

## BAB II

### KONSEP WAKTU DAN PERGERAKAN BENDA LANGIT

#### A. Matahari, Bumi dan Pergerakannya

##### a. Matahari

Matahari adalah bola raksasa yang terbentuk dari gas hidrogen dan helium. Matahari termasuk bintang berwarna putih yang berperan sebagai pusat tata surya. Seluruh komponen tata surya termasuk 8 planet dan satelit masing-masing, planet-planet kerdil, asteroid, komet, dan debu angkasa berputar mengelilingi Matahari.<sup>1</sup> Di samping sebagai pusat peredaran, Matahari juga merupakan sumber energi untuk kehidupan yang berkelanjutan. Panas Matahari menghangatkan Bumi dan membentuk iklim, sedangkan cahayanya menerangi Bumi serta dipakai oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis. Tanpa Matahari, tidak akan ada kehidupan di Bumi karena banyak reaksi kimia yang tidak dapat berlangsung.<sup>2</sup>

Matahari berbentuk bola yang berpijar dengan senyawa penyusun utama berupa gas hidrogen (74%) dan helium (25%) terionisasi. Senyawa penyusun lainnya terdiri dari besi, nikel, silikon, sulfur, magnesium, karbon, neon, kalsium, dan kromium. Cahaya Matahari berasal dari hasil reaksi fusi hidrogen menjadi helium.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Braham, I, *Ruang Angkasa Seri Intisari Ilmu*, Jakarta: Erlangga For Kids, 2009. hlm. 120

<sup>2</sup> Lang, KR, *Sun, Earth, and Sky* (edisi ke-2), Canada: Springer, 2006. hlm. 284

<sup>3</sup> Coffey, J (2008) "The Sun" *Universe Today*. Diakses pada 20 Desember 2012. Lihat juga di Harvey, S "Solar System Explanation Planet Sun" NASA. Diakses pada 20 Desember 2012.

Berdasarkan penghitungan menggunakan Hukum Newton dengan melibatkan nilai kecepatan orbit Bumi, jarak Matahari, dan gaya gravitasi, diperoleh massa Matahari sebesar  $1,989 \times 10^{30}$  kilogram. Angka tersebut sama dengan 333.000 kali massa Bumi. Sementara itu, diameter Matahari adalah 1.392.000 kilometer atau 865.000 mil, sama dengan 109 kali diameter Bumi. Sebagai perbandingan, sebanyak 1,3 juta planet seukuran Bumi dapat masuk ke dalam Matahari. Oleh karena itu, Matahari menjadi obyek terbesar di tata surya dengan massa mencapai 99,85% dari total massa tata surya.<sup>4</sup>

Matahari merupakan bintang yang paling dekat dengan Bumi, yaitu berjarak rata-rata 149.600.000 kilometer (92,96 juta mil). Jarak Matahari ke Bumi ini dikenal sebagai satuan astronomi dan biasa dibulatkan (untuk penyederhanaan hitungan) menjadi 150 juta km.<sup>5</sup>

Berdasarkan penghitungan dengan metode analisis radioaktif, diketahui bahwa batuan Bulan, meteorit dan batuan Bumi tertua yang pernah ditemukan berusia sekitar 4,6 miliar tahun. Sementara itu, sampel batuan Matahari belum pernah didapatkan sehingga penghitungan dilakukan secara matematika menggunakan model interior Matahari. Berdasarkan hasil penghitungan matematika adalah Matahari diperkirakan

---

<sup>4</sup> Doody, D "Basic of Space Flight Section 1 Chapter 1. The Solar System" California, USA: Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology . Diakses pada 20 Desember 2012

<sup>5</sup> Green, SF; Jones, MH; Burnell, SJ, *An Introduction to The Sun and Stars*, Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2009. hlm. 13

berusia  $5 \pm 1,5$  miliar tahun.<sup>6</sup> Namun, oleh karena tata surya diketahui terbentuk sebagai satu kesatuan dalam waktu yang berdekatan maka kini secara umum Matahari dianggap berusia 4,6 miliar tahun. Matahari tergolong bintang tipe G V, dengan ciri memiliki suhu permukaan sekitar 6.000 K dan umumnya bertahan selama 10 miliar tahun. Matahari diperkirakan berusia sekitar 7 miliar tahun lagi, sebelum hidrogen di intinya habis. Bila hal tersebut terjadi, Matahari akan berekspansi menjadi bintang raksasa berwarna merah yang dingin dan 'memakan' planet-planet kecil di sekitarnya (mungkin termasuk Bumi) sebelum akhirnya kembali menjadi bintang kerdil berwarna putih kembali.<sup>7</sup>

Gaya gravitasi di Matahari sebanding dengan 28 kali gravitasi di Bumi. Secara teori hal tersebut berarti bila seseorang memiliki berat 100 kg di Bumi maka bila berjalan di permukaan Matahari beratnya akan terasa seperti 2.800 kg. Gravitasi Matahari memungkinkannya menarik semua komponen-komponen penyusunnya membentuk suatu bentuk bola sempurna. Gravitasi Matahari jugalah yang menahan planet-planet yang mengelilinginya tetap berada pada orbit masing-masing. Pengaruh dari gravitasi Matahari masih dapat terasa hingga jarak 2 tahun cahaya.<sup>8</sup>

Radiasi Matahari, lebih dikenal sebagai cahaya Matahari, adalah campuran gelombang elektromagnetik yang terdiri dari gelombang inframerah, cahaya tampak, sinar ultraviolet. Semua gelombang

---

<sup>6</sup> Seeds, MA , *The Solar System* (edisi ke-6), Canada: Thompson Learning Inc., 2008. hlm. 426

<sup>7</sup> Cain, F (2009) "About the Sun" Universe Today . Diakses pada 20 Desember 2012

<sup>8</sup> *Ibid.*

elektromagnetik ini bergerak dengan kecepatan sekitar  $3,0 \times 10^8$  m/s. Oleh karena itu radiasi atau cahaya memerlukan waktu 8 menit untuk sampai ke Bumi. Matahari juga menghasilkan sinar gamma, namun frekuensinya semakin kecil seiring dengan jaraknya meninggalkan inti.<sup>9</sup>

Berdasarkan gerak yang dilakukannya, Matahari mempunyai dua macam pergerakan, yaitu sebagai berikut :

- 1) Matahari berotasi pada sumbunya selama sekitar 27 hari untuk mencapai satu kali putaran. Gerakan rotasi ini pertama kali diketahui melalui pengamatan terhadap perubahan posisi bintik Matahari. Sumbu rotasi Matahari miring sejauh  $7,25^\circ$  dari sumbu orbit Bumi sehingga kutub utara Matahari akan lebih terlihat di bulan September sementara kutub selatan Matahari lebih terlihat di bulan Maret. Matahari bukanlah bola padat, melainkan bola gas, sehingga Matahari tidak berotasi dengan kecepatan yang seragam. Ahli astronomi mengemukakan bahwa rotasi bagian interior Matahari tidak sama dengan bagian permukaannya. Bagian inti dan zona radiatif berotasi bersamaan, sedangkan zona konvektif dan fotosfer juga berotasi bersama namun dengan kecepatan yang berbeda. Bagian ekuatorial (tengah) memakan waktu rotasi sekitar 24 hari sedangkan bagian

---

<sup>9</sup> Villanueva, JC (2010) "Color of The Sun" Universe Today . Diakses pada 20 Desember 2012.

kutubnya berotasi selama sekitar 31 hari. Sumber perbedaan waktu rotasi Matahari tersebut masih diteliti.<sup>10</sup>

- 2) Matahari dan keseluruhan isi tata surya bergerak di orbitnya mengelilingi galaksi Bimasakti. Gerakan ini dinamakan dengan gerak revolusi matahari. Matahari terletak sejauh 28.000 tahun cahaya dari pusat galaksi Bimasakti. Kecepatan rata-rata pergerakan ini adalah 828.000 km/jam sehingga diperkirakan akan membutuhkan waktu 230 juta tahun untuk mencapai satu putaran sempurna mengelilingi galaksi.<sup>11</sup>

#### **b. Bumi**

Bumi adalah salah satu planet yang terdapat didalam tata surya. Dari sisi jaraknya, Bumi ialah planet terdekat ketiga dari Matahari. Sampai saat ini, Bumi merupakan satu-satunya planet yang diyakini bisa ditempati oleh makhluk hidup. Keadaan dan struktur yang terdapat di dalamnya yang memungkinkan untuk dihuni makhluk hidup dibandingkan dengan planet anggota tata surya lainnya.<sup>12</sup> Bumi mempunyai dua pergerakan, yaitu sebagai berikut:

- 1) **Rotasi**, adalah perputaran Bumi pada sumbunya. Perputaran ini merupakan akibat dari adanya gaya tarik menarik antara gaya gravitasi Matahari dengan gaya gravitasi Bumi. Bumi berotasi pada porosnya dari arah barat ke timur. Arahnya persis sama dengan arah revolusi

---

<sup>10</sup> Etty Indrianty, dkk. *Ensiklopedia Sains dan Teknologi*. Jakarta: Lentera Abadi, 2007. hlm. 27.

<sup>11</sup> *Ibid.*

<sup>12</sup> Tim Redikta, *Ensiklopedia Ilmu Pengetahuan Alam FISIKA*, Aneka Ilmu, Semarang. hlm. 23.

Bumi mengelilingi Matahari. Kala rotasi Bumi adalah 23 jam 56 menit 4 detik, selang waktu ini disebut satu hari. Sekali berotasi, Bumi menempuh 360 bujur selama 24 jam. Artinya 10 bujur menempuh 4 menit. Dengan demikian, tempat-tempat yang berbeda 10 bujur akan berbeda waktu 4 menit.<sup>13</sup> Rotasi Bumi menimbulkan beberapa peristiwa yaitu:

### **1. Pergantian siang dan malam**

Permukaan Bumi yang sedang menghadap Matahari mengalami siang. Sebaliknya permukaan Bumi yang membelakangi Matahari mengalami malam. Akibat rotasi Bumi, permukaan Bumi yang menghadap dan membelakangi Matahari berganti secara bergantian. Ini adalah peristiwa siang dan malam. Karena periode peredaran semu harian Matahari 24 jam, maka panjang siang atau malam rata-rata 12 jam.<sup>14</sup>

### **2. Perbedaan waktu berbagai tempat di muka Bumi**

Seluruh permukaan Bumi dibagi-bagi menurut garis lintang dan garis bujur. Garis lintang adalah garis yang sejajar dengan garis tengah khatulistiwa, sedang garis bujur adalah garis yang sejajar dengan garis tengah kutub. Arah rotasi Bumi sama dengan arah revolusinya, yakni dari barat ke timur. Itulah sebabnya Matahari selalu terbit di timur terbenam di barat.<sup>15</sup>

---

<sup>13</sup> *Ibid.*

<sup>14</sup> Bayu Nugraha, *Pengertian Rotasi dan Revolusi Bumi serta Pengaruhnya*. Always-On.blogspot.com diakses pada tanggal 22 Januari 2013

<sup>15</sup> *Ibid.*

Waktu GMT (*Greenwich Mean Time*) sebagai waktu pangkal yang berada pada garis bujur nol derajat yang melalui kota Greenwich di London. Sebagai contoh Indonesia memiliki tiga bujur standar yaitu  $105^0$ ,  $120^0$ ,  $135^0$  Bujur Timur, dengan demikian waktu lokalnya berturut-turut adalah waktu Greenwich ditambah 7 jam, 8 jam, dan 9 jam. Jika letak bujur standar itu disebelah barat bujur nol, maka waktunya dikurangi, dan jika letak bujur standar itu di sebelah timur bujur nol, maka waktunya bertambah.<sup>16</sup>

### 3. Gerak semu harian bintang

Bintang-bintang (termasuk Matahari) yang tampak bergerak sebenarnya tidak bergerak. Akibat rotasi Bumi dari arah barat ke timur, bintang-bintang tersebut tampak bergerak dari timur ke barat. Rotasi Bumi tidak dapat kita saksikan, yang dapat kita saksikan adalah peredaran Matahari dan benda-benda langit melintas dari timur ke barat. Oleh karena itu kita selalu menyaksikan Matahari terbit disebelah timur dan terbenam di sebelah barat. Pergerakan dari timur ke barat yang tampak pada Matahari dan benda-benda langit ini dinamakan gerak semu harian bintang. Karena gerak semu ini dapat di amati setiap hari, maka disebut gerak semu harian.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> *Ibid.*

<sup>17</sup> *Ibid.*

#### 4. Perbedaan percepatan gravitasi di permukaan Bumi

Rotasi Bumi juga menyebabkan pengembangan di khatulistiwa dan pemampatan di kedua kutub Bumi. Selama Bumi mengalami pembekuan dari gas menjadi cair kemudian menjadi padat, Bumi berotasi terus pada porosnya. Ini menyebabkan pengembangan di khatulistiwa dan pemampatan di kedua kutub Bumi sehingga seperti keadaannya sekarang. Karena percepatan gravitasi berbanding terbalik dengan kuadrat jari-jari, maka percepatan gravitasi tempat-tempat di kutub lebih besar daripada disekitar khatulistiwa.<sup>18</sup>

- 2) **Revolusi**, adalah gerak putar Bumi mengelilingi Matahari selama satu tahun bersama planet lain yang berada dalam tata surya. Gerak revolusi Bumi menimbulkan beberapa akibat, diantaranya adalah:

##### 1. Adanya perubahan lamanya waktu siang dan malam

Negara-negara di belahan Bumi utara dan selatan memiliki perbedaan lamanya waktu siang dan malam. Selain diakibatkan oleh sudut kemiringan poros Bumi, juga diakibatkan oleh revolusi Bumi. Karena dalam berevolusi, Bumi dapat terletak di **apotema** atau **hipotema**. Apotema adalah titik terjauh Bumi dengan Matahari sedangkan hipotema kebalikannya yakni titik terdekat Bumi dengan Matahari.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> *Ibid.*

<sup>19</sup> *Ibid.*

## 2. Adanya perubahan rasi bintang

Perubahan rasi bintang ini dapat kita saksikan di malam hari. Dimana pada saat itu kita dapat melihat perubahan rasi bintang seiring dengan perubahan bulan. Sehingga kita bisa mengenal zodiak aquarius, scorpio dan lain sebagainya.<sup>20</sup>

## 3. Adanya gerak semu tahunan Matahari

Gerak semu tahunan Matahari adalah gerak berubahnya posisi Matahari. Apabila kita perhatikan dengan seksama, tempat terbit Matahari tidak selalu tepat di titik Barat. Begitu juga tempat terbenamnya tidak selalu tepat di titik Timur. Melainkan berpindah-pindah ke arah selatan atau ke utara. Keadaan ini dikenal dengan posisi Matahari Deklinasi Selatan dan Deklinasi Utara.<sup>21</sup>

Deklinasi adalah busur pada lingkaran waktu yang diukur mulai dari titik perpotongan antara lingkaran waktu dengan lingkaran ekuator ke arah utara atau selatan sampai ke titik pusat benda langit. Deklinasi sebelah utara ekuator dinyatakan positif dan deklinasi sebelah selatan dinyatakan negatif. Pada saat benda langit persis berada di pada lingkaran ekuator, maka deklinasinya sebesar  $0^\circ$ . Harga deklinasi terbesar yang dicapai oleh suatu benda langit adalah  $90^\circ$  yaitu manakala benda langit tersebut berada pada titik kutub langit. Harga deklinasi terbesar yang dicapai oleh

---

<sup>20</sup> Sekolah Berbasis Rumah, Gafatar.blogspot.com, *Pengaruh Rotasi dan Revolusi Bumi Terhadap Alam*. Diakses pada tanggal 22 Januari 2013.

<sup>21</sup> *Ibid.*

Matahari adalah hampir mendekati  $23^{\circ} 30'$  (atau tepatnya  $23^{\circ}26'30''$ ).<sup>22</sup>

Deklinasi berubah sepanjang waktu selama satu tahun, akan tetapi pada tanggal-tanggal tertentu kira-kira sama. Pada tanggal 21 Maret hingga 23 September deklinasi Matahari positif (sebelah utara ekuator), sedangkan dari tanggal 23 September hingga tanggal 21 Maret, deklinasi Matahari negatif (sebelah selatan ekuator). Pada tanggal 21 Maret dan tanggal 23 September, Matahari berkedudukan di ekuator, oleh karena itu deklinasinya  $0^{\circ}$ . Pada tanggal 21 Juni Matahari mencapai harga deklinasi tertinggi di sebelah utara ekuator, yakni  $23^{\circ}26'30''$  dan pada tanggal 22 Desember mencapai harga deklinasinya yang tertinggi di sebelah selatan ekuator, yakni  $-23^{\circ}26'30''$ .<sup>23</sup>

#### 4. Adanya perubahan musim

Perubahan musim yang diakibatkan oleh gerak revolusi Bumi terdiri dari 4 musim yakni dingin, semi, gugur, dan panas. Perubahan musim ini ditunjukkan dengan posisi Matahari dan dapat diketahui dengan menghitung posisi Matahari sesuai besar deklinasinya.

1. Pada saat Matahari berada pada tanggal 21 Maret, maka hal itu adalah pertanda masuknya musim semi.

---

<sup>22</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008. hlm. 53.

<sup>23</sup> *Ibid.* hlm. 54.

2. Pada saat Matahari berada pada tanggal 21 Juni, maka hal tersebut adalah pertanda masuknya musim panas.
3. Pada saat Matahari berada pada tanggal 21 September, maka mulai masuk pada musim gugur, dan
4. Pada saat Matahari berada pada tanggal 21 Desember, hal itu adalah pertanda masuknya musim panas.

Namun perubahan secara keseluruhan hanya terjadi di belahan Bumi utara dan selatan. Hal itulah yang menyebabkan Indonesia tidak memiliki keempat musim tersebut karena Indonesia berada di daerah katulistiwa.<sup>24</sup>

#### **5. Ditetapkannya kalender masehi**

Penetapan kalender masehi ditentukan atas gerak revolusi Bumi terhadap Matahari selama satu tahun, yaitu melalui perhitungan tentang gerak tersebut. Atau lebih kita kenal dengan metode hisab awal bulan.

#### **B. Konsep Waktu**

Dalam penentuan waktu perhitungan didasarkan atas berputarnya Bumi pada porosnya. Perbedaan satu sama lain berpangkal pula pada obyek benda langit yang diambil untuk dijadikan dasar perhitungan, selanjutnya dianggap Bumi mempunyai rotasi yang seragam.

Ada tiga macam waktu sebagai dasar perhitungan antara lain : waktu bintang, waktu Matahari sejati dan waktu Matahari menengah.

---

<sup>24</sup> Susiknan Azhari, *Op.Cit.*

a. Waktu bintang

Obyek peninjauan di bola langit adalah vernal equinox atau titik aries. Jam 00.00 waktu bintang dimulai pada waktu titik aries berada di zenith (kulminasi atas) dan 12.00 waktu bintang pada waktu titik aries berada di nadir (kulminasi bawah) dari peninjauan.<sup>25</sup>

b. Waktu Matahari sejati

Obyek dasar perhitungan adalah Matahari yang pada siang hari tampak dari Bumi oleh peninjauan. Jam 00.00 waktu Matahari sejati jika Matahari berada di nadir (kulminasi bawah) dari peninjauan dan jam 12.00 waktu Matahari sejati jika Matahari berada di titik zenith (kulminasi atas) dari peninjauan.<sup>26</sup>

Sebelum ada jam tangan waktu Matahari sejati ini dipergunakan, oleh karena penghidupan sehari-hari dipengaruhi dengan Matahari maka dianggapnya pada waktu itu suatu ukuran yang logis.

Oleh karena itu pengukuran waktu didasarkan atas kedudukan Matahari maka masing-masing tempat dengan sendirinya mempunyai waktu sejati sendiri menurut letaknya pada meridian masing-masing.

c. Waktu Matahari menengah

Objek dari dasar perhitungan waktu adalah benda langit yang dinamakan Matahari menengah. Matahari menengah bergerak beraturan di

---

<sup>25</sup> Badan Hisab & Rukyat Departemen Agama, *Almanak Hisab Rukyat*. Proyek Pembinaan badan Peradilan Agama. Jakarta: 1981. hlm. 162

<sup>26</sup> *Ibid.*

khatulistiwa lagi dan menempuh jarak sama dalam setahun dengan waktu Matahari sejati.<sup>27</sup>

Jika Matahari menengah berada di kulminasi atas, maka waktu Matahari menengah jam 12.00 dan jika kulminasi bawah jam 00.00. Dalam hal kehidupan sehari-hari yang dipergunakan ialah waktu Matahari menengah, di mana jam-jam yang merupakan pengukur untuk waktu Matahari menengah tersebut.<sup>28</sup>

### C. Matahari dan Bumi sebagai Penentuan Awal Waktu

Seluruh pergerakan antara Bumi dan Matahari menjadikan keduanya sebagai dua benda yang tidak bisa dipisahkan termasuk dalam formulasi penentuan waktu, yang pada hal ini contohnya ialah penentuan waktu shalat.

Ketentuan yang termuat dalam al-Qur'an dan hadis dapat dipahami bahwa ketentuan waktu-waktu salat tersebut berkaitan dengan posisi Matahari pada bola langit, yakni data astronomis terpenting dalam penentuan awal waktu salat adalah posisi Matahari terutama tinggi Matahari. Fenomena awal fajar (*morning twilight*), Matahari terbit (*sunrise*), Matahari melintasi meridian (*culmination*), Matahari terbenam (*sunset*).<sup>29</sup>

Waktu-waktu salat tersebut didasarkan pada fenomena Matahari, kemudian diterjemahkan dengan kedudukan atau posisi Matahari pada saat

---

<sup>27</sup> *Ibid.* hlm. 163

<sup>28</sup> *Ibid.*

<sup>29</sup> Susiknan Azhari, *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*, Yogyakarta : Suara Muhammadiyah, cet II, 2007, hlm. 66.

membuat atau mewujudkan keadaan-keadaan yang merupakan pertanda bagi awal atau akhir waktu salat.

Sebagaimana keterangan di atas bahwa kedudukan Matahari sebagai penentuan awal waktu salat, yaitu sebagaimana penjelasan berikut :

a. Waktu salat Zuhur

Waktu Zuhur dimulai sejak Matahari tergelincir, yaitu sesaat setelah seluruh bundaran Matahari meninggalkan titik kulminasi dalam peredaran hariannya. Biasanya waktu Zuhur dimulai sekitar 2 menit setelah titik *istiwa'* (ketika Matahari pada titik meridian langit).<sup>30</sup>

Waktu salat Zuhur ini berakhir ketika panjang bayangan suatu benda menjadi sama dengan panjang benda itu sendiri. Sebuah tongkat ditancapkan yang tingginya 1 meter di bawah sinar Matahari pada permukaan tanah yang rata. Maka bayangan tongkat tersebut semakin lama akan semakin panjang seiring dengan semakin Bergeraknya Matahari ke arah barat. Begitu panjang bayangannya mencapai 1 meter, maka pada saat itulah waktu Zuhur berakhir dan masuklah waktu salat Asar. Apabila tongkat tersebut tidak mempunyai bayangan baik di sebelah barat maupun di sebelah timurnya, maka itu menunjukkan bahwa Matahari tepat berada di tengah langit. Waktu tersebut disebut dengan waktu *istiwa'*. Pada saat itu, belum masuk waktu Zuhur, namun ketika bayangan tongkat di sebelah timur sudah muncul karena posisi Matahari bergerak ke arah barat, maka saat itu dapat dikatakan ”*zawal*

---

<sup>30</sup> M. Yusuf Harun, *Pengantar Ilmu Falak*, Banda Aceh : Yayasan Pena, 2008, hlm. 19-20.

*al-syams*” atau Matahari tergelincir dan saat itulah masuk waktu Zuhur.<sup>31</sup>

b. Waktu salat Asar

Awal waktu salat Asar dimulai pada saat bayang-bayang benda sama panjangnya dengan benda itu sendiri. Ketentuan tersebut hanya berlaku bila Matahari berkulminasi tepat di titik *zenith*<sup>32</sup> dimana benda yang terpancang tegak lurus tidak mempunyai bayang-bayang sama sekali. Kulminasi Matahari di titik *zenith* tersebut terjadi apabila harga lintang tempat sama dengan harga deklinasi Matahari. Jika tidak, maka Matahari akan berkulminasi di selatan atau di utara titik *zenith* sehingga benda yang terpancang tegak lurus sudah mempunyai bayang-bayang dengan panjang tertentu. Keadaan seperti tersebut dalam ketentuan masuknya waktu Asar perlu di *takwil*, yaitu bahwa awal waktu Asar masuk bila bayang-bayang yang sudah ada pada saat kulminasi Matahari sudah bertambah dengan sepanjang bendanya.<sup>33</sup>

c. Waktu salat Magrib

Posisi Matahari pada saat ini adalah terbenam penuh. Terbenam ini berarti bulatan Matahari tersebut sudah tidak tampak lagi. Perhitungan posisi benda-benda langit, termasuk di dalamnya Matahari adalah berdasar pada titik pusat lingkaran benda langit tersebut. Posisi semacam

---

<sup>31</sup> K.R. Muhammad Wardan, *Kitab Falak dan Hisab*, Jogjakarta : Toko Pandu, 1957, hlm. 79.

<sup>32</sup> *Zenith* atau *samtu al-ra's* adalah titik perpotongan antara garis vertikal yang melalui seseorang dengan meridian di bola langit bagian atas. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Jogjakarta : Buana Pustaka, cet I, 2005, hlm. 71.

<sup>33</sup> Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak (Cara Praktis Menghitung Waktu Salat, Arah Kiblat dan Awal Bulan)*, Sidoarjo : Aqaba, cet iv, 2009, hlm. 25.

ini kalau dilihat pada ufuk, baik itu ketika Matahari sedang terbit maupun terbenam, maka akan tampak separuh lingkaran yang masih berada di atas ufuk. Bila Matahari tersebut terbenam di awal Magrib atau akan terbit di akhir waktu Subuh, maka posisi Matahari tersebut adalah berimpitnya bulatan atas dengan garis ufuk.<sup>34</sup>

Kedudukan Matahari atau tinggi Matahari pada posisi awal waktu Magrib dihitung dari ufuk sepanjang lingkaran vertikal adalah  $h_{mg} = -1^\circ$  atau berarti  $1^\circ$  di bawah ufuk.<sup>35</sup>

d. Waktu salat Isya

Waktu Isya dimulai dengan memudarnya cahaya merah (*syafaq al-ahmar*) pada awan di bagian langit sebelah barat. Peristiwa ini dikenal sebagai akhir senja astronomi (*astronomical twilight*). Keadaan demikian terjadi, bila titik pusat Matahari berkedudukan 18 derajat di bawah ufuk (*horizon*) sebelah barat atau bila jarak *zenith* Matahari = 108 derajat.<sup>36</sup>

Adapun menurut astronomi, setelah Matahari terbenam di ufuk barat, permukaan Bumi tidak otomatis menjadi gelap. Hal demikian terjadi disebabkan terdapat partikel-partikel berada di angkasa yang membiaskan sinar Matahari, sehingga walaupun sinar Matahari sudah tidak mengenai Bumi namun masih ada bias cahaya dari partikel-partikel

---

<sup>34</sup> Muchtar Salimi, *Ilmu Falak (Penetapan Awal Waktu Sholat dan Arah Kiblat)*, Surakarta : Universitas Muhammadiyah, 1997, hlm. 38.

<sup>35</sup> Dimsiki Hadi, *Sains untuk Kesempurnaan Ibadah (Penerapan Sains dalam Peribadatan)*, Yogyakarta : Prima Pustaka, 2009, hlm. 114.

<sup>36</sup> Saadod'ddin Djambek, *Shalat dan Puasa di Daerah Kutub*, Jakarta : Bulan Bintang, t.th, hlm. 10.

tersebut, yang dikenal dengan cahaya senja atau *twilight*. *Twilight* dibagi pada tiga tingkat, yaitu:

a. *Civil twilight*

Posisi Matahari berada antara  $0^\circ$  sampai  $-6^\circ$  di bawah ufuk. Pada waktu tersebut benda-benda di lapangan terbuka masih tampak batas-batas bentuknya dan pada saat itu sebagian bintang-bintang terang yang baru dapat dilihat.<sup>37</sup>

b. *Nautical twilight*

Posisi Matahari berada antara  $-6^\circ$  sampai  $-12^\circ$  di bawah ufuk. Pada waktu tersebut benda-benda di lapangan terbuka sudah samar-samar batas bentuknya, dan pada waktu itu semua bintang terang sudah tampak.<sup>38</sup>

c. *Astronomical twilight*

Posisi Matahari berada antara  $-12^\circ$  sampai  $-18^\circ$  di bawah ufuk permukaan Bumi menjadi gelap, sehingga benda-benda di lapangan terbuka sudah tidak dapat dilihat batas bentuknya dan pada waktu tersebut semua bintang, baik yang bersinar terang maupun yang bersinar lemah sudah tampak.<sup>39</sup>

Pada posisi Matahari  $-18^\circ$  di bawah ufuk malam sudah gelap karena telah hilang bias partikel (mega merah), maka ditetapkan bahwa awal waktu Isya apabila tinggi Matahari  $-18^\circ$ .

---

<sup>37</sup> Abd. Rachim, *Ilmu Falak*, Yogyakarta : Liberty, 1983, hlm. 39. Ketentuan tentang macam-macam *twilight* ini juga dapat dilihat dalam buku Muhyiddin Khazin, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta, Pustaka Pelajar, 2008. hlm 222.

<sup>38</sup> *Ibid.*

<sup>39</sup> *Ibid.* hlm. 40

e. Waktu salat Subuh

Waktu Subuh dimulai dengan tampaknya fajar di bawah ufuk sebelah timur dan berakhir dengan terbitnya Matahari. Keadaan sesudah waktu Subuh terdapat bias cahaya partikel, yang disebut *cahaya fajar*. Hanya saja cahaya fajar lebih kuat daripada cahaya senja sehingga pada posisi Matahari  $-20^\circ$  di bawah ufuk timur bintang-bintang sudah mulai redup karena kuatnya cahaya fajar itu. Oleh karenanya ditetapkan bahwa tinggi Matahari pada awal waktu Subuh ( $h_{sb}$ ) adalah  $-20^\circ$  atau  $h_{sb} = -20^\circ$ .<sup>40</sup>

f. Waktu Imsak

Waktu Imsak adalah waktu tertentu sebagai batas akhir makan sahur bagi orang yang akan melaksanakan puasa. Waktu Imsak ini sebenarnya merupakan langkah ke hati-hatian agar orang yang melaksanakan puasa tidak melampaui batas waktu mulainya yakni fajar. Sementara waktu yang diperlukan untuk membaca 50 ayat al-Qur'an itu sekitar 8 menit maka waktu imsak terjadi 8 menit sebelum waktu Subuh. Oleh karena itu, 8 menit tersebut sama dengan  $2^\circ$ , maka tinggi Matahari pada waktu Imsak ditetapkan  $-22^\circ$  di bawah ufuk timur atau  $h_{im} = -22^\circ$ .<sup>41</sup>

g. Waktu terbit

Terbitnya Matahari ditandai dengan piringan atas Matahari bersinggungan dengan ufuk sebelah timur, sehingga ketentuan-ketentuan

---

<sup>40</sup> Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta : Buana Pustaka, 2004, hlm. 92.

<sup>41</sup> *Ibid.*

yang berlaku untuk waktu Magrib berlaku pula untuk waktu Matahari terbit. Oleh karena itu, tinggi Matahari waktu terbit adalah  $h_{tb} = -1^\circ$ .<sup>42</sup>

#### h. Waktu Duha

Waktu Duha dimulai ketika Matahari setinggi tombak, dalam ilmu falak diformulasikan dengan jarak busur sepanjang lingkaran vertikal dihitung dari ufuk sampai posisi Matahari pada awal waktu duha yakni  $4^\circ 30'$ , kurang lebih 18 menit setelah terbit Matahari.<sup>43</sup>

### D. Sejarah Perkembangan Penunjuk Waktu

Manusia telah mengenal waktu sejak jaman dulu. Pada zaman purba manusia membagi waktu menjadi dua bagian yaitu saat terang yang disebut dengan siang dan saat gelap yang disebut dengan malam.<sup>44</sup> Sebelum ditemukannya alat pengukur waktu, manusia mengukur waktu dengan memperhatikan bayangan benda-benda yang berdiri tegak seperti pohon, ketika bayang-bayang pohon bergerak memanjang manusia mulai keluar dari tempat tinggalnya untuk berburu dan ketika bayang-bayang pohon bergerak memendek, mereka mulai kembali ke tempat tinggal mereka.<sup>45</sup>

Jam Matahari<sup>46</sup> adalah jam tertua atau biasanya disebut jam *Sundial* adalah jam yang pertama kali digunakan sekitar 3500 sebelum

---

<sup>42</sup> *Ibid*, hlm. 93.

<sup>43</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2008, hlm. 187.

<sup>44</sup> Rene R J Rohr, *Sundial: History Theory and Practice*, New York: Dover, 1996, hlm. 3

<sup>45</sup> Lawrence E Jones, *The Sundial and Geometry*, Glastonbury: North American Sundial Society, 2005 hlm. 3

<sup>46</sup> Secara etimologi *sundial* berasal dari bahasa inggris yang artinya alat petunjuk waktu dengan bantuan bayangan sinar Matahari. *Sundial* dalam bahasa Arab disebut *as-sa'ahasyamsiyah* atau *mizwala*. kedua istilah tersebut digunakan dalam bahasa arab modern. Di Indonesia *sundial* lebih dikenal dengan sebutan *bencet* yang berarti alat sederhana yang terbuat

Masehi *Sundial* terdiri atas beberapa jenis, yaitu *sundial horisontal, vertikal, ekuatorial dan meridian*. Masing-masing *sundial* memiliki aturan tersendiri dalam pembuatannya. Prinsip kerja jam ini yaitu dengan menunjukkan berdasarkan letak Matahari dengan cara melihat bayangan Matahari.<sup>47</sup>

Pada permulaan abad ke-20 para arkeolog menemukan sebuah *sundial* yang diperkirakan telah dibuat sekitar abad 370 SM, *sundial* tersebut merupakan *sundial* yang pertamakali ditemukan, seiring dengan perkembangannya para arkeolog mulai menemukan *sundial-sundial* lain yang berumur lebih tua dan kebanyakan *sundial* tersebut ditemukan di daerah Mesir.<sup>48</sup>

Salah satu *sundial* tertua yang ditemukan di daerah Mesir diperkirakan dibuat sekitar tahun 1500 SM dan digunakan oleh Thutmosis III.<sup>49</sup> *Sundial* tersebut terbuat dari batu yang berbentuk batangan datar dengan panjang sekitar 12 inchi dengan sebuah bidang tegak lurus yang berbentuk” T “ pada salah satu ujungnya. Ketika Matahari menyinari *sundial* tersebut, bayangan dari bidang yang berbentuk “ T “ akan jatuh pada batangan datar yang terletak di bawahnya dan menunjukkan ukuran waktu (gambar 3.1). Untuk dapat menggunakan *sundial* tersebut, bidang yang berbentuk “ T “ harus diarahkan ke arah timur pada waktu pagi dan ke arah barat pada waktu

---

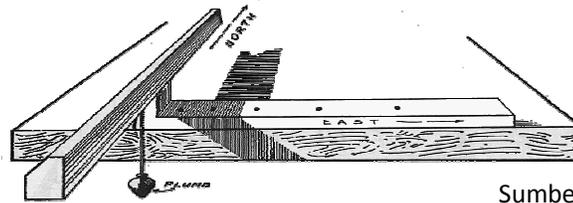
dari semen atau semacamnya yang diletakkan di tempat terbuka agar mendapat sinar Matahari. Alat ini berguna untuk mengetahui waktu Matahari hakiki, tanggal Syamsiah serta untuk mengetahui *pranotomongso*. Lihat dalam John M Echols Dan Hasan Shadily, *Kamus Inggris Indonesia*, Jakarta: Gramedia, 2003, Cet XXV, hlm 586.

<sup>47</sup> Rene R J Rohr, *op. cit*, hlm. 47

<sup>48</sup> R Newton Mayyal dan Margaret W Mayyal, *Sundials Their Contruction and Use*, Cambridge: Sky Pub Corp, 1994, hlm 3

<sup>49</sup> Rene R J Rohr, *op.cit*. hlm.5

sore . sundial ini juga dilengkapi dengan sebuah bandul yang digunakan sebagai alat untuk mengukur ke sejajaran *sundial* ketika di tempatkan.<sup>50</sup>



Sumber: google .com

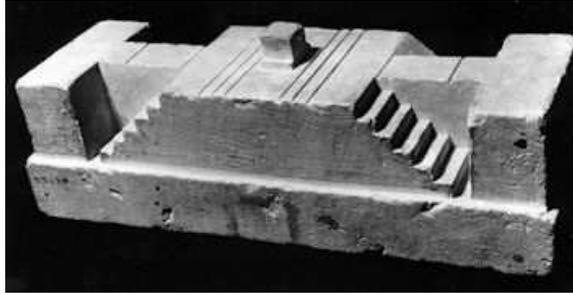
Gambar 2.1

*Sundial* tertua ( 1500 BC )

*Sundial* lainnya yang ditemukan di daerah Mesir yang diperkirakan dibuat sekitar tahun 660-330 SM. *Sundial* ini bisa menunjukkan waktu sepanjang hari tanpa harus mengubah posisi *sundial* ketika sore hari seperti *sundial* yang pertama. Selain memiliki bidang *sundial* yang datar, *sundial* ini juga memiliki bidang yang miring dan bertingkat menyerupai tangga di kedua sisinya. bayangan yang jatuh pada bidang miring tersebut juga dapat menunjukkan waktu. Dengan bentuk yang seperti di atas, *sundial* ini bisa ditempatkan tanpa harus mengetahui garis meridian terlebih dahulu. Untuk menggunakan *sundial* ini yang perlu dilakukan hanyalah meletakkannya pada posisi yang datar kemudian kemudian *sundial* tersebut digerakkan sampai waktu yang ditunjukkan oleh bayangan pada bidang yang miring sama dengan waktu yang ditunjukkan oleh bayangan yang berada pada bidang datar yang berada di atasnya.<sup>51</sup>

<sup>50</sup> *Ibid*, hlm 4

<sup>51</sup> *Ibid*



Gambar 2.2

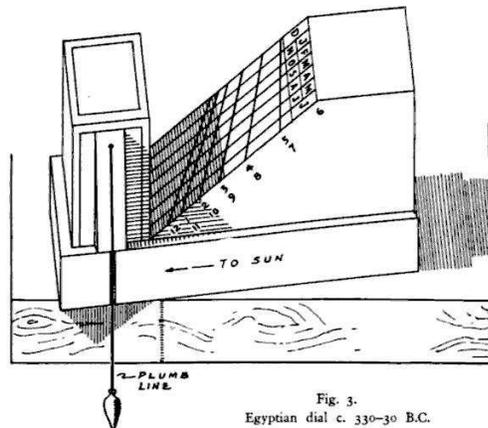
Sumber:google .com

*Egyptian dial c. 660-330 BC*

Selain kedua *sundial* di atas, masih ada satu lagi *sundial* yang ditemukan di Mesir yang diperkirakan dibuat sekitar abad 330-30 SM (gambar 3.3). Berbeda dengan kedua *sundial* sebelumnya yang mempunyai permukaan yang datar sebagai area untuk menangkap bayangan yang dihasilkan oleh balok yang tegak lurus (*gnomon*), *sundial* ini memiliki permukaan yang miring yang mana kemiringannya tersebut sesuai dengan lintang tempat. Lebar dari *sundial* tersebut di bagi menjadi beberapa bagian untuk menunjukkan bulan, serta garis-garis diagonal yang digambar melewati garis-garis bulan tersebut digunakan untuk menunjukkan jam. Adapun cara penggunaannya hampir menyerupai *sundial* yang pertama yakni *sundial* pertama-tama diletakan pada daerah yang datar kemudian arahkan balok yang berdiri tegak tersebut ke arah Matahari. Posisi bayangan pada garis waktu menunjukkan waktu harian pada bulan-bulan tersebut.<sup>52</sup>

---

<sup>52</sup> *Ibid*, hlm 5



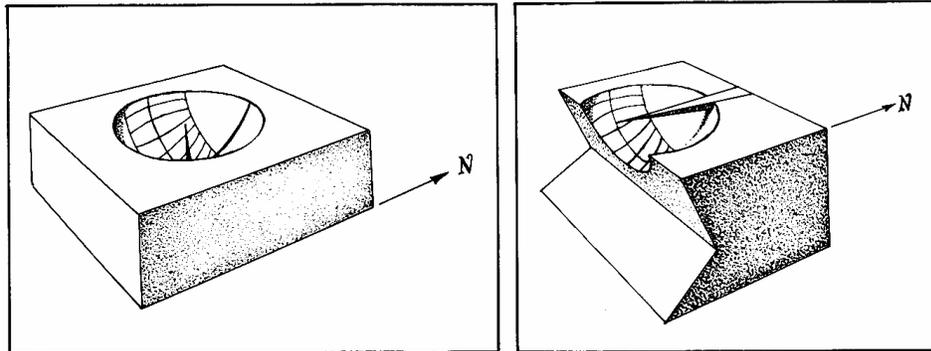
Sumber: google.com

Gambar 2.3

Egyptian dial 330-30 SM

Pada periode Yunani klasik, beberapa desain jam Matahari mulai di kembangkan. Aristarcus dari Samos ( abad ke-3 SM) dikatakan telah merancang sebuah jam Matahari yang disebut “ hermisperium “ (gambar 2.4). *Sundial* ini terbuat dari batu yang berbentuk cekung yang di tengahnya terdapat sebuah *gnomon* vertikal yang berupa stik yang mengarah ke arah *zenith* . seiring dengan pergerakan Matahari, bayangan dari ujung *gnomon* akan bergerak dengan arah yang berlawanan dengan arah pergerakan Matahari. Garis-garis vertikal pada permukaan *sundial* tersebut membagi panjang hari ke dalam duabelas bagian sedangkan garis horizontal pada permukaan dial tersebut dibuat untuk menunjukkan bulan atau musim. Metode yang digunakan *sundial* ini sama dengan metode *sundial* yang digunakan pada *sundial* yang ke tiga .<sup>53</sup>

<sup>53</sup> Lawrence E Jones, *Sundial And Geometry*, Glastonbury: North American *Sundial* Society, 2005, hlm 4



Gambar 2.4

Hemisperium

Sumber: google.com

Gambar 2.5

Hemicyclium

Jika dibandingkan dengan penggunaan jam air, *hemisperium* lebih terkenal dan banyak digunakan pada saat itu. Jam air jarang digunakan karena jam ini membutuhkan tempat yang besar serta kurang fleksibel karena tidak bisa dibawa dengan mudah. Berbeda dengan *hemisperium* yang bisa dibuat dalam bentuk yang kecil sehingga mudah untuk dibawa dan bisa di “set up” di mana saja.

Dalam perkembangan selanjutnya *hemisperium* dimodifikasi oleh Berossus, seorang ahli astronomi yang hidup pada zaman Alexander The Great. (356-323 SM ). *Hemisperium* yang dimodifikasi oleh Berossus ini dinamakan *hemicyclium* yang terkadang orang menyebutnya sebagai “dial of berossus “. Bagian depan atau bagian *hemisperium* yang mengarah ke arah selatan dipotong karena bayangan dari *gnomon* tidak pernah menyentuh bagian tersebut sehingga bagian tersebut dianggap tidak berguna, Selain itu *sundial* ini tidak menggunakan *gnomon* vertikal lagi melainkan diganti dengan menggunakan *gnomon* horizontal . Dengan adanya modifikasi tersebut, *hemicyclium* lebih mudah untuk dibaca dan lebih ringan untuk

dibawa sehingga para peneliti pada waktu itu menyatakan bahwa hemicyclium merupakan perbaikan besar dari *hemisperium*.<sup>54</sup>

Pada akhir abad ke sepuluh, para astronom Arab menemukan sebuah penemuan besar yang menjadi cikal bakal lahirnya *sundial* modern. mereka menyadari bahwa dengan menggunakan *gnomon* yang sejajar dengan sumbu Bumi, sebuah *sundial* akan mampu menunjukkan waktu yang sama pada satu hari dalam setiap tahun. *Sundial* jenis ini pernah dibuat oleh seorang astronom yang bernama Ibnu Al-Syatir untuk masjid umayyah di Damaskus pada tahun 1371. *Sundial* tersebut merupakan *sundial* – yang menggunakan *gnomon* yang sejajar dengan kutub Bumi – tertua yang masih ada.<sup>55</sup>

Pada tahun 1500 SM orang Mesir juga menggunakan jam air yang diberi nama *Clepsydra*. Alat ini terdiri atas tabung kerucut yang menyempit ke dasar, dengan sebuah lubang di sisi dekat alas. Ketika air mengalir melalui lubang, turunnya permukaan air dalam tabung memberi ukuran jangka waktu yang terlampaui. Jam air masuk ke Cina sekitar tahun 200 SM dan tetap menjadi standar pengukuran waktu di sana sampai akhir abad pertengahan. Penemuan Horology yang gemilang di Cina sebenarnya adalah sebuah jam air monumental yang dibangun oleh Su Song di penghujung abad ke-11 M. jam air ini digerakkan oleh sebuah kincir air bergaris tengah sekitar 3 meter,

---

<sup>54</sup> Rene R J Johr. *op.cit.* hlm 8

<sup>55</sup> Lawrence E Jones, *op.cit.*, hlm. 6

kecepatan rotasinya dikontrol oleh sebuah mekanisme gerak yang mengatur agar roda bergerak pada putaran yang tepat.<sup>56</sup>

Jam air paling canggih pertama kali ditemukan di zaman kejayaan Islam yang dibuat oleh Al-Jaziri pada tahun 1136-1206 yang berbentuk gajah dan bisa menghasilkan suara tiap jam. Jam astronomi terbesar yang dibuat Al-Jazari disebut *Castle Clock*, yang dianggap menjadi analog komputer terprogram pertama. Ketika al-Jazari membuat jam air pada abad 12 dan awal 13, dunia kekhalifahan Islam masing-masing wilayah ingin membuat wilayah-wilayah sendiri-sendiri, melepaskan diri dari tali ikatan kekhalifahan. Jadi walaupun ada kekhalifahan, sudah tidak ada lagi sesolid dan sekuat dahulunya. Jam air yang relatif modern seringkali dijadikan hadiah kepada raja-raja di Eropa, dimana masyarakat Eropa saat itu masih jauh ketinggalan dengan Ilmuan muslim dalam hal ilmu pengetahuan dan teknologi. Sehingga jam bagi mereka merupakan hadiah yang sangat istimewa, baik dari sisi kebendaannya, terlebih lagi dari sisi ilmu teknologinya.<sup>57</sup>

Pada 1.300 SM, Ctesibus dari Alexandria membuat jam dengan menggunakan instrumen pasir. Pasir yang diisi di dalam tabung itu jatuh ke bawah melewati bagian tabung yang sempit untuk menunjukkan waktu tertentu. Lalu, tabung itu dibalik 180 derajat untuk mengulangi pengukuran waktu. Jam Pasir atau *Hourglass* terdiri dari dua kaca gembung yg diisi pasir halus (satu diatas satu dibawah) dan dihubungkan oeh pipa sempit. Rata-rata

---

<sup>56</sup> Ahmad Y. Hasan dan Donald R. Hill, *Islamic Technology: An Illustrated History*, diterjemahkan oleh Yuliana Liputo, "Teknologi Dalam Sejarah Islam", Bandung: Mizan, 1993, hlm. 83-84

<sup>57</sup> Darmawan Abdullah, *Jam Hijriyah: Mengungkap Konsepsi Waktu dalam Islam*, Jakarta:Pustaka al-Kautsar, 2011, hlm. 92

menunjukkan waktu selama satu jam. Faktor yang berpengaruh dalam penunjukan waktu adalah, volume tabung, jenis kualitas pasir dan lebar leher. Menurut beberapa ahli jam pasir diciptakan di Alexandria sekitar pertengahan abad ketiga. Dimana pada masa itu, orang-orang membawa jam pasir kemana-mana seperti yang kita lakukan dengan jam sekarang ini. Pada zaman dahulu di Inggris, jam pasir digunakan untuk mengetahui panjang khotbah seorang pendeta di gereja. Jam pasir diletakkan di sudut mimbar, ketika pasir yang terdapat pada jam pasir telah habis maka khotbah pun juga selesai.<sup>58</sup>

Jam dengan alat berat pertama kali diciptakan Ibnu Khalaf al-Muradi dari Islam Spanyol. Ahmad Y al-Hassan dan Donald R Hill dalam bukunya *Islamic Technology: An Illustrated History* mengungkapkan, ilmuwan Muslim yang menciptakan jam mekanik lainnya adalah Taqi al-Din. Taqi al-Din menguraikan konstruksi jam yang dikendalikan pemberat dengan mekanisme gerak berupa *verge and foliot*, suatu rangkaian gir yang berdetak, sebuah alarm, dan pemodelan fase-fase bulan. 'Dia juga menjabarkan tentang pembuatan jam yang dijalankan pegas dengan penggerak silinder-konis.<sup>59</sup>

Taqi al-Din lebih awal menguasai seni horologi (seni pembuatan jam) dibandingkan orang Eropa. Sayangnya, penguasaan teknologi jam itu tak dibarengi dengan munculnya industri arloji di Turki. Justru negara-negara Eropa lah yang memasok jam-jam murah bagi Turki. Umat Islam saat itu tak mampu menjadikan temuannya menjadi sebuah industri. baru lah pada tahun 1950an dilahirkan jam digital. The Hamilton Watch Co of Lancaster,

---

<sup>58</sup> Rev. Alfred Taylor. *The Watch And The Clock*, New York : Phillips & Hunt, 1883, hlm. 2-3

<sup>59</sup> Ahmad Y. Hasan dan Donald R. Hill, *Op. Cit*, hlm. 87

Pennsylvania, adalah perusahaan yang pertama kali membuat jam elektrik/digital.<sup>60</sup>

Akhir tahun 1600an, jam mulai dibuat tegak. Di awal tahun 1700, mesinnya mulai diberi pembungkus dari kuningan. Kemudian di abad yang sama jam diperkaya dengan penutup kaca dan jarum penunjuk menit. Tidak hanya itu, mulai tahun 1656 diperkenalkan pula jam dengan pemberat dan pendulum bertali pendek yang dikemas dalam kotak kayu dan bisa digantung didinding. Dengan begitu lahirlah jam ding-dong, atau *grand father's clock* dengan pendulum sebagai alat pengukur waktu yang andal.<sup>61</sup>

Pada tahun 1600-an jam mekanik yang awalnya hanya digunakan sebagai penunjuk waktu berkembang menjadi perhiasan. Ketika itu, jam mekanik terbuat dari uang logam, logam berharga, ataupun bahan perhiasan lainnya. Dengan demikian jam mekanik pun dipandang sebagai bagian dari perhiasan. Tahun 1700 hingga 1800 merupakan masa dimana jam mekanik yang di simpan di saku bermigrasi menjadi jam tangan (arloji) yang bisa digunakan dipergelangan tangan. Hal ini tentu memudahkan bagi para pengguna penunjuk waktu itu. Meskipun pada awalnya sulit untuk menyesuaikan desain jam tangan (arloji) dengan anatomi tangan serta pengaruh kegiatan tangan dengan sistem keakuratan waktu namun seiring perkembangan semua mampu teratasi.<sup>62</sup>

---

<sup>60</sup> *Ibid*

<sup>61</sup> George I. Overton, *Clocks And Watches*, London: Fellow Of The British Horological Institute, 1922, hlm.94-95

<sup>62</sup> *Ibid*

## E. Jam Matahari

Jam Matahari atau yang lebih dikenal dengan sebutan bencet atau tongkat istiwa ialah suatu alat yang digunakan untuk mengetahui waktu dengan bantuan bayangan Matahari. Secara etimologi, jam Matahari berasal dari bahasa Inggris yaitu *Sundial* yang artinya ialah alat penunjuk waktu dengan bantuan bayangan Matahari.<sup>63</sup> Sedangkan dalam bahasa arab dikenal dengan nama *al-sa'ahasy-syamsiyah* atau *mizwalla*.

Jam Matahari adalah jam tertua yang pertama kali digunakan sekitar 3500 sebelum Masehi. Prinsip kerja jam ini yaitu dengan menunjukkan berdasarkan letak Matahari dengan cara melihat bayangan Matahari. Di Indonesia, jam Matahari biasanya dibuat dari tongkat atau semen serta sejenisnya dan ditempatkan di daerah terbuka agar mudah terkena sinar Matahari.<sup>64</sup>

Apabila kita lihat dari bentuknya, jam Matahari memiliki bagian-bagian penting yang menyertainya, yaitu *Gnomon* dan *Bidang Dial*. *Gnomon* ialah alat yang berfungsi sebagai penunjuk jam pada bidang dial yang dihasilkan oleh bayangan Matahari.<sup>65</sup> Sedangkan *Bidang Dial* ialah alat berupa piringan atau dataran yang di atasnya tertulis angka-angka jam yang ditunjukkan oleh *gnomon* sebagai penunjuk bayangan Matahari.<sup>66</sup>

---

<sup>63</sup> John M Echols Dan Hasan Shadily, *Kamus Inggris Indonesia*, Jakarta: Gramedia, 2003, Cet XXV, hlm 586.

<sup>64</sup> Rene R J Rohr, *op. cit*, hlm. 47

<sup>65</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklipedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2008, h. 105.

<sup>66</sup> *Ibid*.

## F. Macam-macam Jam Matahari dan Konsep Aplikasinya

Sebagai alat penunjuk waktu, jam Matahari terdiri dari beberapa jenis, yaitu Jam Matahari horisontal, vertikal, ekuatorial serta meridian. Masing-masing jenis jam Matahari tersebut memiliki konsep berbeda dalam pembuatannya. Selain itu, hal lain yang perlu diperhatikan dalam pembuatannya ialah penyesuaian dengan daerah di mana jam Matahari tersebut akan digunakan.<sup>67</sup>

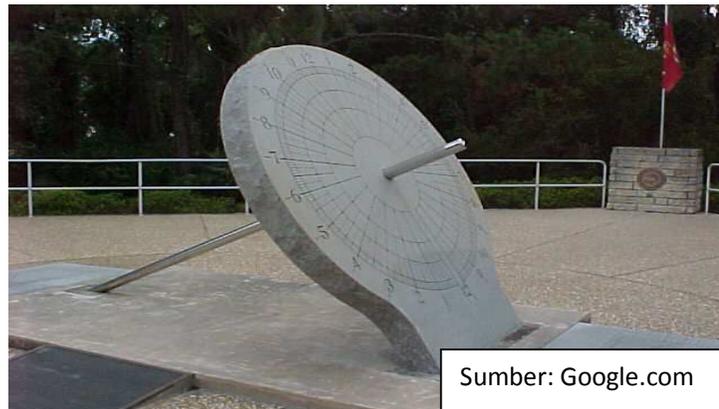
### 1. Jam Matahari Ekuatorial

Jam Matahari ekuatorial merupakan salah satu macam jam Matahari. Jam matahari ekuatorial mempunyai bidang dial miring sesuai dengan lintang suatu tempat dan memiliki *gnomon* yang tegak lurus terhadap dataran bidang dialnya tersebut. Kemiringan bidang dial sesuai dengan besar lintang tempat ditujukan untuk penyesuaian posisi bidang dial dengan lingkaran meridian.<sup>68</sup>

---

<sup>67</sup> TheBiggesSundial.com diakses pada tanggal 27 Desember 2012

<sup>68</sup> Rene. R. J. Rohr, *Sundial, History, Theory and Practice*. Dover, New York: 1996, hlm.



Gambar 2.6

## Jam Matahari Ekuatorial

## A. Konsep jam Matahari ekuatorial (Khatulistiwa)

## 1. Bidang dial

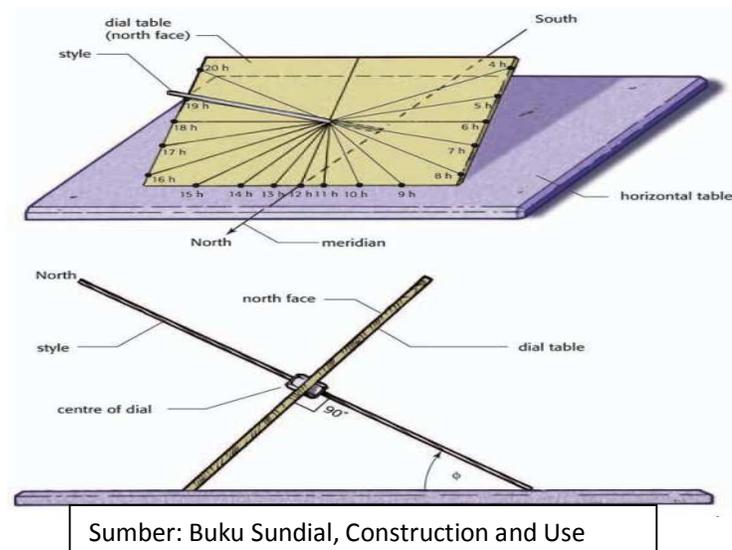
Sebagaimana gambar di atas, bentuk dan model bidang dial pada jam Matahari ekuatorial memiliki kemiringan sesuai dengan lintang suatu tempat. Tabel pada bidang dial memiliki dua sisi yang sejajar dengan khatulistiwa dan memiliki sudut  $90^\circ$ . selain itu juga, bidang dial memiliki tabel garis waktu yang digunakan sebagai penanda bayangan Matahari. Hal ini dikarenakan adanya pergerakan deklinasi Matahari yang mana kadang kala Matahari berada di utara khatulistiwa atau memiliki deklinasi positif dan kadang kala berada di selatan khatulistiwa atau memiliki deklinasi negatif.<sup>69</sup>

---

<sup>69</sup> Denis Savoie, *Sundial, Construction and Use, Praxis*, Jerman:2009. Hlm. 57 .

## 2. Bayangan Gnomon

Ketika hari berganti, model bayangan tidak akan selalu bergerak ke arah yang sama. Seperti ketika Matahari berada pada deklinasi utara maka bayangan Matahari akan searah dengan jarum jam. Akan tetapi ketika deklinasi selatan maka bayangan Matahari akan berlawanan dengan arah jarum jam. Pada saat deklinasi utara, setelah tanggal 21 juni panjang bayangan akan menjadi lebih panjang, dan akan terus memanjang tak terhingga sampai pada musim gugur yang terjadi pada tanggal 23 september. Begitu juga sebaliknya akan terjadi pada saat deklinasi selatan.<sup>70</sup>



Gambar 2.7

Konsep Jam Matahari Ekuatorial

<sup>70</sup> *Ibid.* hlm. 59.

### 3. Garis jam

Besar sudut garis dalam tabel dial jam Matahari ekuatorial sebesar  $15^\circ$ . Hal ini dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk bergeser 1 jam adalah  $15^\circ$  busur. Ketika Matahari berada pada puncak deklinasi utara, pada saat itu Matahari berada di  $23^\circ 26'$  dari garis khatulistiwa. Pada saat itu, di Perancis mengalami terbit Matahari tercepat yakni pukul 4 waktu setempat dan Mataharipun terbenam paling akhir yakni pukul 20 waktu setempat. Dan ketika Matahari berada di puncak deklinasi selatan, maka pada saat itu matahari terbit pada pukul 8 dan terbenam pada pukul 16 waktu setempat. Siklus ini akan berjalan normal sesuai dengan biasanya ketika Matahari berada di titik vernal equinox dan berada pada titik autumnal equinox.<sup>71</sup>

### 2. Jam Matahari Horizontal

Jam Matahari Horizontal merupakan bentuk yang paling mudah dipahami. Jam Matahari ini biasanya diletakkan orang di tempat terbuka seperti kebun-kebun atau taman. Garis jam berpotongan pada titik di mana gnomon ini melintasi bidang horizontal. Bentuk dari jam ini disesuaikan dengan skema kemiringan yang sama dari garis lintang tempat. Jam ini lebih mendekati prinsip dalam pemakaian jam *Equatorial Sundial* ini dirancang untuk satu lintang dan dapat digunakan

---

<sup>71</sup> *Ibid.*

dalam lintang lain, asalkan *sundial* ketika ke atas atau ke bawah memiliki sudut miring yang sama dalam perbedaan lintang.<sup>72</sup>



Gambar 2.8

Jam Matahari Horisontal

## A. Konsep Jam Matahari Horisontal

### 1. Bidang Dial

Jam Matahari ini dinamakan dengan Jam Matahari Horisontal karena bidang dial pada alat ini berbentuk datar sejajar dengan garis horizon Bumi. Hal inilah yang menjadikan alat ini dapat di bentuk sedemikian rupa, dengan bentuk lingkaran, persegi empat, segi enam ataupun bentuk lainnya. Bahkan alat ini dapat pula dijadikan sebagai penghias halaman rumah atau lainnya asalkan berbentuk datar.<sup>73</sup>

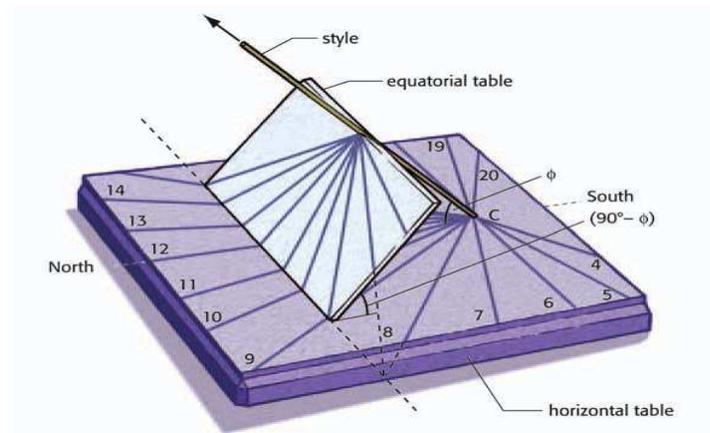
---

<sup>72</sup> Rene R. J. Rohr. *Op.cit.* hlm. 49.

<sup>73</sup> Denis Savoie, *op.cit.* hlm. 68

## 2. Gnomon

Gnomon pada jam Matahari ini, harus disesuaikan dengan besar sudut lintang tempat dimana sundial ini akan digunakan. Mungkin disinilah kita dapat menemukan perbedaan antara jam Matahari Ekuatorial dan Horizontal. Dimana pada jam Matahari Ekuatorial, yang harus disesuaikan kemiringannya dengan besar sudut lintang tempat. Sedangkan untuk jam Matahari Horizontal adalah kemiringan gnomonnya.<sup>74</sup>



Sumber: Buku Sundials Design, Construction, and Use Karya Denis Savoie

Gambar 2.9

Konsep Bidang Dial Jam Matahari Horizontal

## 3. Garis Jam

Penentuan garis jam pada bidang dial untuk jam Matahari horizontal tidak sama seperti jam Matahari Ekuatorial. Jam Matahari Ekuatorial memiliki jarak sebesar  $15^0$  antar garis jam. Sedangkan untuk jam Matahari horizontal, besar sudut antar garis

<sup>74</sup> *Ibid.* hlm. 69.

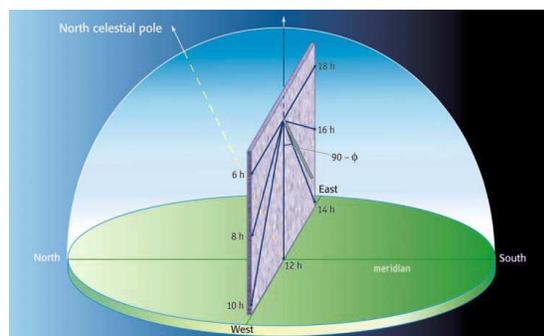
jam dihitung dengan mempertimbangkan lintang tempat dari daerah dimana jam Matahari tersebut akan digunakan. Yaitu dengan menggunakan rumus:

$$\tan H' = \sin \phi \cdot \tan H$$

sehingga besar sudut antar jam pada bidang dial tidak mutlak sebesar  $15^{\circ}$ .<sup>75</sup>

### 3. Jam Matahari Vertikal

Jam Matahari Vertikal adalah jam Matahari yang biasanya ditemui di dinding-dinding bangunan, menara atau bangunan lainnya. Hal ini berhubungan dengan bentuk jam Matahari tersebut yang tegak lurus/vertikal. Sehingga penempatannya lebih tepat untuk diletakkan di tempat yang tegak lurus pula.



Sumber: Buku Sundials Design, Construction, and Use Karya Denis Savoie

Gambar 2.10

#### Jam Matahari Vertikal

Konsep yang terdapat di dalam jam Matahari ini hampir sama dengan apa yang ada di dalam jam Matahari Horizontal. Diantara persamaannya ialah pada konsep penentuan kemiringan *gnomon* yang

<sup>75</sup> *Ibid.*

disesuaikan dengan besar sudut lintang tempat daerah yang akan dijadikan tempat penggunaan jam ini. Sedangkan untuk bidang dialnya ialah datar sehingga keadaannya dapat tegak lurus dengan alas bangunan yang akan dijadikan pijakannya. Selain itu, rumus penentuan garis antara satu jam ke jam lain pun sama dengan apa yang terdapat pada jam Matahari Horisontal, yaitu dengan menggunakan rumus dan mempertimbangkan besar sudut lintang tempat. Apabila kita simpulkan, maka jam Matahari Vertikal ini layaknya jam Matahari Horisontal yang di rubah posisinya menjadi tegak lurus.<sup>76</sup>

### **G. Fungsi Jam Matahari**

Sebagai salah satu alat penunjuk waktu, jam Matahari tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk mengetahui waktu saja. Melainkan memiliki beberapa fungsi lain selain itu. Namun, sesuai dengan nama alatnya, keseluruhan fungsi dari jam Matahari tersebut hanya bisa berfungsi dengan adanya bantuan jam Matahari sebagai penunjuknya. Diantara fungsi-fungsi tersebut ialah:

#### **1. Penunjuk Waktu Shalat**

Fungsi jam Matahari sebagai penunjuk waktu shalat murni maksudnya ialah berdasarkan petunjuk panjang bayangan gnomon yang jatuh pada bidang dialnya. Hal ini sama persis dengan apa yang dipaparkan dalam salah satu hadis Rasulullah SAW yang diriayatkan oleh Jabir bin Abdullah r.a. :

---

<sup>76</sup> Rene R. J. Rohr. *Op.cit.* hlm. 53

عن جابر بن عبد الله رضى الله عنه قال ان النبى صلعم جاءه جبريل عليه السلام فقال له قم فصله فصلى الظهر حتى زالت الشمس ثم جاءه العصر فقال قم فصله فصلى العصر حين صار ظل كل شئى مثله ثم جاءه المغرب فقال قم فصله فصلى المغرب حين وجبت الشمس ثم جاءه العشاء فقال قم فصله فصلى العشاء حين غاب الشفق ثم جاءه الفجر فقال قم فصله فصلى الفجر حين برق الفجر وقال سطع البحر ثم جاءه بعد الغد الظهر فقال قم فصله فصلى الظهر حين صار ظل كل شئى مثله ثم جاءه العصر فقال قم فصله فصلى العصر حين صار ظل كل شئى مثله ثم جاءه المغرب وقتا واحدا لم يزل عنه ثم جاءه العشاء حين ذهب نصف الليل او قال ثلث الليل فصلى العشاء حين جاءه حين اسفر جدا فقال قم فصله فصلى الفجر ثم قال ما بين هذين الوقتين وقت.<sup>77</sup> ( رواه احمد والنسائى والترمذى ينحوه )

Artinya : “Dari Jabir bin Abdullah r.a. berkata telah datang kepada Nabi saw, Jibril a.s lalu berkata kepadanya ; bangunlah! lalu salatlah, kemudian Nabi saw salat Zuhur di kala Matahari tergelincir. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu Asar lalu berkata : bangunlah lalu salatlah!. Kemudian Nabi saw salat Asar di kala bayang-bayang sesuatu sama dengannya. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu Magrib lalu berkata : bangunlah lalu salatlah, kemudian Nabi saw salat Magrib di kala Matahari terbenam. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu Isya lalu berkata : bangunlah dan salatlah! Kemudian Nabi salat Isya di kala Matahari telah terbenam. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu fajar lalu berkata : bangunlah dan salatlah! kemudian Nabi saw salat fajar di kala fajar menyingsing. Ia berkat : di waktu fajar bersinar. Kemudian ia datang pula esok harinya pada waktu Zuhur, kemudian berkata kepadanya : bangunlah lalu salatlah, kemudian Nabi saw salat Zuhur di kala bayang-bayang sesuatu sama dengannya. Kemudian datang lagi kepadanya di waktu Asar dan ia berkata : bangunlah dan salatlah! kemudian Nabi saw salat Asar di kala bayang-bayang Matahari dua kali sesuatu itu. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu Magrib dalam waktu yang sama, tidak bergeser dari waktu yang sudah. Kemudian ia datang lagi kepadanya di waktu Isya di kala telah lalu separuh malam, atau ia berkata : telah hilang sepertiga malam,

<sup>77</sup> Program Hadis Kutubus Sittah, الجامع الصحيح للترمذى, kitab abwab as-shalat, no 001

Kemudian Nabi saw salat Isya. Kemudian ia datang lagi kepadanya di kala telah bercahaya benar dan ia berkata ; bangunlah lalu salatlah, kemudian Nabi salat fajar. Kemudian Jibril berkata : saat dua waktu itu adalah waktu salat.” (HR. Imam Ahmad, Nasa’i dan Thirmizi).

Dari penjelasan hadis di atas, kita dapat mengambil kesimpulan bahwa jam Matahari dapat digunakan untuk mengukur waktu shalat Zuhur dan Ashar yaitu dengan menggunakan bayangan gnomon. Ketika Matahari tergelincir dari jam 12 waktu hakiki Matahari atau dalam istilah jam Mataharinya ialah *noon time* berarti bahwa waktu shalat Zuhur telah masuk. Sedangkan waktu shalat ashar dapat diketahui ketika bayangan gnomon melebihi panjang aslinya.<sup>78</sup>

## 2. Penunjuk Musim

Jam Matahari juga dapat difungsikan sebagai penunjuk pergantian musim. Musim yang dimaksud disini adalah musim *universal* yaitu musim panas, dingin, semi dan musim gugur. Caranya ialah dengan menggunakan garis penunjuk deklinasi Matahari yang terletak pada bidang dial. Salah satu jam Matahari yang mudah untuk dijadikan penunjuk pergantian musim ialah jam Matahari Horisontal. Karena jam Matahari ini adalah contoh *type* yang biasa menyertakan garis deklinasi pada bidang dialnya.<sup>79</sup>

## 3. Penunjuk Arah Kiblat

Dengan meniru langkah-langkah pengukuran arah kiblat dengan menggunakan theodolit dan memodifikasinya, proses penentuan arah

---

<sup>78</sup> Muhammad bin Ali bin Muhammad al-Syaukany, *Nail al-Authar min Asrar Muntaqa al-Akhbar*, Beirut - Libanon : Dar al-Kutub al-Araby, Jilid I, hlm. 438.

<sup>79</sup> Denis Savoie, *op.cit.* hlm. 61

kiblat dengan equatorial sundial bisa ditempuh dengan langkah-langkah sebagai berikut:<sup>80</sup>

1. Menyiapkan data-data yang diperlukan

Data-data yang diperlukan untuk menentukan arah kiblat dengan *equatorial sundial* antara lain:

- a. Lintang dan Bujur tempat yang akan di ukur. Data mengenai lintang dan bujur tempat bisa di peroleh melalui buku-buku, peta, GPS (Global Positioning Sistem ), ataupun atau pun program-program komputer seperti encarta, google earth dan sebagainya.
- b. Jam yang menunjukkan waktu yang benar dan tepat. Hal ini bisa di peroleh melalui:
  - 1) Global Position System (GPS).
  - 2) Siaran Radio Republik Indonesia (RRI), biasanya ketika radio tersebut akan menyiarkan berita ada bunyi “ tit tit tit” yang menandakan jam yang tepat pada saat itu.
  - 3) Telepon rumah (telepon biasa) bunyi gong terakhir pada nomor telepon 103.
  - 4) *Handphone*, beberapa operator seluler yang memberikan layanan update waktu secara otomatis. Dengan mengatur pembaharuan waktu pada *handphone* menjadi otomatis dan

---

<sup>80</sup> Ikhwan Muttaqin, Study Analisis Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Equatorial Sundial. Skripsi Strata I Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo Semarang, 2012. Penulis hanya mengutip langkah-langkah atau proses perhitungannya saja. Sedangkan untuk contoh dan kelengkapan lainnya dapat dilihat secara langsung pada hasil penelitian tersebut.

menghubungkannya ke internet, waktu di *handpone* akan terupdate secara otomatis.

- c. Data *equation of time* pada waktu pengukuran, data *equation of time* tersebut bisa di lihat dalam tabel *equation of time* rata-rata (terlampir) atau melihat data perata waktu kontemporer seperti Ephemeris

2. Melakukan perhitungan arah kiblat untuk tempat yang bersangkutan.

Untuk menghitung Arah Kiblat, bisa menggunakan rumus :

$$\{ \tan Q = \tan LM \times \cos LT \times \operatorname{cosec}(\text{SBMD}) - \sin LT \times \cotg(\text{SBMD})^{81} \}$$

Keterangan : LM : Lintang Makkah

LT : Lintang Tempat

SBMD : Selisih Bujur Mekkah Daerah

3. Melakukan pengukuran dengan *equatorial sundial*

Setelah semua hal di atas tersedia maka pengukuran arah kiblat dengan menggunakan *equatorial sundial* bisa dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Tentukan pada jam berapa (jam *istiwa*<sup>82</sup>) pengukuran akan dilakukan, contohkan jam 10.

---

<sup>81</sup> Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab – Rukyah Praktis Dan Solusi Permasalahannya*, Semarang: Komala Grafika, 2006, hlm 37.

<sup>82</sup> Waktu Istiwa atau Waktu Hakiki adalah waktu yang didasarkan pada peredaran (semu) Matahari yang sebenarnya. Ketika Matahari berkulminasi atas pasti jam 12 siang di tempat itu. Sehari semalam belum tentu 24 jam terkadang lebih terkadang kurang. Dalam ilmu astronomi waktu istywa ini dikenal dengan istilah *Solar Time*. *Ibid. hlm. 90*.

- b. Konversi jam *istiwa* tersebut ke dalam jam daerah dengan menggunakan rumus <sup>83</sup>

$$WD = WH - e + (\lambda_t - \lambda_d) : 15$$

ket: WD = waktu daerah ( WIB, WIT, atau WITA )

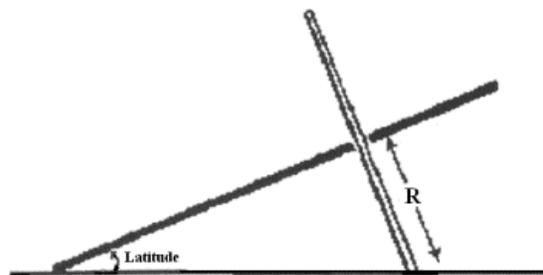
WH = waktu lokal ( jam *istiwa* )

e = equation of time

$\lambda_t$  = bujur tempat

$\lambda_d$  = bujur daerah

- c. Letakkan *equatorial sundial* pada bidang datar.
- d. Atur kemiringan *equatorial sundial* sehingga sudut kemiringan *gnomon* sama dengan lintang tempat atau sampai sudut kemiringan *dialface* sama dengan  $90 - \text{lintang tempat}$ .



Gambar 2.11

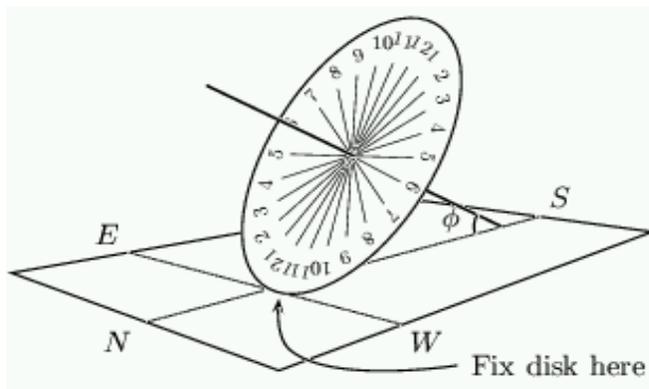
Setingan kemiringan *sundial*

- e. Pada waktu yang telah dihitung pada poin b (jam 10:19:56), putar *equatorial sundial* sehingga bayang-bayang *gnomon*

<sup>83</sup> Slamet Hambali, Ilmu Falak 1: *Penentuan Awal Waktu Shalat Dan Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang, Program Pasca Sarjana Iain Walisongo Semarang 2011, hlm. 193.

menunjukkan waktu atau jam yang ditentukan pada poin a (jam 10:00)

- f. Bagian depan *dialface* (bagian permukaan *equatorial sundial* yang menghadap ke atas) menunjukkan arah utara<sup>84</sup>, tandai bagian kanan *equatorial sundial* dengan titik T (timur) dan bagian kiri dengan titik B (barat).



Gambar 2.12

*Sundial* menunjukkan arah mata angin

- g. Setelah menemukan titik timur dan barat arah kiblat dapat ditentukan dengan menggunakan busur derajat atau rubu' mujayab<sup>85</sup> dengan mengambil posisi sebesar sudut arah kiblat yang telah di hitung baik itu dari titik timur maupun barat. Selain menggunakan kedua alat di atas penentuan arah kiblat juga bisa dilakukan dengan menggunakan segitiga siku-siku

<sup>84</sup> Untuk daerah yang berada pada lintang di bawah  $0^\circ$  maka bagian depan dialface menunjukkan arah selatan, sehingga bagian kanan menunjukkan arah barat dan bagian kiri menunjukkan arah timur.

<sup>85</sup> Rubu Mujayyab adalah sebuah alat hitung yang berbentuk seperempat lingkaran untuk hitungan geometri. Rubu ini biasanya terbuat dari kayu atau semacamnya yang salah satu mukanya dibuat garis-garis sekala sedemikian rupa. Alat ini sangat berguna untuk memproyeksikan peredaran benda-benda langit pada bidang vertikal. *Ibid* .69

dengan cara membuat sebuah garis yang tegak lurus dengan garis BT dimulai dari titik B ke arah utara ( sebut saja ke titik K ) sepanjang ”  $\tan$  sudut kiblat  $\times$  panjang garis BT (lebar *sundial*). Kemudian buatlah garis dari titik T ke titik K . garis TK tersebut menunjukkan arah kiblat.