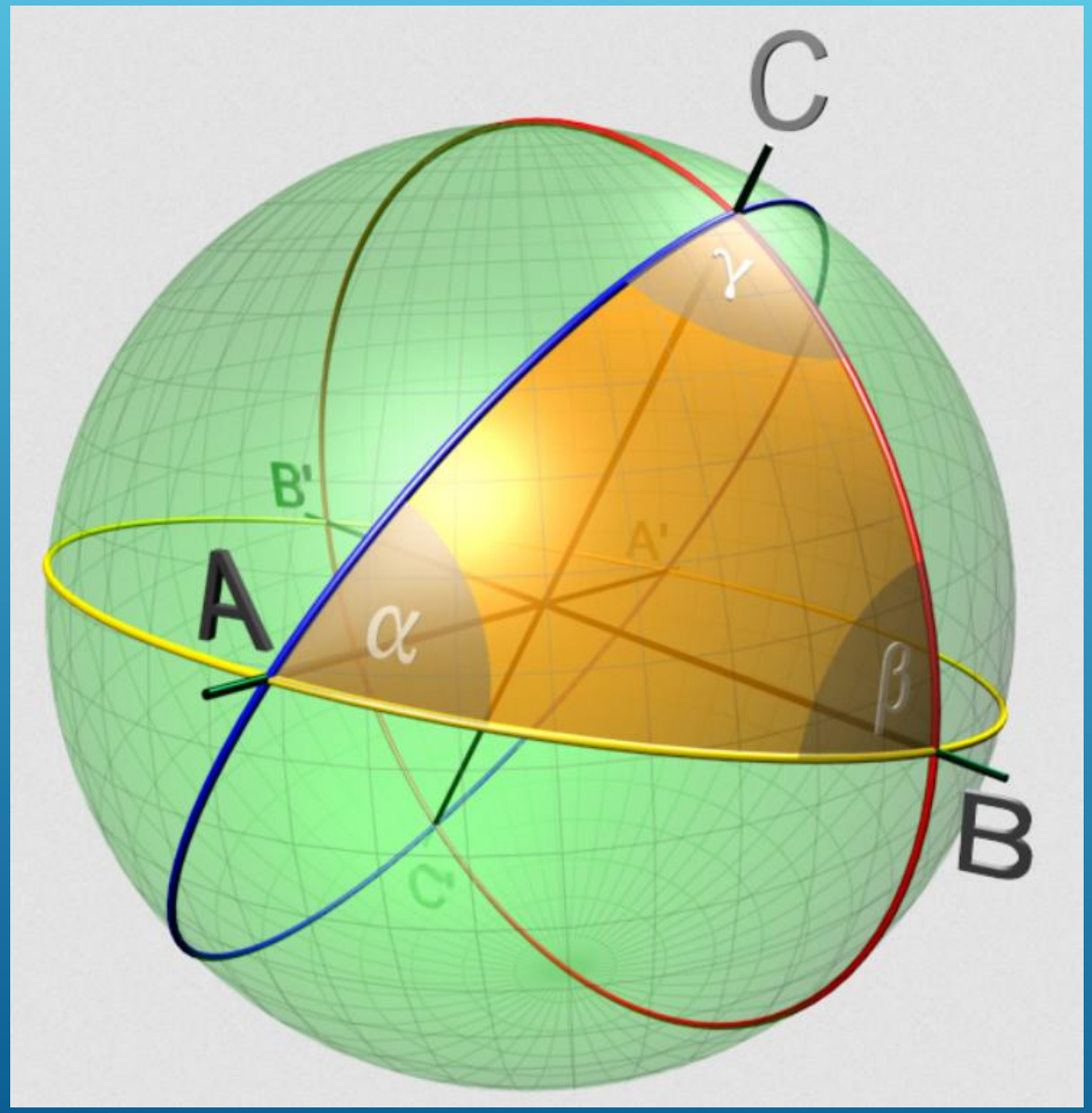
# SEGI TIGA BOLA DAN PENENTUAN ARAH KIBLAT

Thomas Djamaluddin
Profesor Riset
Astronomi – Astrofisika
Pusat Riset Antariksa, BRIN
https://tdjamaluddin.wordpress.com/

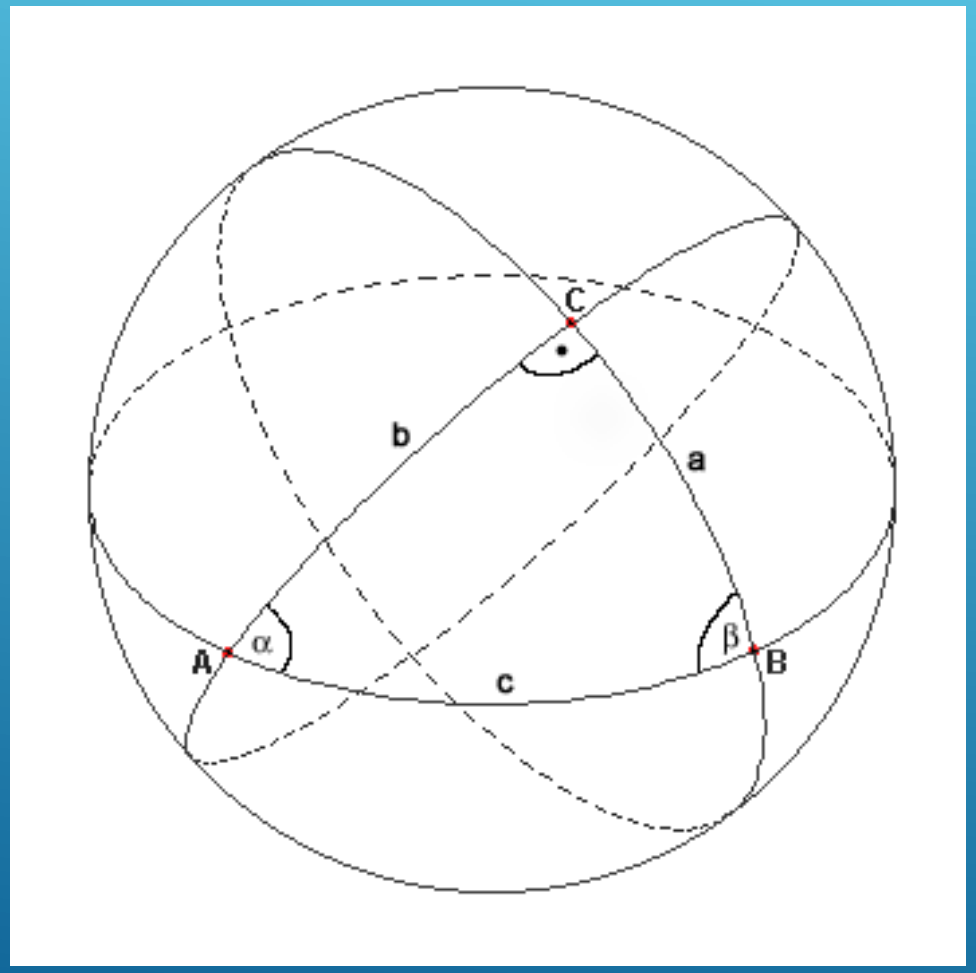
* Gambar-gambar pada paparan ini diambil dari berbagai sumber di internet.

# GEOMETRI BOLA




- Setiap dua lingkaran besar berpotongan di dua titik yang berlawanan secara diametral, yang disebut **titik antipodal**.
- Setiap dua titik yang bukan titik antipodal menentukan lingkaran besar yang unik.

# SEGITIGA BOLA




**Segitiga bola** digunakan untuk perhitungan arah dan jarak sudut pada bola langit dan bola bumi.

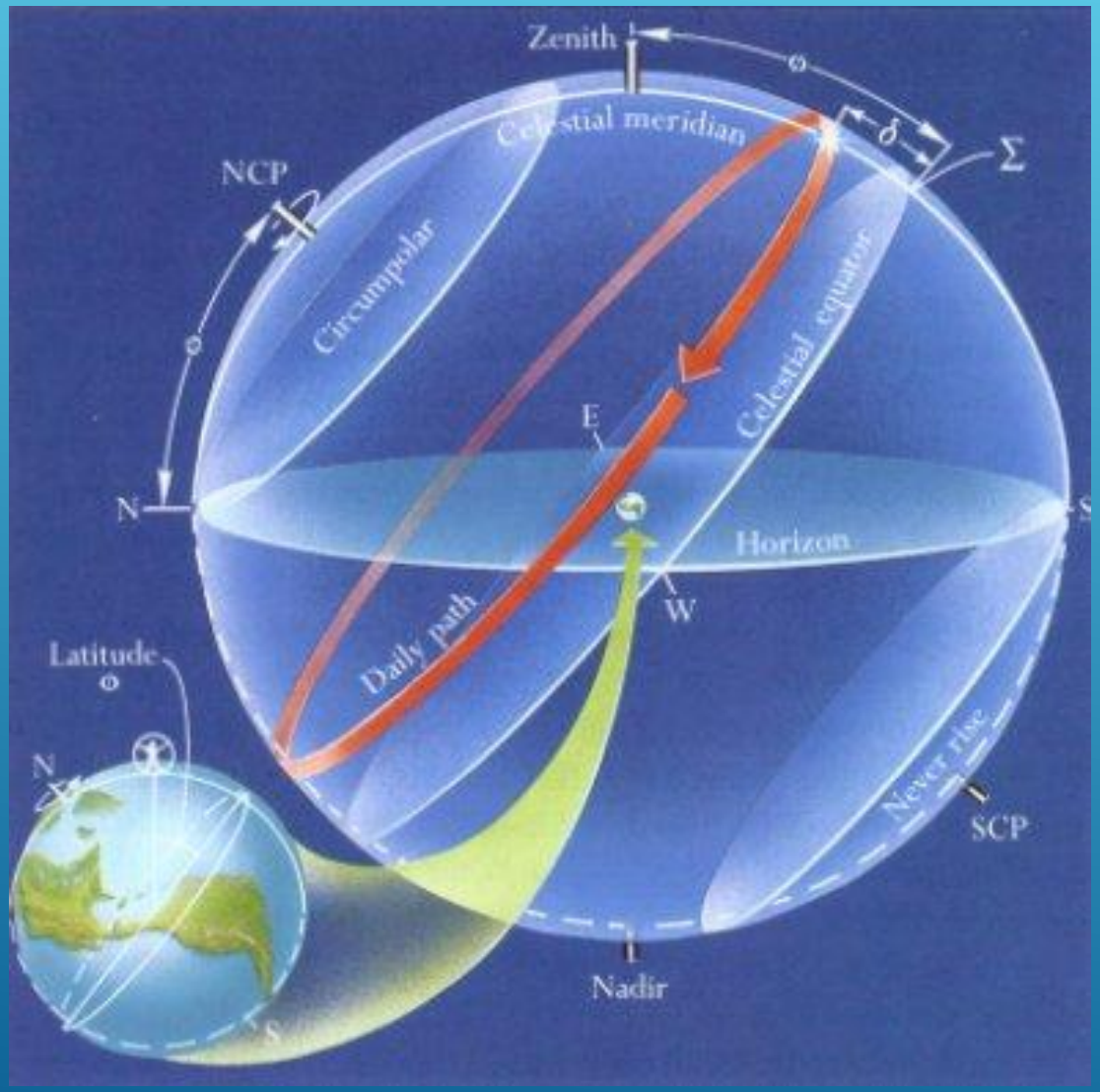
Unsur utama: **lingkaran besar** (lingkaran yang terbentuk dari irisan bola melalui pusat bola).

Segitiga bola dibentuk oleh tiga lingkaran besar.

Besar sudut ditandai dengan huruf kapital.

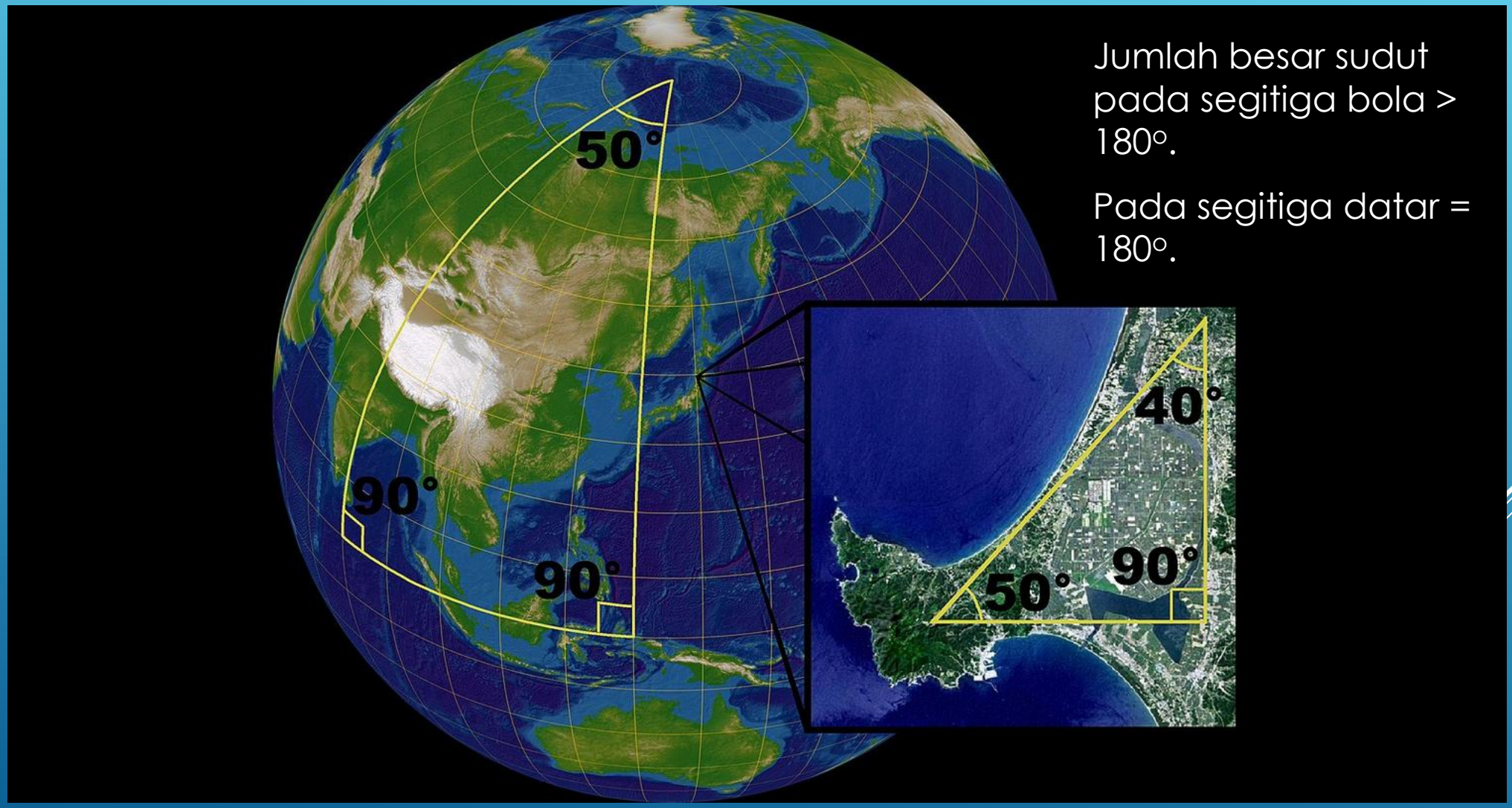
Besar busur ditandai dengan huruf  kecil.

# BOLA LANGIT DAN BOLA BUMI




Bagaimana menyatakan arah dan jarak pada bola bumi atau bola langit?

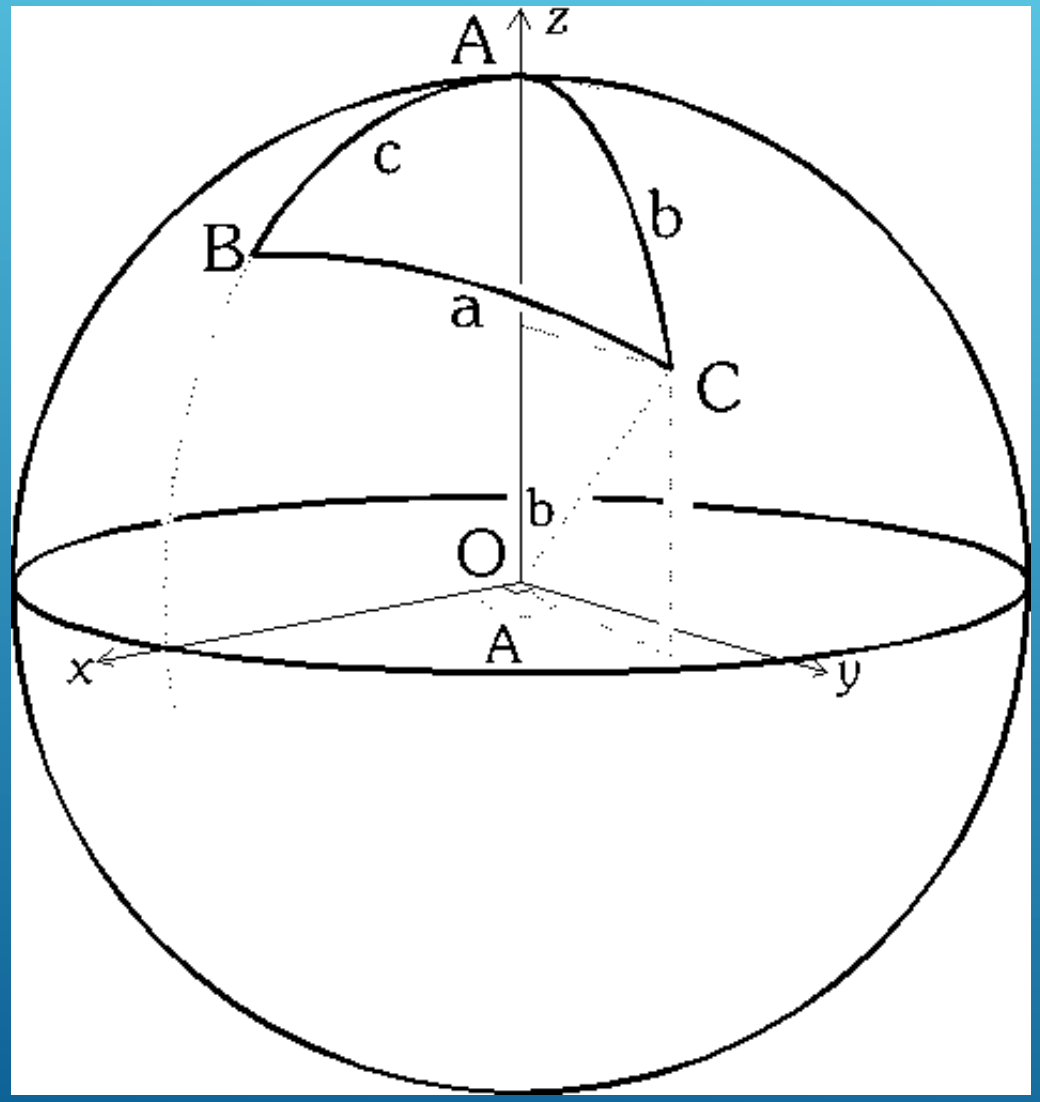
# SIFAT SEGITIGA BOLA




Jumlah besar sudut pada segitiga bola > 180°.

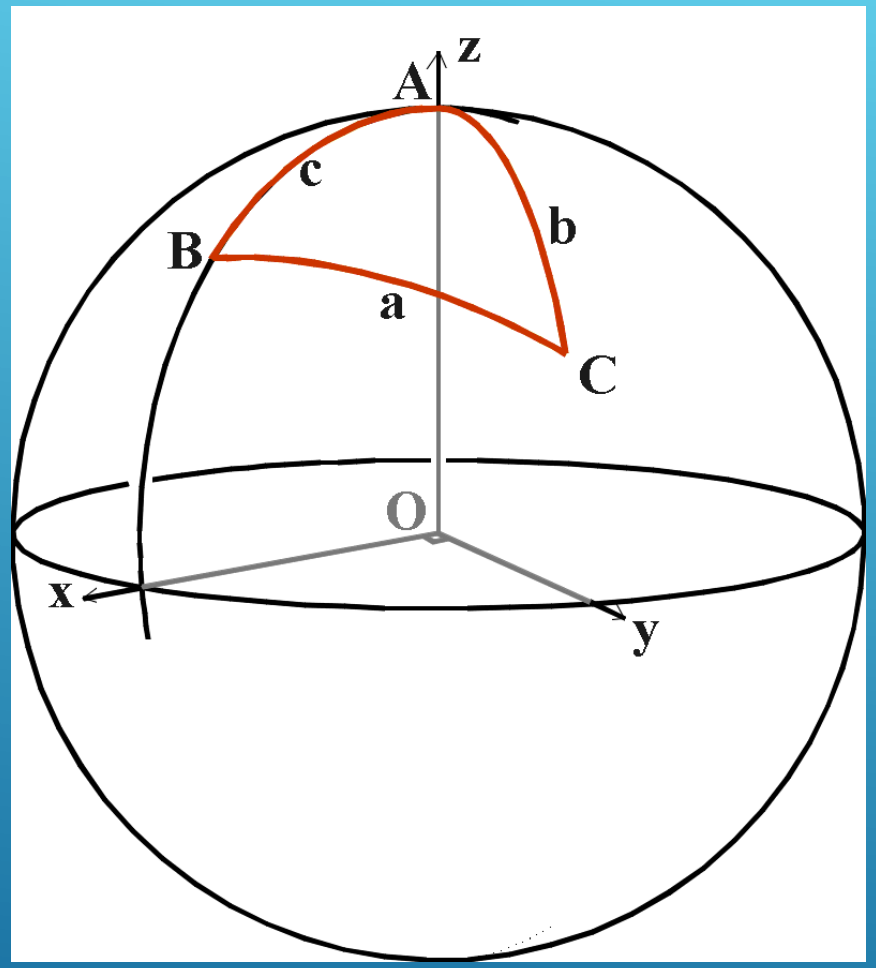
Pada segitiga datar = 180°.

# SEGITIGA BOLA




Ada hubungan antara besar sudut dan besar busur dengan besar sudut pada pusat bola. Karenanya besar sudut dan besar busur punya hubungan.

Bandingkan dengan segitiga datar: besar sudut dan panjang sisi tidak ada hubungan




Untuk mengetahui arah dan jarak pada bola bumi dan bola langit digunakan rumus-rumus segitiga bola.

Pada segi tiga bola berlaku rumu2-rumus berikut:

Aturan Cosinus

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Aturan sinus:

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

dan

$$\cos A = -\cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a$$

# PERSAMAAN SEGITIGA BOLA

**Rumus-rumus utama**

1. sin k/sin m = sin K/sin M (**Rumus Sinus**)
2. cos k = cos l . cos m + sin l . sin m . cos K (**Rumus Cosinus 1**)
3. cos K = - cos L . cos M + sin L . sin M . cos k (**Rumus Cosinus 2**)
4. sin k cos L = cos l . sin m - sin l . cos m . cos K (**Rumus Sinus-Cosinus 1**)
5. sin K cos l = cos L . sin M - sin L . cos M . cos k (**Rumus Sinus-Cosinus 2**)

**Rumus-rumus turunan**

6. Tentukan s = (k + l + m)/2, maka
   sin K/2 = √[{sin(s-l).sin(s-m)}/{sin l . sin m}]
   (**Rumus semiangle**).
7. Tentukan S = (K + L + M)/2, maka
   cos k/2 = √[{sin(S-L).sin(S-M)}/{sin L . sin M}]
   (**Rumus semiperimeter**).
8. tan (K+L)/2 = cotan M/2 . cos (k-l)/2 / cos (k+l)/2
   tan (K-L)/2 = cotan M/2 . sin (k-l)/2 / sin (k+l)/2
   (**Rumus analogi Napier 1**)
9. tan (k+l)/2 = tan m/2 . cos (K-L)/2 / cos (K+L)/2
   tan (k-l)/2 = tan m/2 . sin (K-L)/2 / sin (K+L)/2
   (**Rumus analogi Napier 2**)
10. Gabungan rumus, misalnya:
    Dari rumus (1) : sin L = sin K . sin l / sin k
    Bila semua ruas dibagi cos L, maka diperoleh
    tan L = sin L / cos L = (sin K . sin l)/ (sin k . cos L).
    Gunakan rumus (4), maka diperoleh:
    **tan L = sin K / (sin m / tan l - cos m . cos K)**

# PERSAMAAN SEGITIGA BOLA

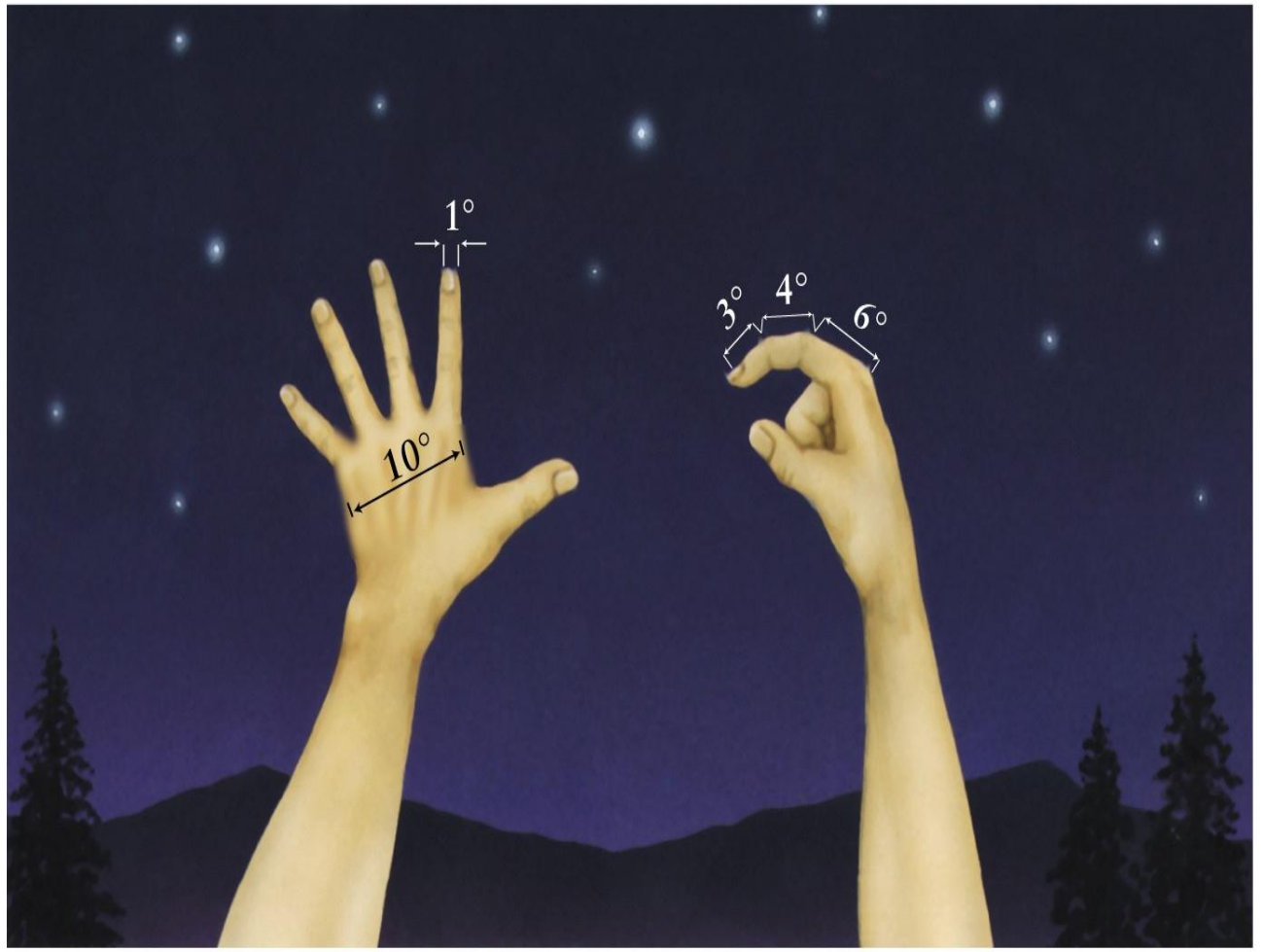
| Diketahui | Diperlukan | Rumus yang digunakan |
|---|---|---|
| k, l, m | K, L, M | Semiangle (6) |
| K, L, M | k, l, m | Semiperimeter (7) |
| k, l, M | K, L, m | K dan L : Analogi Napier 1 (8)<br>m : cosinus 1 (2) |
| K, L, m | k, l, M | k dan l : analogi Napier 2 (9)<br>M : cosinus 2 (3) |
| K, k, L | l, M, m | l : Sinus (1)<br>M : analogi Napier 1 (8) dengan memasukkan perolehan l.<br>m : analogi Napier 2 (9) dengan memasukkan perolehan l. |

# JARAK SUDUT DI LANGIT (ANGULAR DISTANCE)

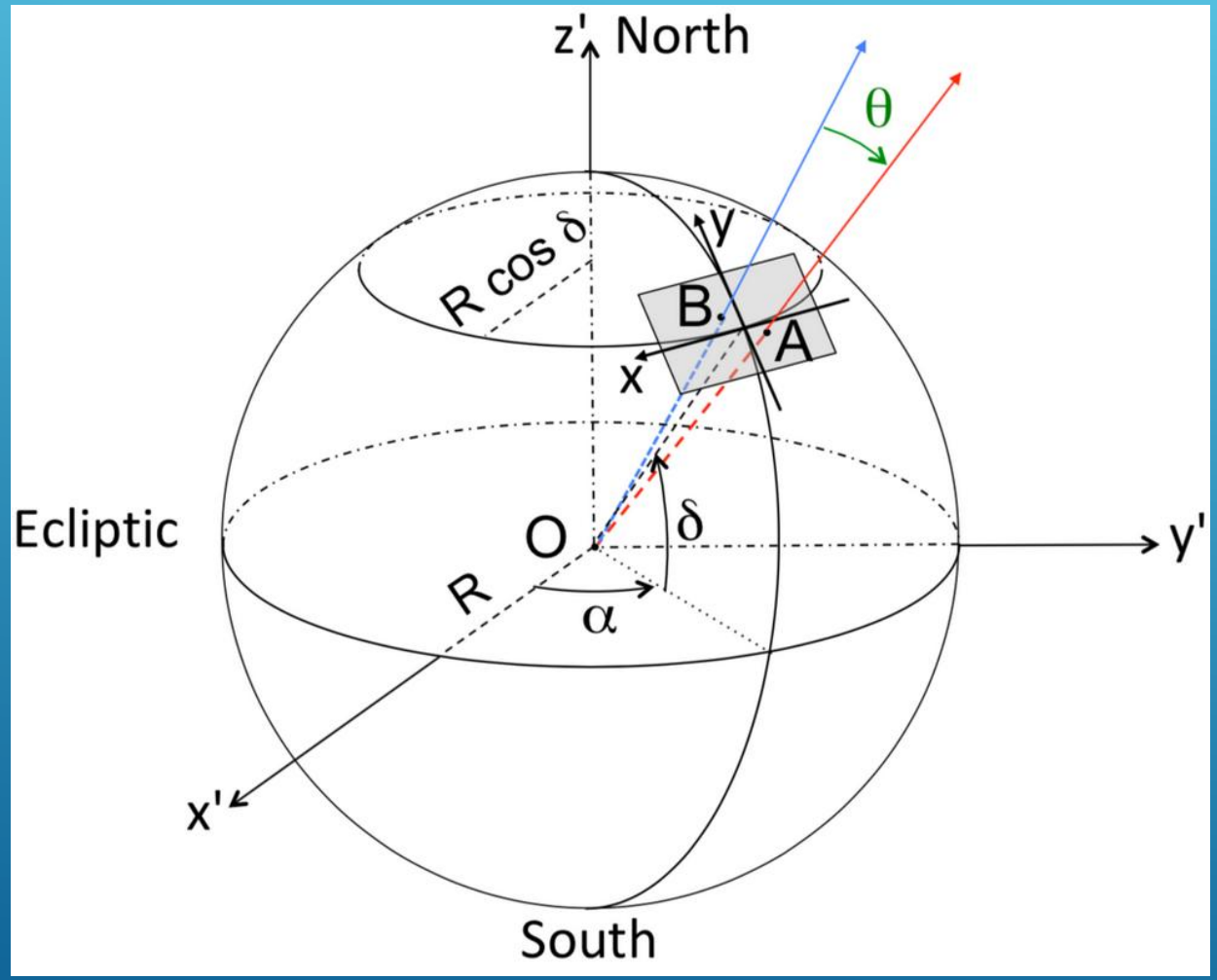
# UKURAN DERAJAT DI BOLA LANGIT

Kita dapat mengukur jarak atau besar objek langit dengan menggunakan jari atau tangan yang direntangkan ke depan.

- Diameter sudut bulan purnama atau matahari sekitar 0,5°. Jadi kalau diukur dengan jari yang direntangkan ke depan, lebar matahari atau purnama sekitar 0,5 lebar jari.
- Bulan bergerak ke timur sekitar 13° per hari. Jadi bulan sabit setiap hari akan makin tinggi sekitar sekepalan tangan.



# Menentukan Jarak Sudut di Langit




$$\theta \approx \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2}$$

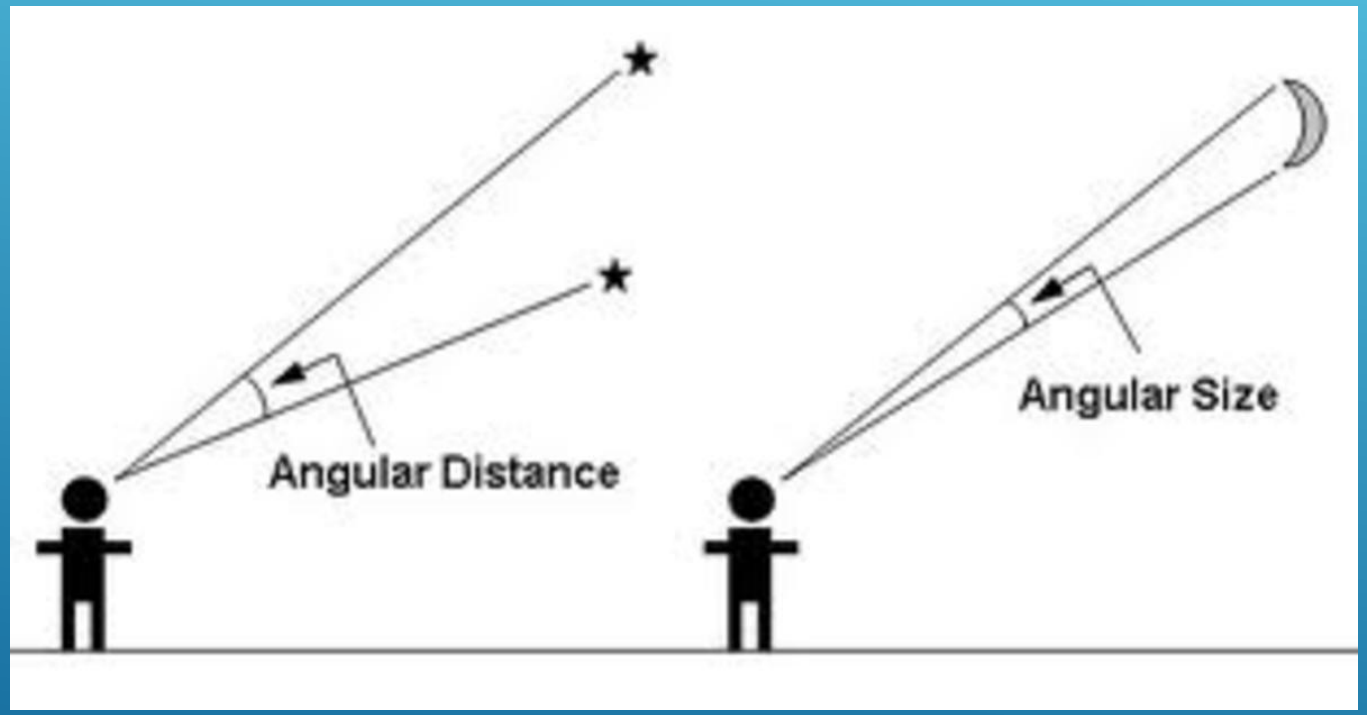
where $\delta x = (\alpha_A - \alpha_B)\cos\delta_A$ and $\delta y = \delta_A - \delta_B$.

Untuk kasus penentuan elongasi bulan-matahari:

- $\delta$x : beda azimuth.
- $\delta$y : beda tinggi

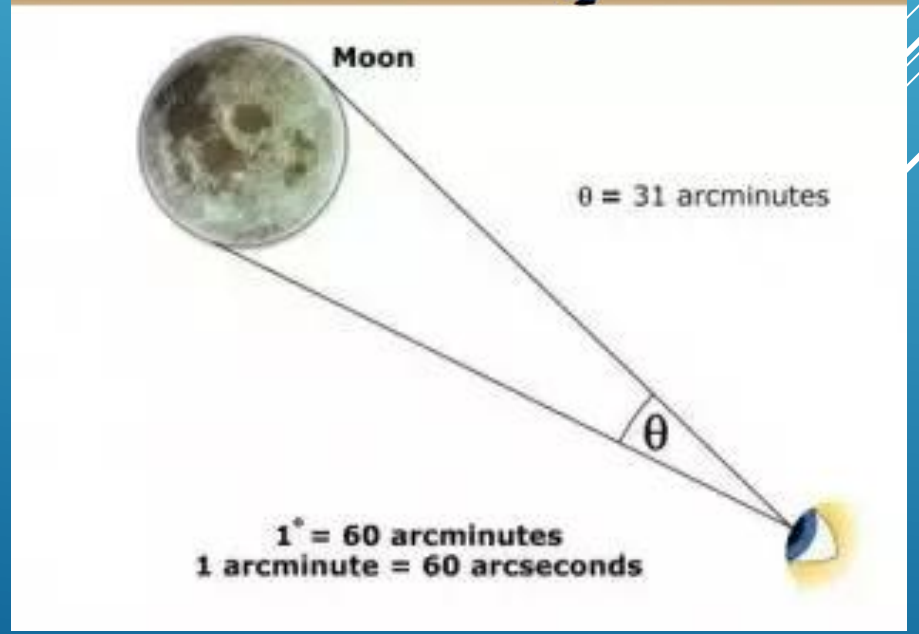
Karena di ufuk, h=0, cos h = 1, jadi elongasi = $\sqrt{(\delta Az^2 + \delta h^2)}$

# JARAK SUDUT DAN UKURAN SUDUT

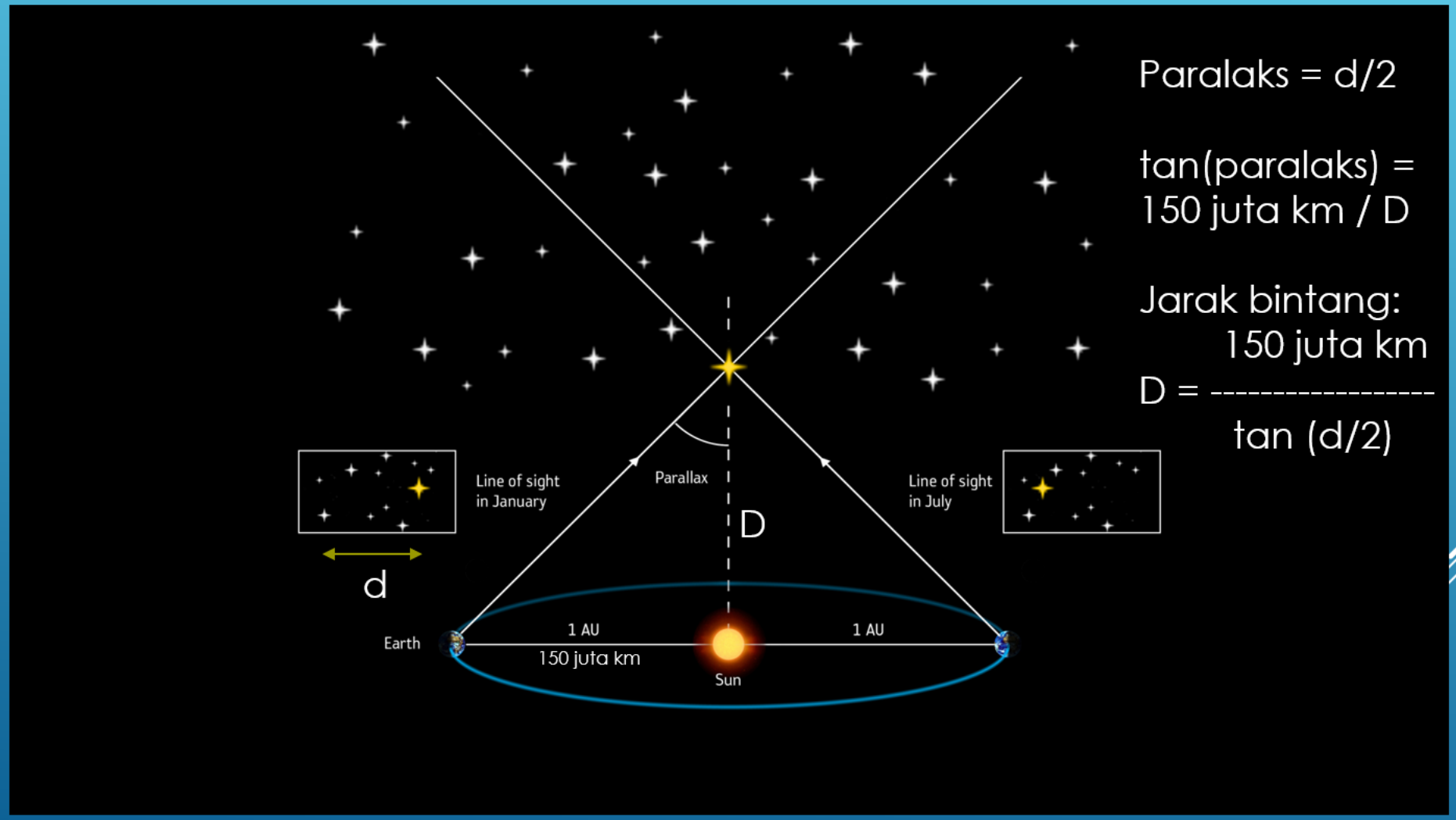




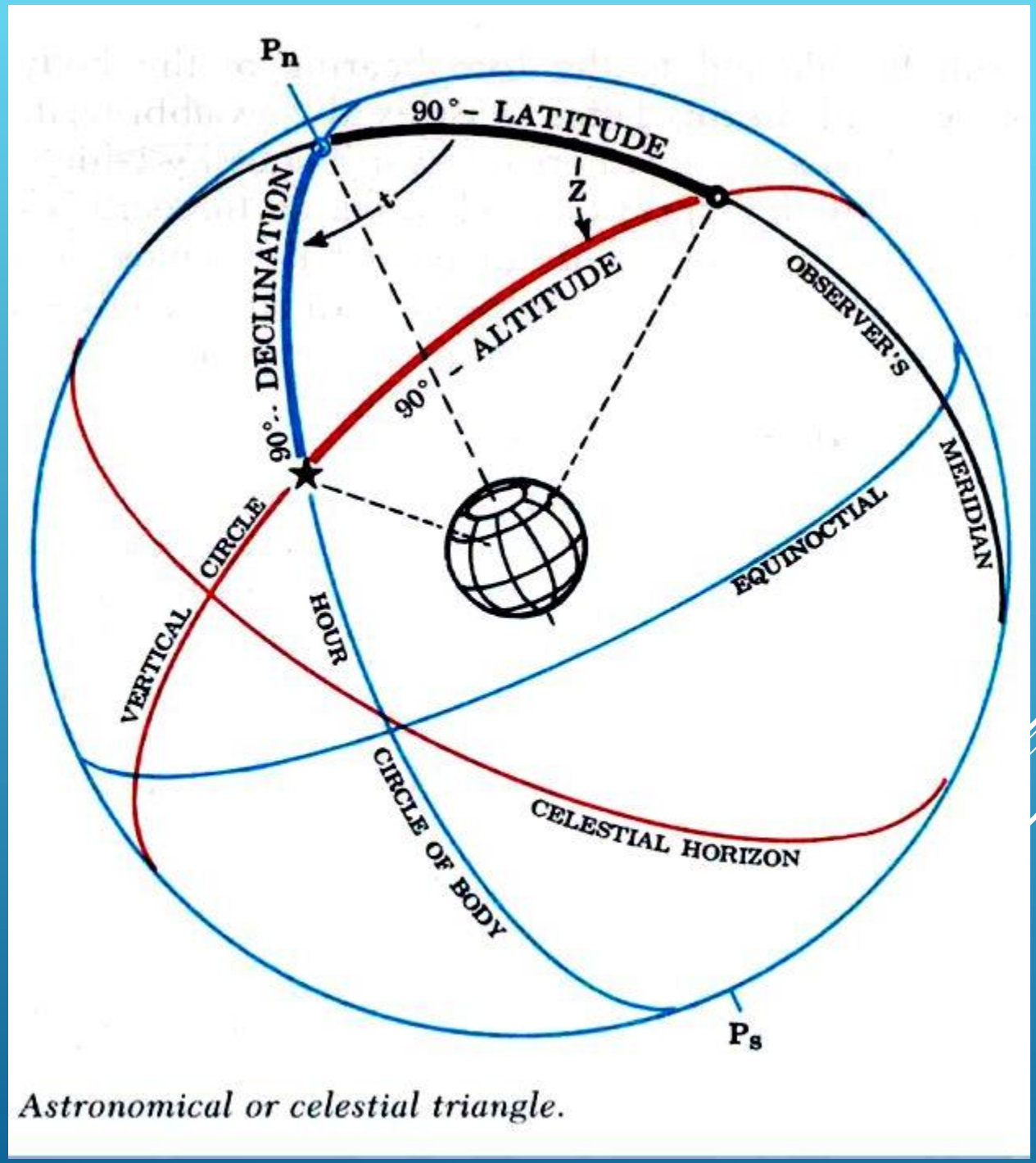




# MENGHITUNG JARAK BINTANG DENGAN METODE PARALAKS



# SEGITIGA BOLA DI LANGIT




*Astronomical or celestial triangle.*

# PENENTUAN ARAH KIBLAT

# PENERAPAN UNTUK ARAH QIBLAT

Contoh pemakaian paling sederhana adalah dalam penentuan arah Kiblat. Perhatikan gambar. K : Kutub utara bumi. L : Lahore. Dan M : Mekkah. Yang diketahui: Lintang dan bujur kota L dan M. Berarti parameter yang diketahui pada segitiga bola:

K = beda bujur L dan M.

l = 90° - lintang M.

m = 90° - lintang L.

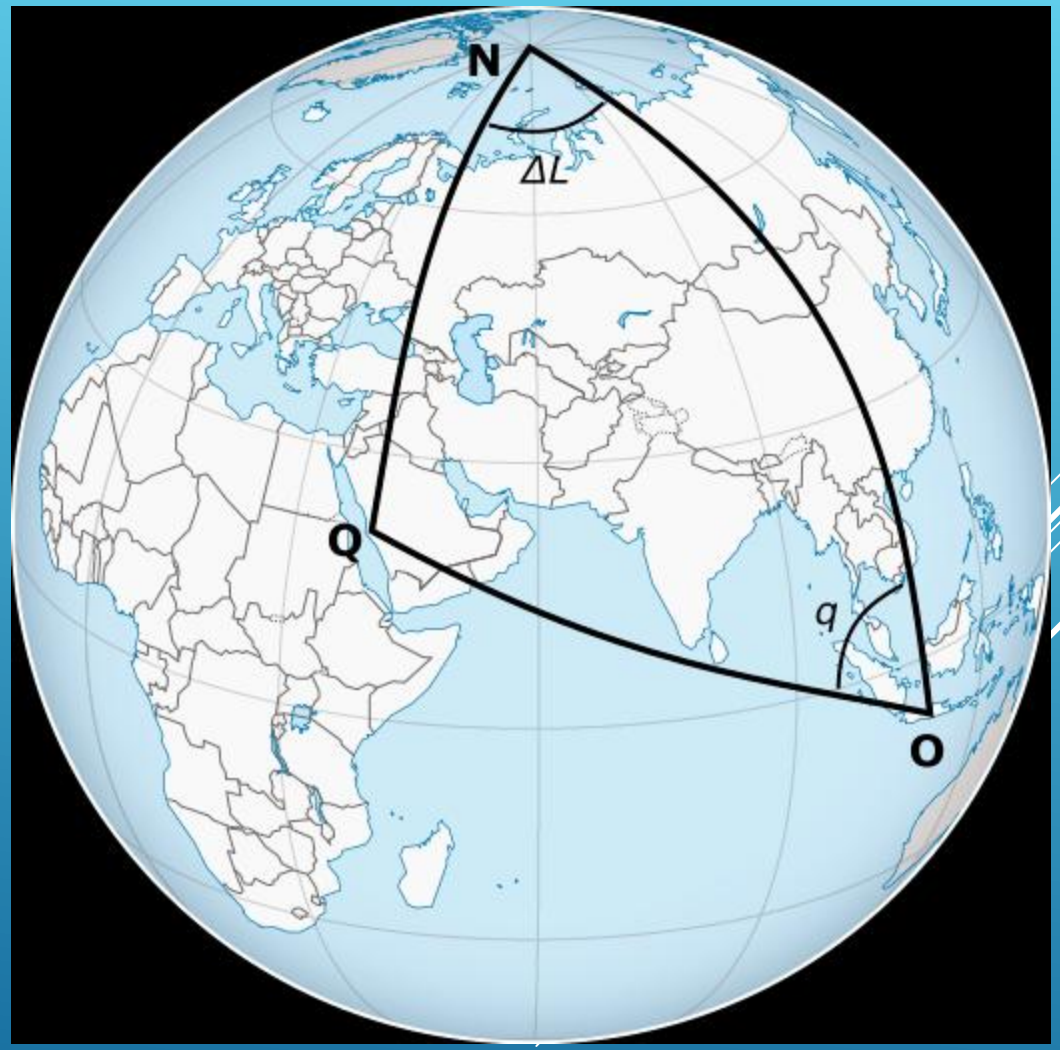
(Satu huruf kapital, dua huruf kecil).

Yang ditanyakan arah qiblat dari L, yaitu sudut L. Ini bisa diselesaikan dengan rumus analogi Napier 1 (8) atau hasil turunan pada rumus (10). Pada program sederhana ini digunakan rumus (10).

Salah satu aplikasi segi tiga bola adalah untuk perhitungan arah kiblat.

$$\tan q = \frac{\sin \Delta L}{\sin \phi \cos \Delta L - \cos \phi \tan \phi_Q}, \text{ or}$$

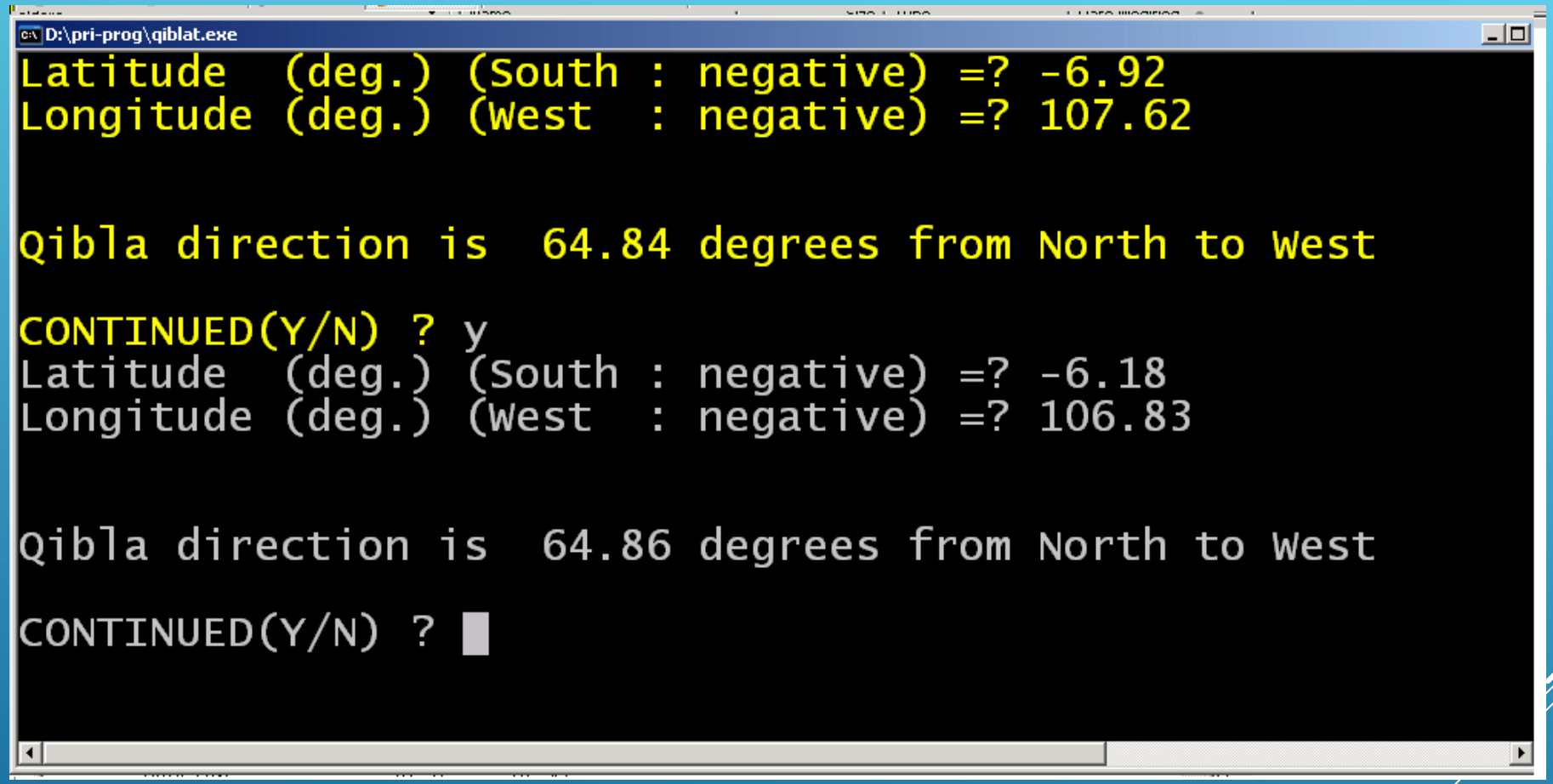
$$q = \arctan\left(\frac{\sin \Delta L}{\sin \phi \cos \Delta L - \cos \phi \tan \phi_Q}\right)$$



# PERHITUNGAN ARAH QIBLAT DENGAN RUMUS SEGITIGA BOLA

```
120 INPUT “Lintang (derajat.) (Selatan : negatif) =";PHI
130 INPUT “Bujur (deerajat) (Barat  : negatif) =";LAMD
140 RAD = 3.14159/180
150 K = (90 - 21.43)*RAD
160 M = (90 - PHI)*RAD
170 P = ABS(LAMD – 39.75)*RAD
180 N =ATN(SIN(P)/(SIN(M)/TAN(K)-COS(M)*COS(P)))/RAD
190 IF N<0 THEN N=N+180
200 S$ = " derajat dari Utara ke Timur"
210 SW$= " derajat dari Utara ke Barat"
220 IF LAMD>39.75 OR LAMD<(-180+39.75) THEN S$ = SW$
230 PRINT :PRINT :PRINT “Arah Qiblat adalah ";
270 IF N=0 AND PHI=21.43 THEN PRINT SS$: END
280 PRINT USING "###.##";N;: PRINT S$
```

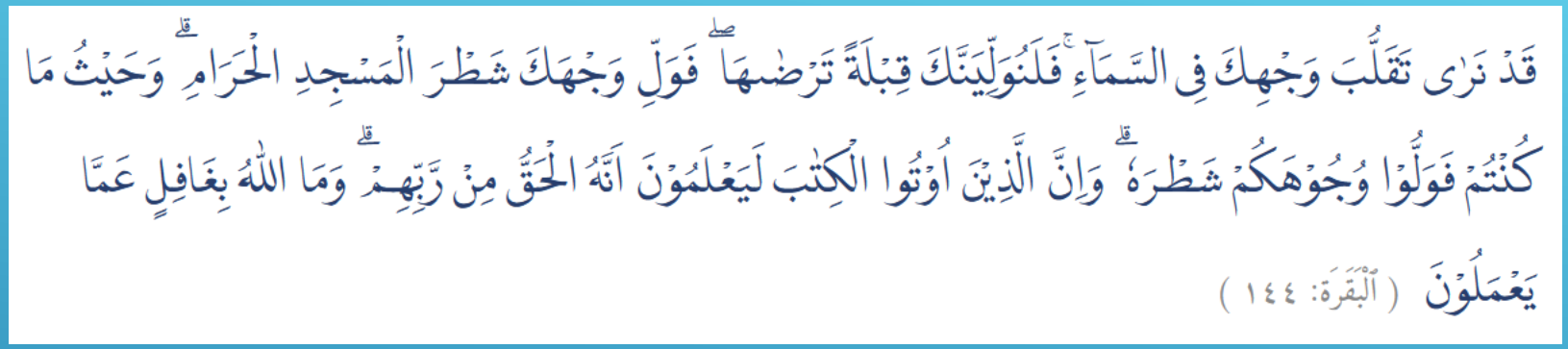
# CONTOH HASIL




Untuk Bandung 64,84$^o$ dari Utara ke Barat, atau 25,16$^o$ (25$^o$10') dari Barat ke Utara.

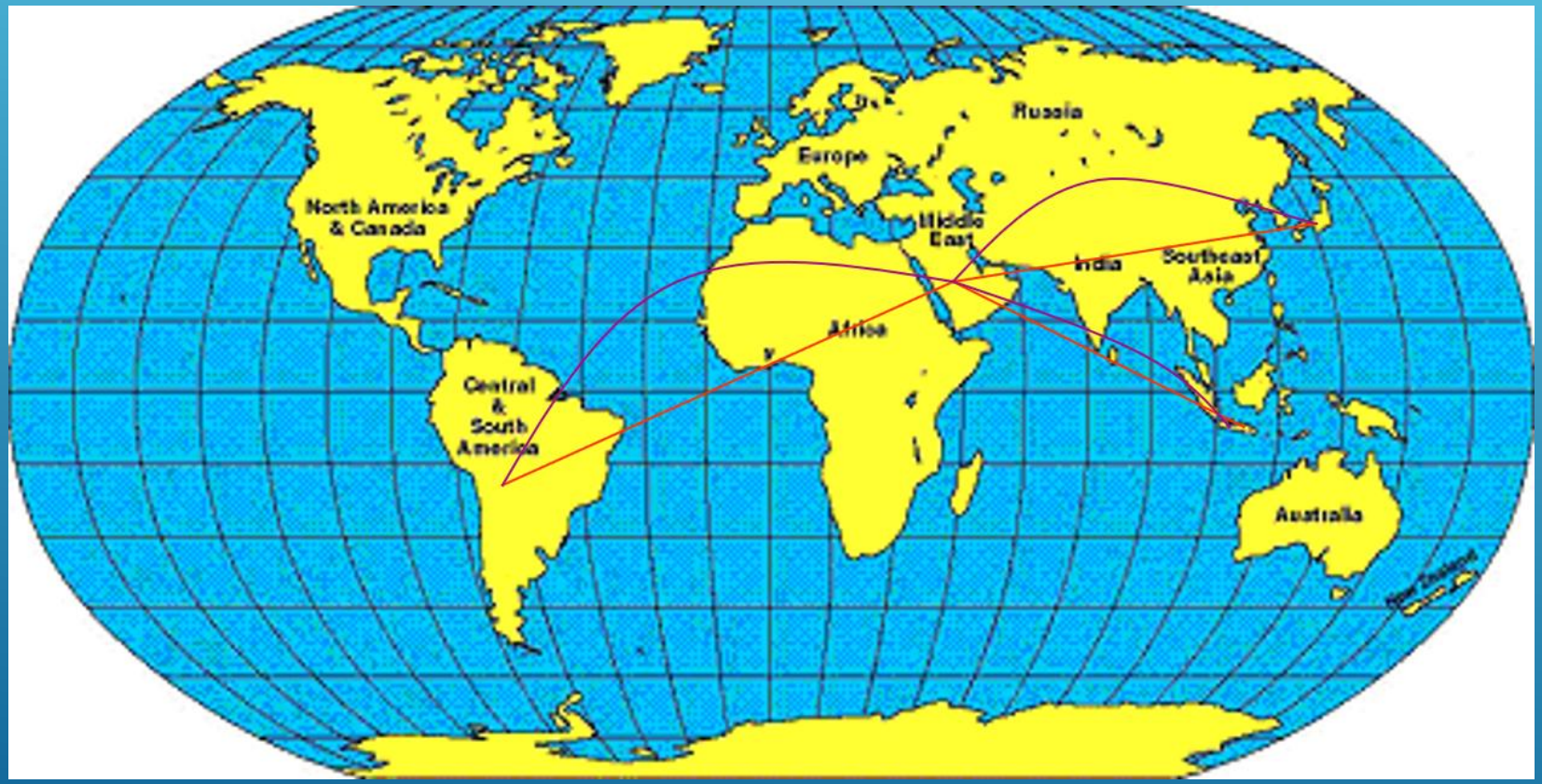
Untuk Jakarta, 64,86$^o$ dari Utara ke Barat, atau 25,14$^o$ (25$^o$8') dari Barat ke Utara

# PERINTAH SHALAT MENGHADAP KA'BAH DI MASJIDIL HARAM


قَدْ نَرٰى تَقَلُّبَ وَجْهِكَ فِى السَّمَاۤءِ ۚ فَلَنُوَلِّيَنَّكَ قِبْلَةً تَرْضٰىهَا ۖ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ ۗ وَحَيْثُ مَا
كُنْتُمْ فَوَلُّوْا وُجُوْهَكُمْ شَطْرَهٗ ۗ وَاِنَّ الَّذِيْنَ اُوْتُوا الْكِتٰبَ لَيَعْلَمُوْنَ اَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَّبِّهِمْ ۗ وَمَا اللّٰهُ بِغَافِلٍ عَمَّا
يَعْمَلُوْنَ ( اَلْبَقَرَة: ١٤٤ )

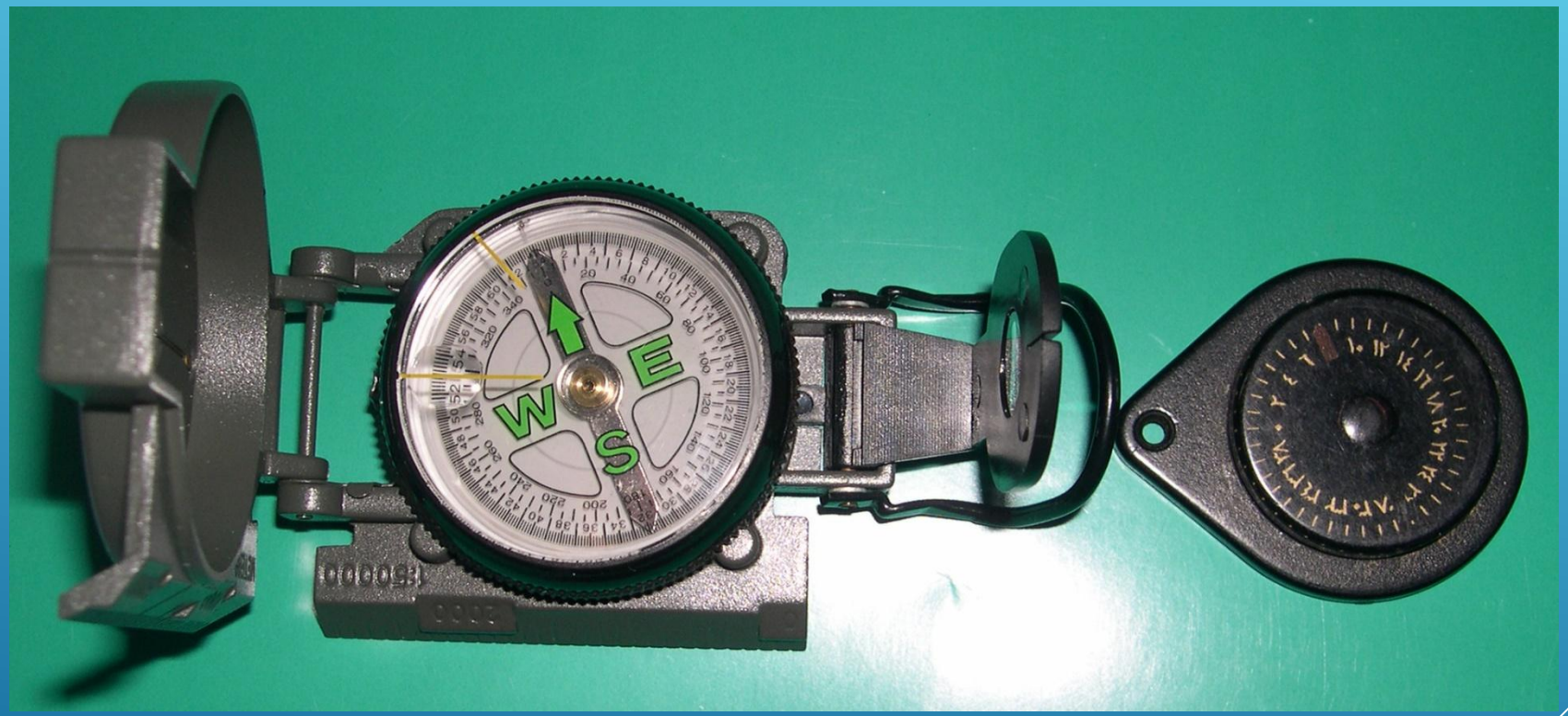
QS 2 (Al-Baqarah): 144.
Sungguh Kami (sering) melihat mukamu menengadah ke langit, maka sungguh Kami akan memalingkan kamu ke kiblat yang kamu sukai. Palingkanlah mukamu ke arah Masjidil Haram. Dan di mana saja kamu berada, palingkanlah mukamu ke arahnya. Dan sesungguhnya orang-orang (Yahudi dan Nasrani) yang diberi Al Kitab (Taurat dan Injil) memang mengetahui, bahwa berpaling ke Masjidil Haram itu adalah benar dari Tuhannya, dan Allah sekali-kali tidak lengah dari apa yang mereka kerjakan.

# MENENTUKAN ARAH DARI PETA: HATI-HATI GUNAKAN PETA DATAR



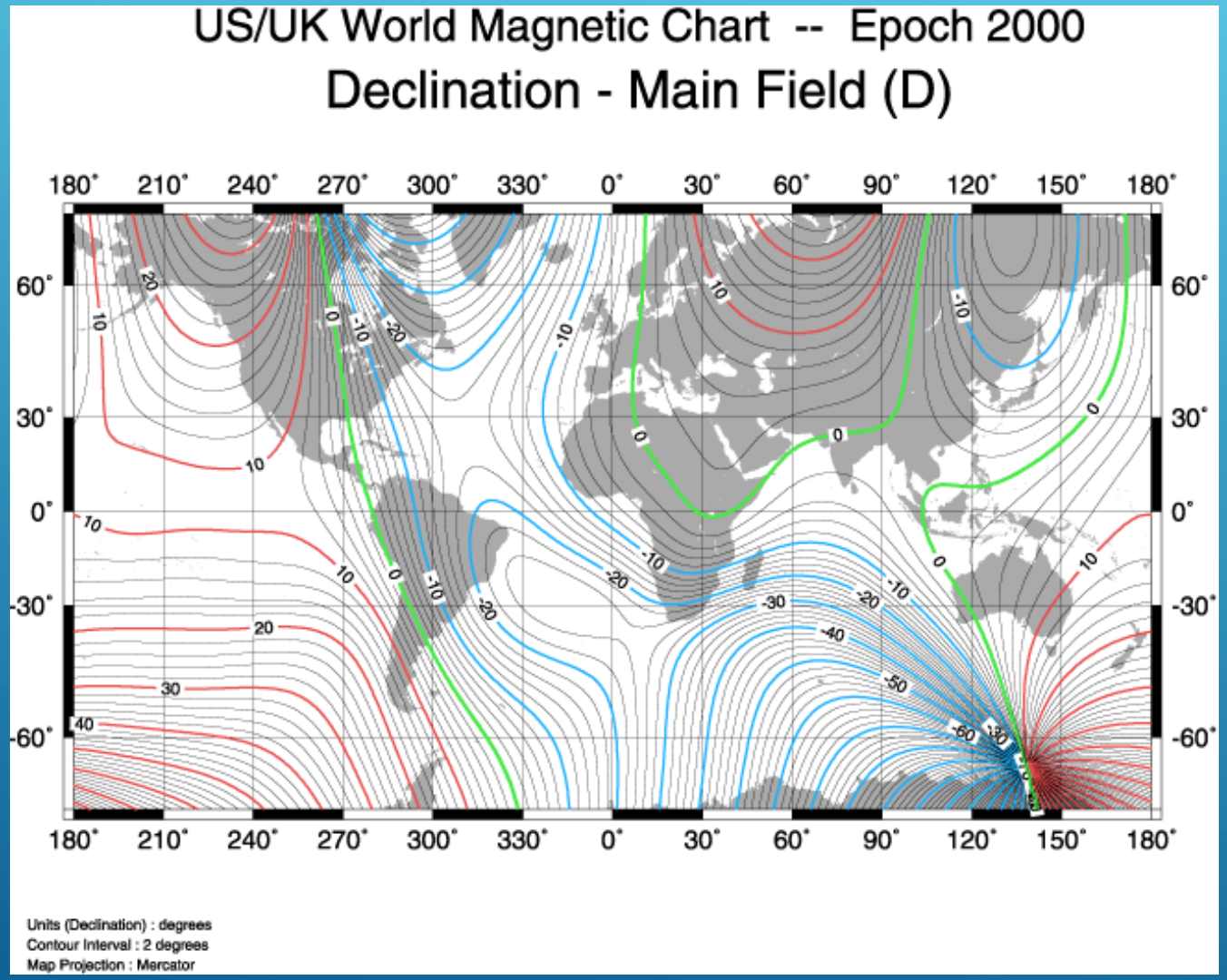



# PENENTUAN ARAH QIBLAT DENGAN KOMPAS



# INGAT
# PENYIMPANGAN KOMPAS






Di Indonesia Tengah dan Timur, arah Utara magnetik menyimpang +2° – +4° (ke arah Timur). Tentukan dulu arah Utara sebenarnya sebelum mengukur.

# PENENTUAN ARAH QIBLAT DENGAN TEODOLIT

- Beri tanda titik di bawah teodolit sebagai acuan arah.
- Arahkan teodolit ke matahari (jangan melihat lewat okuler bila tidak ada filter matahari). Set menjadi 0 dan kunci.
- Catat waktunya dan lihat azimut matahari dari almanak/program astronomi, misalnya pada 8 September, pukul 15.00 WIB dari Bandung, azimut matahari pada 283° 32'
- Tentukan arah Utara sebenarnya berdasarkan azimut matahari. Arah Utara = 360° - 283° 32' = 76° 28" ke arah kanan.
- Tentukan Arah Qiblat dari posisi Utara sebenarnya.

# PENENTUAN ARAH QIBLAT DENGAN TEODOLIT




Arahkan teodolit ke matahari, perkirakan dari indikator arah

Set 0 setelah posisi matahari diperoleh.

Kunci

# PENENTUAN ARAH QIBLAT DENGAN TEODOLIT




Putar teodolit ke arah utara sebenarnya, berdasarkan data azimut matahari.

Set teodolit 0 derajat.

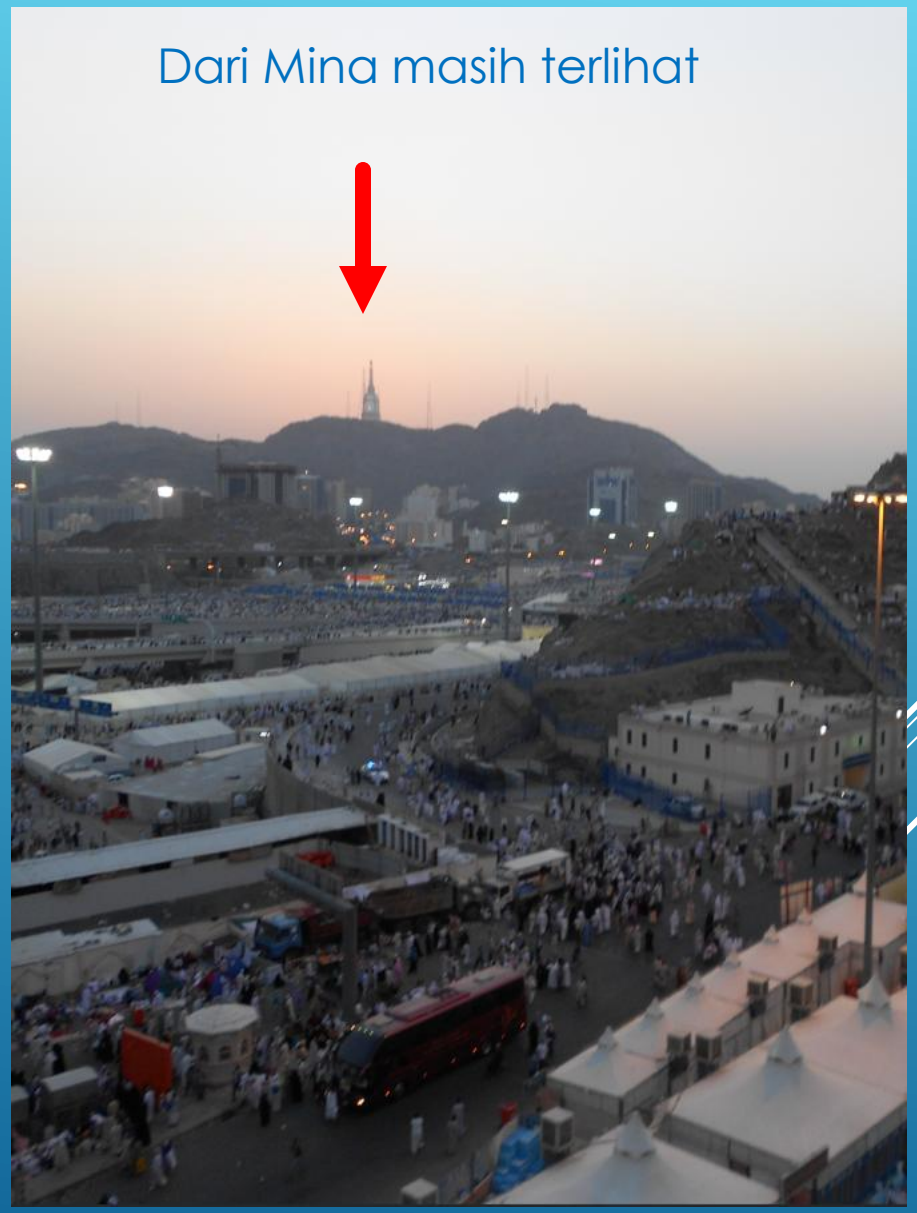
Arahkan teodolit sesuai arah perhitungan arah qiblat

Lihat dari teropong dan indikator arah untuk menandai titik arah qiblat

Menara Jam (Clock Tower) setinggi 600 meter terlihat dari tempat yang jauh, jadi penunjuk arah masjidil haram.



Dari Mina masih terlihat

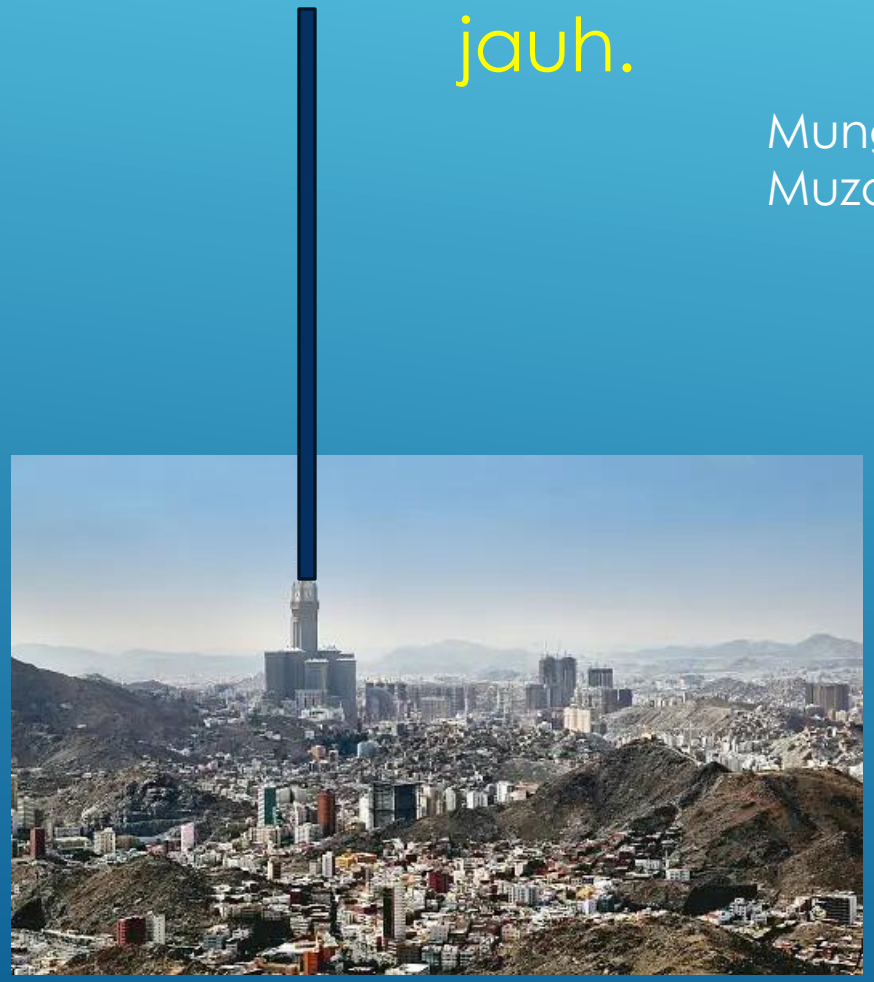



AL UTAYBIYYAH
King Faisal Hospital
مستشفى الملك فيصل
جبل الطارقي
الشرائع مكة المكرمة
Park
Makkah
مكة
15
AZIZIYAH
العزيزية
MINA
منى
4029
MISFALAH
المسفلة
KUDAY
كدي
جلسة فنانه
Park
MUZDALIFA
مزدلفة
Thour Cave
غار ثور
AN NASEEM
النسيم
BATHA QURAISH
بطحاء قريش
ساحة دان
3
مسجد نمرة
مسجد نمرة عرفات
7
Arafat - Ground
عرفات
Ash Shishah
4
6

# BAYANGKAN KALAU MENARA JAM DIBUAT MAKIN TINGGI

Tanda lokasi Masjid Haram bisa dilihat dari jarak yang makin jauh.

Mungkin bisa terlihat sampai Muzdalifa dan Arafah

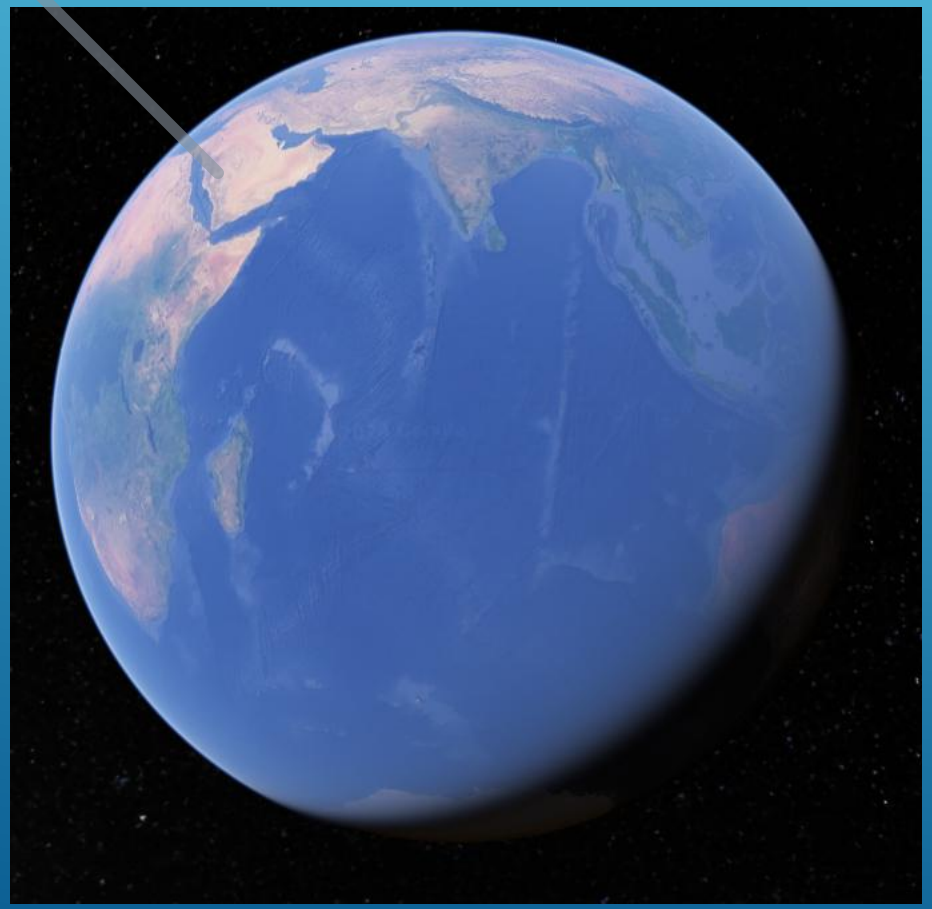


# KALAU DI ATAS MEKKAH DIPASANG BALON BERCAHAYA PADA KETINGGIAN PULUHAN KM,



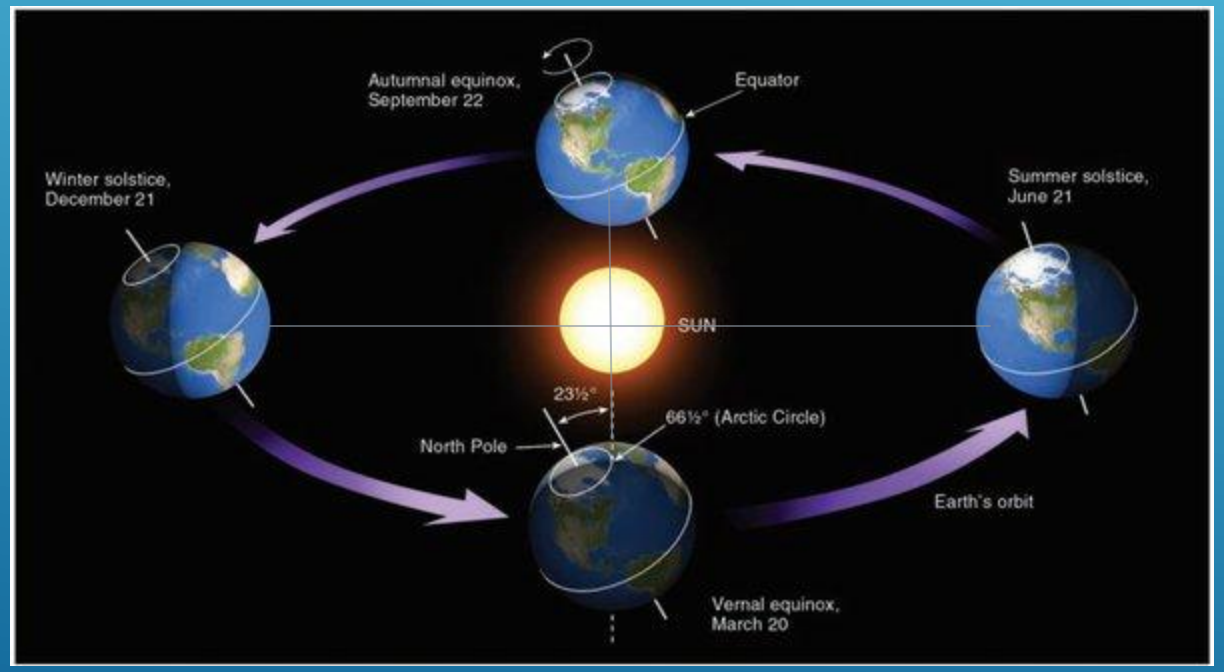
kota-kota sekitar Mekkah bisa melihat balon penanda arah Mekkah

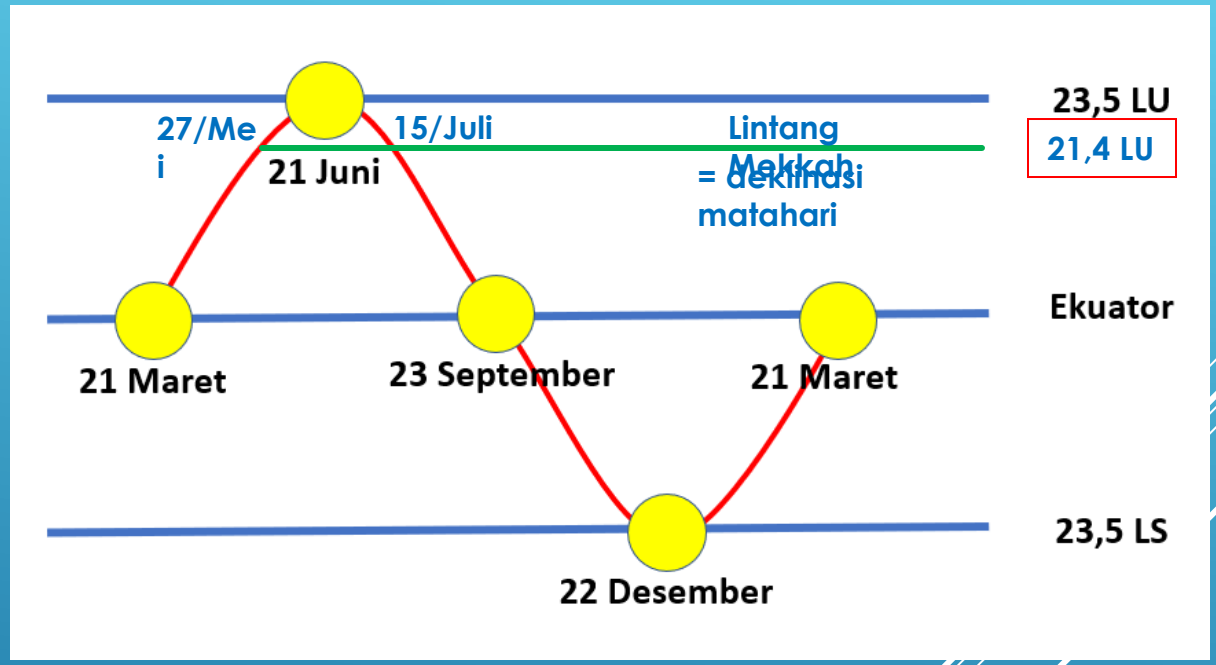
# KALAU DI ATAS MEKKAH ADA MATAHARI YANG SANGAT TINGGI,



seluruh dunia yang mengalami siang bersamaan dengan Mekkah akan melihat matahari sebagai penanda arah

# KAPAN MATAHARI TEPAT DI ATAS MEKKAH?






# MATAHARI TEPAT DI ATAS MEKKAH
# TENGAH HARI (27) 28 MEI DAN (15) 16 JULI

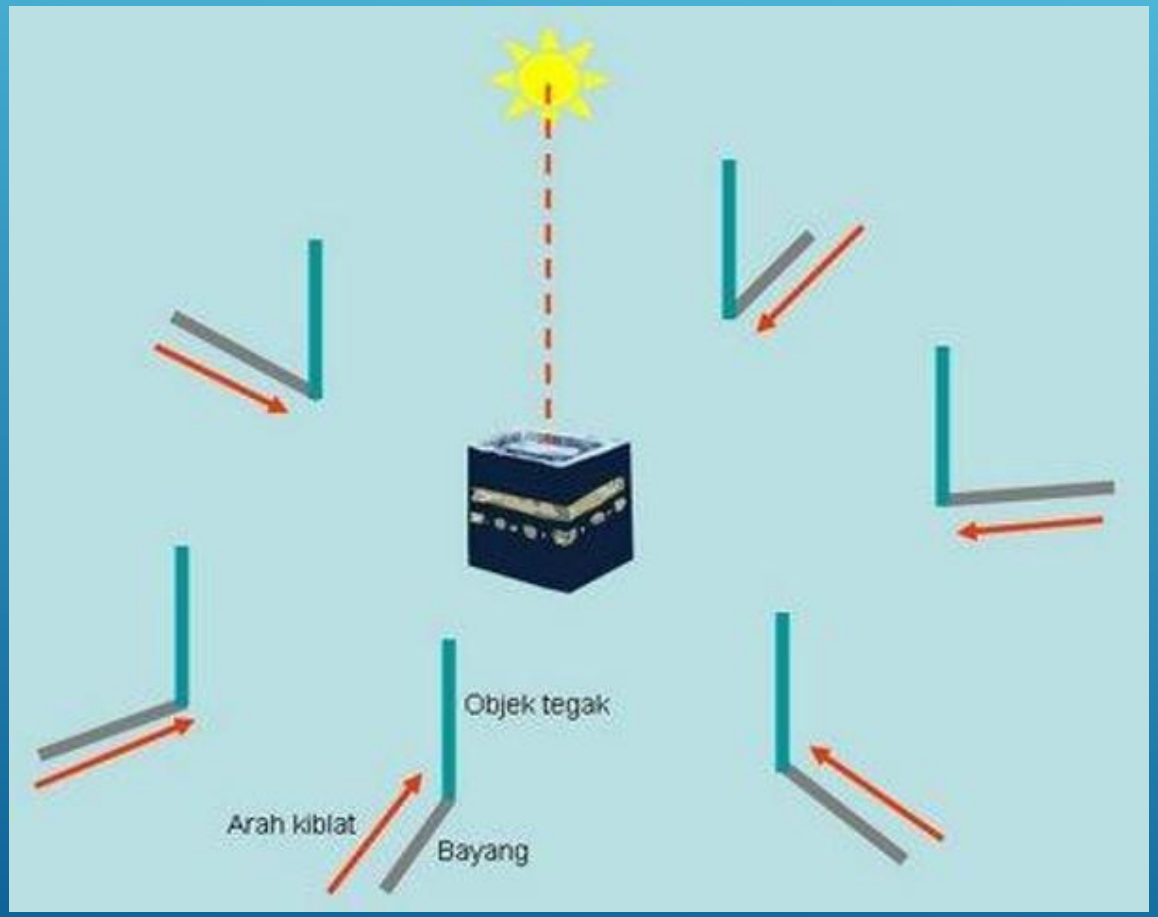


(27) 28 Mei*
Pukul
16:18 WIB
17:18 WITA

(15) 16 Juli*
Pukul
16:27 WIB
17:27 WITA

* Tanggal dalam kurung saat kabisat.

# BAYANGAN BENDA TEGAK MENGARAH KE MEKKAH






# APAKAH HARUS TEPAT HARI DAN WAKTUNYA?

Untuk daerah yang mengalami siang bersamaan dengan Mekkah gunakan jadwal berikut ini untuk menentukan arah kiblat (+/- 5 menit ok):

26 – 30 Mei, pukul 16:18 WIB atau 17:18 WITA

14 – 18 Juli, pukul 16:27 WIB atau 17:27 WITA

Untuk daerah yang mengalami siang berlawanan dengan Mekkah (seperti di Papua) bisa gunakan jadwal berikut ini untuk menentukan arah kiblat (+/- 5 menit ok):

12 – 16 Jan, pukul 06:30 WIT

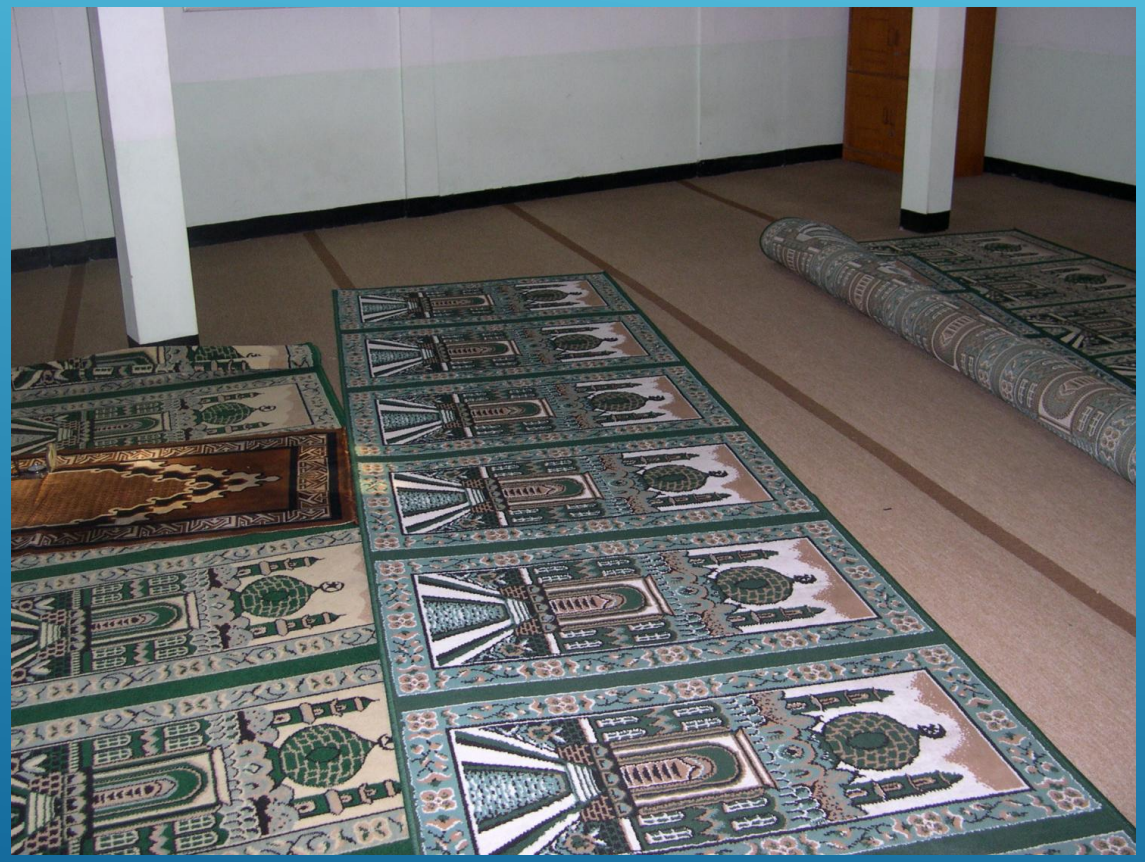
27 Nov – 1 Des, pukul 06:09 WIT

# CARI BENDA TEGAK
# UNTUK PENANDA BAYANGAN MATAHARI





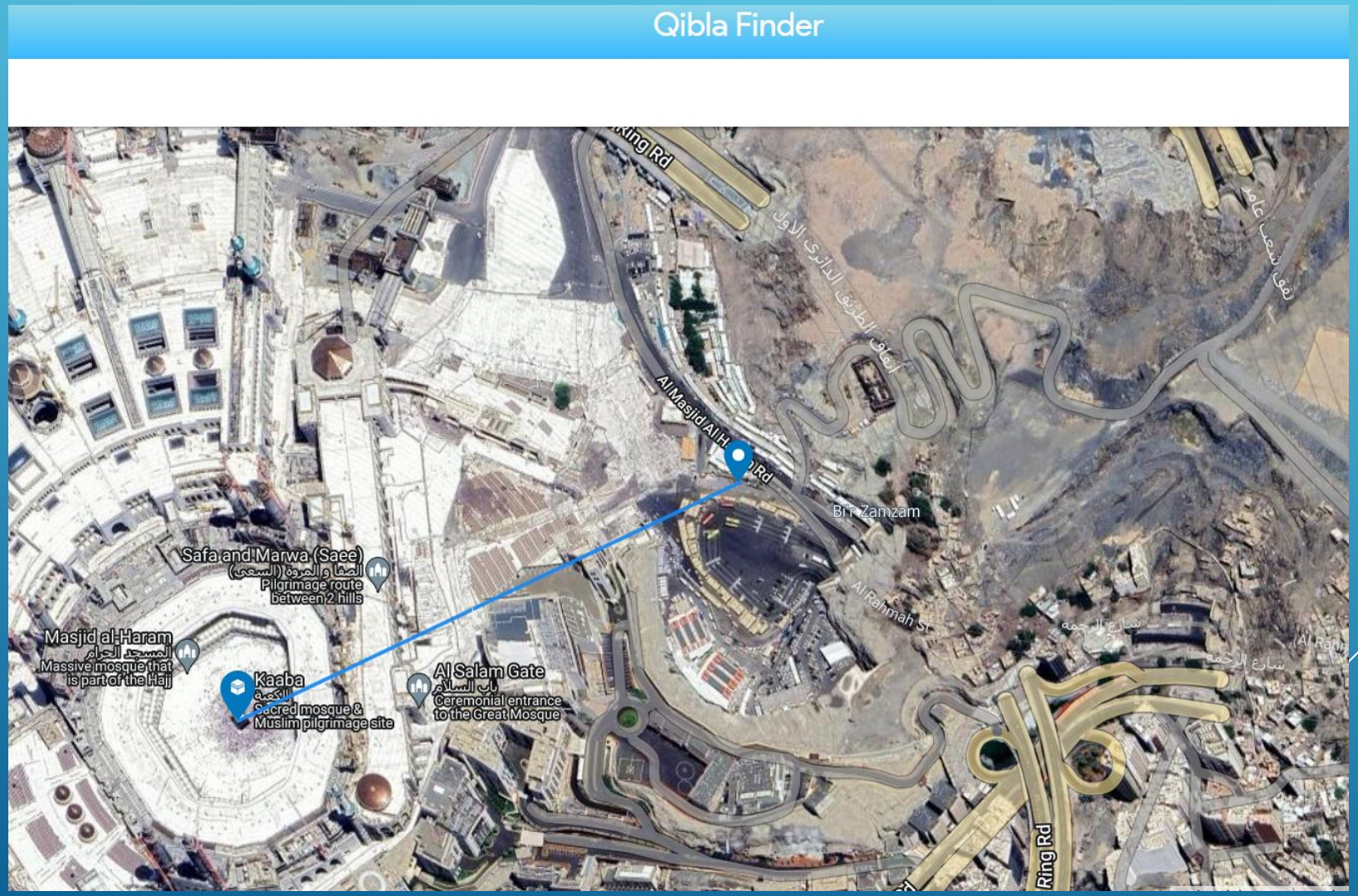
# BERANI MENGUBAH ARAH DEMI KEBENARAN





BILA ADA AKSES INTERNET
BISA GUNAKAN GOOGLE QIBLA FINDER.
BISA KAPAN SAJA.

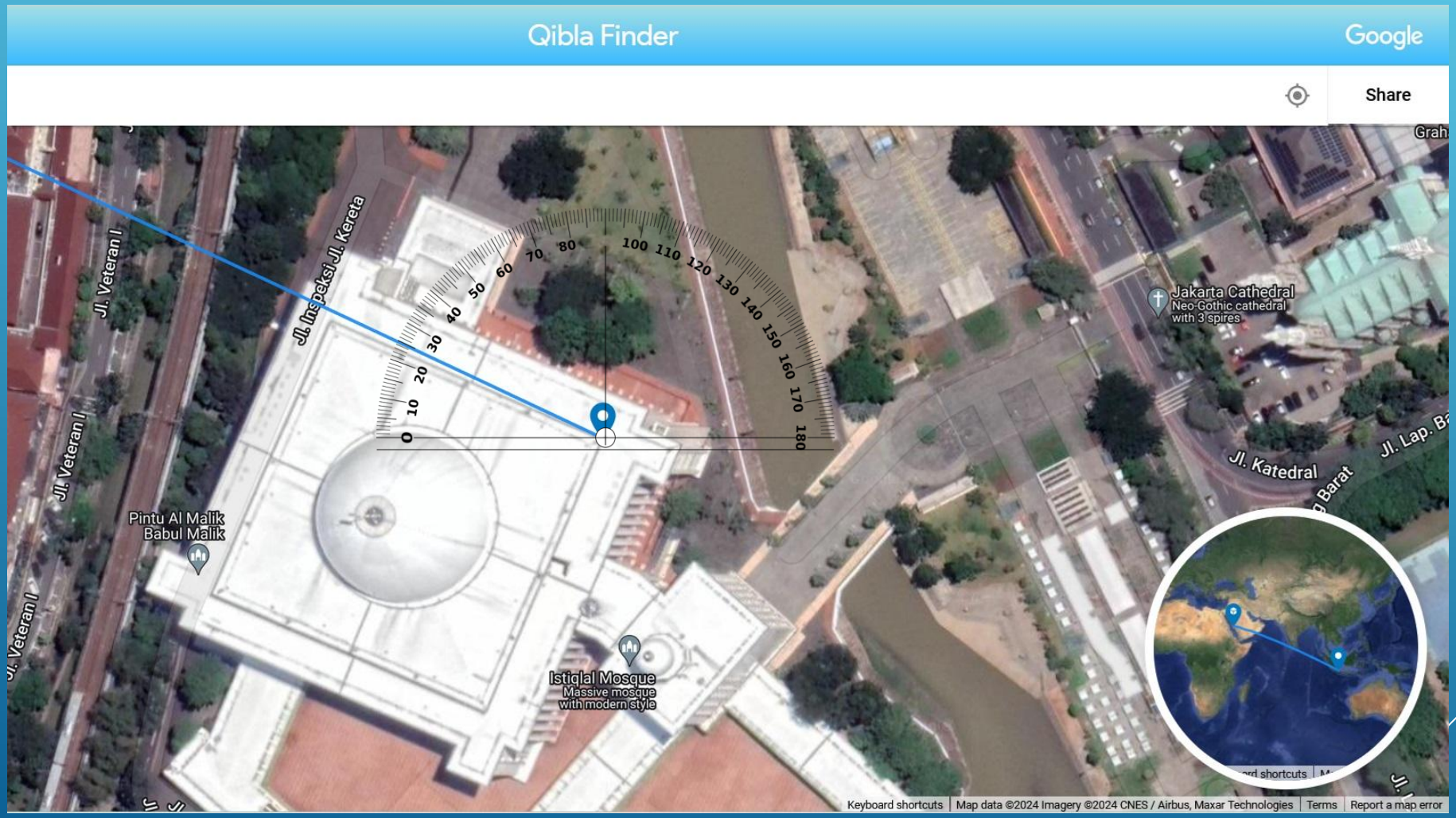
# QIBLA FINDER MENUJU TITIK KA'BAH



# MASJID KASEPUHAN CIREBON WARISAN WALISONGO

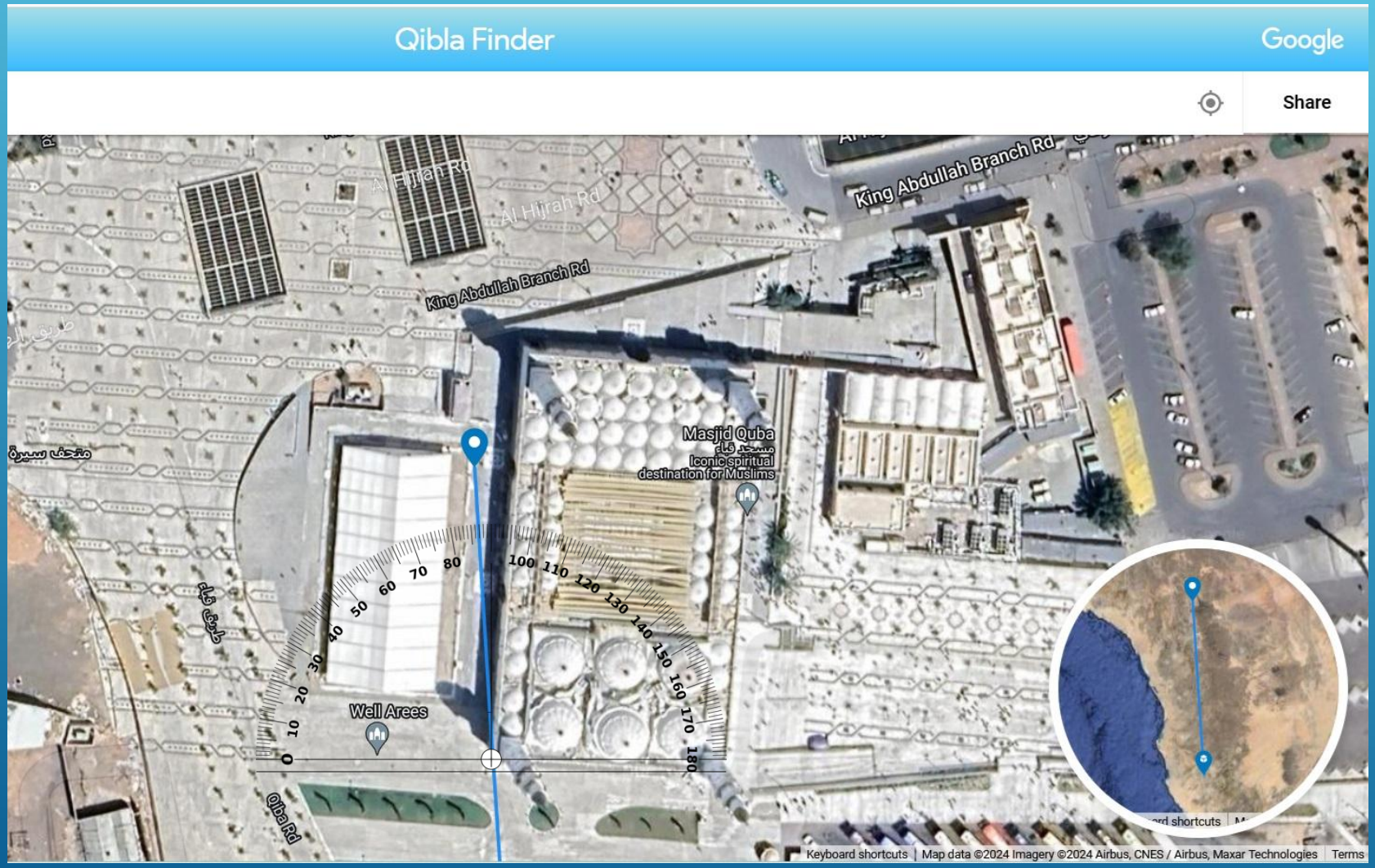


# MASJID ISTIQLAL JAKARTA



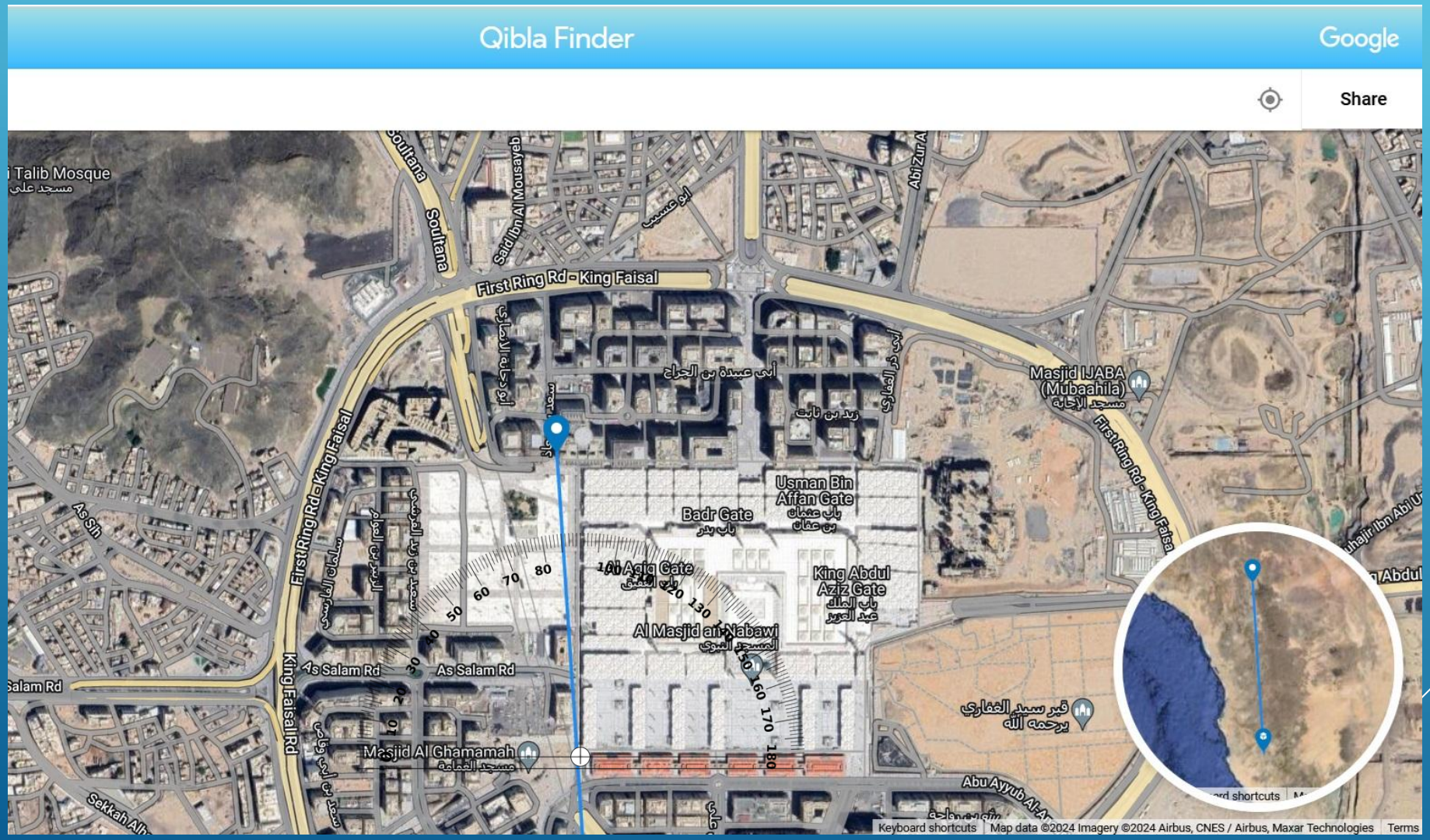

Penyimpangan
25 – 23 = 2°

# MASJID QUBA




Penyimpangan
94 – 86 = 8°

# MASJID NABAWI

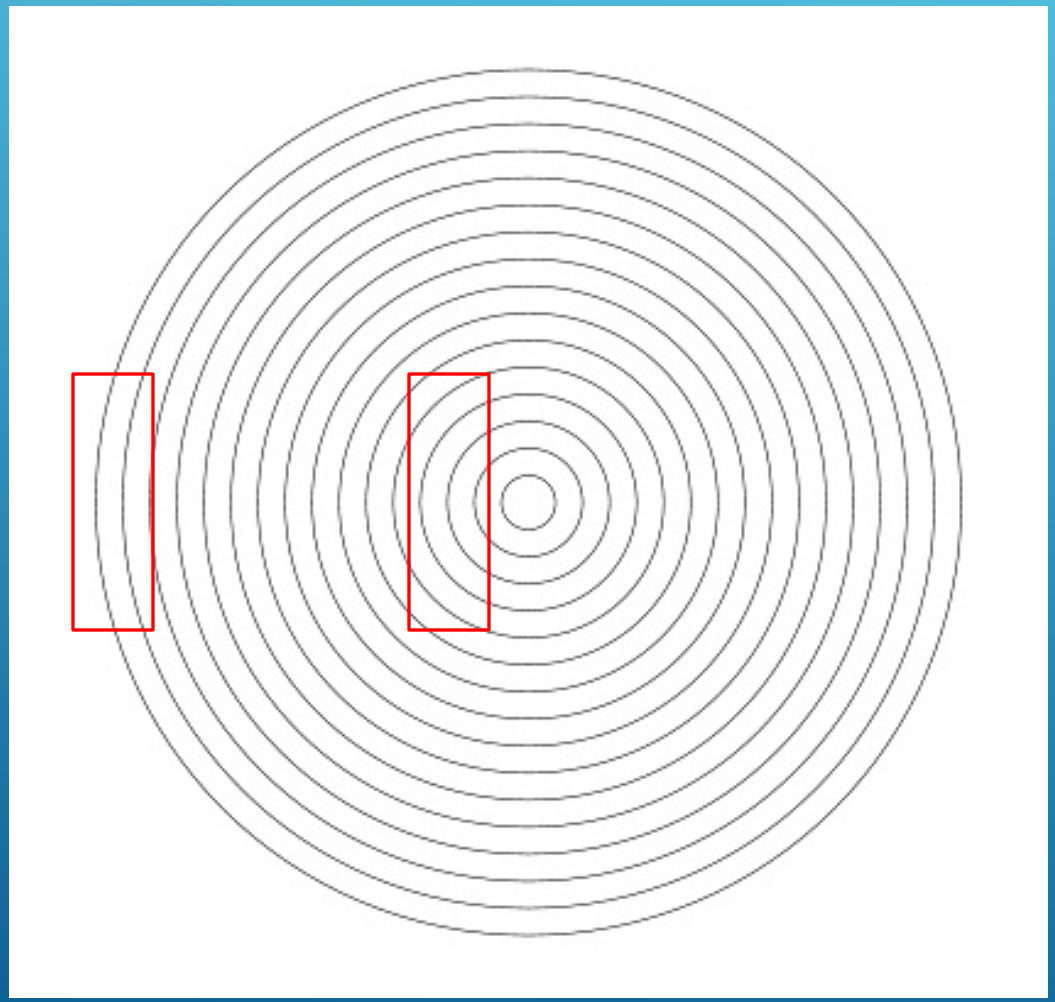



Penyimpangan
90 – 86 = 4°

# MEMAHAMI AKURASI PENENTUAN ARAH KIBLAT

- Shalat menghadap kiblat, bukanlah terbang seperti pesawat terbang menuju titik tujuan ka'bah di Mekkah.
- Penyimpangan jangan diukur pada titik tujuan, tetapi di ukur di lokasi masjid atau lokasi kita shalat.
- Penyimpangan yang bisa ditoleransi ketika garis shaf yang ada dan garis shaf sebenarnya tidak terlalu tampak perbedaannya atau sikap badan ketika shalat sendiri tidak terlalu tampak perbedaannya. Misalnya, di masjid Istiqlal penyimpangan sekitar 2 derajat nyaris tidak terlihat.
- Maksimum penyimpangan bisa merujuk masjid Quba yang menyimpang 8 derajat. Sehingga penyimpangan 7 derajat di masjid warisan Walisongo di Kasepuhan Cirebon masih bisa diterima, walau lebih baik dikoreksi tanpa mengubah bangunannya.

# KESALAHAN PEMAHAMAN



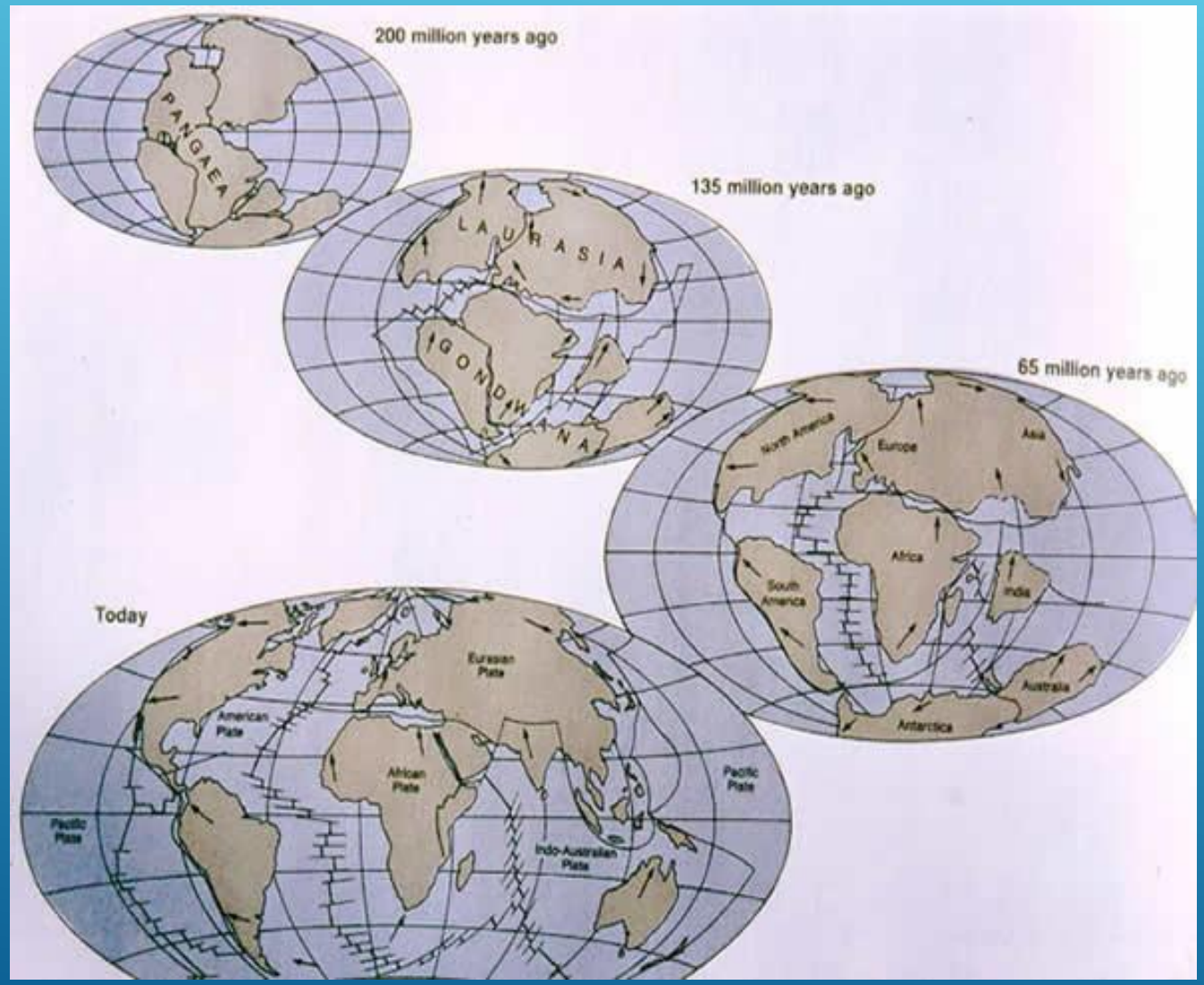
Menghadap ke ka'bah, masjidil haram, atau tanah haram Mekkah pada dasarnya terfokus pada satu titik.

Ada pemahaman yang keliru, seolah menghadap satu titik akan menyebabkan garis shaf menjadi melengkung.

Garis shaf melengkung hanya terjadi di sekitar ka'bah. Makin ke luar, garis shaf makin mendekati garis lurus.

Di tempat yang jauh dari ka'bah, garis shaf tampak lurus.

# ARAH QIBLAT TIDAK BERUBAH AKIBAT GEMPA




Gempa memang terkait dengan pergeseran lempeng benua. Tetapi pergeseran lempeng benua yang mengubah arah qiblat perlu waktu puluhan juta tahun.

# RENTANG TOLERANSI ARAH QIBLAT

وَلِلَّهِ ٱلْمَشْرِقُ وَٱلْمَغْرِبُ ۚ فَأَيْنَمَا تُوَلُّوا۟ فَثَمَّ وَجْهُ ٱللَّهِ ۚ إِنَّ ٱللَّهَ وَٰسِعٌ عَلِيمٌ ﴿١١٥﴾

dan kepunyaan Allah-lah timur dan barat, Maka kemanapun kamu menghadap di situlah wajah Allah. Sesungguhnya Allah Maha Luas (rahmat-Nya) lagi Maha mengetahui. QS 2:115

Menghadap qiblat, bukan seperti terbang dengan pesawat terbang yang akurasinya ditentukan dari penyimpangan di titik tujuan. Akurasi arah qiblat ditentukan dari penyimpangan shaf di titik shalat. Kesalahan 2 derajat untuk panjang masjid 10 meter = menyimpang 35 cm. Artinya, dengan penyimpangan 2 derajat sebenarnya tidak terlalu signifikan dan tidak tampak pada garis shaf jamaah.