Astronomi
Penentuan Waktu Shalat

Thomas Djamaluddin

Profesor Riset Astronomi-Astrofisika
Pusat Riset Antariksa, BRIN
Anggota Tim Hisab Rukyat,
Kementerian Agama RI

http://tdjamaluddin.wordpress.com/

* Gambar-gambar pada paparan ini diambil dari berbagai sumber di internet.

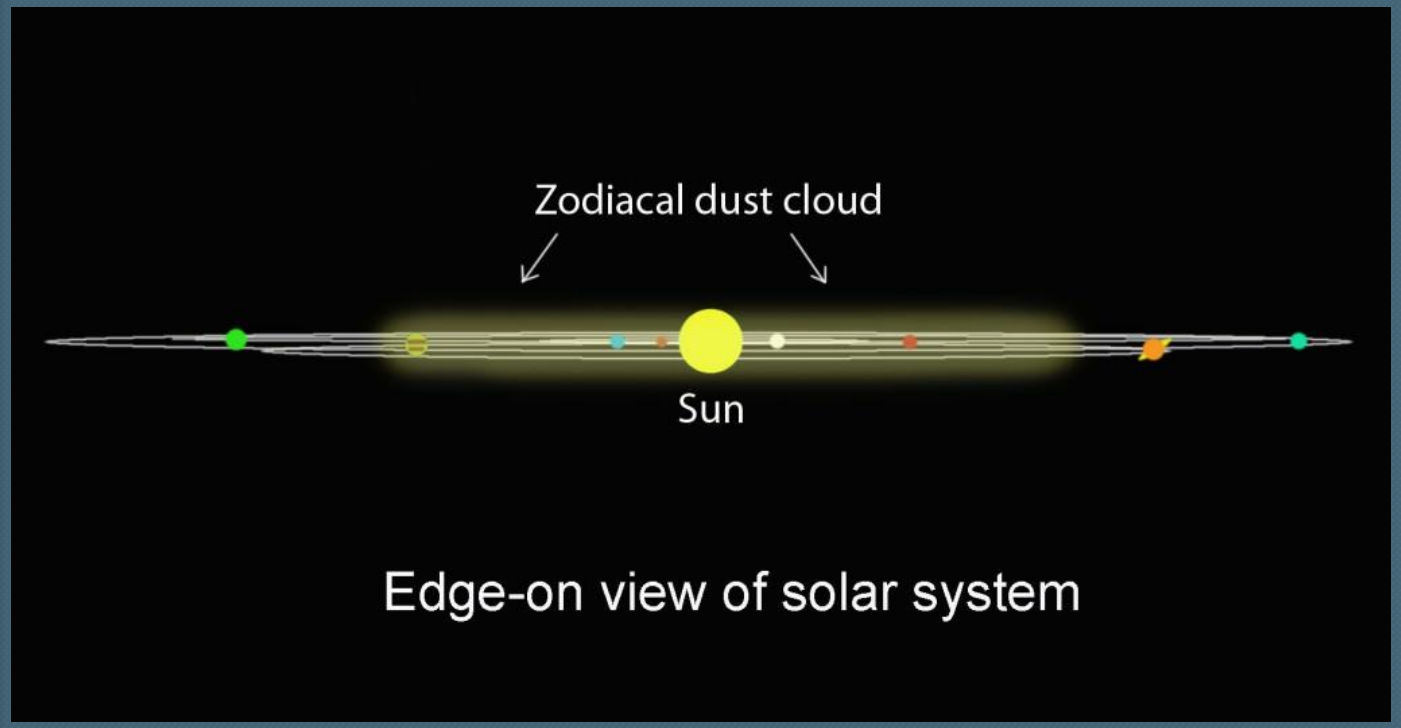
Astronomi digunakan
untuk memahami dalil
dan fisis fenomenanya
kemudian menerjemahkan
dalam rumusan
jadwal shalat.

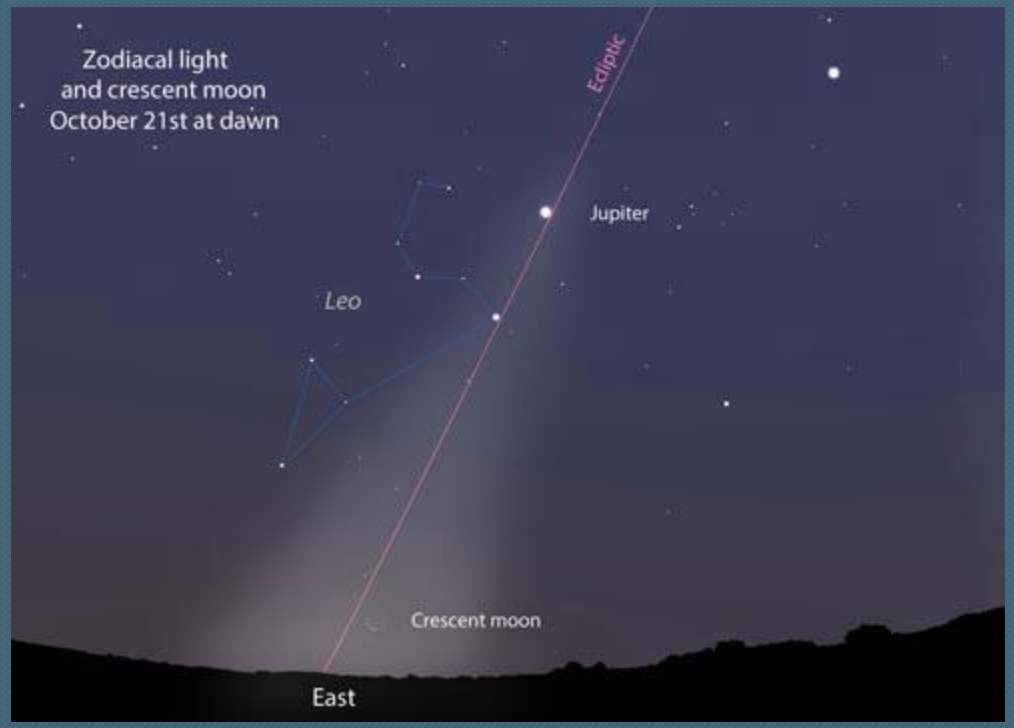
Waktu Shubuh

Dalil Fiqih

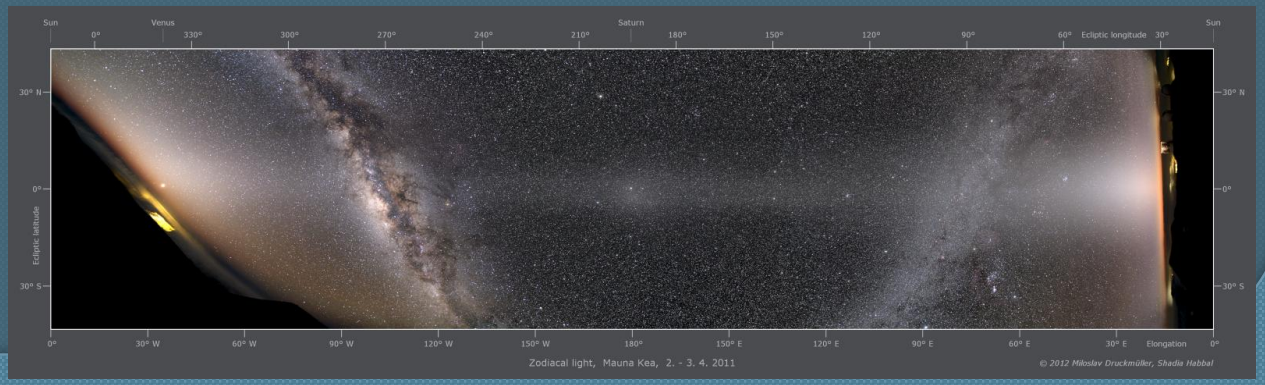
1. “… makan minumlah hingga terang bagimu benang putih dari benang hitam, yaitu fajar" (QS 2:187).
2. “Bertasbihlah kepada-Nya pada sebagian malam dan pada waktu terbenamnya bintang-bintang (waktu fajar)” (QS 52:49)
3. Sedangkan tentang awal waktu shubuh disebutkan di dalam hadits dari Abdullah bin Umar, “… dan waktu shalat shubuh sejak terbit fajar selama sebelum terbit matahari” (HR Muslim).
4. Hadits dari Jabir merincinya, “Fajar ada dua macam, pertama yang melarang makan, tetapi membolehkan shalat, yaitu yang terbit melintang di ufuk. Lainnya, fajar yang melarang shalat (shubuh), tetapi membolehkan makan, yaitu fajar seperti ekor srigala” (HR Hakim).

Gambaran fisis cahaya fajar kadzib (fajar semi, zodiacal light)

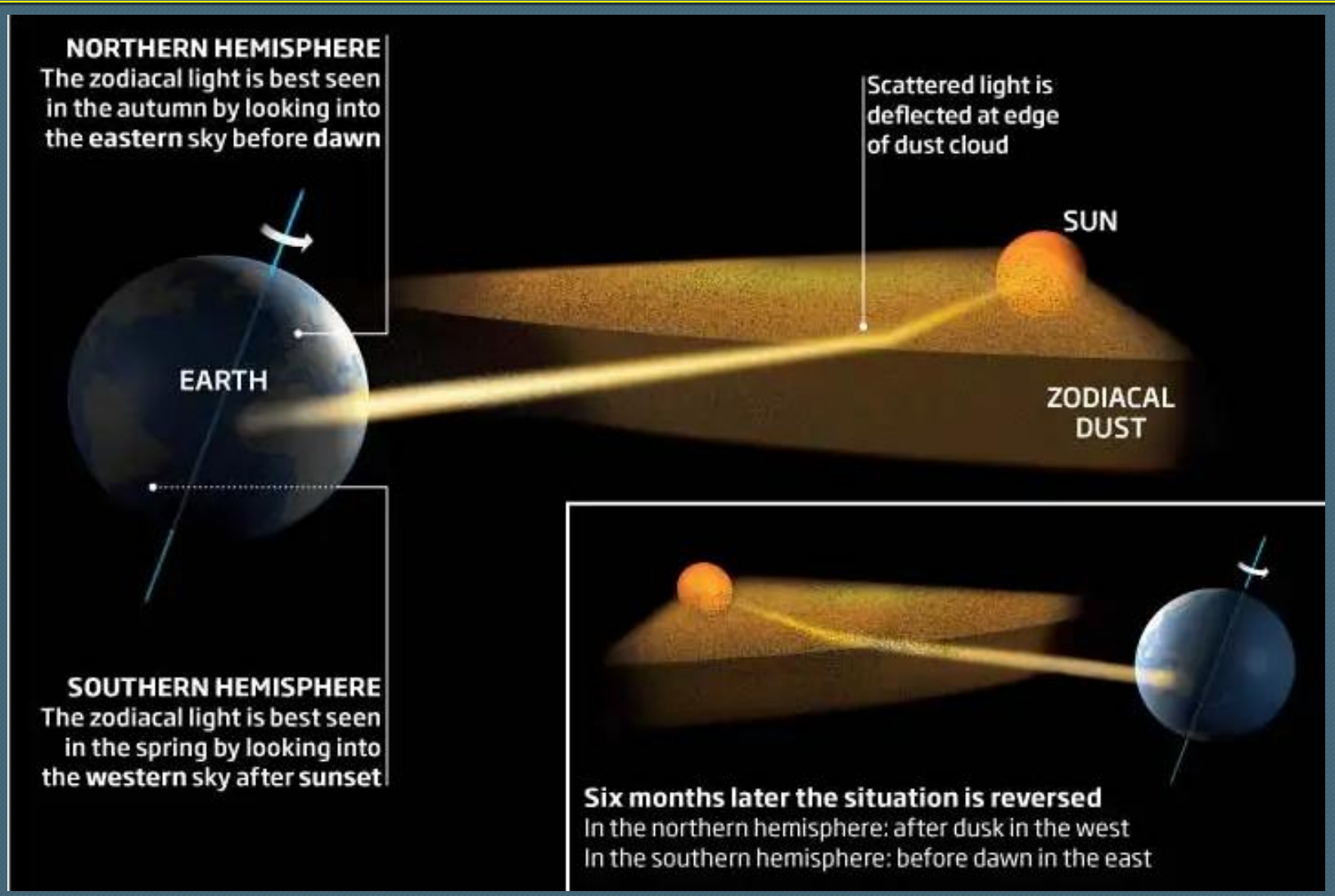




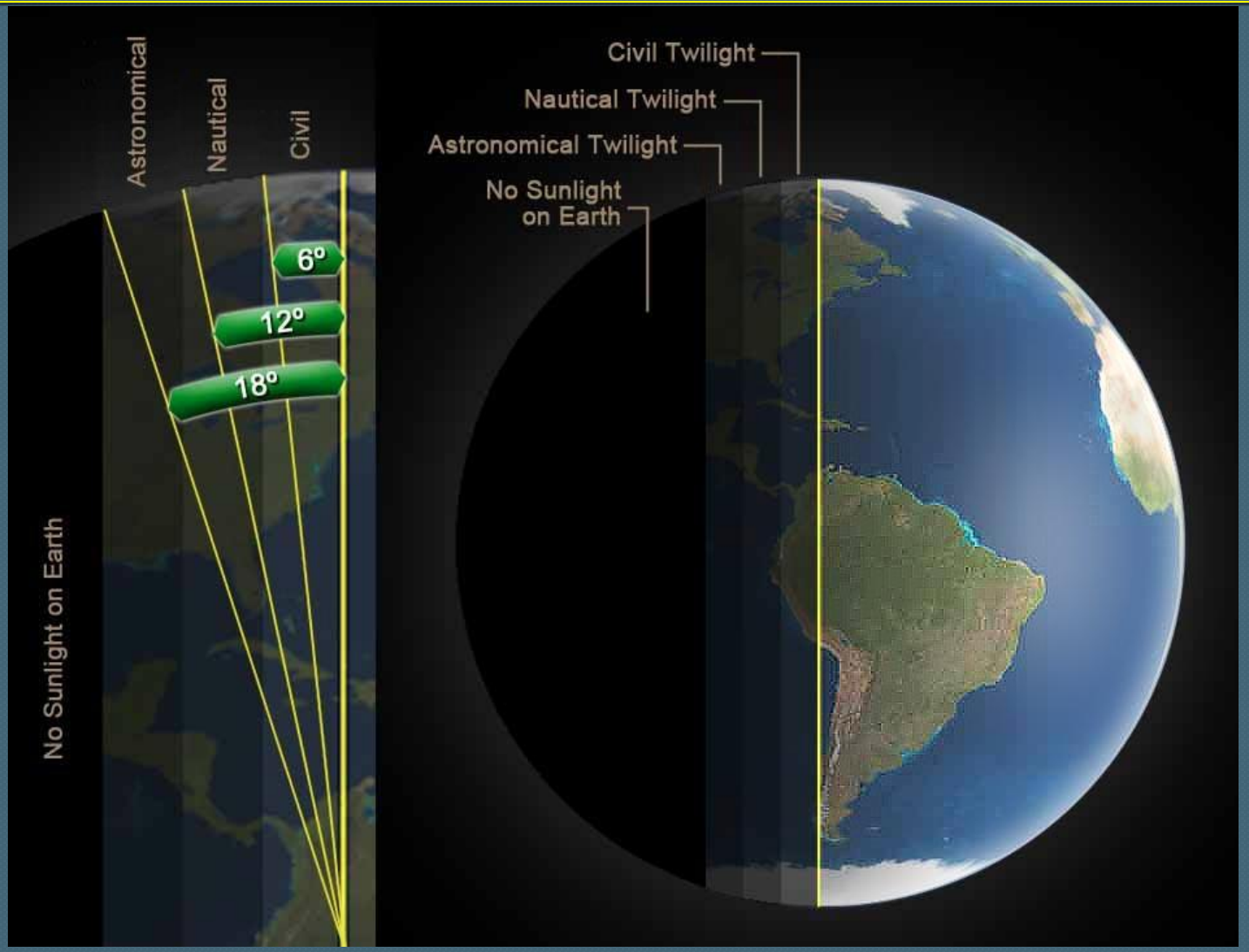
Keberadaan debu zodiac di sepanjang ekliptika ditunjukkan dengan foto di Mauna Kea. Foto allsky mulai awal malam (sisi kanan), tengah malam (dg gegenschein – counterglow– di tengah), sampai menjelang matahari terbit (sisi kiri).



Gambaran fisis cahaya fajar kadzib (fajar semu, zodiacal light)



Gambaran fisis cahaya fajar shadiq (fajar sejati)



Pemahaman Astronomi



Fajar kadzib berasal dari hamburan cahaya matahari oleh debu-debu antarplanet. Cahayanya menjulang sepanjang ekliptika.

Fajar shadiq berasal dari hamburan cahaya matahari oleh partikel-partikel atmosfer. Cahayanya membentang di ufuk.



Dalil Fiqih

1. Dalam hadits dari Abu Mas'ud Al-Anshari disebutkan, "Rasulullah SAW shalat shubuh saat kelam pada akhir malam, kemudian pada kesempatan lain ketika hari mulai terang. Setelah itu shalat tetap dilakukan pada waktu gelap sampai beliau wafat, tidak pernah lagi pada waktu mulai terang." (HR Abu Dawud dan Baihaqi dengan sanad yang shahih).
2. Lebih lanjut hadits dari Aisyah, "Perempuan-perempuan mukmin ikut melakukan shalat fajar (shubuh) bersama Nabi SAW dengan menyelubungi badan mereka dengan kain. Setelah shalat mereka kembali ke rumah tanpa dikenal siapapun karena masih gelap." (HR Jamaah).

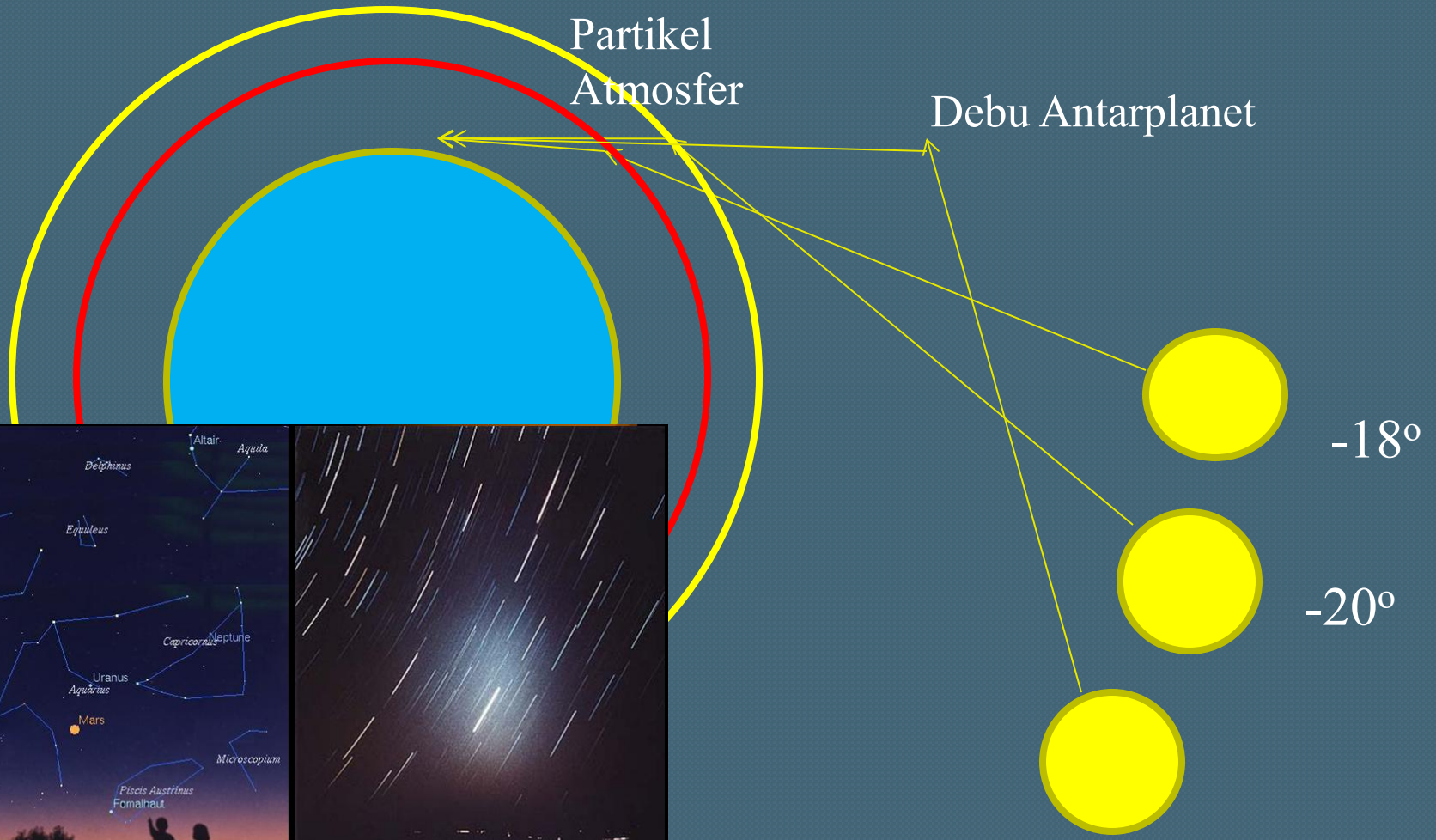
Pemahaman Astronomi

1. Secara astronomi, fajar (morning twilight) dibagi menjadi tiga: fajar astronomi, fajar nautika, dan fajar sipil.
2. Fajar astronomi didefinisikan sebagai akhir malam, ketika cahaya bintang mulai meredup karena mulai munculnya hamburan cahaya matahari. Biasanya didefinisikan berdasarkan kurva cahaya, fajar astronomi ketika matahari berada sekitar 18 derajat di bawah ufuk.
3. Fajar nautika adalah fajar yang menampakkan ufuk bagi para pelaut, pada saat matahari berada sekitar 12 derajat di bawah ufuk.
4. Fajar sipil adalah fajar yang mulai menampakkan benda-benda di sekitar kita, pada saat matahari berada sekitar 6 derajat.

Dalil vs Astronomi

Dari hadits Aisyah disebutkan bahwa saat para perempuan mukmin pulang dari shalat shubuh berjamaah bersama Nabi SAW, mereka tidak dikenali karena masih gelap. Jadi, fajar shadiq bukanlah fajar sipil karena saat fajar sipil sudah cukup terang. Juga bukan fajar nautika karena seusai shalat pun masih gelap. Kalau demikian, fajar shadiq adalah fajar astronomi, saat akhir malam

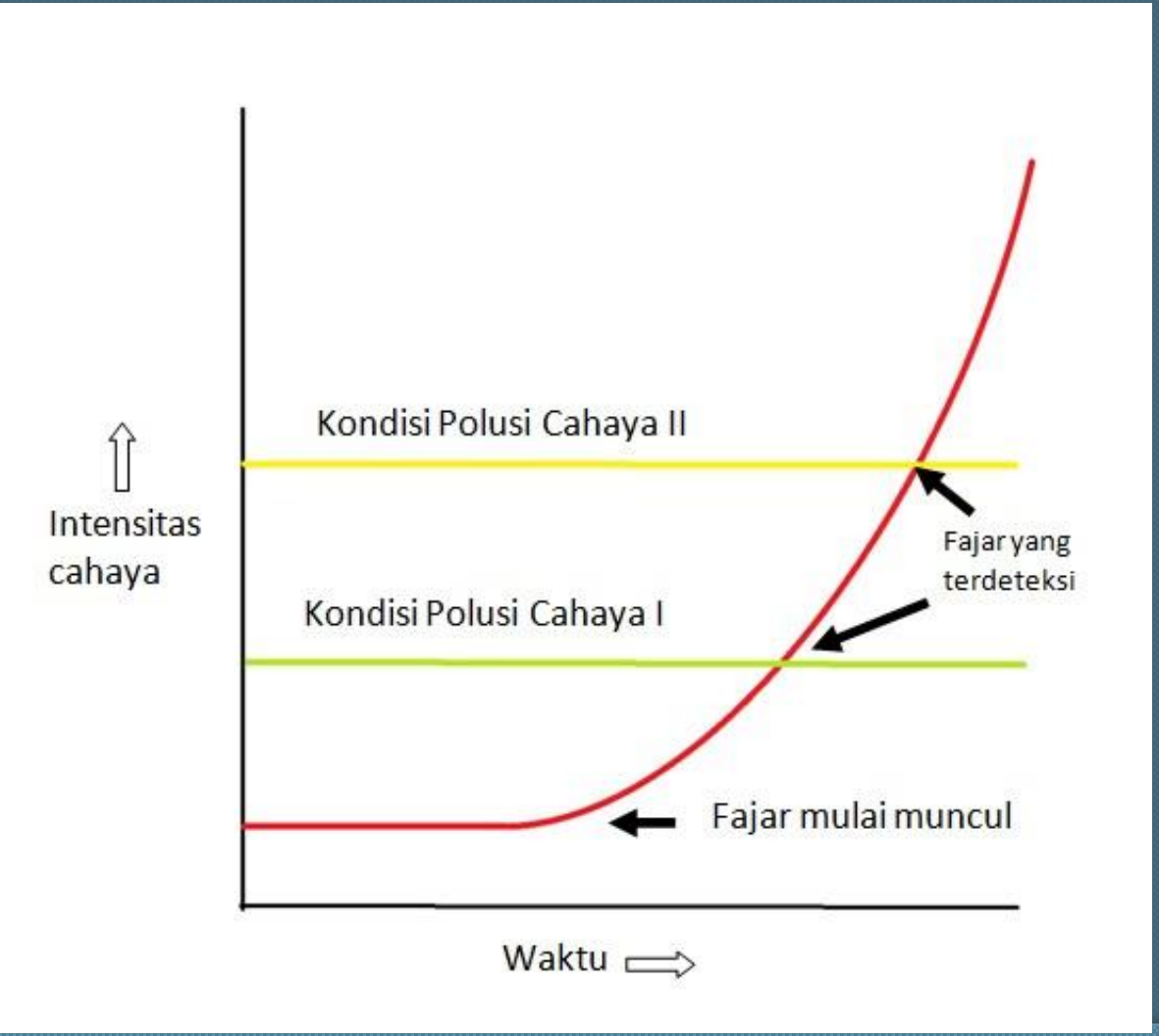
Atmosfer lebih tebal, lebih cepat menghamburkan cahaya matahari masih jauh dari ufuk



Fajar shadiq

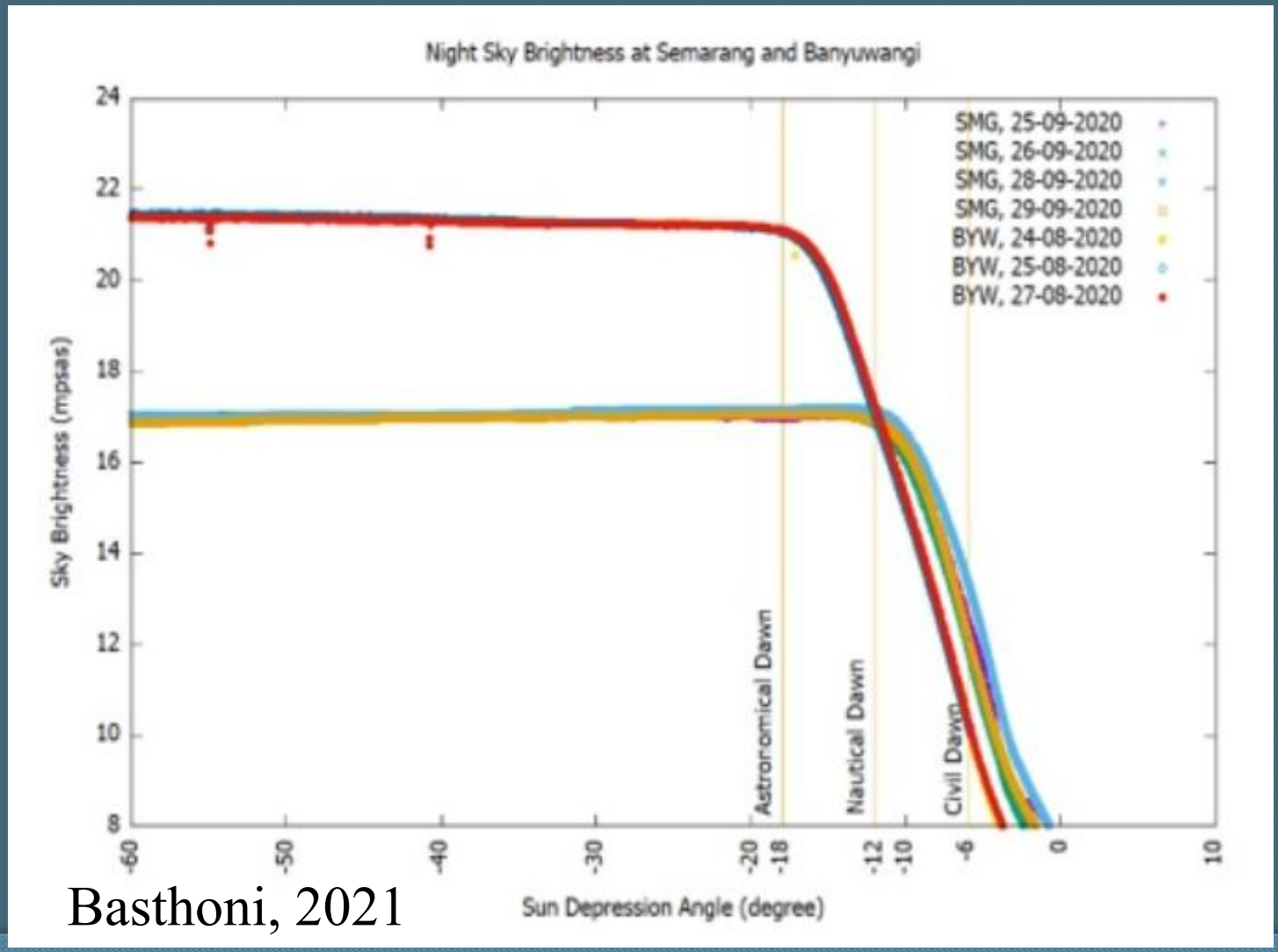
Fajar kidzib

Awas: Faktor Polusi Cahaya pada Pengukuran Fajar/Senja



Polusi cahaya bisa menyebabkan awal fajar yang sesungguhnya tidak terdeteksi

Kurva Cahaya Fajar di Banyuwangi dan Semarang



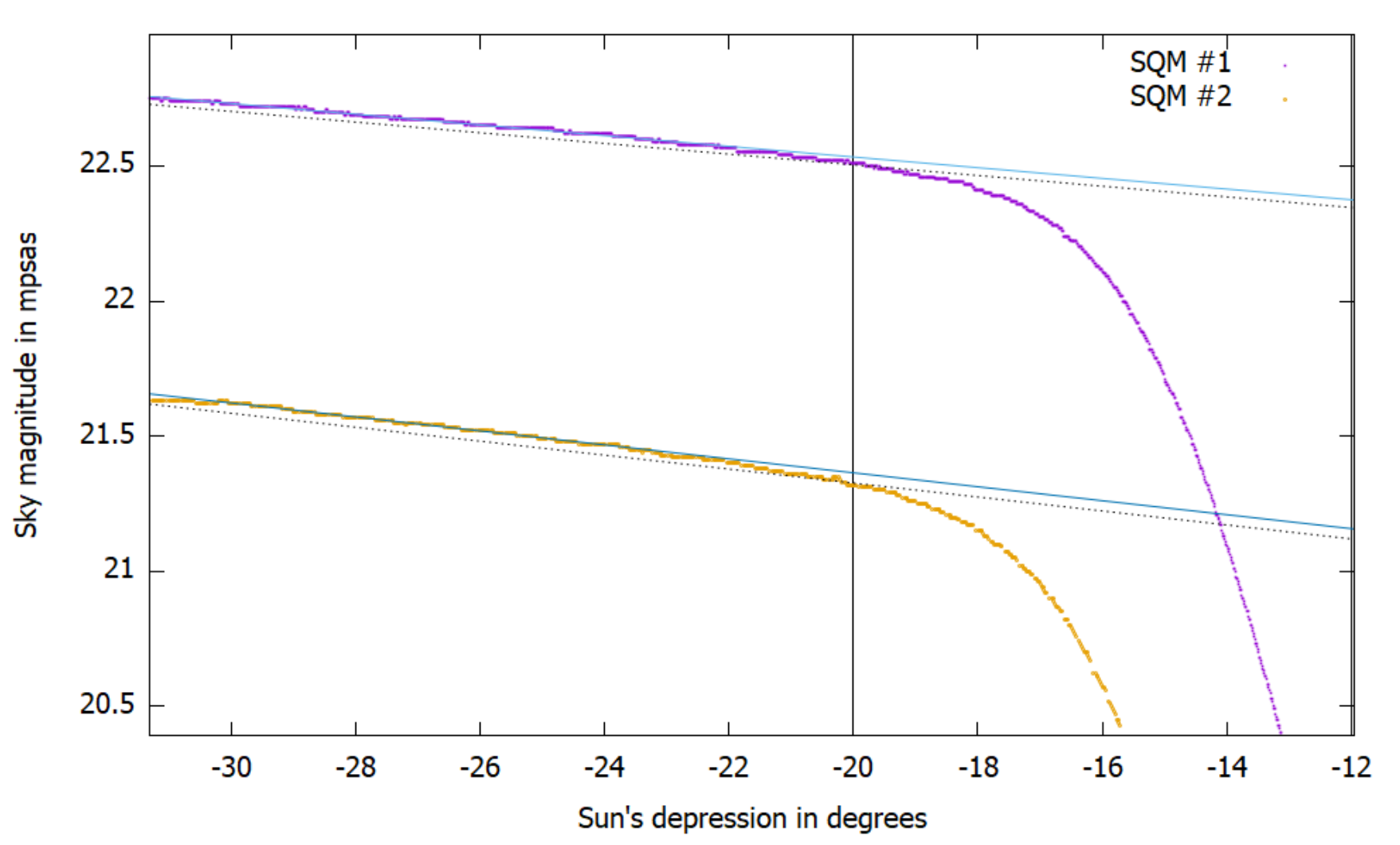
Basthoni, 2021

Posisi matahari saat muncul cahaya di ufuk

Observation Location	Observation Date	*Zodiacal Light Function*	The Appearance of Dawn h (°)	The Appearance of Dawn Brightness (mpsas)
Yayasan Sunan Kalijaga Banyuwangi	24-08-2020	$i_{zL}(h) = -0.0083h + 21.03$ $R^2 = 0.98$	-19.45	21.18
	25-08-2020	$i_{zL}(h) = -0.0083h + 21.02$ $R^2 = 0,99$	-20.19	21.18
	27-08-2020	$i_{zL}(h) = -0.0032h + 21.15$ $R^2 = 0,99$	-20.39	21.20
Average & Standard Deviation			-20.01 ± 0.5	21.19 ± 0.01
PPT Al-Ishlah Semarang	25-09-2020	$i_{zL}(h) = 17.0160$	-13.19	16.99
	26-09-2020	$i_{zL}(h) = 17.0245$	-13.67	17.02
	28-09-2020	$i_{zL}(h) = 17.1430$	-12.06	17.13
	29-09-2020	$i_{zL}(h) = 17.0159$	-13.54	17.00
Average & Standard Deviation			-13.12 ± 0.73	17.04 ± 0.06

Basthoni, 2021

Pengukuran Fajar di Obsnas Timau dengan SQM (Tim Kemenag)



Pemotretan di Obsnas Timau
(Foto Tim Kemenag)



Pemotretan di Obsnas Timau
(Foto Tim Kemenag)



Pemotretan di Obsnas Timau
(Foto Tim Kemenag)



Pemotretan di Obsnas Timau
(Foto Tim Kemenag)



Perbandingan Cahaya Pra, Saat, dan Pasca Fajar Shadiq





Perbedaan Kriteria Fajar Astronomi Definisi Internasional dan Fajar Shadiq

- Definisi fajar astronomi mulai h = -18 derajat dari pengukuran ke arah zenit.
  (Lihat Herdiwijaya, 2020)
- Definisi fajar shadiq
  h = -20 derajat dari pengukuran ke arah ufuk timur.

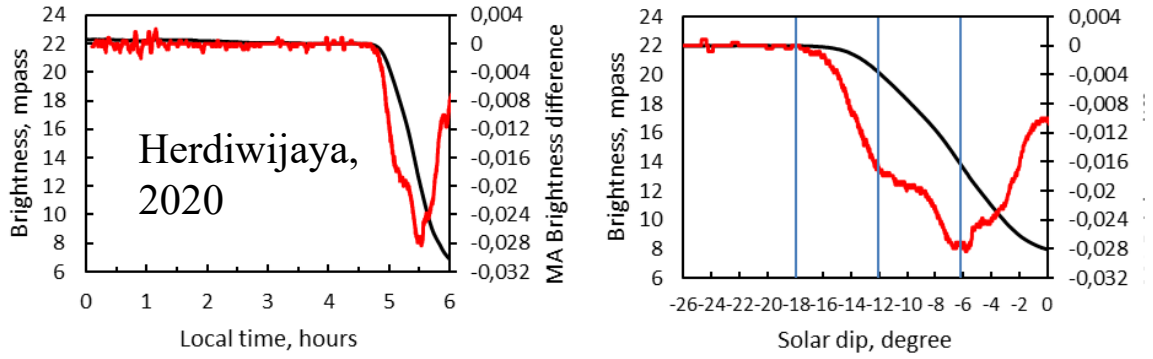
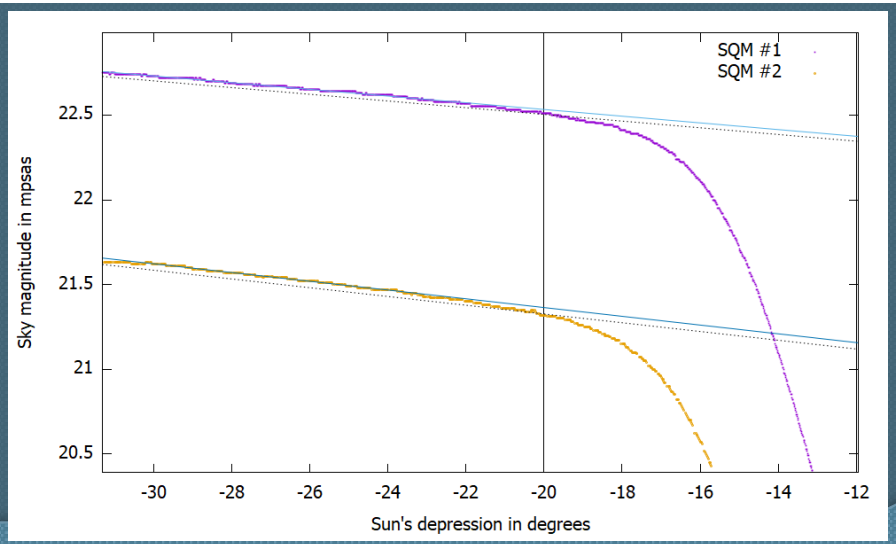


Figure 2. Morning brightness at Kupang (black) and two minutes moving average from the brightness difference (red) as function with local time (left) and solar dip (right) from 4 AM with vertical lines indicate astronomical, nautical, and civil twilight (from left to right).

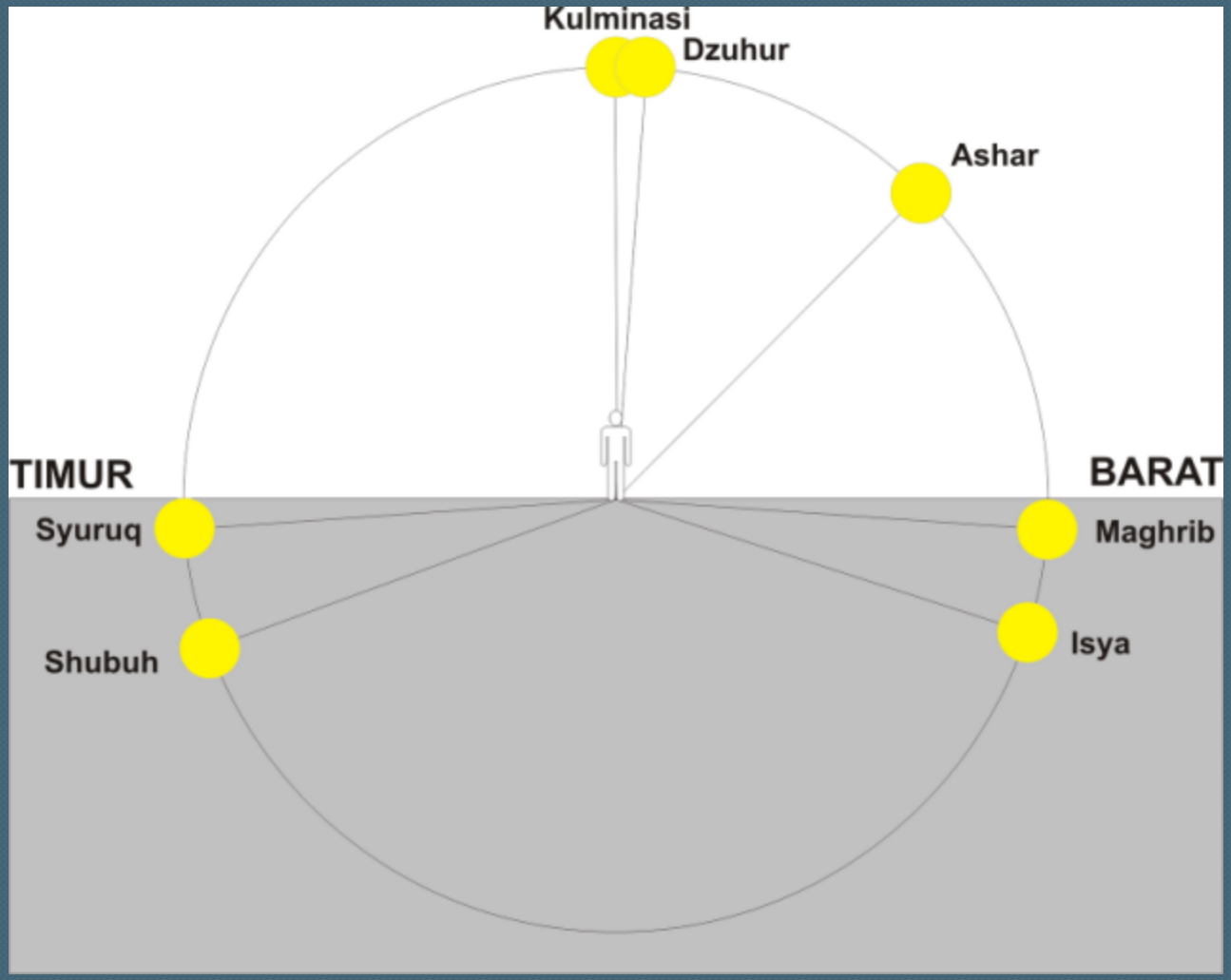


Waktu Dhuhur

Waktu Dhuhur

- Waktu dzhuhur adalah sejak matahari meninggalkan meridian, biasanya diambil sekitar 2 menit setelah tengah hari. Untuk keperluan praktis, waktu tengah hari cukup diambil waktu tengah antara matahari terbit dan terbenam.

Waktu Dhuhur



Waktu dhuhur setelah matahari melewati garis meridian (garis hubung kutub utara – selatan langit yang melewati zenit).

Berarti matahari sudah bergerak sekitar 15’ (setara dengan waktu 1 menit) setelah melewati meridian. Untuk ikhtiyati biasanya tengah hari + 2 menit.

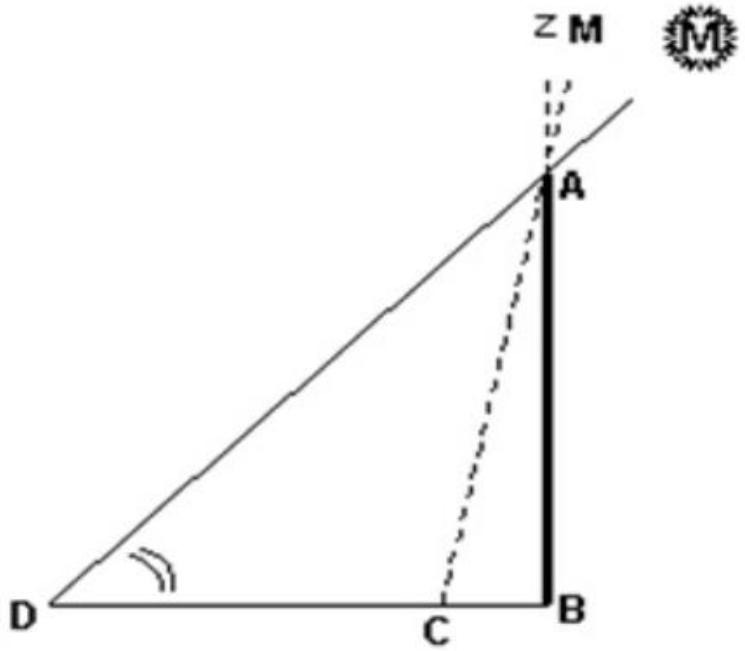
Waktu melewati meridian = waktu tengah antara matahari terbit dan matahari terbenam.

Waktu Asar

Waktu Asar

- Dalam penentuan waktu asar, tidak ada kesepakatan karena fenomena yang dijadikan dasar pun tidak jelas. Dasar yang disebutkan di dalam hadits, Nabi SAW diajak shalat asar oleh malaikat Jibril ketika panjang bayangan sama dengan tinggi benda sebenarnya dan pada keesokan harinya Nabi diajak pada saat panjang bayangan dua kali tinggi benda sebenarnya. Kementerian Agama RI menggunakan rumusan: panjang bayangan waktu asar = bayangan waktu dzhuhur + tinggi bendanya; tan(za) = tan(zd) + 1.

Waktu Asar



Z = Zenit
M = Posisi matahari ketika berkulminasi
AB = Panjang Tongkat.
BC = Panjang bayangan tongkat ketika matahari berkulminasi.
CD = Panjangnya sama dengan AB.
BD = Panjang bayangan pada waktu awal ashar.
D = Sudut Tinggi Matahari

Panjang bayangan waktu asar (BD) = bayangan waktu dhuhur (BC) + panjang tongkat (AB) [1]
(walau sebenarnya arah bayangan waktu dhuhur tidak searah dengan bayangan waktu asar).
Bila persamaan [1] dibagi panjang tongkat (AB):

$$BD/AB = BC/AB + 1$$

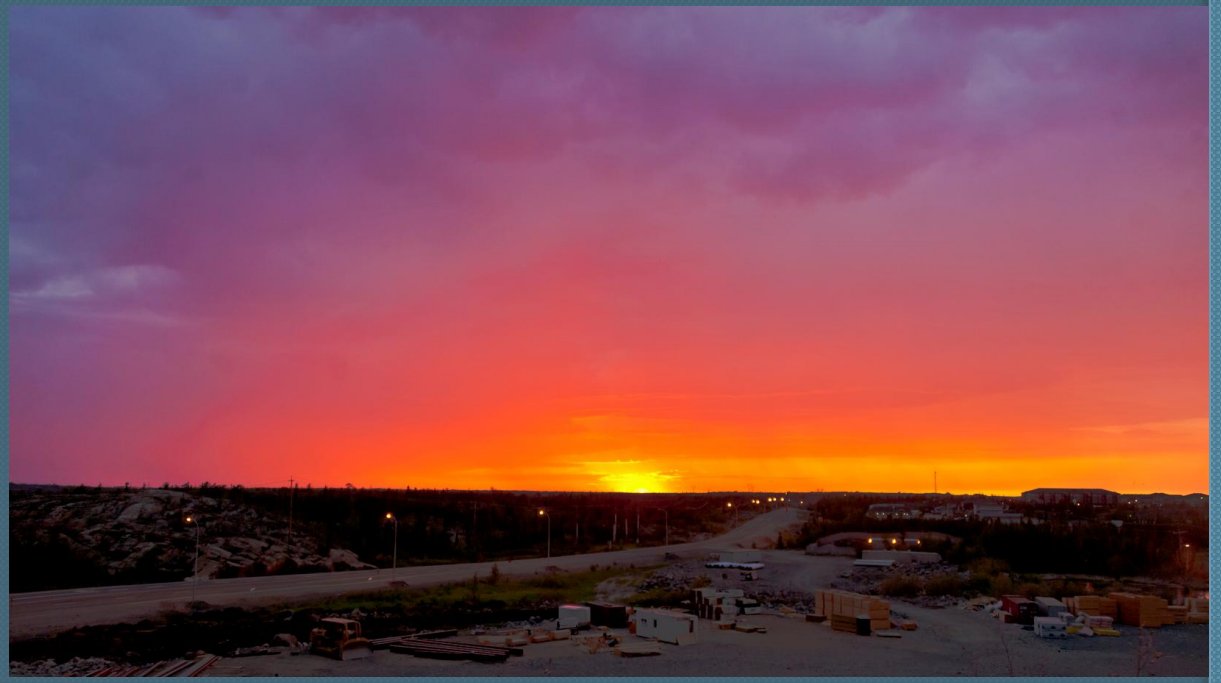
$\tan(za) = \tan(zd) + 1$, za = sudut zenit saat asar, zd = sudut zenit saat dhuhur.

Waktu Maghrib

Waktu Maghrib

- Waktu maghrib berarti saat terbenamnya matahari. Matahari terbit atau berbenam didefinisikan secara astronomi bila jarak zenith z = 90°50'. Untuk penentuan waktu salat maghrib, saat matahari terbenam biasanya ditambah 2 menit karena ada larangan melakukan salat tepat saat matahari terbit, terbenam, atau kulminasi atas.





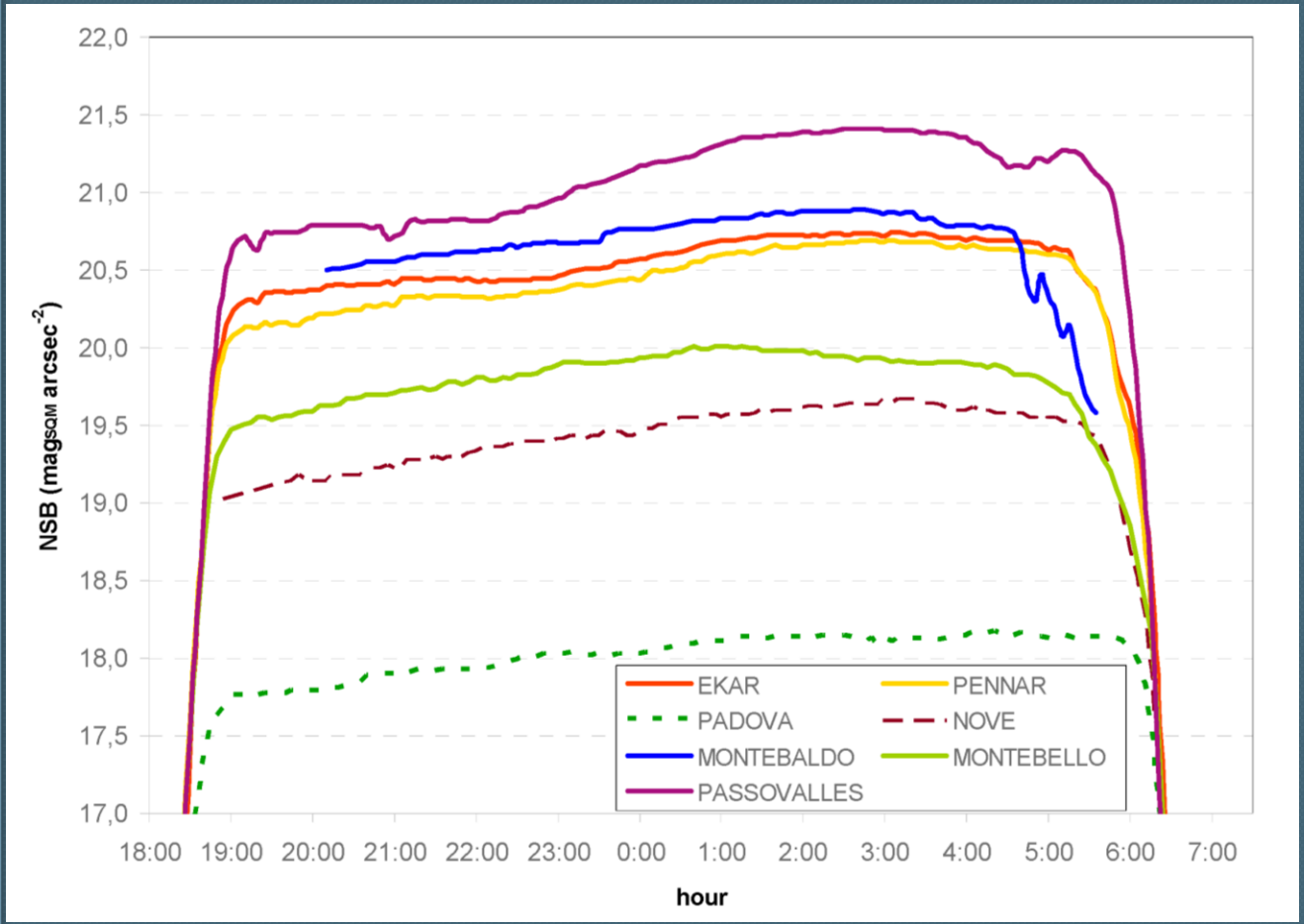
Untuk ikhtiyati, maghrib = waktu terbenam matahari + 2 menit

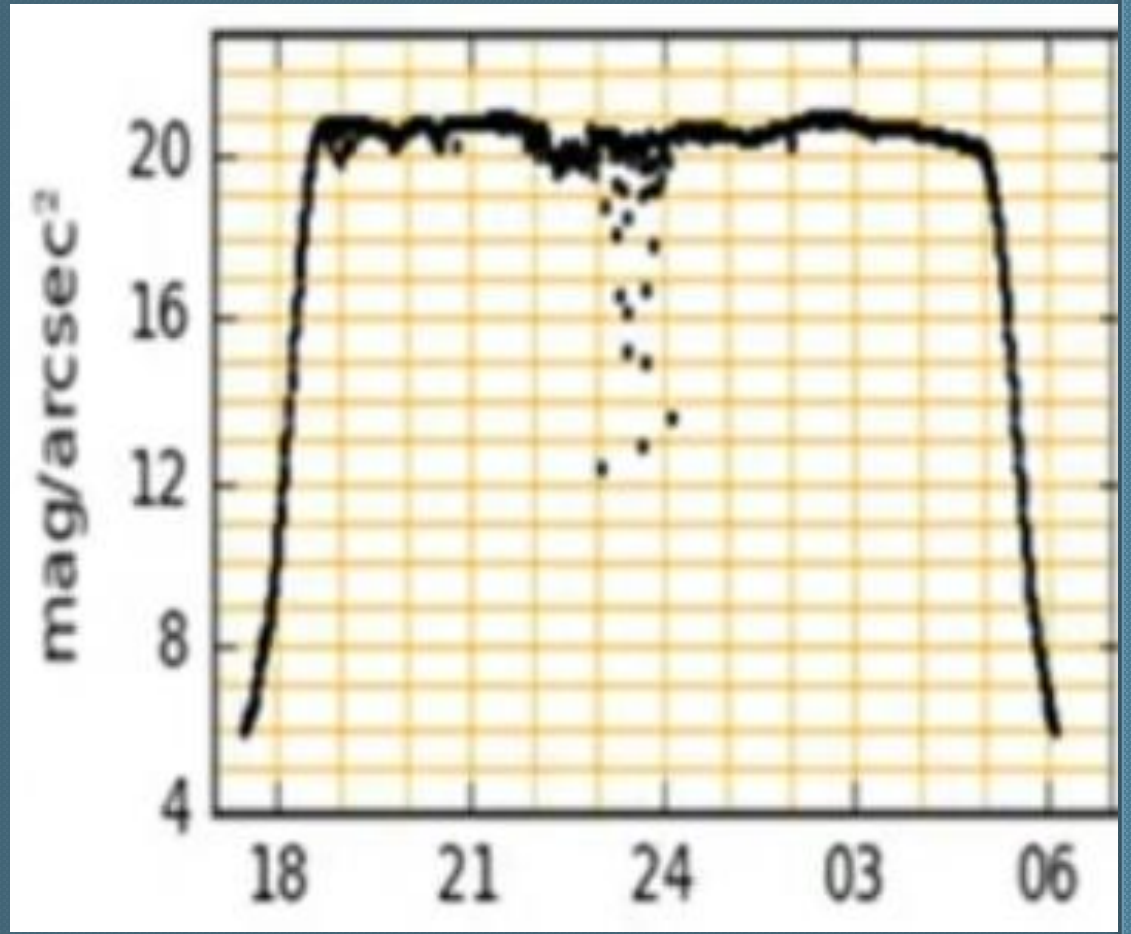
Waktu Isya

Waktu Isya

- Waktu isya ditandai dengan mulai memudarnya cahaya merah di ufuk barat, yaitu tanda masuknya gelap malam (Al-Qur'an S. 17:78). Dalam astronomi itu dikenal sebagai akhir senja astronomi (*astronomical twilight*) bila jarak zenit matahari z = 108°).

Night Sky Brightness





Waktu isya ditandai dengan mulai menghilangnya cahaya syafak (senja) di ufuk barat.

Program Jadwal Shalat

Program Jadwal shalat

Program Jadwal Shalat dibuat berdasarkan kriteria posisi matahari untuk setiap waktunya

```
90  INPUT "BUJUR ;  BB:-, BT:+ (DERAJAT)        ="; LAMD
100 INPUT "LINTANG; LS:-, LU:+ (DERAJAT)        ="; PHI
110 PRINT "BEDA WAKTU= WAKTU STANDAR - GMT, e.g. WIB:7 "
120 INPUT "BEDA WAKTU; BB:-, BT:+ (JAM)         ="; TD
130 PRINT #1, "      JADWAL SALAT "; CITY$: PRINT #1, " ": PRINT #1, " "
140 LAMD = LAMD / 360 * 24
150 PHI = PHI * RAD
160 DATA "JANUARI",31,"FEBRUARI",28,"MARET",31,"APRIL",30,"MEI",31
170 DATA "JUNI",30,"JULI",31,"AGUSTUS",31,"SEPTEMBER",30
180 DATA "OKTOBER",31,"NOVEMBER",30,"DESEMBER",31
190 N0 = 0
200 FOR MN = 1 TO 12
210   READ MONTH$, D
220   PRINT #1, "           ", MONTH$
230   PRINT #1, " "
240   PRINT #1, "TGL SHUBUH  TERBIT  DHUHUR  ASHAR  MAGHRIB  ISYA"
250   FOR K = 1 TO D
260     N = N0 + K
270     A = 6
280     Z = 110 * RAD: GOSUB 540
290     IF ABS(X) > 1 THEN GOTO 310
300     T(1) = ST
310     Z = (90 + 5 / 6) * RAD: GOSUB 540
320     T(2) = ST
330     A = 18
340     Z = (90 + 5 / 6) * RAD: GOSUB 540
350     SUNSET = ST: T(5) = ST + 2 / 60
360     Z = 108 * RAD: GOSUB 540
370     IF ABS(X) > 1 THEN GOTO 390
380     T(6) = ST
390     A = 12: GOSUB 540
400     MIDDAY = ST: T(3) = MIDDAY + 2 / 60
410     ZD = ABS(DEK - PHI): A = 15: GOSUB 540: T(4) = ST
420     PRINT USING "###"; N: PRINT #1, USING "##"; K; : PRINT #1, "  ";
430     FOR I = 1 TO 6
440       TH = INT(T(I)): TM = INT((T(I) - TH) * 60)
450       PRINT #1, USING "##"; TH; : PRINT #1, ":";
460       PRINT #1, USING "##"; TM; : PRINT #1, "   ";
470     NEXT I: PRINT #1, " "
480   NEXT K: N0 = N
490   PRINT #1, " ": PRINT #1, " "
500 NEXT MN
510 CLOSE
520 SYSTEM
530 END
540   T = N + (A - LAMD) / 24
550   M = (.9856 * T - 3.289) * RAD
560   L = M + 1.916 * RAD * SIN(M) + .02 * RAD * SIN(2 * M) + 282.634
          * RAD
570   LH = L / 3.14159 * 12: QL = INT(LH / 6) + 1
580   IF INT(QL / 2) * 2 - QL <> 0 THEN QL = QL - 1
590   RA = ATN(.91746 * TAN(L)) / 3.14159 * 12
600   RA = RA + QL * 6
610   SIND = .39782 * SIN(L)
620   COSD = SQR(1 - SIND * SIND)
630   DEK = ATN(SIND / COSD)
640   IF A = 15 THEN Z = ATN(TAN(ZD) + 1)
650   X = (COS(Z) - SIND * SIN(PHI)) / (COSD * COS(PHI))
660   IF ABS(X) > 1 THEN GOTO 720
670   ATNX = ATN(SQR(1 - X * X) / X) / RAD
680   IF ATNX < 0 THEN ATNX = ATNX + 180
690   H = (360 - ATNX) * 24 / 360
700   IF A = 18 THEN H = 24 - H
710   IF A = 12 THEN H = 0
720   IF A = 15 THEN H = 24 - H
730   TLOC = H + RA - .06571 * T - 6.622
740   TLOC = TLOC + 24
750   TLOC = TLOC - INT(TLOC / 24) * 24
760   ST = TLOC - LAMD + TD
770         RETURN
```

==========

==

JADWAL SALAT BANDUNG

JANUARI

TGL	SHUBUH	TERBIT	DHUHUR	ASHAR	MAGHRIB	ISYA
1	4:11	5:37	11:54	15:19	18:10	19:24
2	4:12	5:37	11:55	15:20	18:10	19:25
3	4:13	5:38	11:55	15:20	18:11	19:25
4	4:13	5:38	11:56	15:21	18:11	19:25

Kapan koreksi ketinggian perlu dilakukan?

Perlukah Koreksi Ketinggian pada Jadwal Shalat?

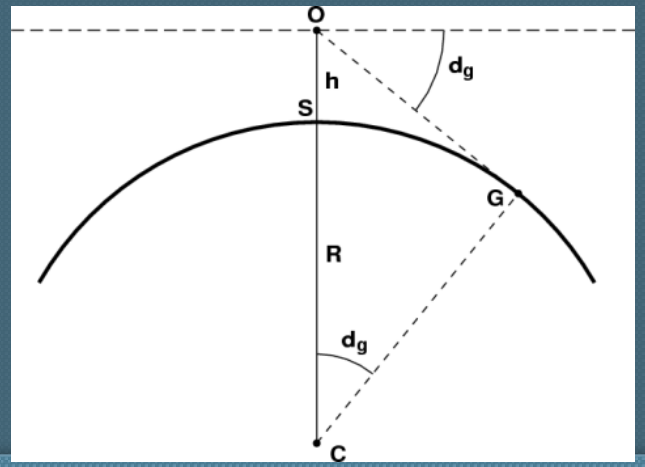


Burj Khalifa di Dubai, ketinggian 829,8 meter dengan ruangan tertinggi di lantai 154 (ketinggian 584,5 meter).
Untuk lantai 80-150 waktu Shubuh dikoreksi -2 menit dan Maghrib dikoreksi +2 menit.
Untuk lantai 151 dan selanjutnya waktu Shubuh dikoreksi -3 menit dan Maghrib +3menit.

Koreksi kerendahan ufuk (dip):
1. $dg = \sqrt{(2h/R)}$
2. $dg = 1{,}9\ \sqrt{h}$ (', h dalam meter)

Tidak perlu koreksi ketinggian tempat.

Untuk daerah dengan ketinggian t dari permukaan laut, maka rumus (1) menjadi
1a. $dg = \sqrt{(2h/(R+t))}$ mendekati $dg = \sqrt{(2h/R)}$, karena $t << R$.

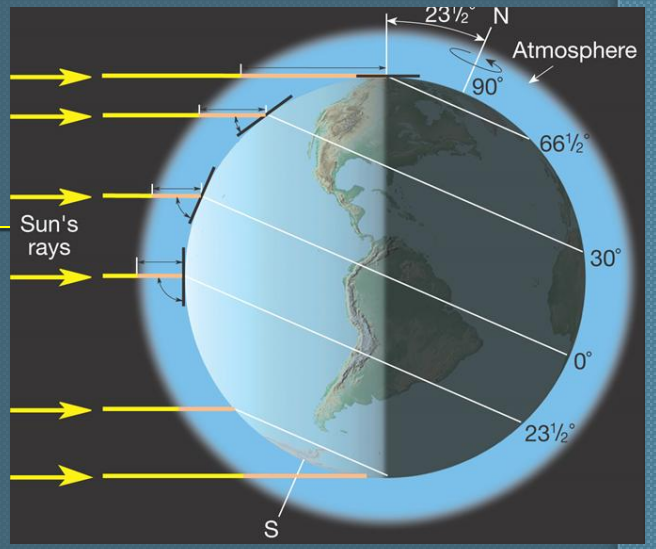


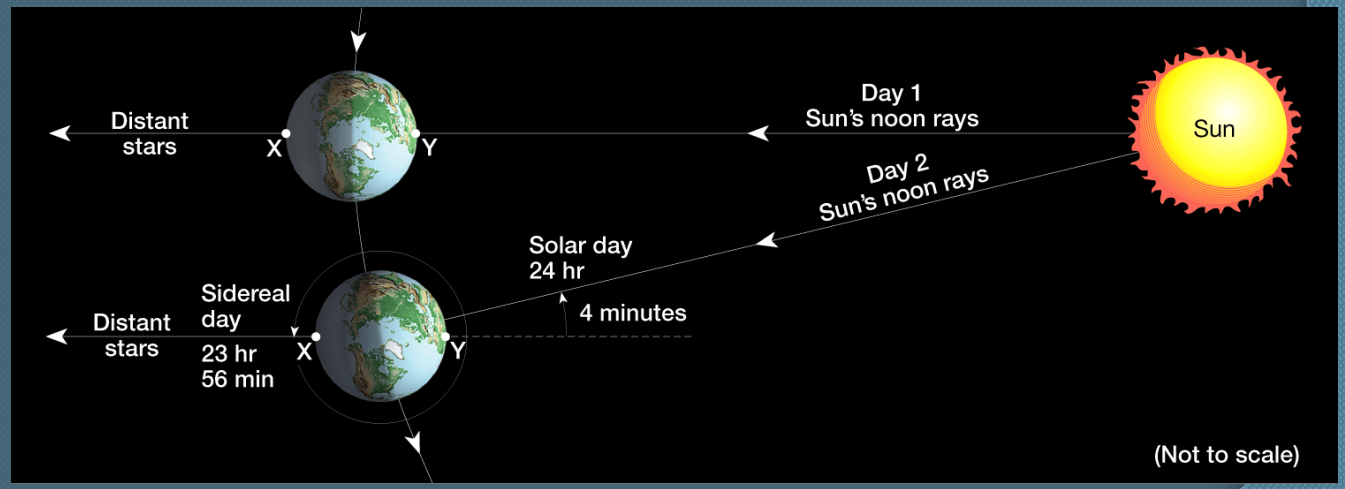
Waktu Shalat di Berbagai Lintang

Rotasi bumi

- Seperti halnya matahari dan semua planet, bumi juga berotasi pada sumbunya.
- Rotasi bumi menyebabnya terjadinya fenomena malam dan siang.
- Bidang rotasi bumi (bidang ekuator) miring 23,5 derajat, terhadap bidang ekliptika (bidang orbit bumi)
- Periode rotasi bumi (hari sideris) 23 jam 56 menit. Karena bumi juga mengorbit matahari, maka ada tambahan sekitar 1°/hari (360°/365 hari) untuk kembali melihat matahari (1/360 x 24 jam = 4 menit). Jadi, 1 hari matahari = 24 jam.

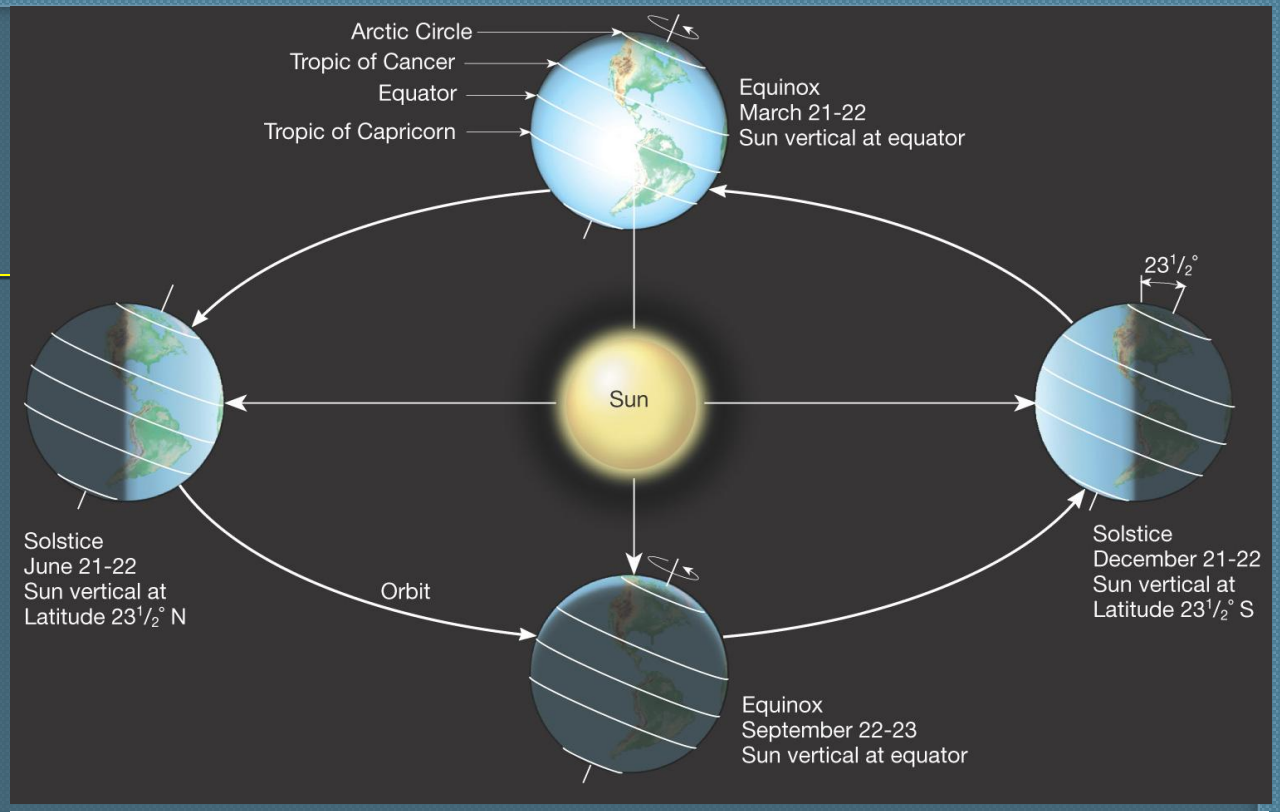


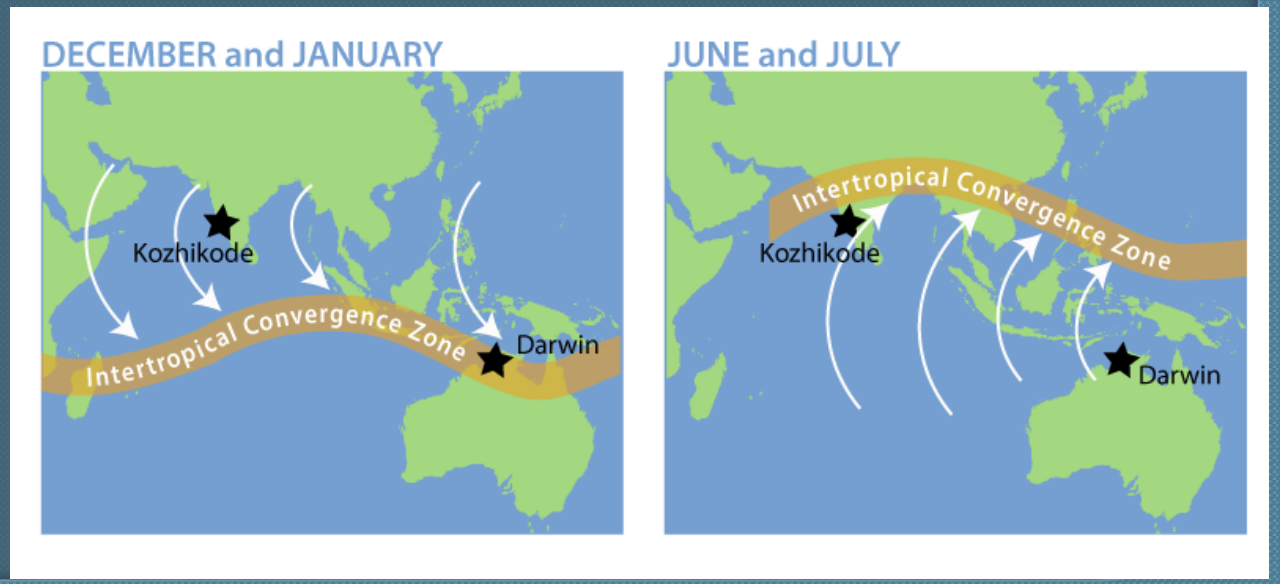




Gerak orbit bumi mengitari matahari

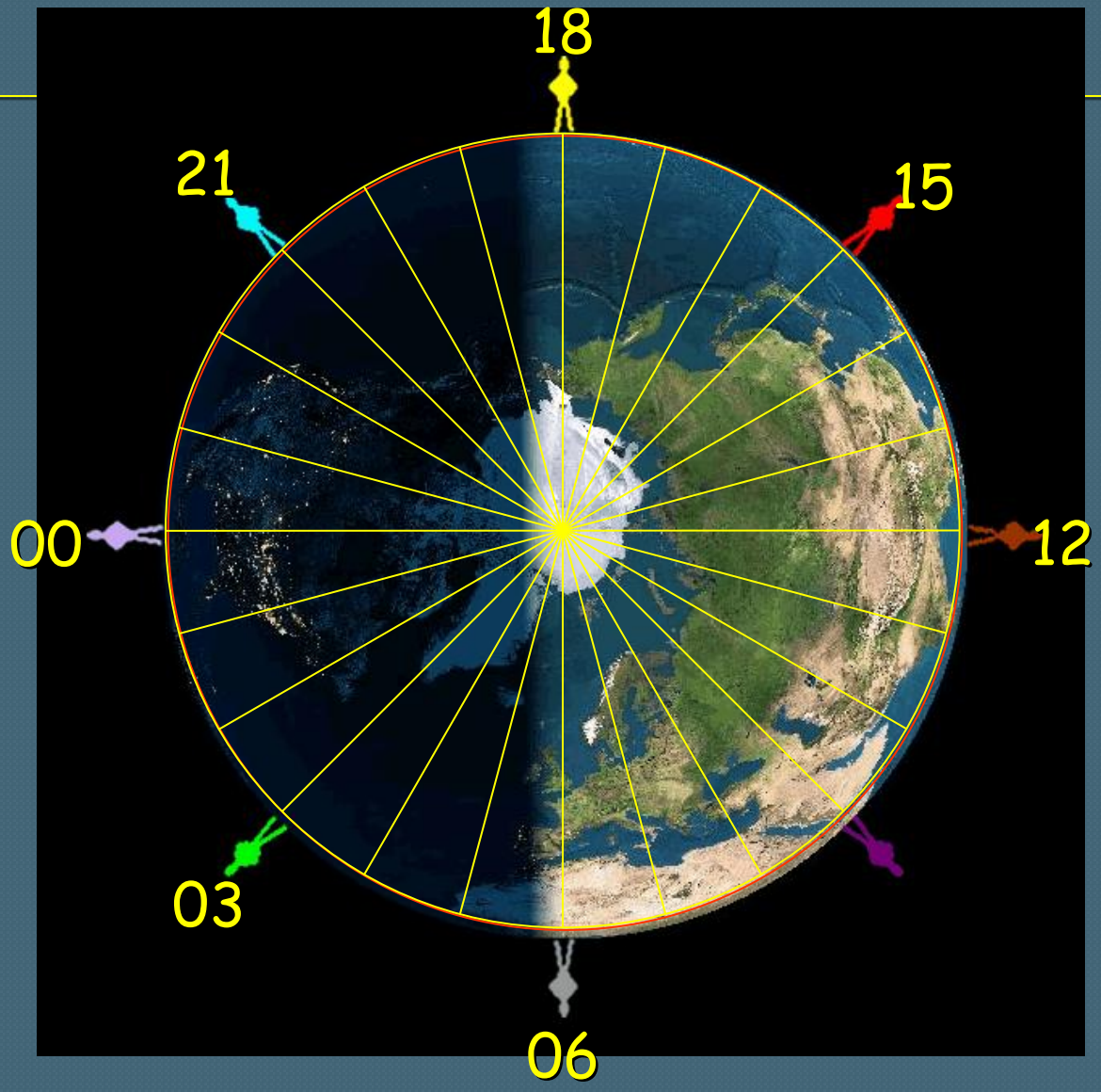
- Bumi mengitari matahari dengan periode 365,2422 hari.
- Peredaran bumi mengitari matahari dengan sumbu rotasi yang miring menyebabkan perubahan lama siang dan malam → perubahan musim.
- Perubahan distribusi panas antara belahan utara dan selatan menyebabkan perubahan tekanan udara yang berarti juga perubahan arah angin di sekitar ekuator.

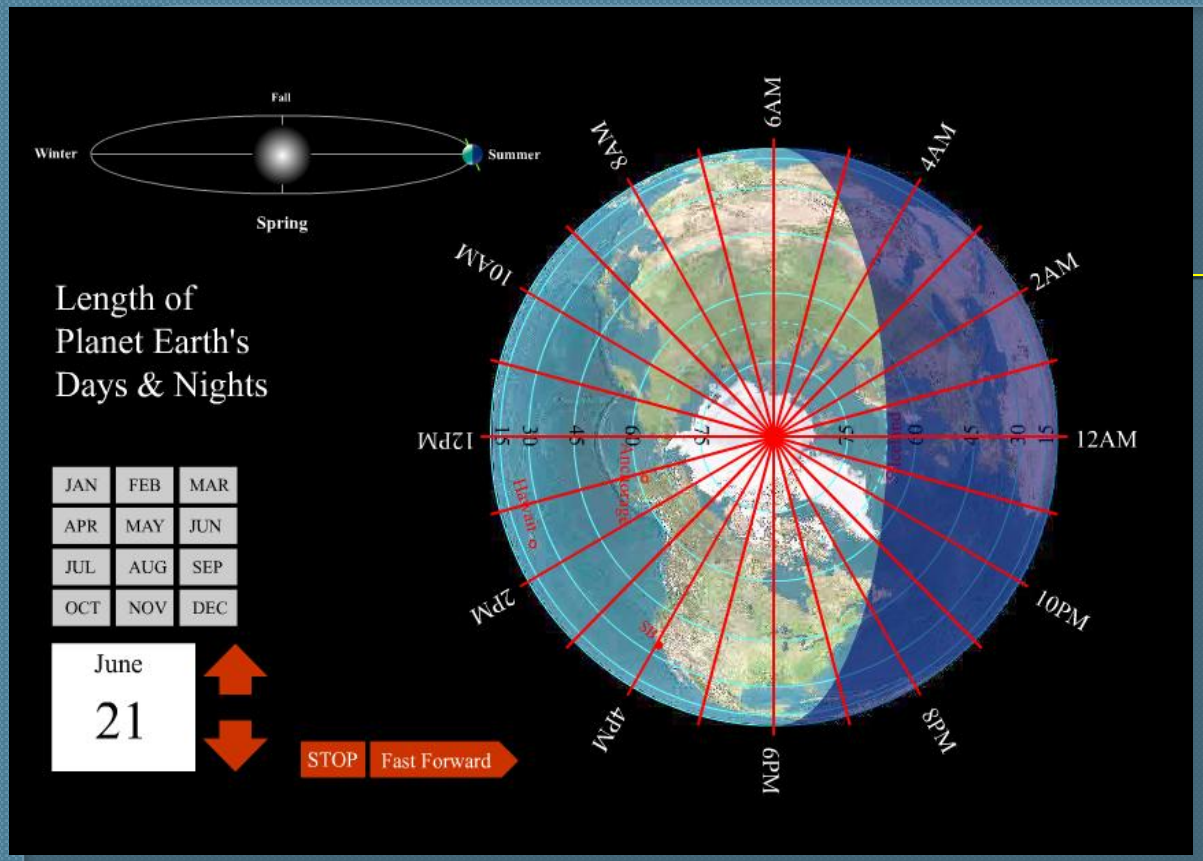




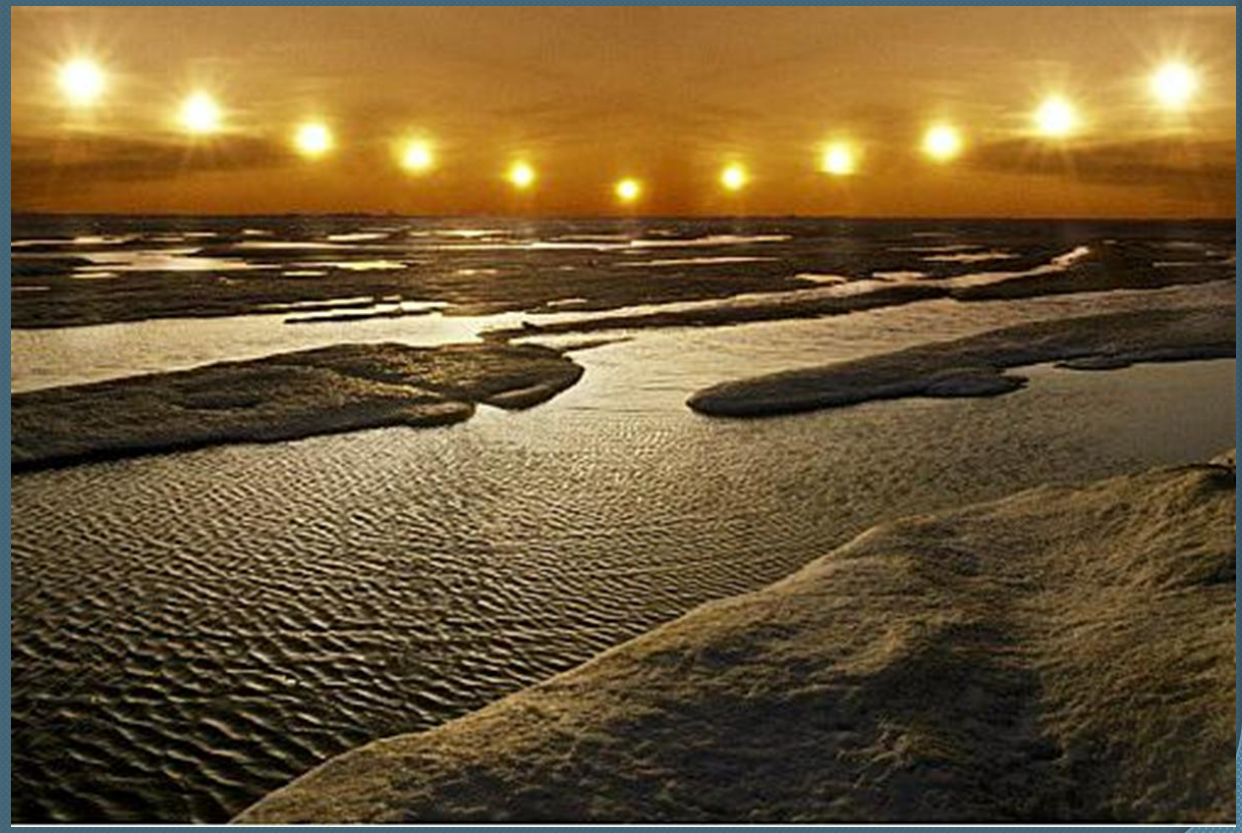
Akibat rotasi bumi,

- terjadi pergantian malam dan siang,
- matahari, bulan, dan bintang-bintang tampak terbit dan terbenam.

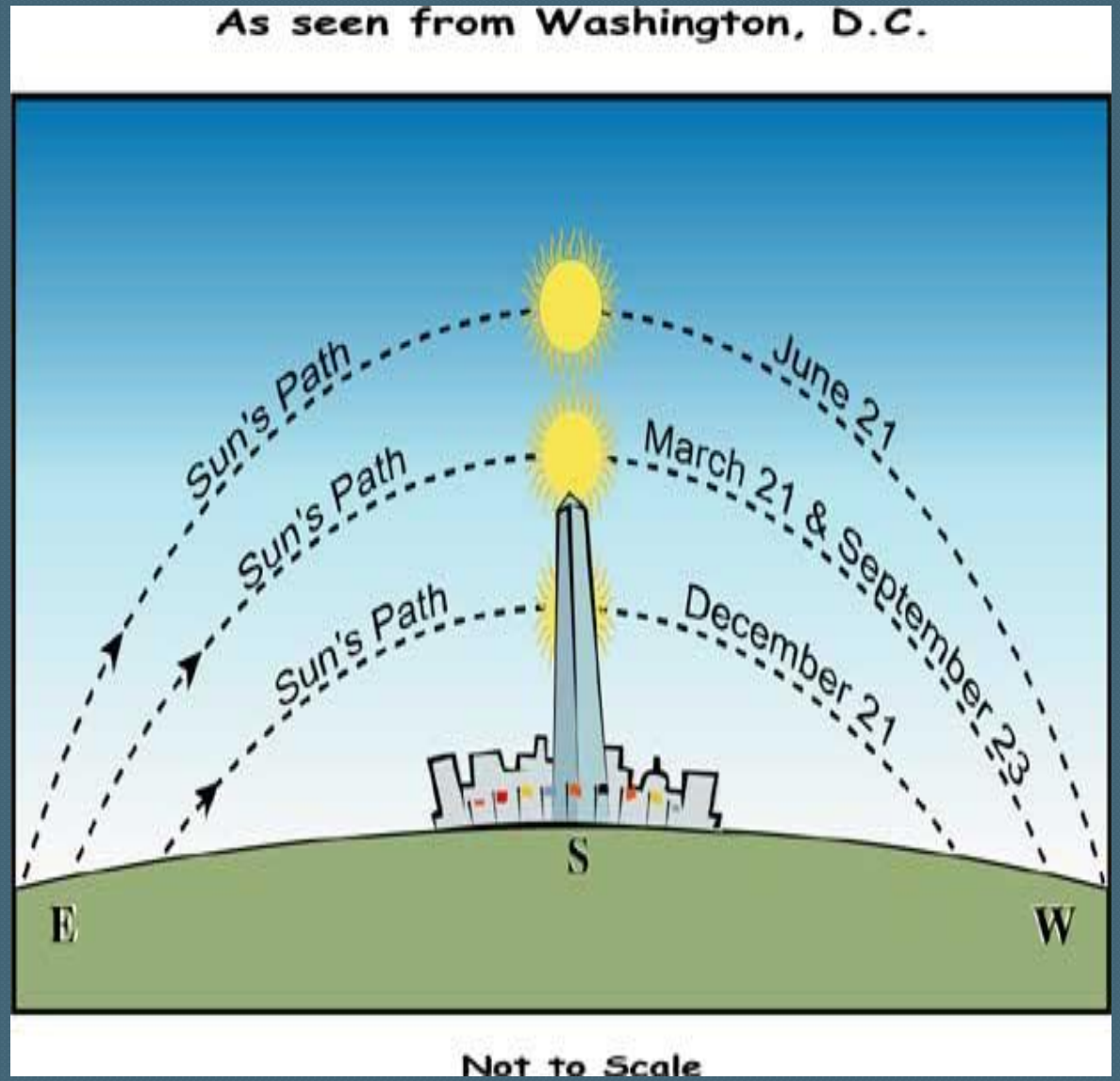




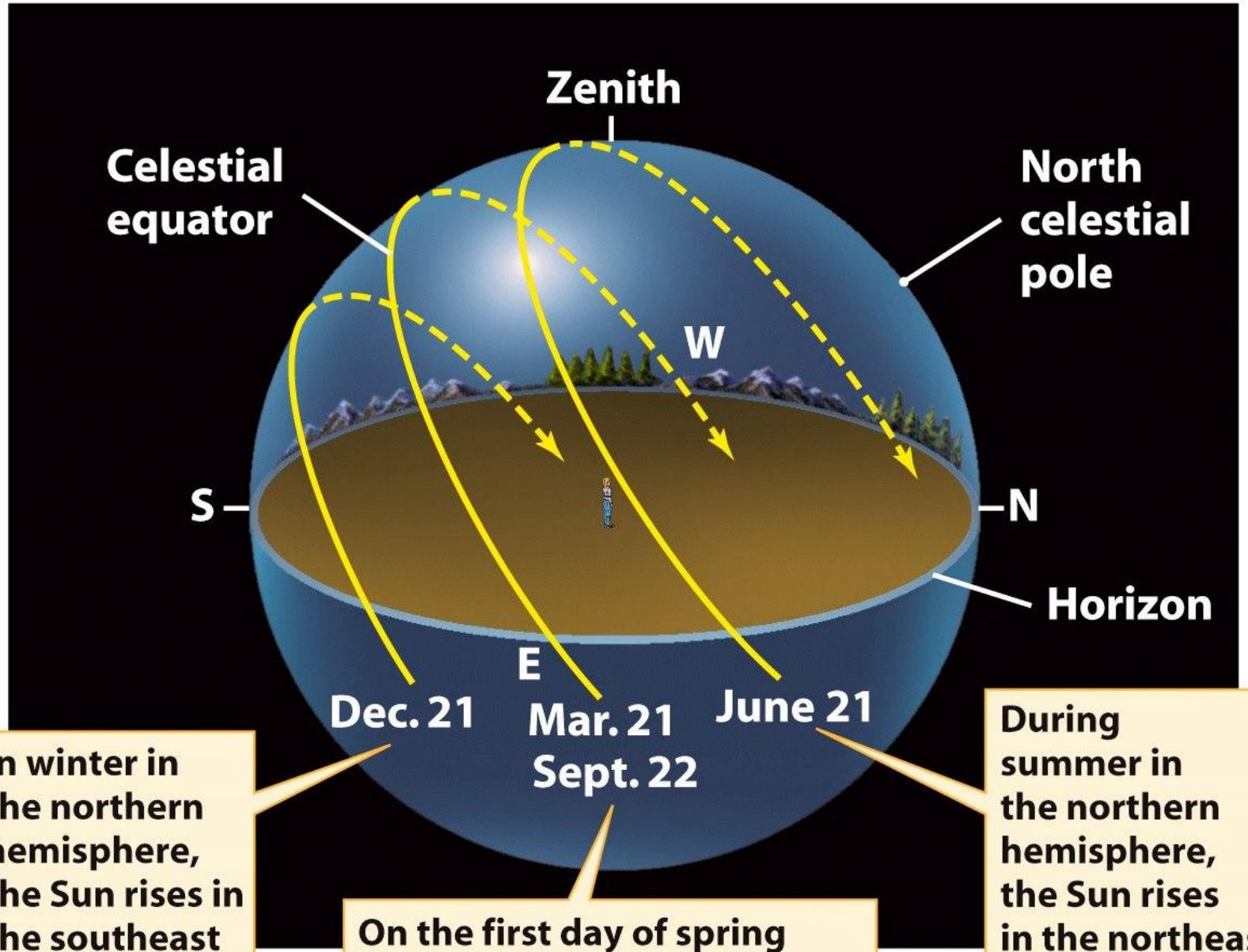
Matahari malam hari di Alaska



Lama siang dan malam di berbagai belahan dunia saat musim panas.



Untuk wilayah di utara, dengan lintang lebih dari 66,5° tidak akan pernah melihat matahari di atas kepala.



Akibat kemiringan rotasi bumi, selama mengorbit matahari, pengamat di bumi melihat posisi matahari bergeser dari hari ke hari. Lintasan gerak semu matahari bergantung lokasi pengamatnya. Ini ketampakan lintasan matahari terbit sampai terbenam untuk pengamat di lintang tinggi di belahan utara.



(b) At the north pole



(a) At middle northern latitudes





(c) At the equator

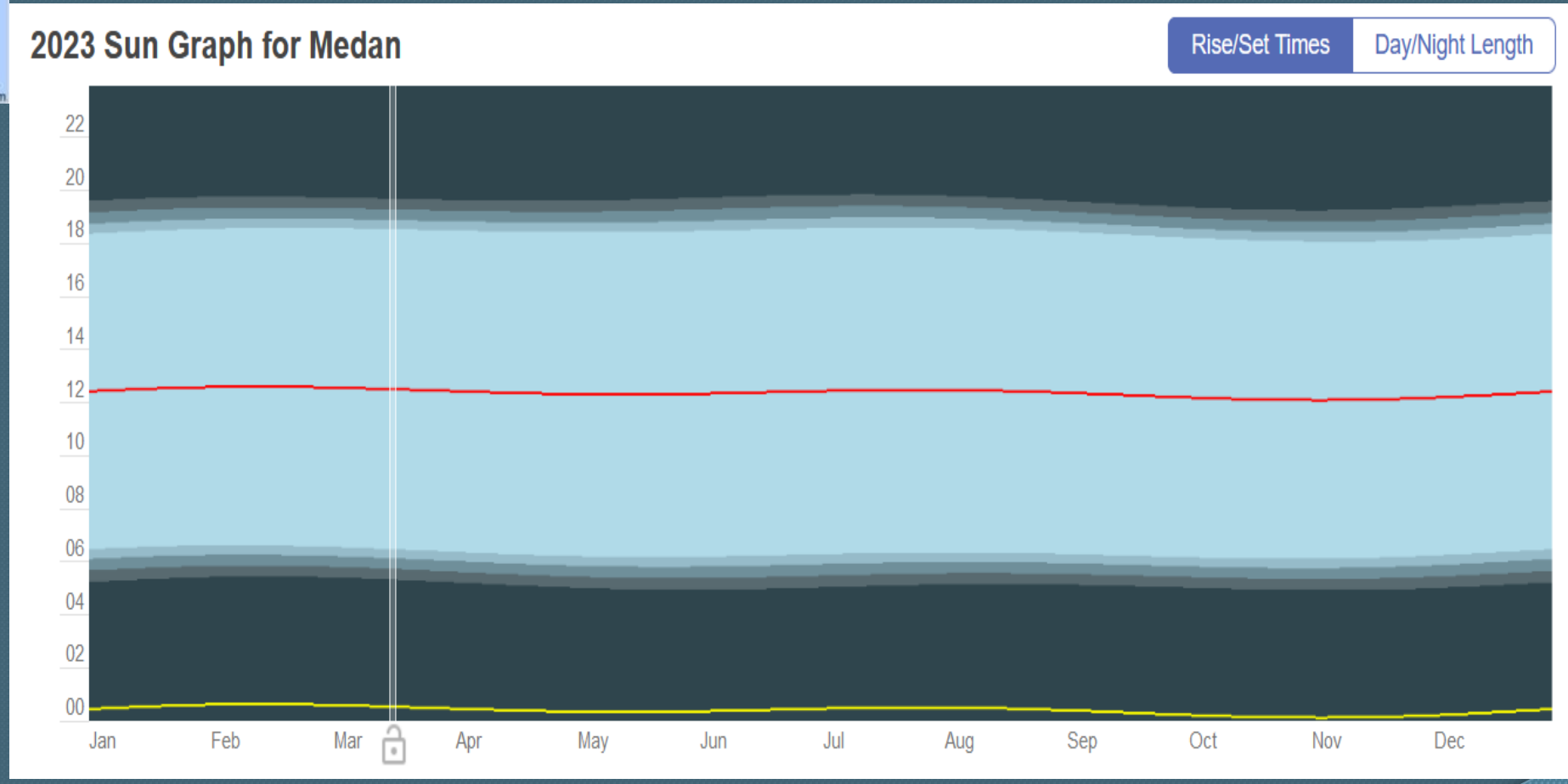
Lintasan gerak semu harian matahari, bulan, dan bintang-bintang:

- Di kutub utara (atau selatan), objek langit tampak mengitari pengamat.
- Di lintang menengah, lintasan objek langit terbit dan terbenam tampak miring. Makin tinggi lintangnya, lintasannya makin miring.
- Di ekuator, lintasan objek langit terbit dan terbenam tampak tegak.

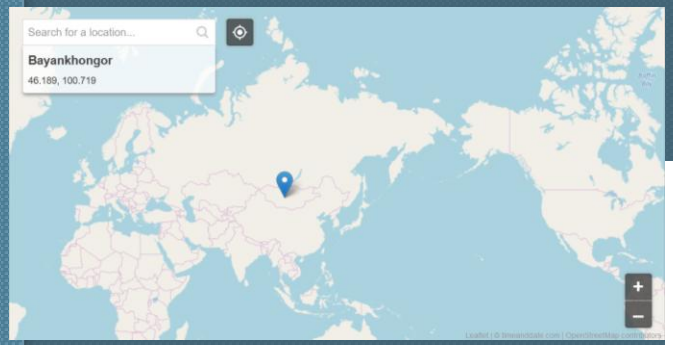
Waktu Shalat dan Puasa di Sekitar Ekuator



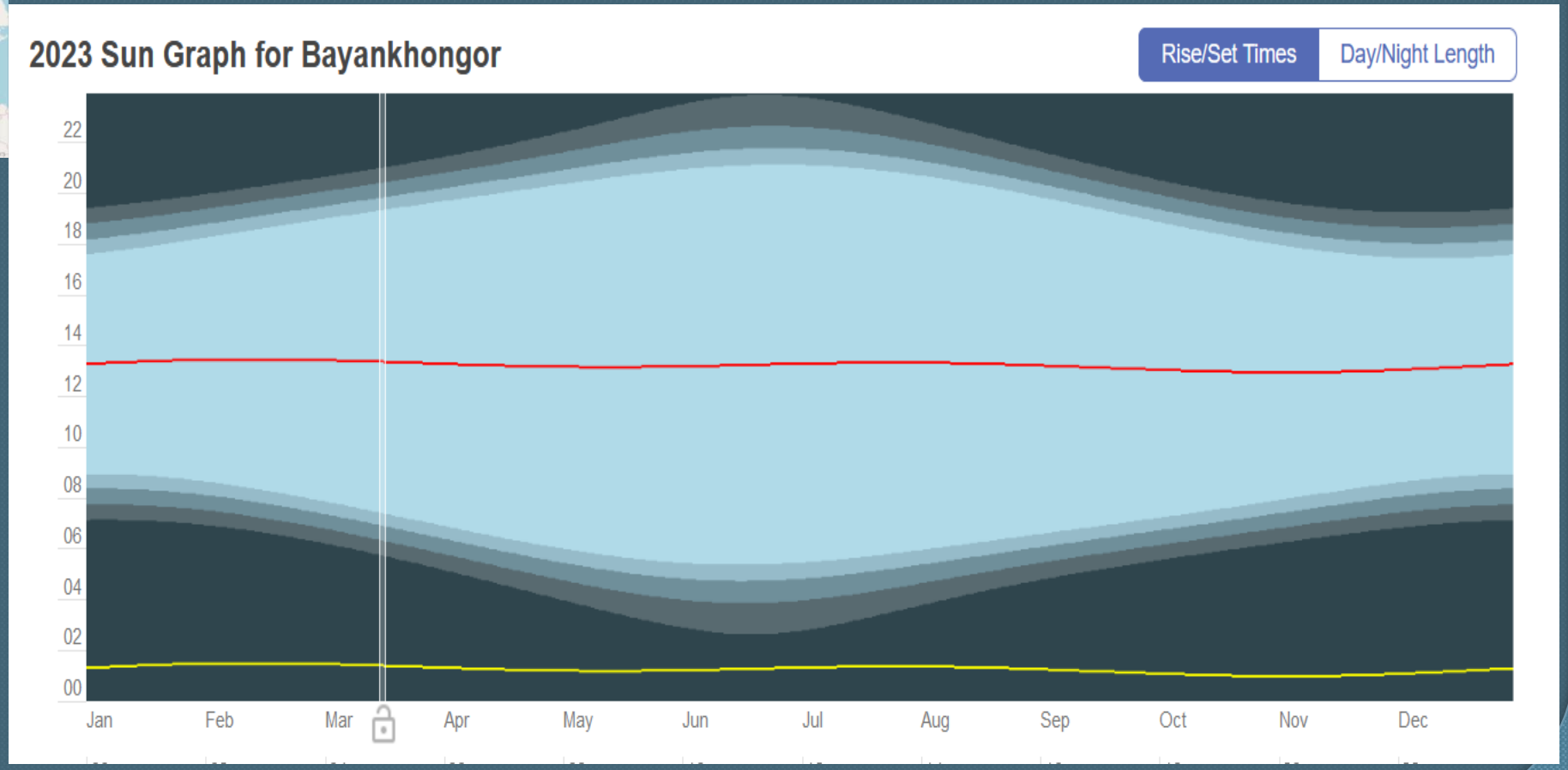
Shubuh sekitar pukul 04.00.
Maghrib sekitar pukul 18.00.



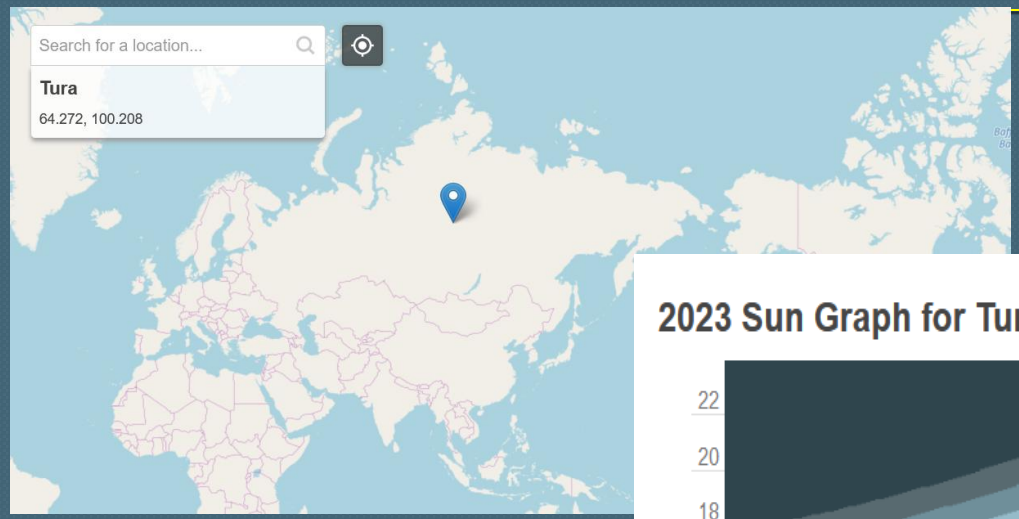
Waktu Puasa dan Shalat di Lintang 46°



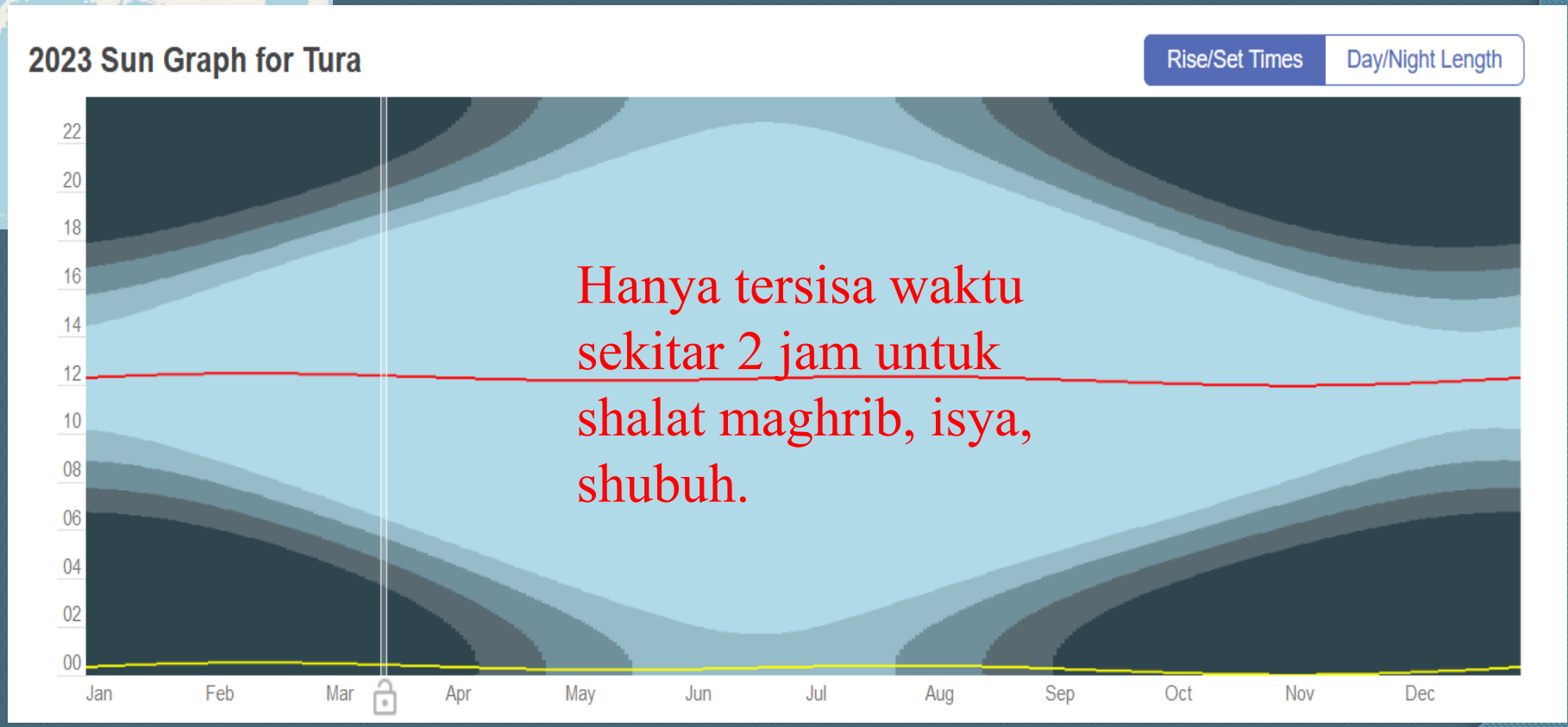
Shubuh sekitar pukul 06.30 (winter) – 02.00 (summer). Maghrib sekitar pukul 17.00 (winter) – 20.00 (summer)



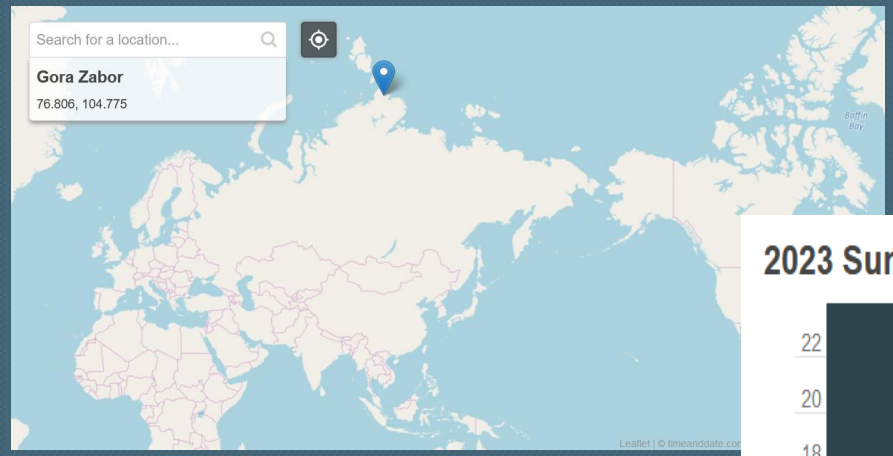
Waktu Puasa dan Shalat di Lintang 64°



- Shubuh sekitar pukul 06.00 (winter) – 00.00 (normal, April & Sept), bersambung shubuh (mengikuti waktu normal).
- Maghrib pk 14.00 (winter) – pk 22.00 (summer).



Waktu Puasa dan Shalat di Lintang 76o



- Shubuh sekitar pukul 07.00 (winter) – 00.00 (normal, Maret dan Oktober), bersambung waktu shubuh (mengikuti waktu normal).
- Maghrib Nov – Feb malam terus, sekitar pukul 12.00 (normal winter, Feb & Nov) – 23.00 (normal summer, Apr & Sept), midnight sun (Apr – Sept, mengikuti waktu normal)

