

# DASAR-DASAR ILMU FALAK DAN TATAORDINAT: Bola Langit dan Peredaran Matahari

H. Abbas Padil

*Dosen Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Alauddin Makassar*

---

## **Abstak**

Memahami peredaran matahari adalah salah satu dasar unsur dasar dalam ilmu falak, posisi matahari sesungguhnya tidaklah selalu tetap. Artinya, lintasannya tidaklah selalu berimpit dengan lingkaran khatulistiwa. Hanya pada sekitar tanggal 21 Maret dan tanggal 23 September saja, matahari melintas di lingkaran khatulistiwa. Sedang di luar waktu itu, matahari berada di utara khatulistiwa (sekitar tanggal 21 Maret sampai tanggal 23 September) dan berada di selatan khatulistiwa (sekitar tanggal 24 September sampai 20 Maret). Oleh karenanya, titik terbit dan titik terbenam matahari tidaklah selalu tetap tempatnya, yakni tidak selamanya terbit di titik timur persis dan terbenam di titik barat persis pula. Hanya pada kedua tanggal di atas (yakni sekitar tanggal 21 Maret dan 23 September) saja, matahari terbit persis di timur dan terbenam persis di barat. Sebab, dia berada di khatulistiwa, sedang titik perpotongan lingkaran khatulistiwa dengan horizon timur merupakan titik timur dan perpotongan di horizon barat merupakan titik barat. Ini berarti pula, pada saat matahari berada di khatulistiwa, maka untuk semua daerah di bumi, titik terbit matahari berada di titik timur persis dan titik terbenam berada di titik barat persis.

## **Kata Kunci:**

Horizon, Zenit, Nadir, Lingkaran Vertikal dan Meridian, Deklinasi Matahari

## **A. Horizon, Zenit, Nadir, Lingkaran Vertikal Dan Meridian**

**H**orizon, nampak di segala penjuru mengelilingi permukaan bumi yang terjauh dari pandangan mata. Dan karena horizon itu nampak di segala penjuru, maka terlihatlah suatu lingkaran raksasa yang biasa disebut

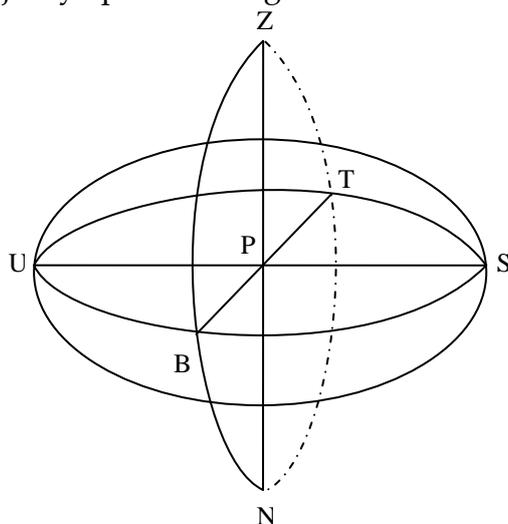
dengan istilah: lingkaran horizon. Setiap tempat di bumi, horizonnya berbed-beda . Ini disebabkan karena bentuk bumi bulat.

Apabila kita berdiri tegak lurus dan dari tempat berdiri itu dihubungkan dengan satu garis lurus yang melewati titik pusat bumi ke arah atas sampai memotong titik puncak pada bola langit dan ke arah bawah sampai memotong titik terbawah pada bola langit, maka titik potong di bola langit bagian atas disebut dengan **Zenit** dan titik potong di bola langit bagian bawah disebut **Nadir** dengan sendirinya garis itu tegak lurus pada bidang lingkaran horizon.

Mengingat bahwa bumi ini bulat, sedang langit juga dilukiskan bulat seperti bola, maka untuk setiap tempat di bumi, masing-masing memiliki zenit dan nadir yang berbeda-beda. Dari titik zenith ke titik nadir melalui dan tegak lurus pada lingkaran horizon, dapat dibuat lingkaran - lingkaran yang jauhnya tak terbatas, lingkaran-lingkaran itu, disebut dengan istilah **lingkaran vertical**. Dan diantara lingkaran-lingkaran itu, ada yang melalui titik utara dan titik selatan. Lingkaran yang melalui titik utara dan selatan ini, disebut dengan istilah **lingkaran meredian**

Di samping itu ada juga lingkaran vertical yang melalui titik timur dan titik barat. Lingkaran-lingkaran ini, disebut dengan istilah **lingkaran vertical terutama**.

Selanjutnya perhatikan gambar nomor 1 berikut ini



Gambar nomor 1

Keterangan gambar :

P. = titik pusat bumi/titikpusat bola langit

S = titik selatan B = titik barat

U - T - S - B = lingkaran horizon

Dalam gambar nomor 1 ini terlihat, Z - P - N bilah dihubungkan dengan garis, posisi garis itu akan tegak lurus pada bidang lingkaran horizon ( bidang yang berpusatpada titi P dan dilingkari oleh lingkaran U T S B ). Dari titik Z ke N melalui dan tegak lurus pada lingkaran horizon, dapat dibut lingkaran - lingkaran yang jumlahnya tidak terbatas. Lingkaran-lingkatan itulah yang dimaksud dengan

lingkaran vertical. Dengan demikian maka yang dimaksud dengan lingkaran Vertikal, ialah lingkaran yang berpusat pada bola langit, berposisi tegak lurus pada lingkaran horizon.

Dalam gambar tersebut juga nampak, ada lingkaran yang melalui titik Z ke titik U ke titik N dan juga dari titik z ke titik S dan ke titik N .yang dimaksud dengan Lingkaran meredian ialah lingkaran vertikal yang melalui titik utara dan titik selaan. Selanjutnya, dari gambar tersebut juga dapat dilihat adanya lingkaran vertikal yang melalui titik timur dan titik barat.Lingkaran tersebut dinamakan lingkaran vertikan terutama. Jadi yang dimaksud dengan lingkaran vertikal terutama ialah lingkaran vertikal yang melalui titik timur dan titik barat.

Lingkaran vertikal terutama ini, membagi bola langit menjadi dua bagian sama besar, yakni belahan utara dan belahan selatan. Sedang lingkaran meridian, membagi bola langit kepada belahan barat dan belahan timur (syuhudi Ismail, 1990: 16-18)

## B. Tinggi Kutub

Yang dimaksudkan tinggi kutub ialah jarak dari kutub ke horizon diukur melalui lingkaran meredian. Mengenai tinggi kutub itu, berlaku rumus:

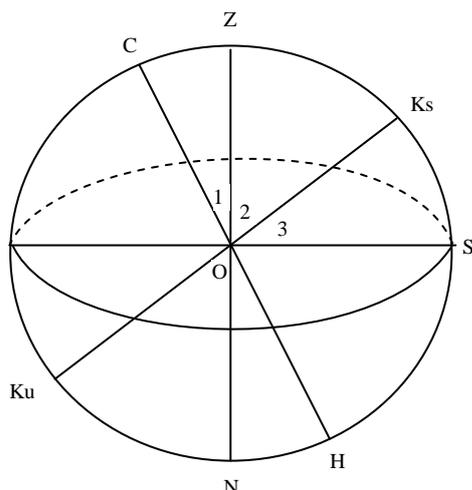
$$\text{Tinggi kutub} = \text{lintang tempat}$$

Jika tempat kita meninjau tepatnya di khattulistiwa , tetntu saja lintang kita =  $0^{\circ}$  , artinya, kutub utara dan kutub selatan bagi kita terletak pada ufuk, jadi tidak nampak, dan tinggi kutub pun  $0^{\circ}$  pula.

*Kutub utara* ditandai oleh sebuah bintang, yang dinamakan *bintang kutub* (bagi kutub selatan kebetulan tidak ada bintang yang menandai). Jika kita bergerak di atas bumi dari tempat peninjauan kita di khattulistiwa ke arah utara, maka kita lihat pada malam hati bintang kutub itu berangsur angsur naik menjauhi ufuk. Makin jauh kita bergerak dari khattulistiwa, makin tinggi pula kelihatan Bintang Kutub itu di atas ufuk

Jarak suatu tempat dari khattulistiwa bumi, dinamakan *lintang tempat*, Oleh karena itu dapat dilukiskan “tinggi kutub = lintang tempat“. Keadaan ini memungkinkan menentukan lintang suatu tempat dengan mudah, yaitu dengan mengukur berapakah tingginya bintang kutub itu di atas horizon. Jika bintang kutub kita lihat tingginya a derajat, maka jarak tempat peninjauan kita itu dari khattulistiwa adalah a derajat pula.

Kebenaran qaidah tentang tinggi kutub itu dapat dibuktikan sebagai berikut:



O = tempat peninjauan di atas bumi,  
 ZO = garis arah unting-unting  
 US = horizon; CH: khatulistiwa  
 K ---K = Perpanjangan poros

Gambar nomor 2

K dan K = Kutub langit. Garis ZO membuat sudut dengan CO sebesar lintang tempat ( $\angle ZO1$ ). Sudut  $O1C$  dan sudut  $O3C$ , sama besar karena berpenyiku sesamanya, yaitu sudut  $O2C$ . Oleh karena itu, maka sudut  $KOC$  sama besar dengan sudut  $COZ$  atau dengan kata lain: tinggi kutub sama besarnya dengan lintang tempat. Pada gambar nampak pula, tempat sama ula dengan jarak zenith, yaitu jarak sepanjang meridian yang dihitung dari titik Z ke Ekuator. (Abd. Rahim, 1983 : 3-5)

### C. Gerak Harian Matahari

Setiap hari kita melihat matahari terbit di sebelah timur, lalu bergerak makin lama makin tinggi, hingga akhirnya tengah hari mencapai tempat kedudukannya yang paling tinggi pada hari itu. Setelah itu meneruskan perjalanannya tempatnya dilangit makin lama makin rendah, dan pada senja hari ia terbenam di sebelah barat. Titik tertinggi yang dicapai matahari dalam perjalanannya dinamakan *titik rembang* atau *titik kulminasi*, waktu itu matahari sedang *merembang* atau *berkulminasi*.

Langit tempat matahari bergerak kita lihat terbentang di atas kepala, sama jauhnya ke semua arah, karena itu menimbulkan kesan seakan-akan terbentuk seperdua bola. Bagian Lain bola langit itu tidak nampak olrh kia karena terletak di bawah batas penglihatan.

Lingkar pada bola langit yang merupakan batas diantara belahan yang nampak dan belahan langit yang tidak nampak oleh kita, dinamakan linkaran horizon. Jalan yang ditempuh oleh matahari dalam perjalanannya, berbentuk lingkaran pula. ( Abd.Rahim, 1983 : 1 )

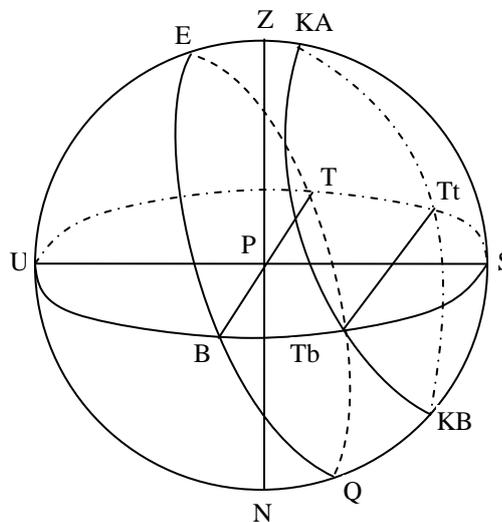
Posisi matahari sesungguhnya tidaklah selalu tetap. Artinya, lintasannya tidaklah selalu berimpit dengan lingkaran khattulistiwa. Hanya pada sekitar tanggal 21 Maret dan tanggal 23 September saja, matahari melintas di lingkaran khattulistiwa. Sedang di luar waktu itu, matahari berada di utara khattulistiwa (sekitar tanggal 21 Maret sampai tanggal 23 September) dan berada di selatan khattulistiwa (sekitar tanggal 24 September sampai 20 Maret ). Oleh Karenanya, titik terbit dan titik terbenam matahari tidaklah selalu tetap tempatnya,yakni tidak

selamanya terbit di titik timur persis dan terbenam di titik barat persis pula. Hanya pada kedua tanggal di atas (yakni sekitar tanggal 21 Maret dan 23 September) saja, matahari terbit persis di timur dan terbenam persis di barat. Sebab, dia berada di khattulistiwa, sedang titik perpotongan lingkaran khattulistiwa dengan horizon timur merupakan titik timur dan perpotongan di horizon barat merupakan titik barat. Ini berarti pula, pada saat matahari berada di khattulistiwa, maka untuk semua daerah di bumi, titik terbit matahari berada di titik timur persis dan titik terbenam berada di titik barat persis.

Selanjutnya pada saat matahari “beredar” memotong atau berada di lingkaran meridian, dinamakan sedang *berkulminasi*. Titik tertinggi yang dicapai oleh matahari dalam perjalanannya “mengitari” bumi disebut sebagai titik kulminasi atas atau titik rebang. Dan oleh karena titik kulminasi matahari ada yang berada di lingkaran meridian sebelah atas horizon dan lingkaran meridian di bagian bawah horizon, maka berarti titik kulminasi tersebut ada dua macam. Yakni, titik kulminasi atas dan titik kulminasi bawah.

Dengan demikian yang dimaksud dengan titik kulminasi atas ialah: titik yang tertinggi yang dapat dicapai oleh matahari (termasuk juga benda-benda angkasa lainnya), sedang titik kulminasi bawah adalah titik yang terendah yang dapat dicapainya.

Selanjutnya perhatikan gambar berikut :



Gambar nomor 3

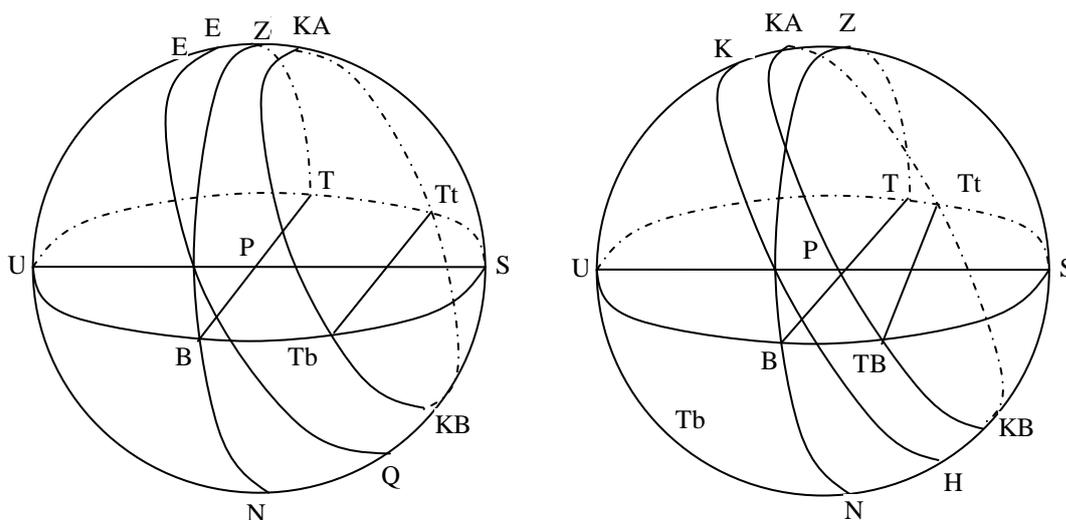
Pada gambar nomor 3 di atas, tempuhan matahari berada pada lingkaran Tt - KA - Tb - KB. Ketika matahari berada di titik Tt., yakni beredar menuju ke titik KA, sebagai titik temu antara lintasan matahari yang paling atas dengan lingkaran meridian. Keadaan ini dinyatakan matahari sedang berkulminasi atas, yang disebut juga dengan istilah: *meridian pas*. Sesudah itu matahari bergerak terus menuju titik Tb, maka dinyatakan matahari sedang terbenam. Kemudian matahari menuju ke titik KB dan bila telah tiba di titik KB, maka dinyatakan sedang berkulminasi bawah,

yakni pada saat berada di meridian bawah. Kemudian matahari terus bergerak menuju titik Tt. Demikian seterusnya.

Dalam gambar di atas, bahwa titik terbit tidak berhimpit pada titik timur T dan titik terbenam tidak berhimpit dengan titik barat B. Matahari barulah terbit di titik timur (T) dan terbenam di titik barat (B), pada saat beredar di Khattulistiwa /Equator yakni pada lintasan T - E - B - Q, yakni yang terjadi sekitar tanggal 21 Maret dan 23 September sebagai mana telah dijelaskan.

Dalam gambar di atas, juga terlihat bahwa posisi matahari pada saat kulminasi atas, tidak berhimpit dengan titik zenith. Pada waktu-waktu tertentu, di suatu tempat nampak matahari terbit dan terbenam di sebelah selatan lingkaran vertikal. Terutama sedang waktu kulminasi berada di antara lingkungan tersebut. Dengan kata lain, pada waktu itu lintasan matahari memotong lingkaran vertikal. Terutama. Di waktu yang demikian ini, kita saksikan bayangan benda-benda yang terkena cahaya matahari, pada waktu pagi bayangan itu berada di utara benda yang bersangkutan, waktu tengah hari bayangan tersebut berada disebelah selatannya dan di waktu sore bayangan itu berada di sebelah utara lagi, seperti waktu pagi

perhatikan gambar berikut : Gambar nomor 4



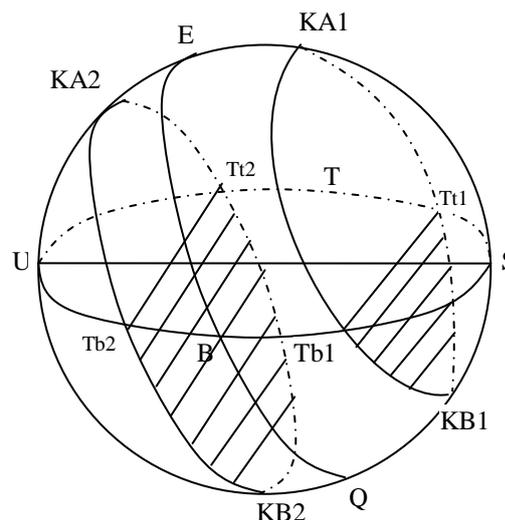
Pada gambar nomor 4 ini dapat dilihat, matahari terbit di titik terbit Tt. Berarti di sebelah selatan lingkaran vertikal. Terutama T - Z - B, bayangan benda pada saat itu berada atas horizon disebelah utara benda yang bersangkutan. Kemudian pada waktu menuju ke kulminasi atas, lintasan matahari memotong lingkaran vertikal yang sekaligus berada di sebelah utara lingkaran vertikal. Terutama. Pada waktu itu, bayangan benda yang berada di sebelah selatan benda yang bersangkutan. Selanjutnya, matahari bergerak menuju ke titik terbenam (Tb), terlebih dahulu memotong lagi lingkaran vertikal. Terutama. Dan pada saat menjelang terbenam bayangan benda kembali lagi berada di sebelah utara benda yang bersangkutan. (Syuhudi Ismaili, 1990 : 22-25)

#### D. Busur Siang/Malam dan Lama Siang/Malam

Baik melalui gambar nomor 3 dan 4, terlihat lintasan matahari memotong lingkaran horizon di titik terbit dan titik terbenam. Dengan demikian, lintasan matahari ada yang berada dibagian atas horizon dan ada pula di bagian bawah horizon. Lintasan matahari yang berada di atas horizon disebut dengan **busur siang**, sedang yang berada di bawah horizon disebut dengan **busur malam**.

Menurut kenyataan, pada waktu-waktu tertentu masa siang lebih panjang dari masa malamnya dan di waktu-waktu tertentu lainnya, masa malam lebih panjang dari masa siangnya. Ini disebabkan, karena bumi beredar mengelilingi matahari (diistilahkan dengan: berevolusi), sedang posisi bumi terhadap lintasannya/falaknya tidak berada tegak lurus, tetapi membentuk sudut sekitar  $23^{\circ}30'$ . Untuk semua daerah di bumi (yang terkena sinar matahari), barulah sama-sama siang dan masa malamnya pada saat matahari berada di Khattulistiwa (Equator).

Pada gambar nomor 5 berikut ini, dapat dilihat variasi perbedaan busur siang dan busur malam (yang menunjukkan masa siang dan masa malamnya), untuk dua waktu tertentu, di lintang selatan, sebagai contoh perbandingan.



Gambar nomor 5

Keterangan gambar

E - Q = Equator (Khattulistiwa)

U = Titik Utara ; S = Titik Selatan.

Tt1 - KA1 - Tb1 - KB1 - Rt1 = Lintasan matahari pada saat matahari berada di sebelah selatan Khattulistiwa

Tt2 - KA2 - Tb2 - Kb2 - Tt2 = Lintasan matahari pada saat matahari berada di sebelah utara Khattulistiwa.

Pada gambar nomor 5 di atas dapat disaksikan, busur siang Rt1 - Ka1 - Tb1, lebih panjang (lebih besar) dari busur malam Tb1 - Kb1 - tt1. nampak lebih pendek dari busur siang Tt2 - Ka2 - Tb2, nampak lebih pendek dari busur malam Tb2 - KB2 - Tt2. Malamnya.

Panjang atau pendeknya busur siang/malam tersebut, banyak ditentukan oleh posisi lintang tempat yang bersangkutan dan posisi matahari terhadap Khatulistiwa. Makin jauh tempat dan matahari dari Khatulistiwa, makin besar perbandingan panjang busur siang dengan busur malamnya. Makin dekat tempat dan matahari dari Khatulistiwa, makin kecil perbedaan busur siang dengan busur malamnya.

Berdasarkan perubahan-perubahan posisi matahari terhadap Khatulistiwa, maka dapat dicatat di sini, bahwa:

1. Pada waktu matahari persis berada di Khatulistiwa, jadi Pada tanggal 21 Maret tanggal 23 September, lamanya siang dan malam sama, bagi daerah yang mendapat lintasan cahaya matahari.
2. Pada saat antara tanggal 21 Maret sampai 21 Juni dan antara 21 Juni sampai 23 September, yakni ketika matahari sementara nampak disebelah utara Khatulistiwa, maka :
  - a. panjang siang dari waktu malamnya.
  - b. Untuk daerah bumi sebelah selatan Khatulistiwa, mengalami waktu siang yang lebih pendek dari waktu malamnya.
  - c. Untuk daerah kutub utara, selama sekitar enam bulan, mengalami siang terus menerus.
  - d. Untuk daerah kutub selatan, selama sekitar enam bulan, mengalami malam terus menerus
3. Pada saat antara tanggal 23 September sampai 22 Desember, dan tanggal 22 Desember sampai 21 Maret yakni ketika matahari sedang Nampak di sebelah selatan Khatulistiwa, maka:
  - a. Untuk daerah bumi di sebelah utara Khatulistiwa, mengalami waktu siang yang lebih pendek dari waktu malamnya.
  - b. Untuk daerah bumi disebelah selatan Khatulistiwa, mengalami waktu siang yang lebi panjang dari waktu malamnya.
  - c. Untuk daerah kutub utara, selama sekitar enam bulan mengalami malam terus menerus.
  - d. Untuk daerah kutub selatan, selama sekitar enam bulan, mengalami siang terus menerus.

Perbandingan waktu siang dan malam yang terpanjang serta yang terpendek, dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

No	Daerah bumi	Waktu siang/malam yang Terpanjang	Waktu siang/malam Yang terpendek
01	0°	12 jam	12 jam
02	10°	12 jam 35 menit	11 jam 25 menit
03	20°	13 jam 13 menit	10 jam 47 menit
04	30°	13 jam 56 menit	10 jam 04 menit
05	40°	14 jam 51 menit	09 jam 10 menit
06	50°	16 jam 09 menit	07 jam 09 menit

07	60 <sup>0</sup>	18 jam 30 menit	05 jam 05 menit
08	62 <sup>0</sup> 30'	24 jam	0 jam 0 menit
09	70 <sup>0</sup>	65 hari	0 jam 0 menit
10	80 <sup>0</sup>	134 hari	0 jam 0 menit
11	90 <sup>0</sup>	186 hari	0 jam 0 menit

Dari daftar di atas ternyata, untuk daerah yang berlintang 0<sup>0</sup> panjang siang selalu sama dengan panjang malamnya, yakni 12 jam.

Sedang untuk daerah-daerah selain dari lintang 0<sup>0</sup>, pernah mengalami siang/malam yang lebih dari 12 jam dan kurang dari 12 jam. Malah, untuk daerah pada lintang 66<sup>0</sup> 30', waktu siang/malamnya yang terpanjang pernah mengalami 24 jam, sedang waktu terpendeknya 0 jam. Artinya, di saat matahari berada di daerah 23<sup>0</sup> 30' LU (tanggal 21 Juni) umpamanya, maka di bumi yang terletak pada 66<sup>0</sup> 30' LU mengalami waktu siang terpanjang 24 jam, sedang untuk daerah 66<sup>0</sup> 30' LS, waktu malamnya 24 jam.

Selanjutnya untuk daerah yang berada pada 70<sup>0</sup> LU, pada sekitar tanggal 21 Juni tersebut, mengalami siang selama 65 hari terus menerus, sedang untuk daerah 70<sup>0</sup> LS, mengalami malam terus menerus. Demikian seterusnya.

Perhitungan di atas, adalah perhitungan yang masih kasar. Artinya, belum diperhitungkan tentang refraksi (pembiasan) cahaya matahari yang sampai ke bumi. Yang jelas, bahwa makin ke utara peredaran matahari, maka daerah-daerah bumi sebelah utara Khattulistiwa, siangnya akan lebih panjang dari malamnya; demikian pula sebaliknya.

Dari daftar berikut dapat disaksikan tentang waktu siang terpanjang untuk daerah tersebut, masanya lebih lama dari malam terpanjangnya.

NO	Lintang Geografis	Waktu siang yang terpanjang	Waktu malam terpanjang
1	66 <sup>0</sup> 30'	24 hari	22 hari
2	70 <sup>0</sup>	65 hari	60 hari
3	75 <sup>0</sup>	103 hari	97 hari
4	80 <sup>0</sup>	134 hari	127 hari
5	85 <sup>0</sup>	161 hari	153 hari
6	90 <sup>0</sup>	186 hari	179 hari

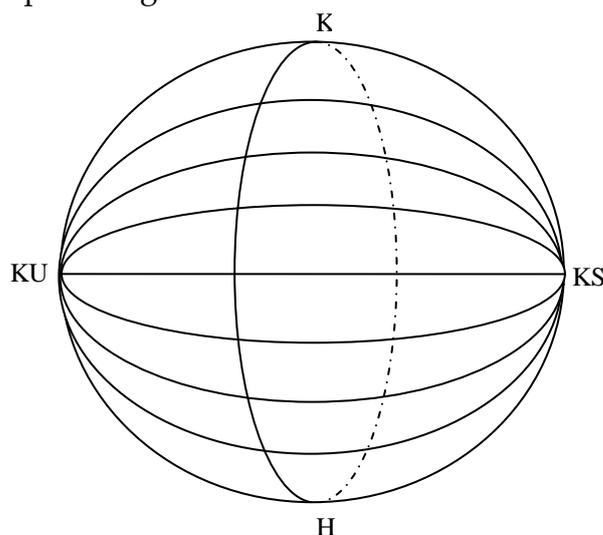
Perbedaan masa terpanjang untuk siang dan malam di atas, diantaranya disebabkan oleh bentuk bumi yang bulat itu, dalam mengelilingi matahari posisinya bersudut 23<sup>0</sup>30', terhadap falaknya, ditambah dengan sifat alamiah cahaya (termasuk matahari) yang mudah memantul, serta akibat pembiasan (refraksi) cahaya matahari oleh udara yang ada di sekeliling bumi. (syuhudi Ismail, 1990 : 26-29)

## E. Lingkaran Waktu, Sudut Waktu dan Deklinasi Matahari

### 1. lingkaran waktu atau lingkaran deklinasi.

Dari kutub langit utara ke kutub langit selatan, dapat dibuat lingkaran-lingkaran yang jumlahnya tak terbatas, yang semuanya tegak lurus pada lingkaran Khattulistiwa langit.

Lingkaran-lingkaran yang demikian ini, disebut lingkaran deklinasi atau lingkaran waktu. Jadi yang dimaksud dengan lingkaran deklinasi atau lingkaran waktu ialah lingkaran besar yang ditarik dari langit kutub utara ke langit kutub selatan, tegak lurus pada lingkaran Khatulistiwa. Perhatikan gambar berikut :



Gambar nomor 6

Keterangan gambar :

EQ. = Equator ( Khattulistiwa )

Ku = Kutub langit Utara; Ks = Kutub langit Selatan.

Lingkaran-lingkaran Ku - Ks = Lingkaran-lingkaran Deklinasi, atau lingkaran waktu.

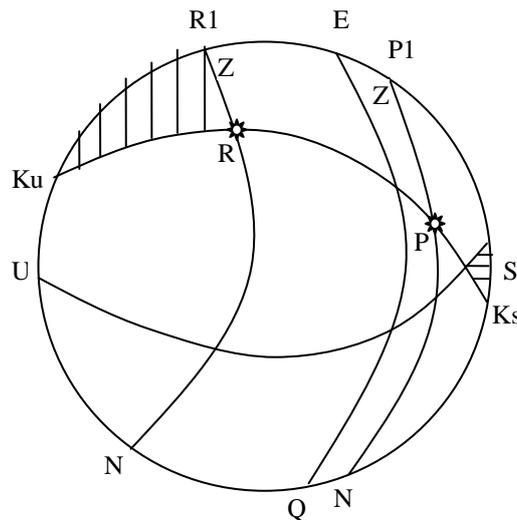
Semua lingkaran deklinasi yang terlihat dalam gambar 6 di atas membuat sudut  $90^\circ$  terhadap lingkaran Khattulistiwa. Lingkaran deklinasi yang melalui titik zenith atau titik nadir, disebut lingkaran meridian.

### 2. Sudut waktu

Setiap lingkaran waktu, membuat sudut dengan lingkaran meridian. Sudut yang diapit oleh lingkaran meridian dengan lingkaran waktu, disebut sudut waktu.

Sudut itu dinamakan sudut waktu, oleh karena bagi semua benda langit yang terletak pada lingkaran waktu yang sama, berlaku kaedah : bahwa jarak waktu yang memisahkan benda-benda langit dari kedudukannya sewaktu berkelminasi, adalah sama. ( M.Sayuthi Ali, 1997 : 9 )

Perhatikan gambar berikut :



Gambar nomor 7

Keterangan gambar

EQ. = Equator ( Khattulistiwa ); Z = Zenit ; N = Nadir.

U = Titik Utara ; S = Titik Selatan

Ku. = Kutub utara ; Ks = Kutub selatan

R = posisi bintang R.

R1 = Posisi bintang R ketika berkulminasi atas.

P = Posisi bintang P

P1 = Posisi bintang P ketika berkulminasi atas.

Dari gambar nomor 7 ini dapat dilihat, bintang R berada pada lingkaran waktu yang sama dengan bintang P karena, sudut  $RKuZ$  adalah sama besarnya dengan sudut  $PKsZ$ . kedua sudut ini, disebut sudut waktu bagi bintang R dan P. Besarnya sudut waktu itu, menunjukkan tentang berapakah jumlah waktu yang memisahkan benda langit yang bersangkutan, dari kedudukannya sewaktu berkulminasi.

Pada saat benda langit berada di titik kulminasi atas, sudut waktu benda langit itu adalah  $0^{\circ}$ . Apabila benda langit sedang berkedudukan di belahan langit bahagian barat, sudut waktunya diberi tanda *positif*, dan apabila berkedudukan di belahan langit bahagian timur, sudut waktunya diberi tanda *negatif*

Besar sudut waktu, berkisar antara  $0^{\circ}$  sampai  $180^{\circ}$  untuk setiap jam, rata-rata sudut waktu berubah  $15^{\circ}$ . Hal ini disebabkan, karena "perputaran" benda-benda angkasa akibat perputaran bumi pada porosnya, rata-rata untuk satu kali putaran memerlukan waktu sekitar 24 jam.

### 3. Deklinasi

Deklinasi ialah jarak dari suatu benda langit ke Khatulistiwa langit diukur melalui lingkaran waktu atau lingkaran deklinasi dan dihitung dengan derajat, menit dan detik. Berhubungan dengan itu, *lingkaran waktu* dinamakan pula dengan *lingkaran deklinasi*. Apabila deklinasi suatu benda langit berada di utara Khatulistiwa tandanya positif ( + ) dan apabila berada langit berada di sebelah selatan

Khattulistiwa tandanya negatif (-)

Deklinasi matahari berubah sewaktu-waktu selama satu tahun, tetapi pada tanggal-tanggal yang sama, bilangan deklinasi itu kira-kira sama pula. Dari tanggal 21 Maret, matahari berkedudukan di Khattulistiwa (Equator), deklinasinya sebesar  $0^{\circ}$ . Kemudian matahari berangsur-angsur bergerak ke utara menjauhi Khattulistiwa, dari sehari ke sehari makin jauh, hingga pada tanggal 21 Juni ia mencapai kedudukannya yang paling jauh dari Khattulistiwa, yaitu  $23^{\circ}27'$  utara. Setelah itu ia bergerak menuju Khattulistiwa setiap hari makin mendekati Khattulistiwa, hingga pada tanggal 23 September ia berkedudukan di Khattulistiwa kembali. Dan pada tanggal 22 Desember ia mencapai tempat yang paling jauh dari Khattulistiwa, yaitu  $23^{\circ}37'$  selatan. Akhirnya ia bergerak balik ke Khattulistiwa dan berangsur-angsur setiap hari mendekati Khattulistiwa hingga pada tanggal 21 Maret kembali ia berada tepat di Khattulistiwa.

Dari perubahan kedudukan matahari selama setahun, sebagaimana diterangkan di atas, jelaslah bahwa deklinasi matahari senantiasa berubah, tidak saja dari sehari ke sehari bahkan berubah dari jam ke jam.

Perubahan kedudukan matahari yang paling besar adalah tatkala matahari berkedudukan di Khattulistiwa, yakni disekitar tanggal 21 Maret dan tanggal 23 September, dan perubahan yang paling kecil tatkala matahari berbalik dalam perjalanan tahunnya, yaitu disekitar tanggal 21 Juni dan tanggal 22 Desember.

Misalkan pada tanggal 23 Maret 2012 pukul 12.00 waktu Jawa deklinasi matahari berjumlah  $1^{\circ}10'49''$  Utara, maka pada keesokan harinya, yakni tanggal 24 Maret 2012 pada waktu yang sama deklinasi matahari berjumlah  $1^{\circ}34'27''$  Utara jadi perbedaannya sebanyak  $0^{\circ}23'38''$  atau  $0^{\circ}24'$  dalam waktu sehari semalam, atau sama dengan perbedaan *satu menit busur dalam satu jam*. Sedangkan apabila pada tanggal 23 Juni 2012 pukul 12.00 waktu Jawa deklinasi matahari berjumlah  $23^{\circ}25'$  utara, maka pada keesokan harinya, pada waktu yang sama, deklinasi itu berjumlah  $23^{\circ}23'60''$  atau  $23^{\circ}24'$  utara, berarti perbedaannya hanya satu menit busur dalam 24 jam. Mengenai perubahan dari tahun ke tahun, dapat dikemukakan contoh berikut:

Pada tanggal 23 Maret 2009, pukul 12.00 waktu Jawa, deklinasi matahari berjumlah  $1^{\circ}04'25''$  utara, selanjutnya buat tanggal dan jam yang sama pada tahun 2010 deklinasinya berjumlah  $0^{\circ}58'41''$  utara, sedangkan pada tahun 2011 deklinasinya berjumlah  $0^{\circ}53'55''$  dan pada tahun 2012 deklinasinya berjumlah  $1^{\circ}10'49''$ .

Untuk memperoleh ihtisar tentang perubahan deklinasi matahari dalam satu tahun, di bawah ini dicantumkan sebuah daftar yang memuat jumlah deklinasi matahari secara kasar sebagai berikut:

Tanggal	Deklinasi Matahari	Tanggal
23 Desember	- 23,5 <sup>0</sup>	▲ 22 Desember
21 Januari	- 20 <sup>0</sup>	22 Nopember
08 Februari	- 15 <sup>0</sup>	03 November
23 Februari	- 10 <sup>0</sup>	20 Oktober
08 Maret	- 05 <sup>0</sup>	06 Oktober
21 Maret	0 <sup>0</sup>	23 September
04 April	+ 05 <sup>0</sup>	10 Septemner
16 April	+ 10 <sup>0</sup>	28 Agustus
01 Mei	+ 15 <sup>0</sup>	12 Agustus
23 Mei	+ 20 <sup>0</sup>	24 Juli
21 Juni	+ 23,5 <sup>0</sup>	21 Juni

Dari daftar di atas terbukti bahwa deklinasi matahari sama besarnya pada dua hari dalam setahun, misalnya pada tanggal 8 Februari dan tanggal 3 November, deklinasinya berjumlah - 15<sup>0</sup>, pada tanggal 4 April dan 10 September berjumlah + 5<sup>0</sup>, dan begitu selanjutnya.

Ternyata pula, apa yang sudah di kemukakan tadi, bahwa perubahan deklinasi tidak berlaku sama rata selama setahun. Dari tanggal 23 Mei sampai tanggal 21 Juni yaitu dalam masa 29 hari, deklinasi berubah dari 20<sup>0</sup> menjadi 23,5<sup>0</sup>, perubahannya sebanyak 3,5<sup>0</sup>, tetapi dari tanggal 21 Maret sampai 4 April, yaitu masa 14 hari deklinasi matahari berubah dari 0<sup>0</sup> sampai + 5<sup>0</sup>, jadi perubahannya sebanyak 5<sup>0</sup> ( Sayuti Ali 1997: 11-14)

## F. Tinggi Matahari Azimut dan Bayang - Bayang

### 1. Tinggi Matahari

Untuk mengetahui berapa derajat tinggi matahari (demikian juga benda-benda angkasa lainnya) pada suatu waktu, maka diperlukan tempat tertentu pada bola langit untuk mengukurnya. Tempat itu adalah lingkaran vertical dan lingkaran horizon. Sebagaimana juga telah diketahui bahwa, lingkaran vertical selalu tegak lurus pada lingkaran horizon, sebab lingkaran vertical merupakan lingkaran yang nelalui titik zenith ke titik nadir, dengan pusat lingkarannya berada menjadi satu dengan titik pusat lingkaran bola bumi/ bola langit.

Dengan demikian, maka untuk menentukan tinggi matahari, mula-mula dibuat lingkaran vertical yang melewati letak matahari pada saat itu sampai memotong pada lingkaran horizon. Busur lingkaran vertical dari matahari ke titik potong horizon itulah yang disebut dengan tinggi matahari pada saat itu. Biasanya, tinggi matahari dan juga tinggi benda-benda angkasa lainnya diberi lambang huruf kecil : h.

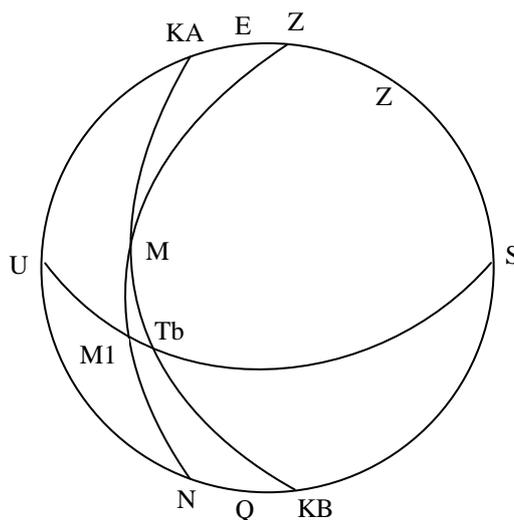
Jadi, yang dimaksud dengan tinggi matahari ialah besar derajat busur lingkaran vertical yang melewati matahari ke horizon, diukur mulai dari horizon ke

matahari tersebut.

Besar derajat tinggi matahari, berkisar antara  $0^{\circ}$  sampai  $+90^{\circ}$  ( bila matahari berada di atas horizon ) dan antara  $0^{\circ}$  sampai  $-90^{\circ}$  ( bila berada di bawah horizon ).

Apabila busur lingkaran vertical dari matahari ke arah horizon dinamakan dengan tinggi matahari, maka busur lingkaran vertical dari matahari ke titik zenith disebut jarak zenit, sedang dari matahari ke titik nadir disebut dengan jarak nadir.

Selanjutnya perhatikan gambar berikut



**Gambar 8**

Keterangan Gambar

Z = Zenith;

N = Nadir

U = Titik utara ;

S = Titik Selatan

U - M1 - Tb - S

= Horizon

EQ. = Equator ( Khattulistiwa )

M = Matahari

M1 = Titik perpotongan antara lingkaran vertical yang melewati Matahari M dengan lingkaran horizon.

KA = Titik kulminasi atas

Tb. = Titik terbenam matahari

KB. = Titik kulminasi bawah

Dari gambar nomor 8 ini kelihatan, lintasan matahari berada pada KA - M - Tb - KB, sedang lingkaran vertical yang meliwati matahari adalah Z - M - M1 - N. Kedua lingkaran tersebut bertemu pada titik M, yaitu kedudukan matahari yang sedang dihitung tingginya, yakni unsur MI ke M Busur inilah yang dimaksud tinggi matahari tersebut.

Adapun busur ZM adalah jarak zenith ke matahari dan biasanya diberi Lambang dengan huruf kecil : z . Dan bila matahari sedang berada di titik KA, yakni sedang berkulminasi, biasanya diberi lambang dengan huruf zm. (syuhudi Ismail

1990 : 37-41)

Mengingat bahwa jarak Zenith ( $z$ ) dan tinggi matahari ( $h$ ) berada pada satu lingkaran vertical, sedang tinggi matahari itu sendiri bila sedang berada di atas horizon besarnya berkisar  $0^\circ - 90^\circ$ , maka dengan mudah dapat dinyatakan bahwa

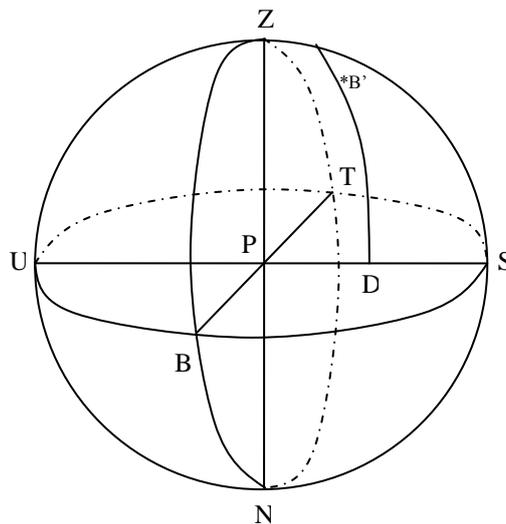
:s

$$\begin{aligned} z &= 90^\circ - h \\ h &= 90^\circ - z \end{aligned}$$

## 2. Azimuth

Azimuth sebuah benda langit adalah jarak dari titik utara ke lingkaran vertical yang dilalui oleh benda langit tersebut, diukur sepanjang lingkaran horizon searah pemutaran jarum jam; melalui titik Timur, titik selatan sampai ke titik barat.

Pada gambar berikut TZB lingkaran vertical utama, ZRD lingkaran vertikal yang dilalui benda R, UTSD merupakan azimuth bintang R



Gambar nomor 9

Benda langit yang sedang berkulminasi (termasuk matahari) azimuthnya  $0^\circ$  jika kedudukannya di sebelah utara titik zenith dan  $180^\circ$  apabila kedudukan benda langit berada di sebelah titik zenith. Azimuth titik Timur  $90^\circ$  sedang azimuth titik Barat sebesar  $270^\circ$  (A. Jamil 2009 : 17-18).

Azimuth terbit dan terbenam matahari selalu berubah, pengaruh dari perubahan deklinasi yang selalu berubah - ubah dari hari ke hari. Azimuth terbit dan terbenam matahari dapat dihitung dengan rumus :

$$\cos A = \sin \delta : \cos \varphi$$

## 3. Bayang-bayang

Pada siang hari, setiap benda yang menonjol di atas permukaan bumi dan kena

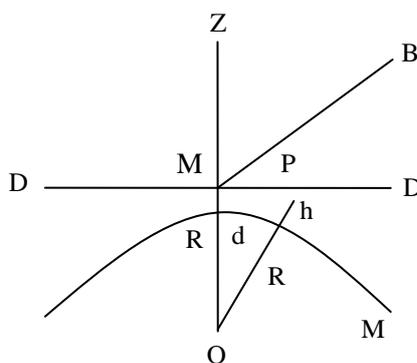
sinar matahari, akan membuat bayang-bayang. Dalam keadaan matahari rendah, bayang-bayang itu akan menjadi amat panjang, makin tinggi kedudukan matahari di atas langit, makin pendek bayang-bayang itu.

Jika matahari di zenith, benda-benda yang terpanjang tegak lurus pada permukaan bumi yang mempunyai penampang yang rata, atau penampang yang paling besar di bagian bawahnya, tidak akan berbayang-bayang.

Perjalanan matahari dalam satu hari menyebabkan perubahan dalam ukuran panjang bayang-bayang. Pagi hari bayang-bayang itu amat panjang, tengah hari ia makin pendek, petang hari ia menjadi amat panjang kembali. Tetapi bukan ukuran panjang bayang-bayang saja yang senang tiasa berubah, arah letaknya pun berubah-ubah pula. Jika matahari di bagian Timur, letak bayang-bayang ialah membujur kearah Barat, jika matahari berada di sebelah Utara, bayang-bayang menunjuk kearah Selatan, Cara umum boleh dikatakan: Azimut matahari senantiasa berbeda  $180^\circ$ — dengan azimut arah bayang-bayang. Tinggi dan azimuth bayang-bayang merupakan petunjuk yang sangat berharga tentang kedudukan matahari, dengan perantaraannya kita dapat menentukan waktu dan menentukan kedudukan kita di atas bumi. (Abd. Rachim 1983 : 21-22)

Pembahasan bayang benda yang tegak ini, selain digunakan dalam pembahasan waktu shalat (Dhuhur dan Ashar), juga diperlukan dalam penentuan waktu arah bayangan suatu benda menuju kearah qiblat shalat dan penentuan titik Timur dan Barat pada penggunaan tongkat istiwa.

### G. Kerendahan Ufuk



**Gambar 10**

Bidang horizon atau ufuk adalah sebuah bidang yang melalui titik pusat bumi dan tegak lurus pada garis vertical. Jika berdiri di atas bumi, letak mata tidak pernah tepat pada permukaan bumi, melainkan pada jarak tertentu di atasnya. Misalnya titik M. Melalui titik M dapat di gambarkan sebuah bidang sejajar dengan horizon . Jadi, tegak lurus pula pada garis vertical yang dinamakan ufuk hakiki

Walaupun bidang horizon itu melalui titik pusat bumi dan bidang horizon

melalui titik mata M, dipisahkan oleh jarak jari-jari bumi R, ditambah dengan ketinggian mata di atas permukaan bumi, yaitu h, kedua bidang itu dianggap berhimpit. Jadi, dipandang sebagai bidang horizon yang sama. Hal itu karena jarak dalam ilmu Falak sedemikian besarnya sehingga panjang jari-jari bumi merupakan bilangan yang tidak berarti, jika dibandingkan dengan jarak-jarak di langit yang tidak terhinggakan besarnya. Demikian keduanya sama dengan jarak 2 kali jari-jari bumi. Pandangan mata terhadap benda langit tidak dibatasi oleh ufuk hakiki, melainkan oleh bidang yang ditentukan oleh garis MN, sebuah bidang dari garis titik M yang menyinggung pada permukaan bumi pada titik P. bidang itu dinamakan **horizon pandangan atau ufuk mar'i**. Pada gambar di atas digambarkan **ufuk mar'i lebih rendah dari ufuk hakiki**.

Jarak dari ufuk ke zenith besarnya  $90^0$  itulah ufuk hakiki. Sedangkan jarak dari zenith ke ufuk mar'i lebih besar dari  $90^0$ . Perbedaan jarak antara ufuk hakiki dengan ufuk mar'i dinamakan **kerendahan ufuk**. Jika matahari sedang di ufuk (terbit atau terbenam) jumlah kerendahan ufuk itu harus ditambahkan kepada jumlah jarak zenith titik

Semakin tinggi kedudukan kita, makin besar kerendahan ufuk. Daftar kerendahan ufuk berlaku apabila kita berada pada bidang datar hingga ke kaki langit, misalnya di atas kapal di tengah lautan, atau jarak di daratan, jika tanah yang ditunjuk merupakan daratan yang membuat jarak yang jauh senantiasa mengikuti bentuk lengkungan bumi. Tetapi untuk ini tidak terjadi, karena terhalang oleh rumah-rumah atau bahkan bukit.

Oleh karena itu, kerendahan *ufuk mar'i* menjadi tidak sebesar yang tercantum dalam daftar. Jarak antara mata ke kaki langit yaitu MP dan diberi tanda d dapat dihitung dengan cara segitiga OPM merupakan segitiga siku-siku dengan sisi OP = R yaitu jari-jari bumi, dan sisi miring OM = R + h, (h adalah ketinggian mata di atas permukaan bumi sedangkan panjang sisi d =

$$d = \sqrt{(R + h)^2 - R^2}$$

$$= \sqrt{2Rh^2 - R^2}$$

Karena R mempunyai kira-kira 6.000 km dan h hanya berjarak beberapa meter, maka  $2Rh + h^2$  jumlah  $h^2$  dapat diabaikan sehingga diperoleh :

$$d = \sqrt{2Rh}$$

$2R = 12.000$  km. Jika bilangan h yang dinyatakan dengan meter diubah menjadikm maka didapat rumus :

$$d = \sqrt{12h}$$

Contoh

1. Jika kita berada di atas kapal di tengah laut dan posisi mata 10 meter di atas permukaan air maka jauh pandangan adalah :

$$d = \sqrt{12 \times 10}$$

$$= \sqrt{120}$$

$$= \pm 11 \text{ Km}$$

2. Jika kita di daratan, berdiri di atas ketinggian tertentu dan jarak mata dengan daratan 200 cm batas jauh pandangan :

$$d = \sqrt{12 \times 10}$$

$$= \sqrt{2400}$$

$$= 49 \text{ Km}$$

3. Jika jarak batas pandangan kita misalnya 25 km, maka kerendahan ufuk adalah

$$\frac{25}{1,85} \times 0,1' = 13'5$$

4. Jika ketinggian mata dapat diketahui, maka kerendahan ufuk dapat ditetapkan . Menurut rumus  $d = \sqrt{12h}$  , sedangkan  $01^{\circ}$  keliling bumi = 1,85 km. Jika demikian kerendahan ufuk dapat diperoleh :

$$d = \frac{\sqrt{12h}}{1,85} = \frac{\sqrt{12h}}{1,85} = \sqrt{3,2h}$$

Apabila dibandingkan dengan daftar kerendahan ufuk hasil rumus ini **ternyata lebih benar**. Hal ini disebabkan pengaruh refraksi, dengan mengakibatkan terangkatnya ufuk mar'i, sehingga jumlah kerendahan ufuk lebih sedikit jika dibandingkan dengan ilmu pasti. Rumus yang lebih mendekati keadaan yang sebenarnya adalah :

$D = \sqrt{3,2h}$  = Jumlah menit kerendahan ufuk = akar dari 3,2 kali jumlah meter ketinggian mata

Contoh :

1. Berapa kerendahan ufuk mar'i jika tinggi mata 30 m

$$D' = \sqrt{3,2h} = \sqrt{3,2 \times 30} = \sqrt{96} = 9,8 = 0^{\circ}9'48''$$

2. Berapa ketinggian mata jika kerendahan ufuk 17'

$$\sqrt{3,2h} = 17'$$

$$3,2h = 17^2 = 289$$

$$h = 90$$

Untuk penentuan kerendahan ufuk dengan baik harus diperhatikan keadaan setempat. Pada umumnya sudah dianggap memadai. Untuk tepi pantai (Jakarta, Pekalongan Surabaya, Makassar dan Medan ) ditetapkan 10', pada tempat penungguan sebanyak 17' atau 18. Tetapi jika pada daerah istimewa misalnya berada pada lereng gunung yang tinggi sehingga pandangan bebas sampai ke kaki langit arah matahari terbit atau terbenam .Kerendahan ufuk disesuaikan dengan daftar atau diambilkan jumlah yang lebih besar dari 10' atau 18' (A. Jamil 2009: 38-42)

## Daftar Pustaka

- Departemen Agama RI., *Al-Qur'an dan Terjemahnya*, Jakarta: Proyek Pengadaan Kitab Suci al- Qur'an Departemen Agama, 1983.
- Abd. Rachim, Ilmu Falak, (Yogyakarta : Liberty, 1983).
- Anwar, Syamsul., dkk. *Hisab Bulan Qamariyah*. Cet.1; Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2008.
- Ensiklopedia Pengetahuan Al-Qur'an dan Hadits*, Jakarta: Kamil Pustaka, 2013
- Abdul Baqi', Muh.Fuad. *al-lu'lu wal Marjan*. (Himpunan Hadis Shahih yang disepakati Bukhari Muslim). Terjemahan Salim Bahreiys. Surabaya: Bina Ilmu, t.th.
- Azhari, Susiknan. *Ilmu Falak-Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*, Cet. II ; Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2007.
- Ali Parman, Ilmu Falak, Ujung Pandang: Yayasan al-Ahkam, 2001
- Ash-Shiddiqy, Hasbi TM. *Pedoman Shalat*, Edisi Lengkap. Semarang: Pustaka Reski, 2001
- \_\_\_\_\_, *Falsafah Hukum Islam*, IV; Jakarta: Bulan Bintang, 1990.
- \_\_\_\_\_, Koleksi Hadis-Hadis Hukum, Cet. III Bandung : PT. al-Ma'arif, 1979
- Departemen Agama RI., *Al-Qur'an dan Terjemahnya*, Edisi Revisi 2006, Jakarta: CV. Pustaka Agung Harapan.
- Baiquni, Ahmad. *Al-Qur'an Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. Cet. 3; Jakarta: Dana Bhakti Wakaf, 1995.
- Chazin, Muhyiddin. *Ilmu Falak*. Cet.1; Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.
- Djazuli, HA. *Ilmu Fiqih*. Cet. 7; Jakarta: Kencana, 2010.
- Djambek, Saadoeddin. *Pedoman Waktu Shalat Sepanjang Masa*. Cet.1; Jakarta : Bulan Bintang, 1974.
- Gassing, Qadir dan, Wahyuddin Halim. *Pedoman Penulisan Karya Tulis Ilmiah*. Cet. 2; Makassar: Alauddin Press, 2009.
- Himpunan Putusan Majelis Tarjih Muhammadiyah*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2009.
- Shalih bin Fauzan bin Abdullah al-Fauzan, *Kitab Tauhid lish shaffil awwal a-lali*, terjemahan oleh Agus Hasan Basri dengan judul Kitab Tauhid I, Cet. 1; Jakarta : Darul Haq, ; 1998
- Sayyib Sabiq, Fikih Sunnah I, Bandung : PT. al-Ma'arif, 1990
- Shihhab, M. Quraish. *Wawasan Al-Qur'an*. Tafsir Maudhu'i atas Pelbagai Persoalan Umat. Cet.6; Bandung : Mizan, 1997
- \_\_\_\_\_. *Ensiklopedia Al-Qur'an ; Kajian Kosa Kata*. Cet. 1; Jakarta: Lentera

- Hati, 2007.
- Wardan, KR. Muhammad. *Kitab Ilmu Falak dan Hisab*. Cet. 1; Yogyakarta: Toko Pandu, 1957
- Imam Muslim, *Shahih Muslim bi Syarhan Nawawi*, Kairo: Dar al-Fikr, 1981, Juz V.
- Syaikh Mamduh Farhan al-Buhairi, dkk. *Koreksi Awal Waktu Subuh*, Cet. I; Malang: Pustaka Qiblati, 2010.
- Qardhawiy, Yusuf. *al-Ibadah fi al-Islam*, (Beirut: Muassasah al-Risalah, 1975)
- Supriatna, Encup. *Hisab Rukyat dan Aplikasinya*. Cet.1; Bandung: Refika Aditama, 2007.
- Pedoman Hisab Muhammadiyah*. Cet. 1 ; Yogyakarta: Majelis Tarjih dan Tajdid Pimpinan Pusat. Muhammadiyah, 2009.
- Mustofa, Agus. *Pusaran Energi Ka'bah*. Surabaya: Adma Press, 2008.
- Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam. *Pedoman Penentuan Arah Kiblat*. Jakarta: 1985