	= $109^\circ 05' 01.2''$
Utara Sejati	= $250^\circ 54' 58.8''$

Nilai *azimuth* Matahari dengan perhitungan manual menggunakan data ephemeris, hasilnya adalah $180^\circ - 70^\circ 54' 58.8'' = 109^\circ 05' 01.2''$. Sedangkan data dari Qibla Compass Sundial Lite : $109.1 = 109^\circ 06' 00''$.

5. Menentukan arah kiblat Nglimut - Gonoharjo, Rabu 17 April 2013 pukul 10:40:17 WIB / 03:40:17 GMT



Gambar 4.10. *Qibla Compass Sundial Lite* : Nglimut - Gonoharjo

(Sumber : Screenshot *Qibla Compass Sundial Lite* Android)

Diketahui :

Lintang Tempat	: - 07 ⁰ 09' 01.86"
Bujur Tempat	: 110 ⁰ 19' 50"
Waktu Bidik	: 10:40:17 WIB / 03:40:17 GMT
Deklinasi	: 10 ⁰ 30' 32.58"
<i>Equation of Time</i>	: 00 ^j 00 ^m 24 ^d

Tentukan *azimuth* kiblat UTSB

$$\begin{aligned} \text{SBMD} &= 110^0 19' 50'' - 39^0 49' 34,56'' \\ &= 70^0 30' 15,44'' \end{aligned}$$

Masukkan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Cotan } Q &= \frac{\text{Tan } LM \cdot \text{Cos } LT}{\text{Sin } SBMD} - \frac{\text{Sin } LT}{\text{Tan } SBMD} \\ &= (\tan 21^0 25' 21,17'' \cdot \cos -7^0 09' 1.86'' : \sin 70^0 30' 15,44'') - (\sin -7^0 09' 1.86'' : \tan 70^0 30' 15,44'') \\ &= 65^0 26' 14.96'' \text{ (dari Utara ke Barat/ UB)} \\ \text{Arah Kiblat dari Barat ke Utara/ BU} &= 90^0 - 65^0 26' 14.96'' \\ &= 24^0 33' 45.04'' \\ \text{Azimuth Kiblat UTSBQ} &= 270^0 + 24^0 33' 45.04'' = \mathbf{294^0 33' 45''} \end{aligned}$$

Data untuk menghitung Sudut Waktu Matahari dan Utara Sejati.

Masukkan rumus :

e. Menentukan sudut waktu Matahari saat pengukuran

$$T_0 = \text{WD} + e - (\text{BD}-\text{BT}) : 15 - 12 = x \text{ 15}$$

$$T_0 = 10^0 40' 17'' + 0^j 00^m 24'' - (105^0 - 110^0 19' 50'') : 15 - 12 = x \text{ 15}$$

$$= -14^{\circ} 29' 55''$$

$$T_0 = -14^{\circ} 29' 55''$$

- f. Menentukan arah Matahari saat pembidikan dengan rumus

$$\text{Cotg } A_0 = \text{Tan } \delta \times \text{Cos } \Phi : \text{Sin } t_0 - \text{Sin } \Phi : \text{Tan } t_0$$

$$\text{Cotg } A_0 = \text{Tan } 10^{\circ} 30' 32.58'' \times \text{Cos } -7^{\circ} 09' 1.86'' : \text{Sin } -14^{\circ} 29' 55''$$

$$- \text{Sin } -7^{\circ} 09' 1.86'' : \text{Tan } -14^{\circ} 29' 55''$$

$$= 39^{\circ} 25' 12.09''$$

- g. Menentukan *azimuth* Matahari

Untuk pengukuran pagi (Timur) dan deklinasi Utara, maka nilai

$$\text{azimuth Matahari} = \text{Arah Matahari}$$

$$\text{azimuth Matahari} = 39^{\circ} 25' 12.09''$$

- h. Menentukan Utara sejati

Karena perhitungan dilakukan pada pagi hari dan deklinasi Utara, maka :

$$\text{Utara sejati} = 360^{\circ} - 39^{\circ} 25' 12.09'' = 320^{\circ} 34' 47''$$

Hasil :

$$\text{Azimuth Kiblat} = 294^{\circ} 33' 45''$$

$$\text{Sudut Waktu Matahari} = -14^{\circ} 29' 55''$$

$$\text{Arah Matahari} = 39^{\circ} 25' 12.09''$$

$$\text{Azimuth Matahari} = 39^{\circ} 25' 12.09''$$

$$\text{Utara Sejati} = 320^{\circ} 34' 47''$$

Nilai *azimuth* Matahari dengan perhitungan manual menggunakan data ephemeris, hasilnya adalah $39^{\circ} 25' 12.09''$. Sedangkan data dari Qibla Compass Sundial Lite : $39.5^{\circ} = 39^{\circ} 30' 00''$.

Dari penjelasan data-data *azimuth* Matahari di atas, maka selisih diantara data dari android dengan perhitungan manual menggunakan data ephemeris sebagai berikut :

NO	NAMA TEMPAT	AZIMUTH MATAHARI (ANDROID)	AZIMUTH MATAHARI (MANUAL)	SELISIH
1	Masjid Agung Jawa Tengah	$104^{\circ} 30' 00''$	$104^{\circ} 29' 35''$	$00^{\circ} 00' 25''$
2	Masjid Jami' Baitur Rahman	$105^{\circ} 18' 00''$	$105^{\circ} 16' 46''$	$00^{\circ} 01' 14''$
3	Masjid Agung Demak	$104^{\circ} 12' 00''$	$104^{\circ} 12' 24''$	$00^{\circ} 00' 24''$
4	Masjid Kampus I IAIN Walisongo	$109^{\circ} 06' 00''$	$109^{\circ} 05' 01.2''$	$00^{\circ} 00' 58.8''$
5	Nglimut Gonoharjo	$39^{\circ} 30' 00''$	$39^{\circ} 25' 12.09''$	$00^{\circ} 04' 47.91''$

Tabel 4.6. Selisih Data Azimuth Matahari dari Android dan Perhitungan Manual

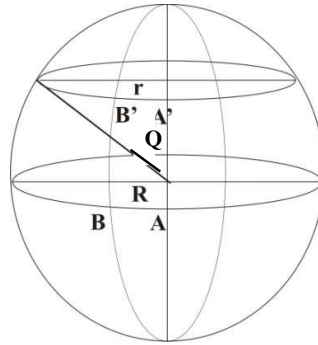
Dari analisis GPS dan *azimuth* Matahari secara komparatif maupun eksperimen tersebut di atas, data yang tampil dari keduanya tidak jauh berbeda, karena selisih di antara keduanya sangatlah tipis, hanya berbeda pada nilai detiknya saja. Ketika data-data tersebut diaplikasikan dalam perhitungan arah kiblat, nilai *azimuth* kiblatnya sama dan tidak akan menyebabkan kemelencengan

yang signifikan sehingga data yang dihasilkan dari *smartphone* android layak untuk digunakan.

Pada hasil komparasi data *azimuth* Matahari, terdapat perbedaan selisih hingga $00^{\circ} 04' 47.91''$, namun selisih ini terjadi pada tempat penelitian di kawasan hutan (hutan pinus Nglimut Gonoharjo). Proses pengambilan data di tempat ini juga memerlukan waktu yang lebih lama dibanding dengan tempat lainnya. Hal ini menunjukkan akurasi data yang berbasis sinyal di tempat yang terkena bias sinyal atau terhalang oleh faktor-faktor penghalang sinyal seperti pepohonan, bangunan-bangunan tinggi dan lain-lain berpengaruh pada akurasi datanya.

Semua pengguna *smartphone* android dapat mengakses data koordinat tempat maupun elemen-elemen yang ada dalam perhitungan arah kiblat untuk mengetahui ke arah mana seharusnya menghadap ketika salat. Hal ini dikarenakan banyak fenomena masjid yang arahnya melenceng beberapa derajat ketika dilakukan pengukuran ulang. Kemelencengan tersebut dapat berakibat fatal, karena jika ditarik garis lurus dari tempat tersebut, maka arahnya sudah tidak ke arah Ka'bah lagi melainkan ke tempat-tempat lain yang jaraknya cukup jauh dari Ka'bah.

Berdasarkan materi yang penulis dapatkan saat mengikuti perkuliahan Astronomi Bola bersama Slamet Hambali, 1° (derajat) kemelencengan dalam arah kiblat maka berpotensi melenceng sebanyak 111,11 km, dan $360^{\circ} = 40000$ km, dengan keterangan sebagai berikut :



Gambar 4.11. Lingkaran Bola Bumi

(Sumber : *Design Grafis* penulis berdasarkan keterangan Slamet Hambali)

$$r = \cos Q \cdot R$$

$$\sin 90 - Q = \frac{r}{R}$$

$$r = \sin 90 - Q \cdot R = \cos Q \cdot R$$

$$\text{Lingkaran kecil} = 2\pi R \cdot \cos Q$$

Rata-rata Bumi daerah khatulistiwa : 6378.1977 km

$$1^\circ = \frac{2\pi \cdot R \cdot \cos Q}{360} = \frac{2\pi \cdot R}{360} \times \cos Q$$

$$1^\circ = 111.3205502 \text{ km}$$

$$R = \frac{K}{2\pi} = \frac{40000}{2\pi} = 6366.1977 \text{ km}$$

$$1^\circ = \frac{2\pi \cdot R \cdot \cos Q}{360} = \frac{2\pi \cdot R}{360} \times \cos Q$$

$$1^\circ = 111.1111107 \text{ km}^1$$

Ada sedikit perbedaan dengan pendapat Rinto Anugraha dalam *Mekanika*

Benda Langit yang menjelaskan bahwa :

$$1^\circ = 6378.137 \times \pi \times 180$$

$$1^\circ = 111.3194908 \text{ km}^2$$

¹ Nilai ini penulis peroleh dari pendapat Slamet Hambali dalam mata kuliah Astronomi Bola pada tanggal 21 Maret 2011.

Potensi kemelencengan arah kiblat 1° sama dengan 111 km (dibulatkan), sehingga untuk benar-benar tepat menghadap *'ain al-ka'bah* perlu perhitungan yang sudah teruji keakuratan data-data dan metode perhitungannya. Terutama bagi daerah-daerah yang jauh dari Ka'bah³ yang sulit untuk bisa menghadap secara tepat, maka ada toleransi kemelencengan arah kiblat yang mengacu kepada hadis Nabi bahwasanya *"Baitullah adalah kiblat bagi orang –orang di masjidil Haram, Masjidil haram adalah kiblat bagi orang –orang penduduk tanah haram (Makkah) dan tanah haram adalah kiblat bagi semua umat di Bumi, baik di Barat maupun di Timur"* (HR.al-Baihaqi dari Abu Hurairah).

Toleransi maksimal kemelencengan arah kiblat menurut keterangan Slamet Hambali adalah 3 derajat, walaupun tidak pas menghadap ke Ka'bah, namun masih masuk ke wilayah Masjid al-Haram,⁴ hal ini berlaku untuk daerah yang berada pada khatulistiwa.⁵

² Hasil perhitungan penulis yang mengacu pada Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Gadjah Mada, 2012, h.30

³ Dalam *The Encyclopedia Of Religion* dijelaskan bahwa bangunan Ka'bah merupakan bangunan yang dibuat dari batu-batu (granit) yang kemudian dibangun menjadi bangunan berbentuk kubus (*cube-like building*) dengan tinggi kurang lebih 16 meter, panjang 13 meter dan lebar 11 meter. Batu-batu yang dijadikan bangunan Ka'bah saat itu diambil dari lima buah gunung (*sacred mountains*), yaitu: *Thur Sinai, al-Judi, Hira, Olivet dan Lebanon*. Lihat Mircea Eliade (ed), *The Encyclopedia Of Religion*, Vol. 7, New York: Macmillan Publishing Company, t.th, h.. 225. Lihat juga Lihat *Lexicon Universal Encyclopedia*, New York: Lexicon Publication, 1990, Jilid 12, h. 3. Disadur dari Susiknan Azhari, *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2007, Cet. 2, h. 41

⁴ Masjid al-Haram yang di dalamnya terdapat bangunan Ka'bah terdiri dari tiga lantai (lantai dasar, lantai dua dan lantai atap serta lantai bawah tanah). Masing-masing luas lantainya mencapai 19.000 m² dan berbentuk tidak simetris. Jika ditambah pelataran diluar bangunan dan ditengah-tengah Masjid al-Haram, luasnya mencapai 278.000 m² dan mampu menampung 700.000 jamaah. Jika masih ditambah areal pasar kecil, areal Timur Mas'a di Qasyasyiyah dan areal di arah Asyamyah sekitar 88.000 m², maka kapasitas tampung total *Masjidil Haram* mencapai 914.000 jamaah - bahkan sampai satu juta pada puncak musim haji. Lihat Abdul Halim, *Ensiklopedia Haji dan Umrah*, Jakarta, Raja Grafindo Persada, 2002, h. 25.

⁵ Materi ini didapatkan pada saat perkuliahan Slamet Hambali dalam mata kuliah Astronomi Bola pada tanggal 21 Maret 2011 ketika menghitung rumus jari-jari Bumi di khatulistiwa, untuk daerah khatulistiwa toleransinya semakin kecil karena jari-jari Bumi di khatulistiwa adalah jari-jari paling panjang.

Toleransi kemelencengan jika yang dimaksud adalah toleransi yang melencengnya masih menghadap ke Masjid al-Haram atau Makkah, tentunya akan sangat bervariasi, tergantung tempat tersebut dekat khatulistiwa atau tidak, karena semakin dekat suatu tempat dengan khatulistiwa dengan kemelencengan sedikit, maka akan semakin jauh dari Ka'bah, hal ini dikarenakan jari-jari di khatulistiwa adalah jari-jari terpanjang.⁶

Android, sebuah ponsel multifungsi dapat menjadi terobosan baru dalam mengakses data-data penting untuk perhitungan arah kiblat yang seharusnya didapat dari alat yang harganya relatif mahal. Pemanfaatan teknologi saat ini seperti GPS pada *smartphone* yang sudah menggunakan *chipset* penerima sinyal satelit yang sangat sensitif, tidak akan kalah keakuratan data yang diperolehnya. Dengan ini maka data – data yang presisi dapat diperoleh dengan mudah dan praktis.

⁶ *Ibid.*,