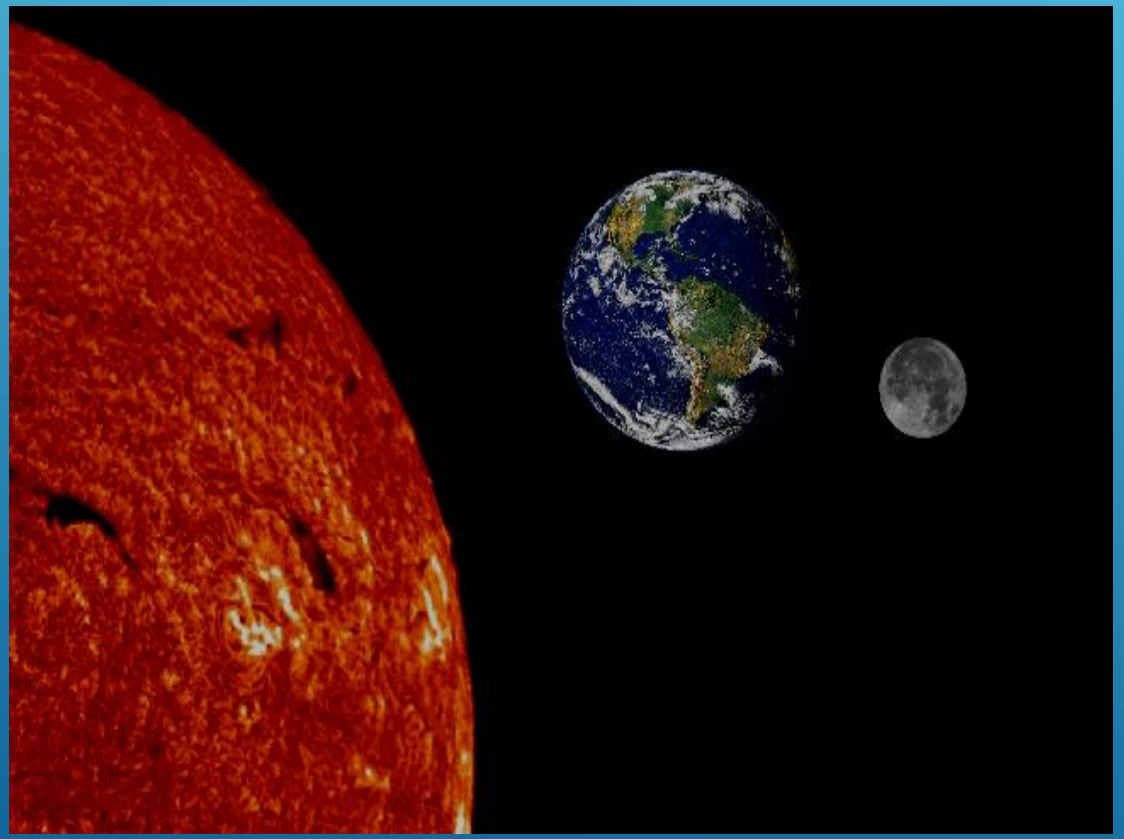
SISTEM BUMI-BULAN-MATAHARI

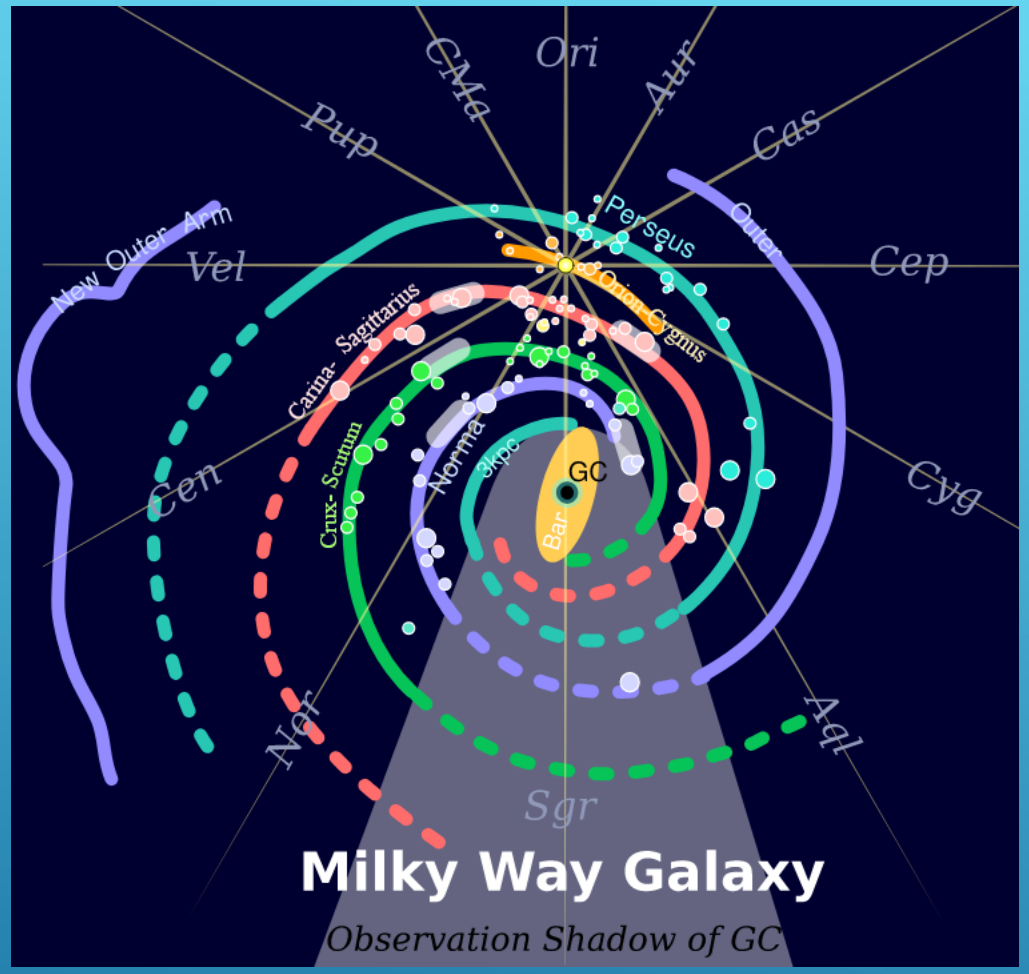


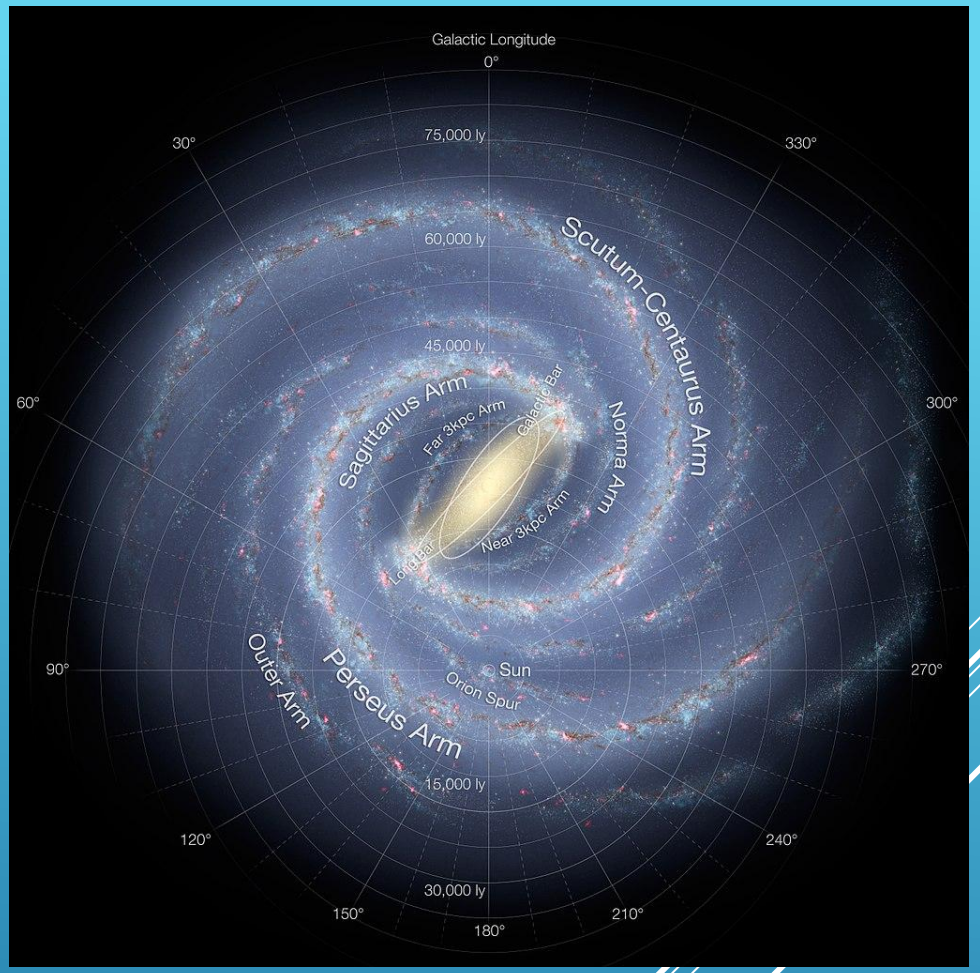
Thomas Djamaluddin
Profesor Riset
Astronomi – Astrofisika BRIN
https://tdjamaluddin.wordpress.com/

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

BUMI
SEBAGAI PLANET
DI TATA SURYA



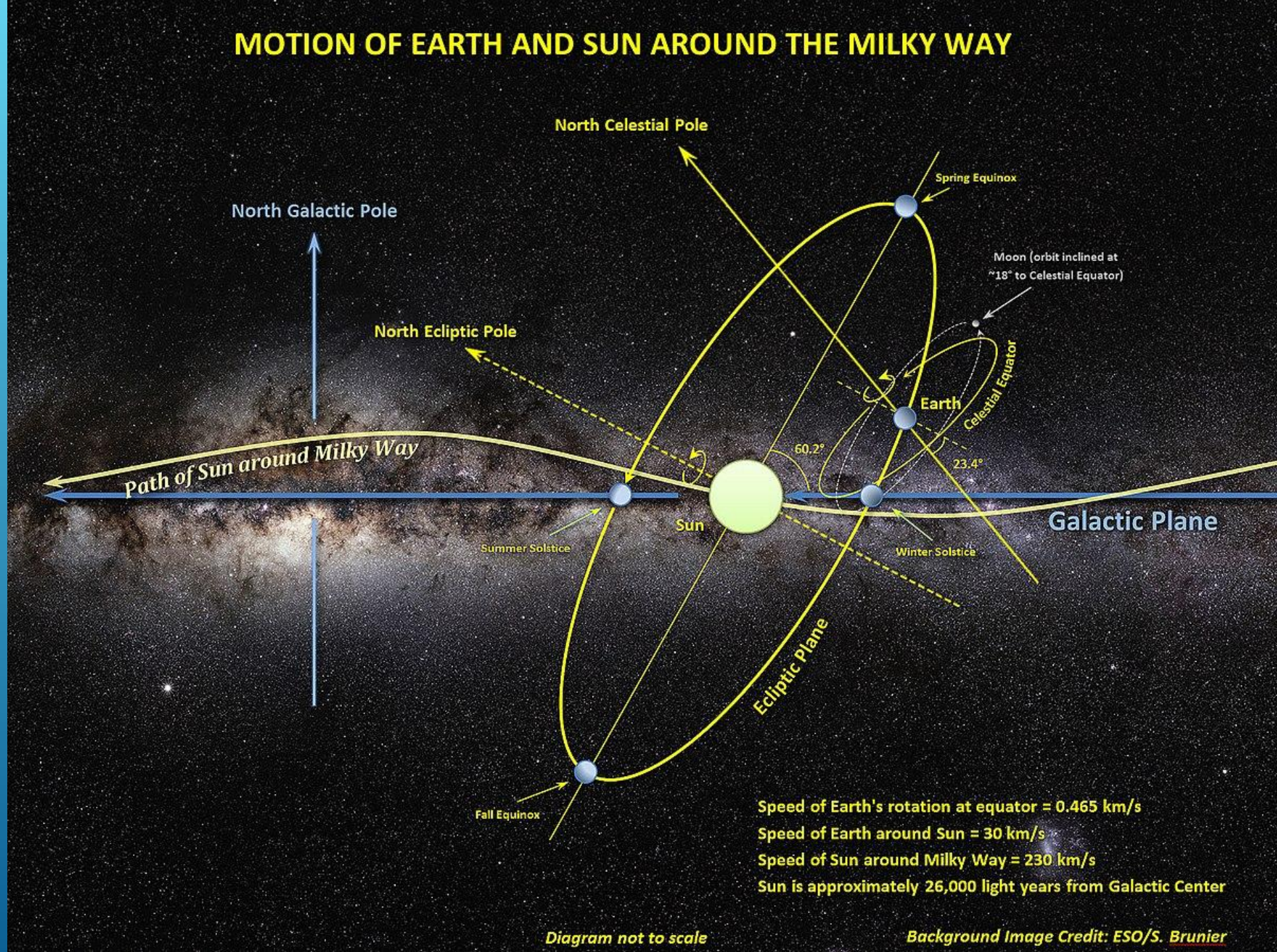




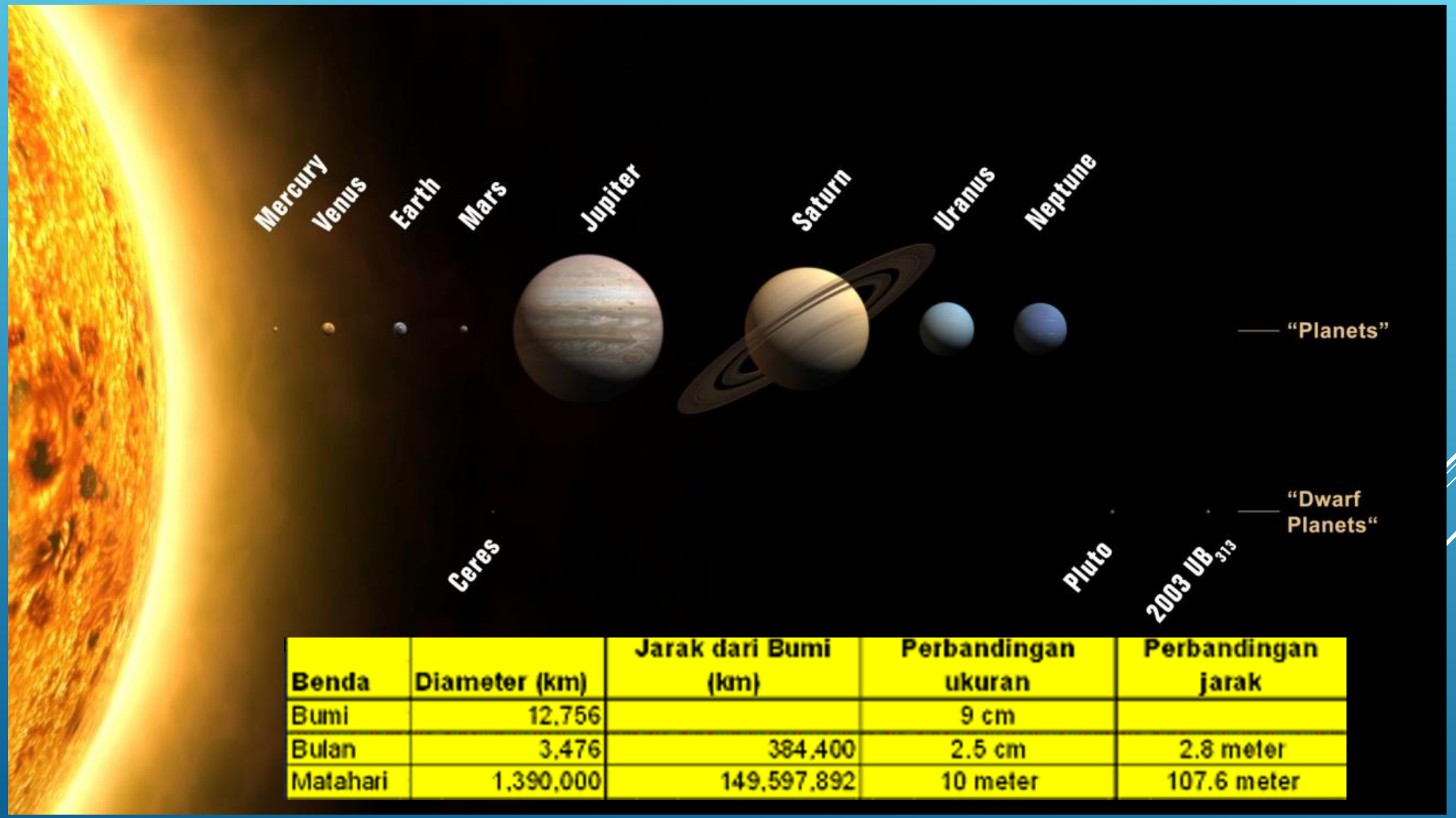
- Matahari hanyalah salah satu bintang dari ratusan bintang di galaksi Bimasakti. Jaraknya dari pusat galaksi sekitar 26.000 tahun cahaya (LY).
- Matahari Bersama bintang-bintang lainnya mengorbit pusat galaksi. Periode orbitnya sekitar 240 juta tahun.

Gerakan bumi, bulan, dan matahari di galaksi Bimasakti

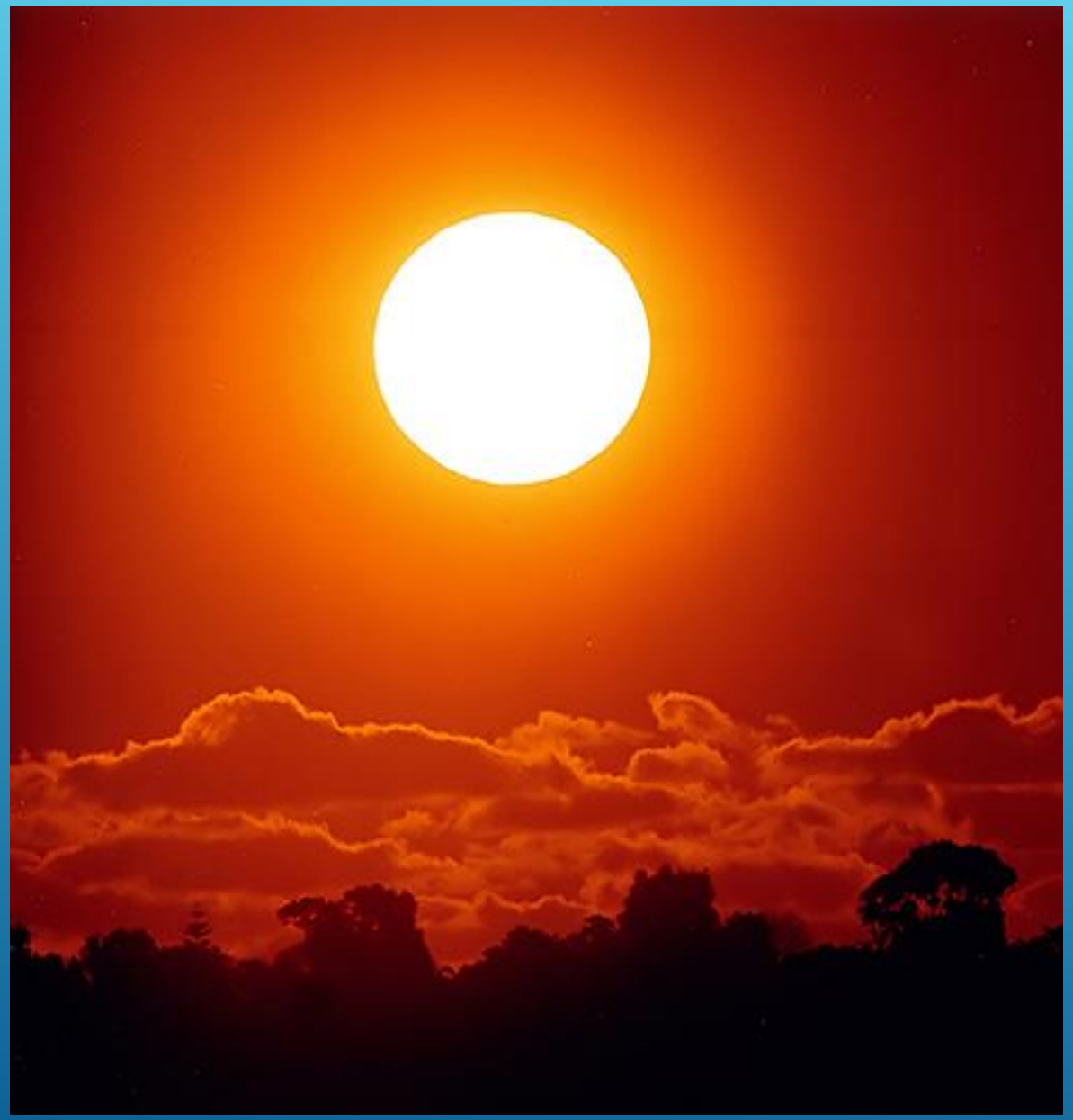
- Bumi berotasi dengan periode 23 jam 56 menit.
- Bulan mengorbit bumi dengan periode 27,3 hari.
- Bumi mengorbit matahari dengan periode 365,256 hari (putaran 360 derajat) atau 365,2422 hari (dengan rujukan matahari – tahun matahari).
- Matahari mengorbit pusat galaksi dengan periode 240 juta tahun.



SISTEM BUMI – BULAN DI TATA SURYA



Benda	Diameter (km)	Jarak dari Bumi (km)	Perbandingan ukuran	Perbandingan jarak
Bumi	12,756		9 cm	
Bulan	3,476	384,400	2.5 cm	2.8 meter
Matahari	1,390,000	149,597,892	10 meter	107.6 meter



MATAHARI

- Matahari adalah bintang pusat tata surya.
- Usianya sekitar 4,5 milyar tahun, tergolong bintang kelas G dengan suhu permukaan sekitar 6.000 derajat.
- Jarak bumi – matahari sekitar 150 juta km.
- Besar matahari sekitar 1,3 juta kali besar bumi.



BUMI

- Bumi adalah planet ke tiga dari 8 planet di tata surya.
- Bumi juga dikenal sebagai planet biru. Hamburan cahaya matahari oleh atmosfer memberi warna biru pada bumi.
- Suhunya memungkinkan air dalam kondisi cair, sehingga layak bagi kehidupan.
- Secara geologi, bumi juga merupakan planet yang aktif dengan banyaknya gunung berapi.

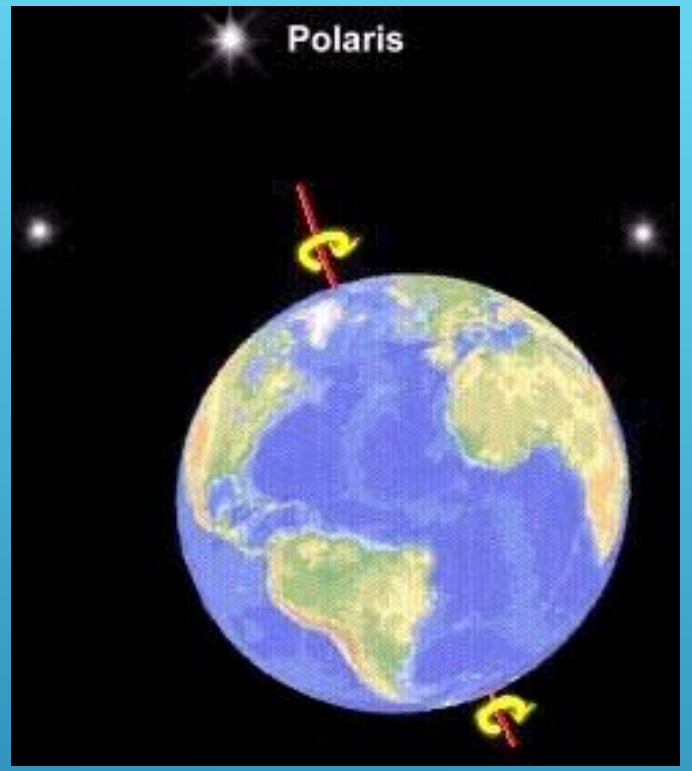
BUMI

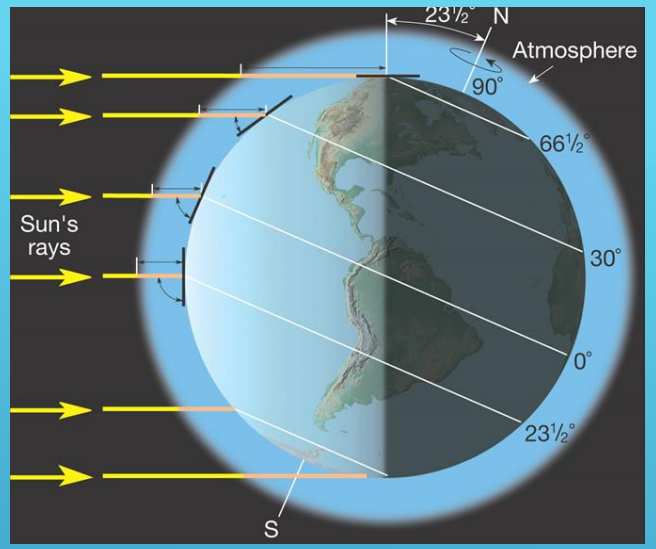
- Seperti planet lainnya, bumi berbentuk bulat karena gravitasi diri saat proses pembentukannya.
- Sebelum era satelit, bentuk bumi yang bulat diketahui dari bayangannya saat gerhana bulan.
- Bumi juga tidak diam. Selain gerak orbit mengitari matahari, bumi juga berotasi.
- Sesungguhnya, bumi tidak bulat sempurna. Akibat rotasinya, jari-jari bumi di arah ekuator sedikit lebih besar daripada jari-jari ke arah kutub.

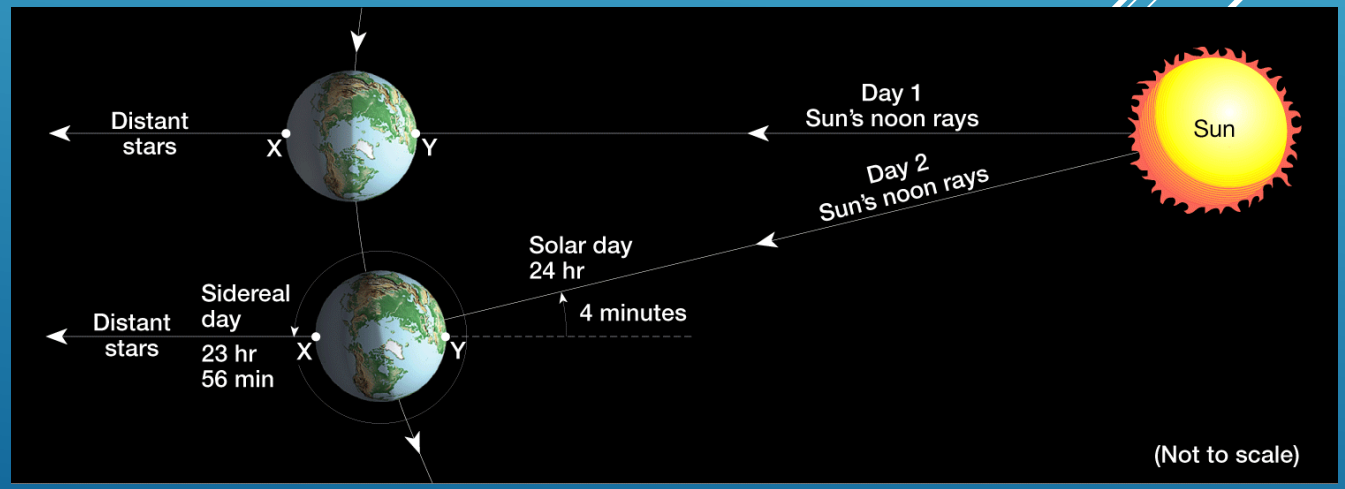


Rotasi bumi

- 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.

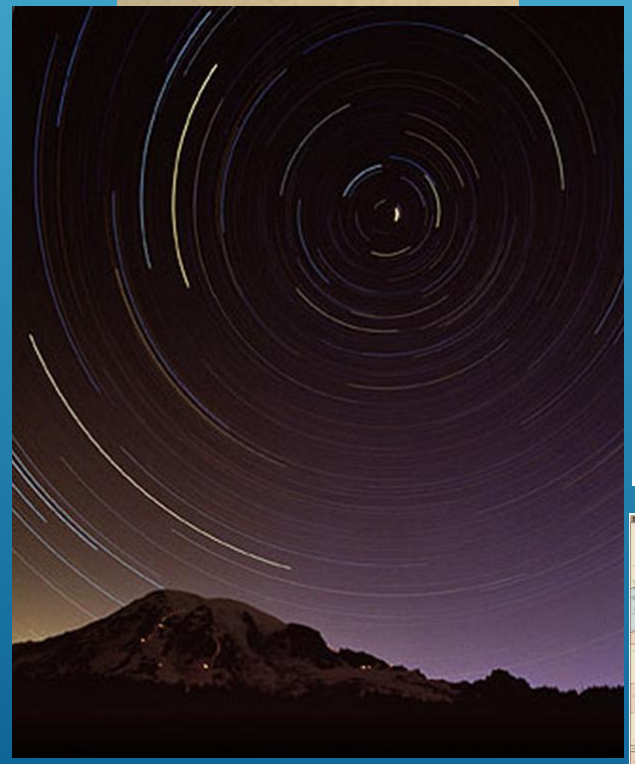


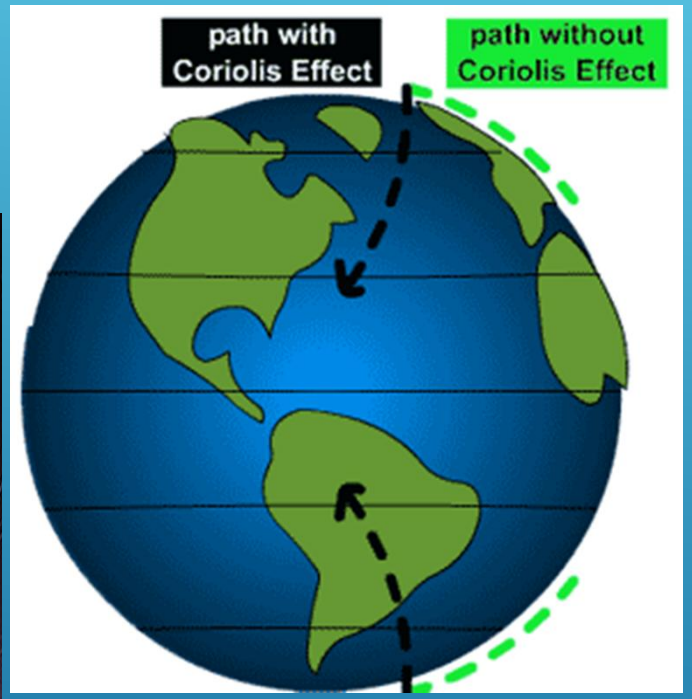


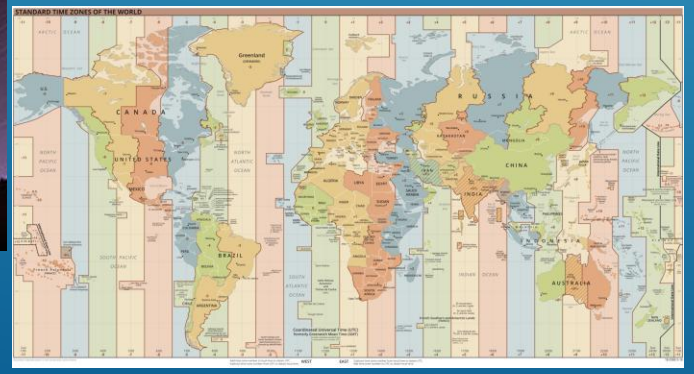


AKIBAT ROTASI BUMI





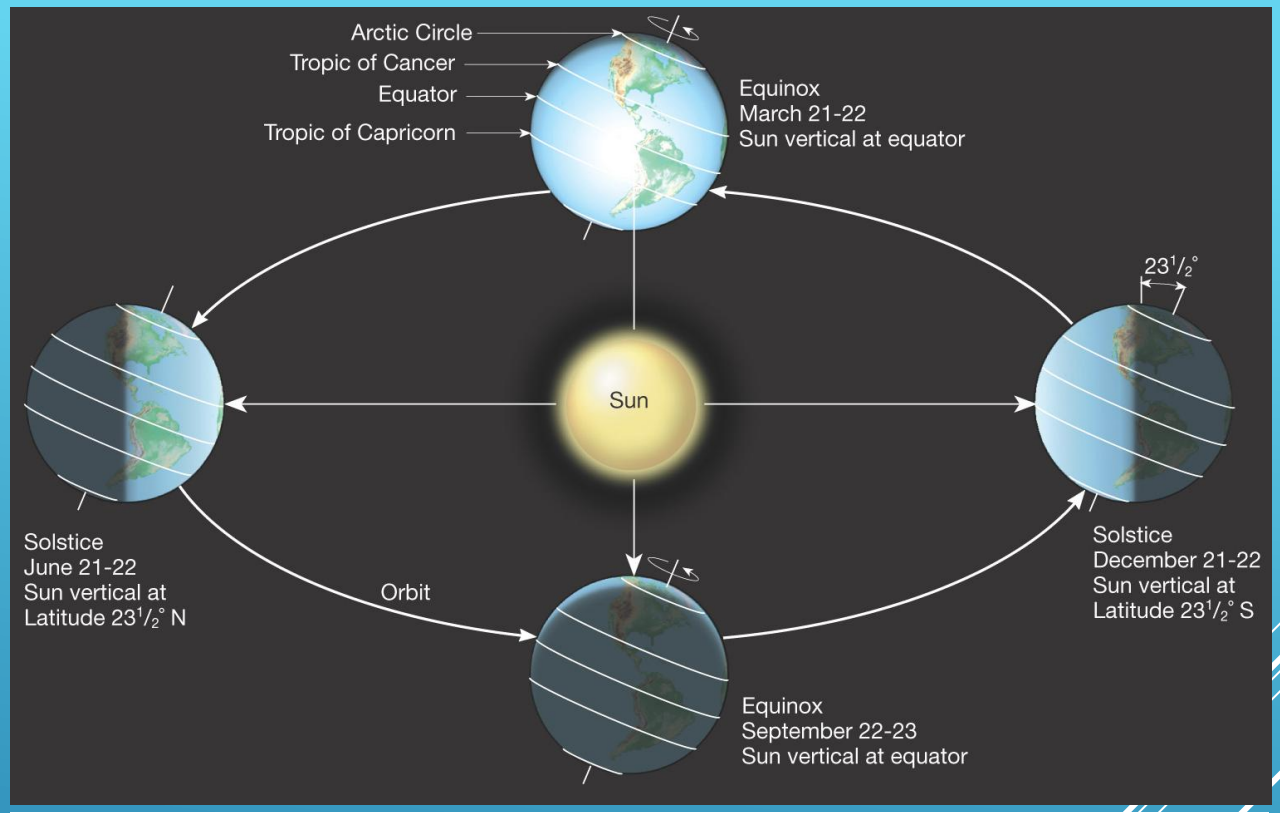


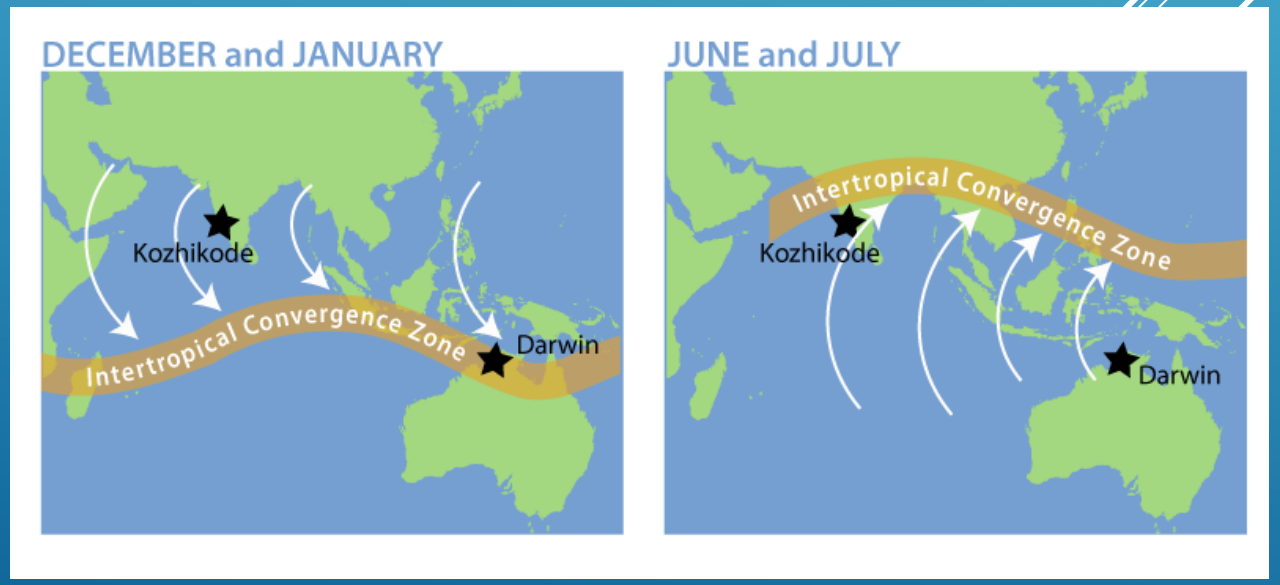


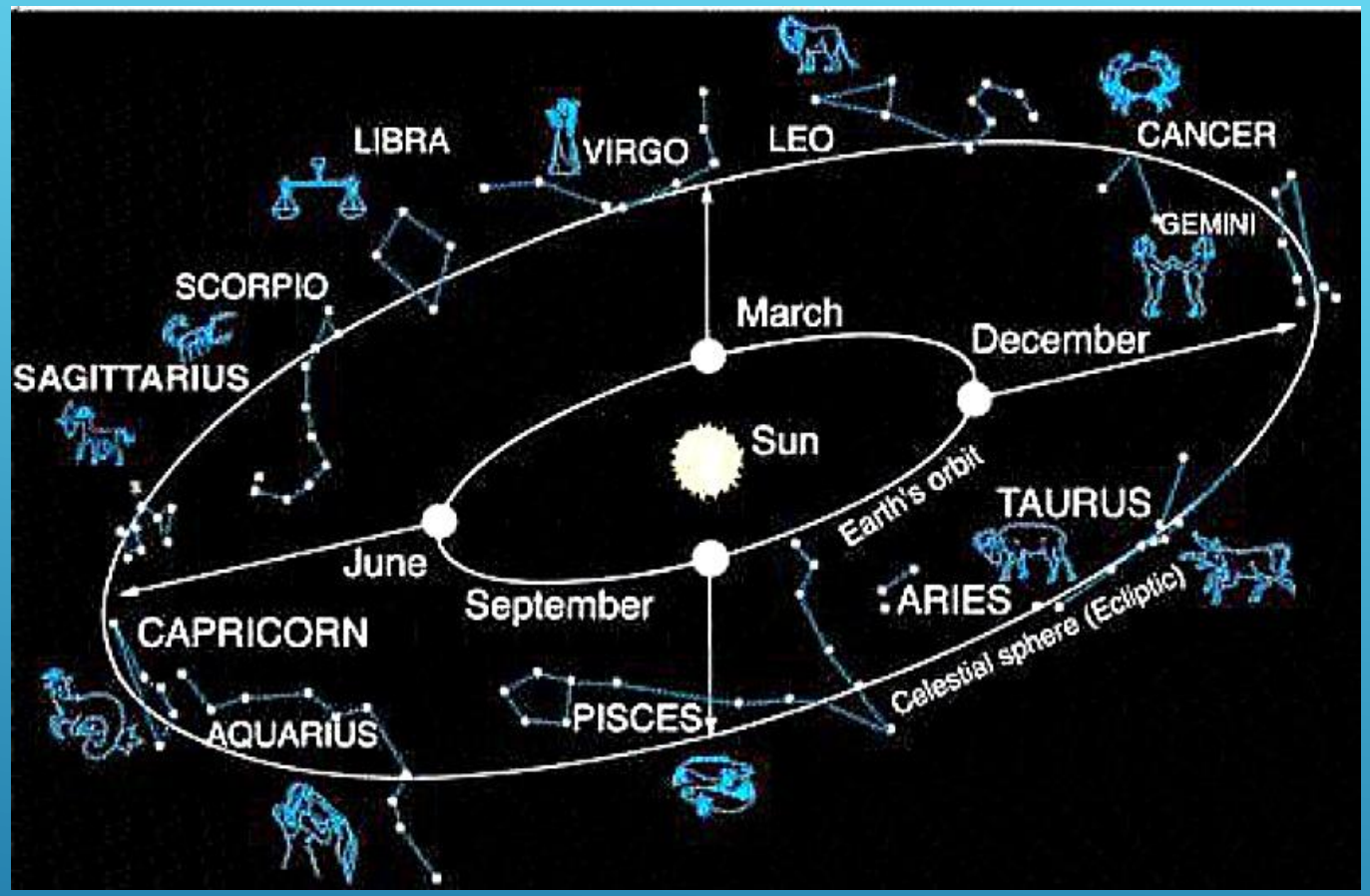
- Perubahan arah ayunan pendulum Foucault.
- Jejak bintang melingkari bintang Polaris di arah kutub utara langit. Hal yang sama di arah kutub selatan langit.
- Adanya gerak koriolis pergerakan angin pasat.
- Adanya perbedaan zona waktu, sekitar 1 jam per 15° garis bujur (24 jam/360°)

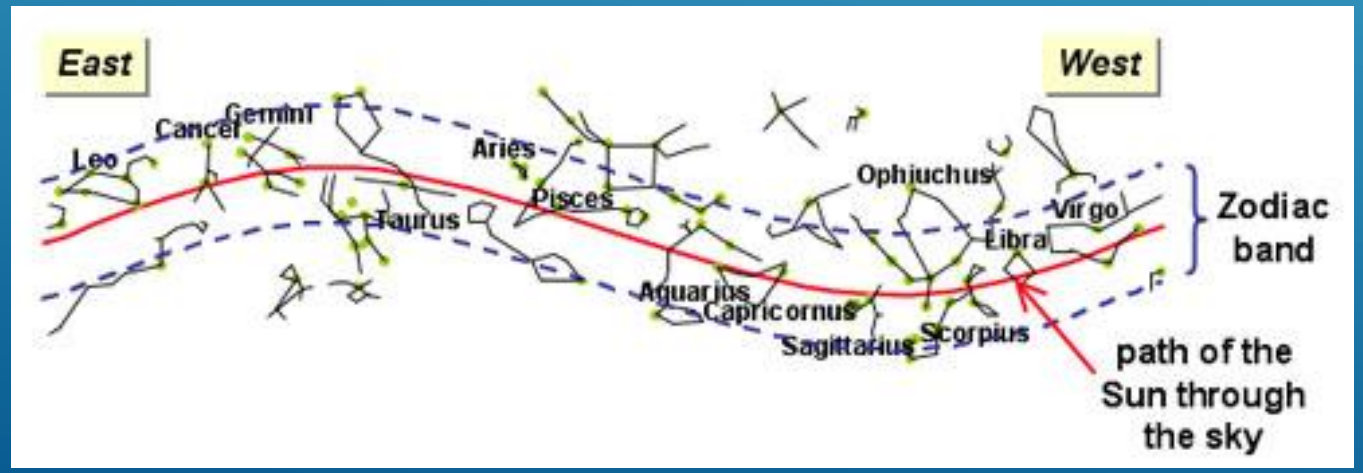
Gerak orbit bumi mengitari matahari

- 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.









- Perubahan posisi bumi, selama mengitari matahari, menyebabkan rasi bintang yang teramati pada malam hari berubah secara periodik. Misalnya, pada tengah malam Maret akan melihat rasi Virgo.
- Di bola langit, matahari pun tampak berubah posisinya di antara 12 rasi zodiak. Hal ini bisa diamati menjelang matahari terbit. Misalnya, pada Maret matahari berada di rasi Pisces.

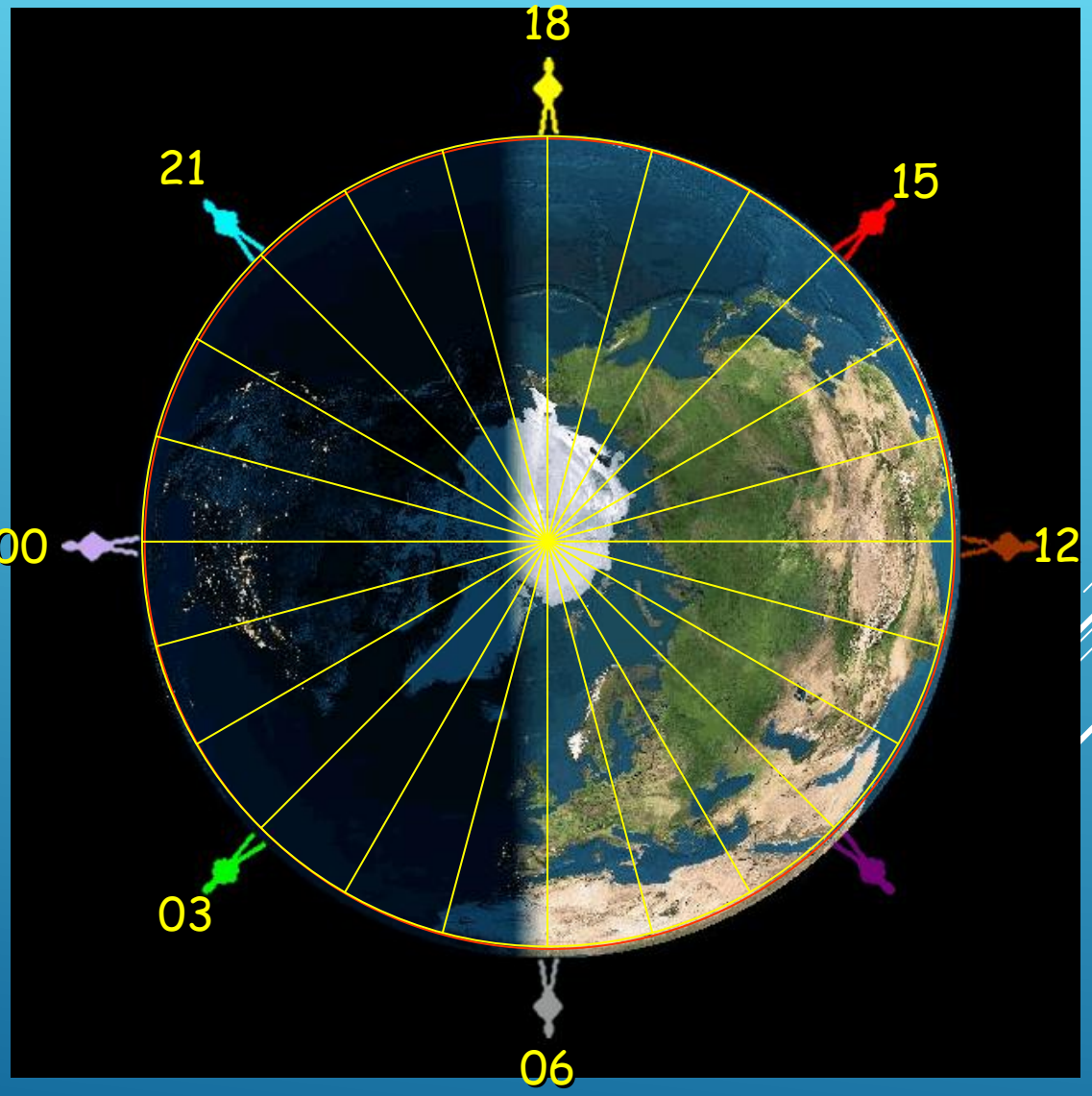
Perubahan posisi matahari di sekitar titik timur, digunakan untuk memprakirakan musim.

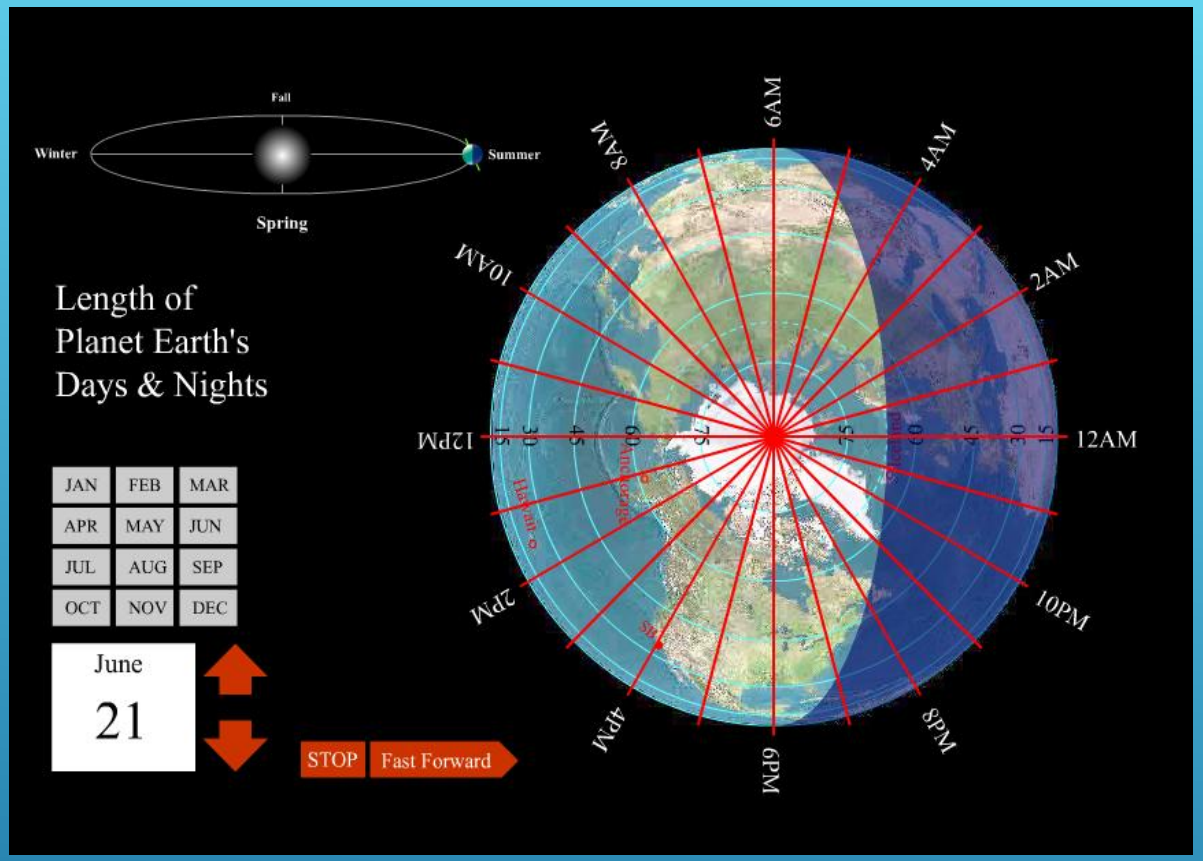
Stonehenge di Inggris, adalah observatorium prasejarah untuk memantau musim.



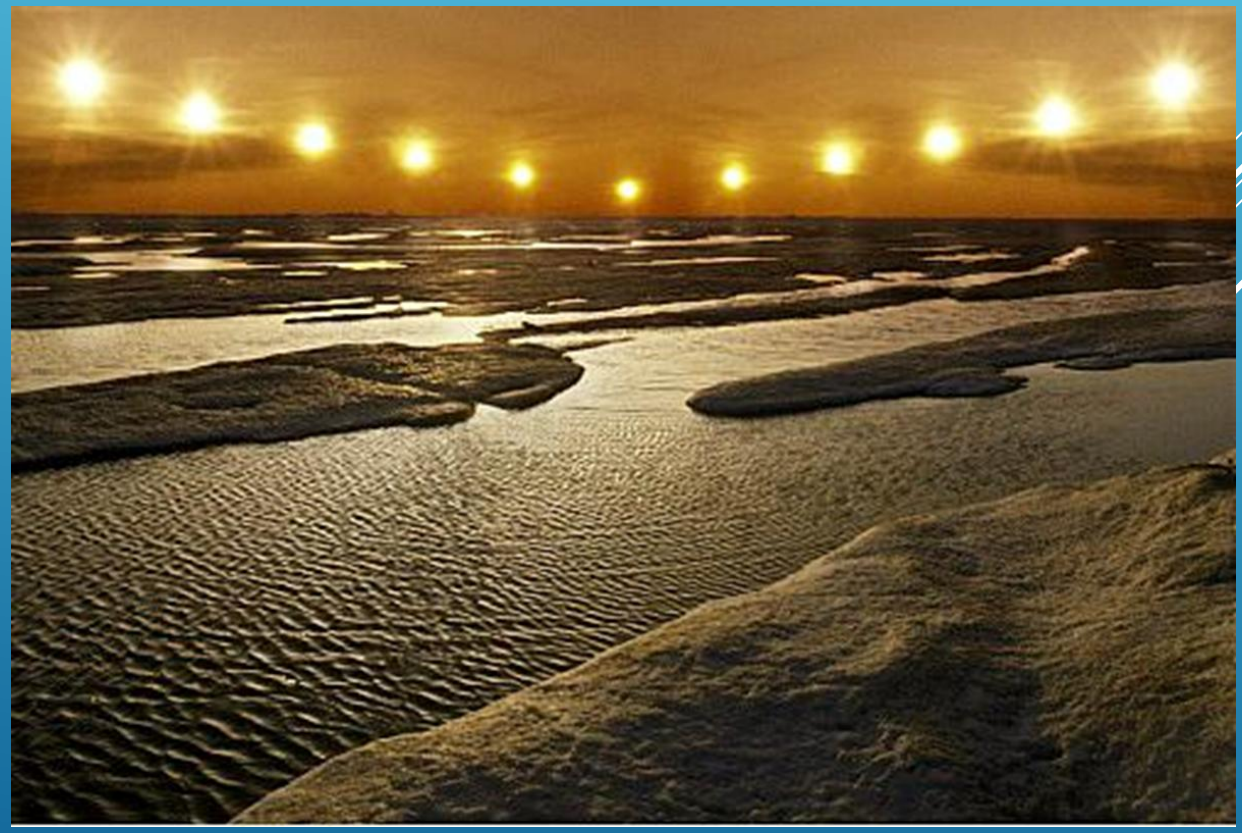
Akibat rotasi bumi,

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

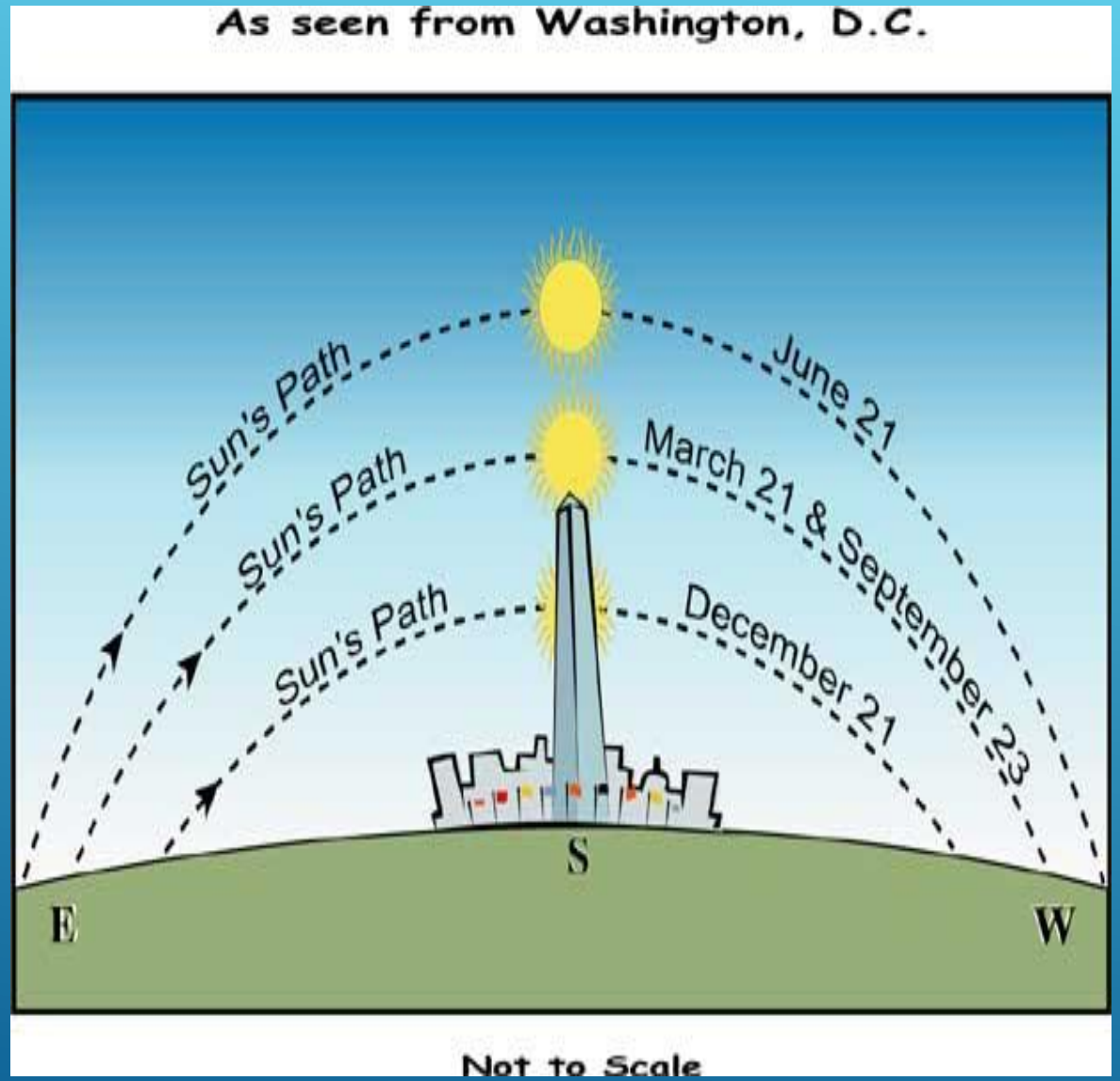




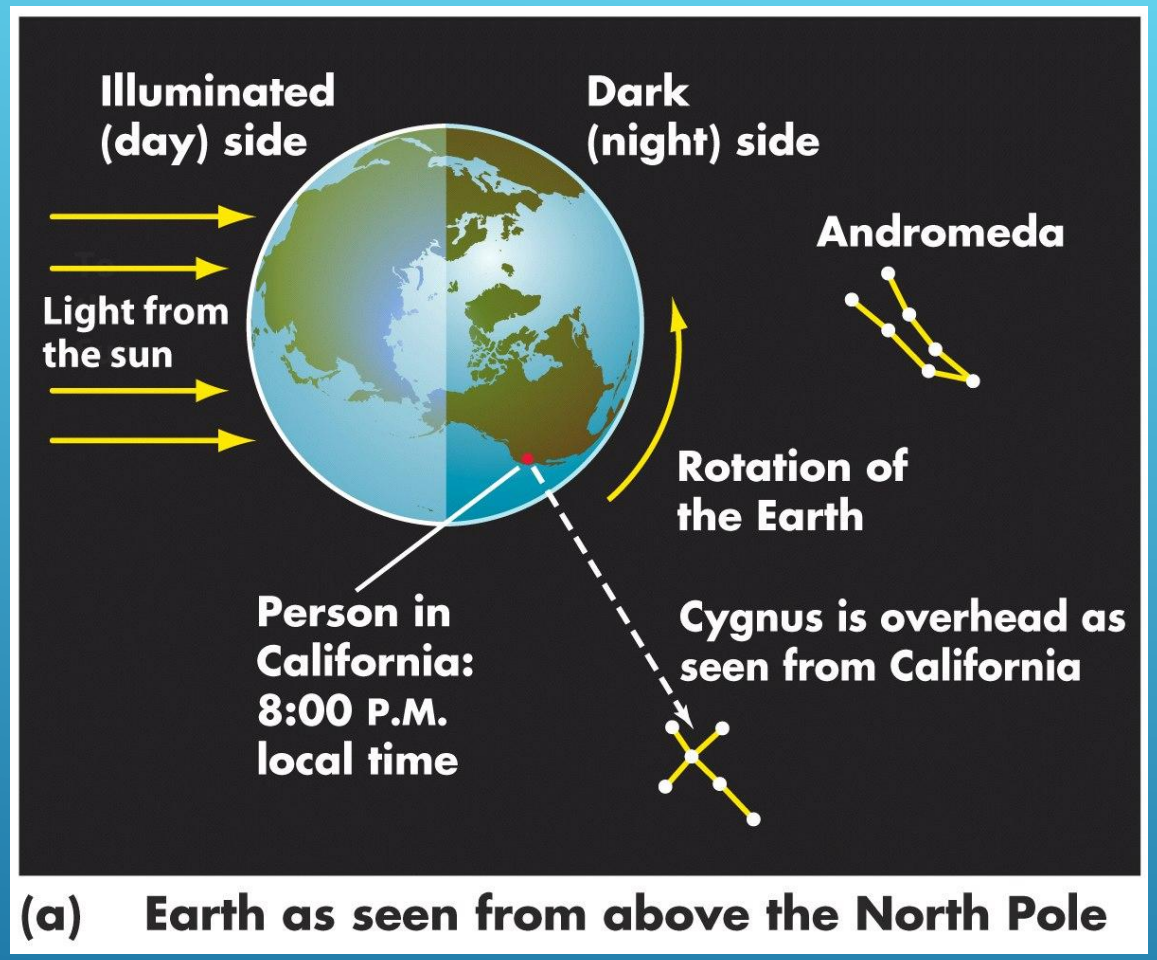
Matahari malam hari di Alaska



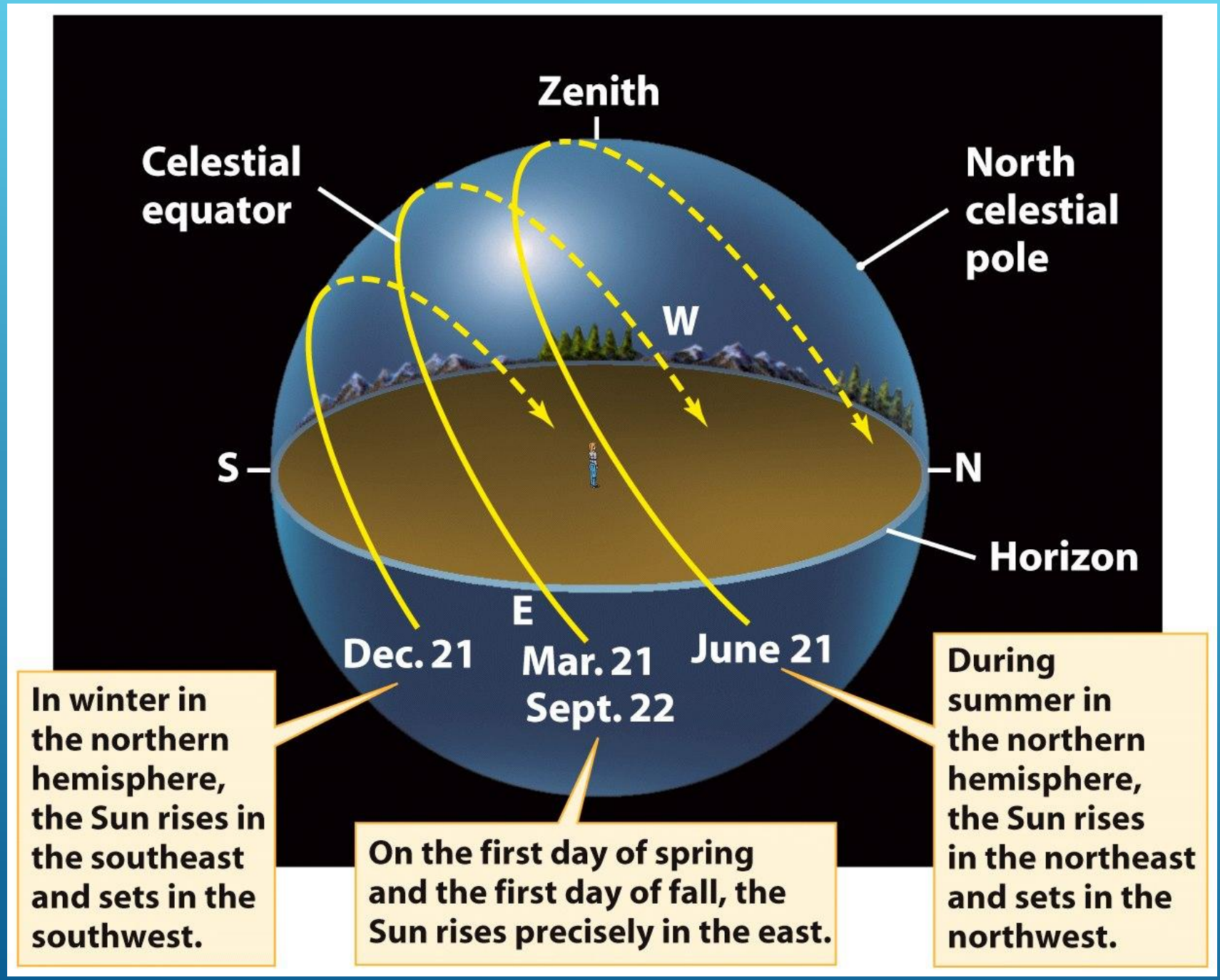
Lama siang dan malam di berbagai belahan dunia saat musim panas.



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



Posisi bintang relatif tetap di langit. Namun karena rotasi bumi, matahari tampak terbit dan terbenam. Dan dari jam ke jam, rasi-rasi bintang perlahan-lahan tampak bergerak dari timur ke barat. Sesungguhnya karena posisi pengamat yang bergerak, sehingga objek yang terlihat berganti-ganti.



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



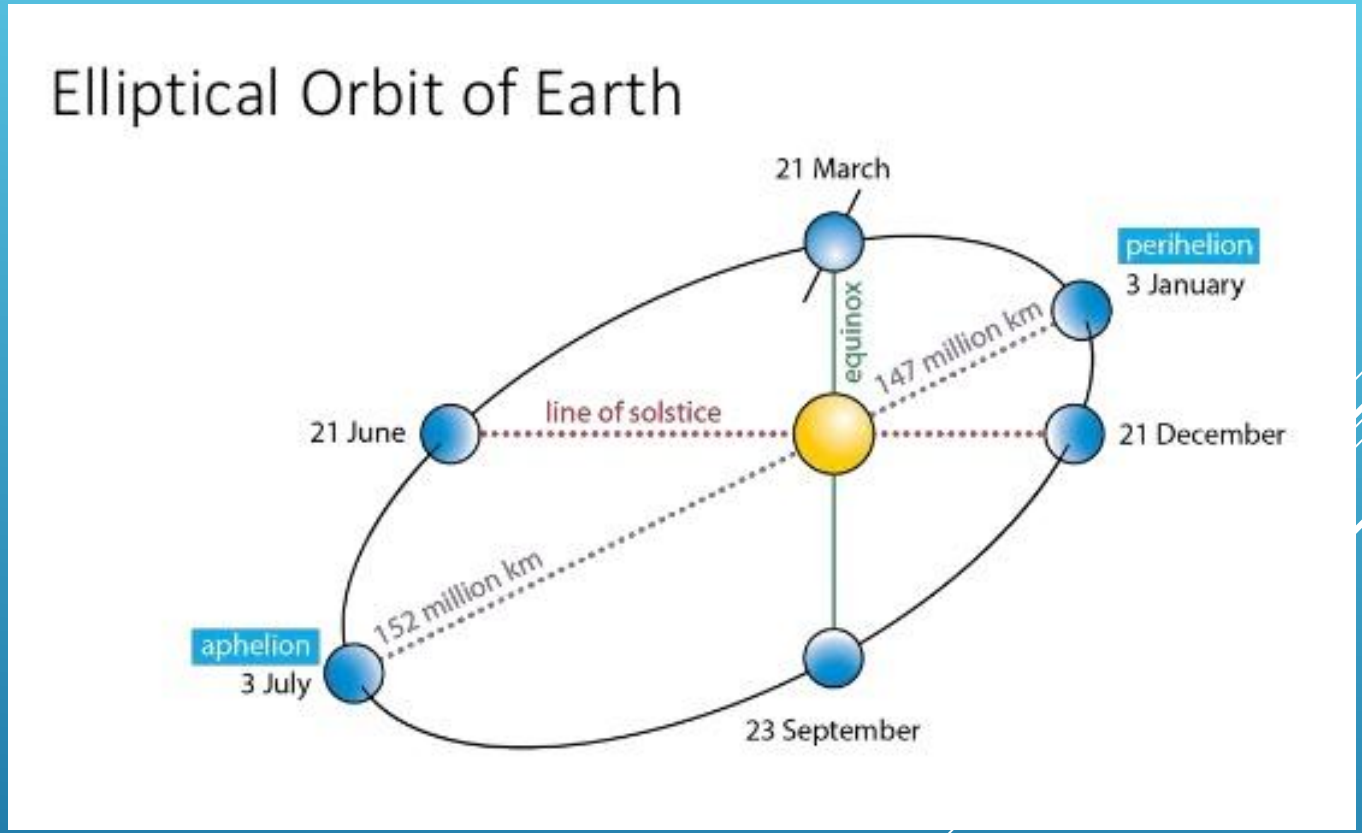


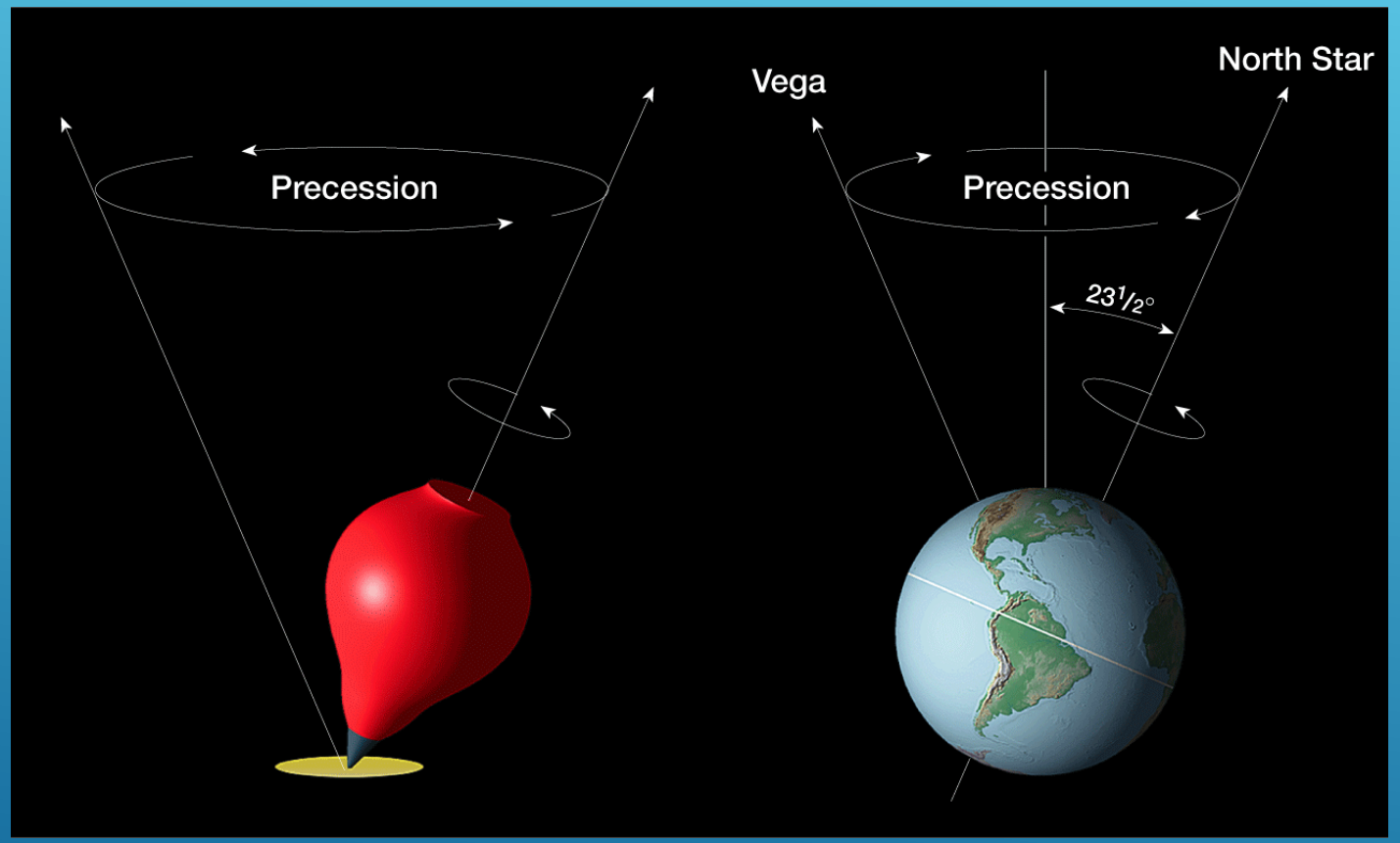
(c) At the equator

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.

- Orbit bumi mengitari matahari sedikit berbentuk lonjong.
- Jarak terdekat (perihelion) = 147 juta km.
- Jarak terjauh (aphelion) = 152 juta km
- Perubahan jarak tidak signifikan, sehingga tidak berdampak pada variasi radiasinya di bumi.





Efek gravitasi matahari terhadap bumi menyebabkan sumbu rotasi bumi tidak tetap, tetapi mengalami gerak presesi (gerak seperti gasing).

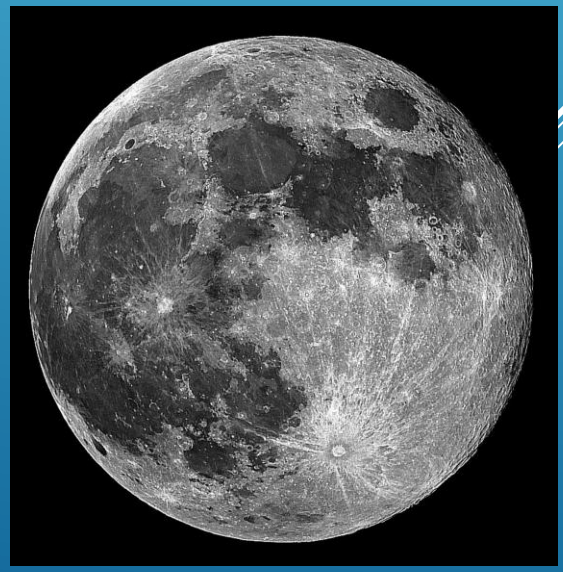
Periode gerak presesi: 26.000 tahun.

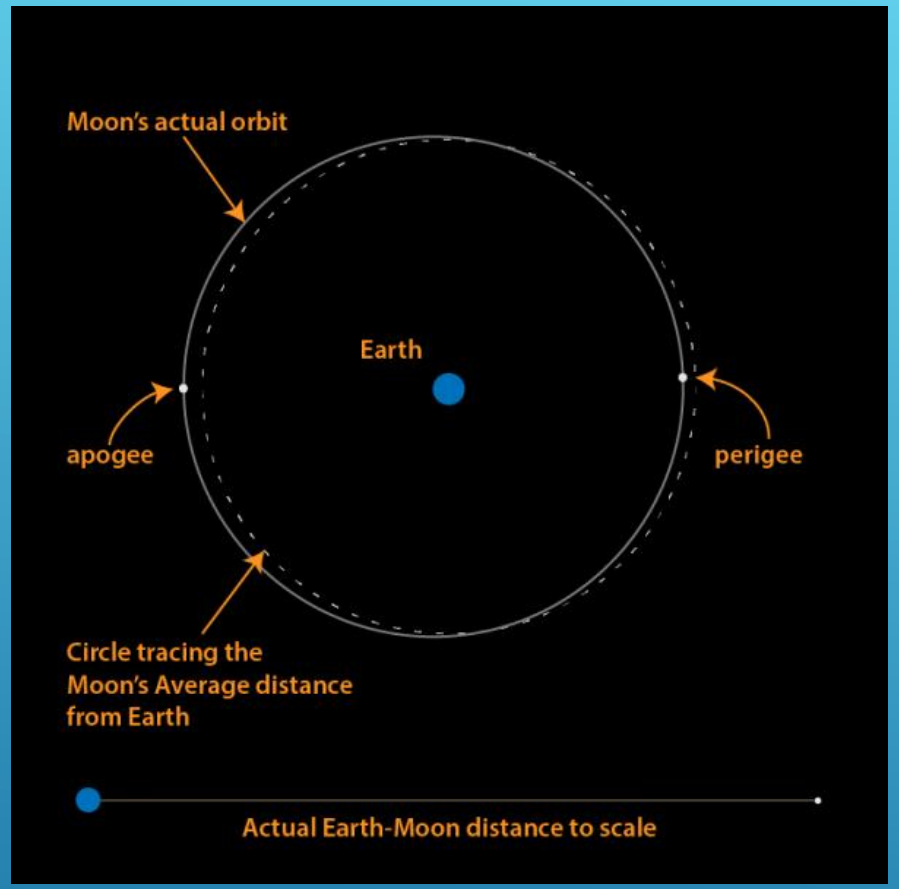
Saat ini (abad 20-an) sumbu rotasi bumi mengarah ke bintang Polaris (North Star). Sekitar tahun 14,000, sumbu rotasi bumi mengarah ke bintang Vega.

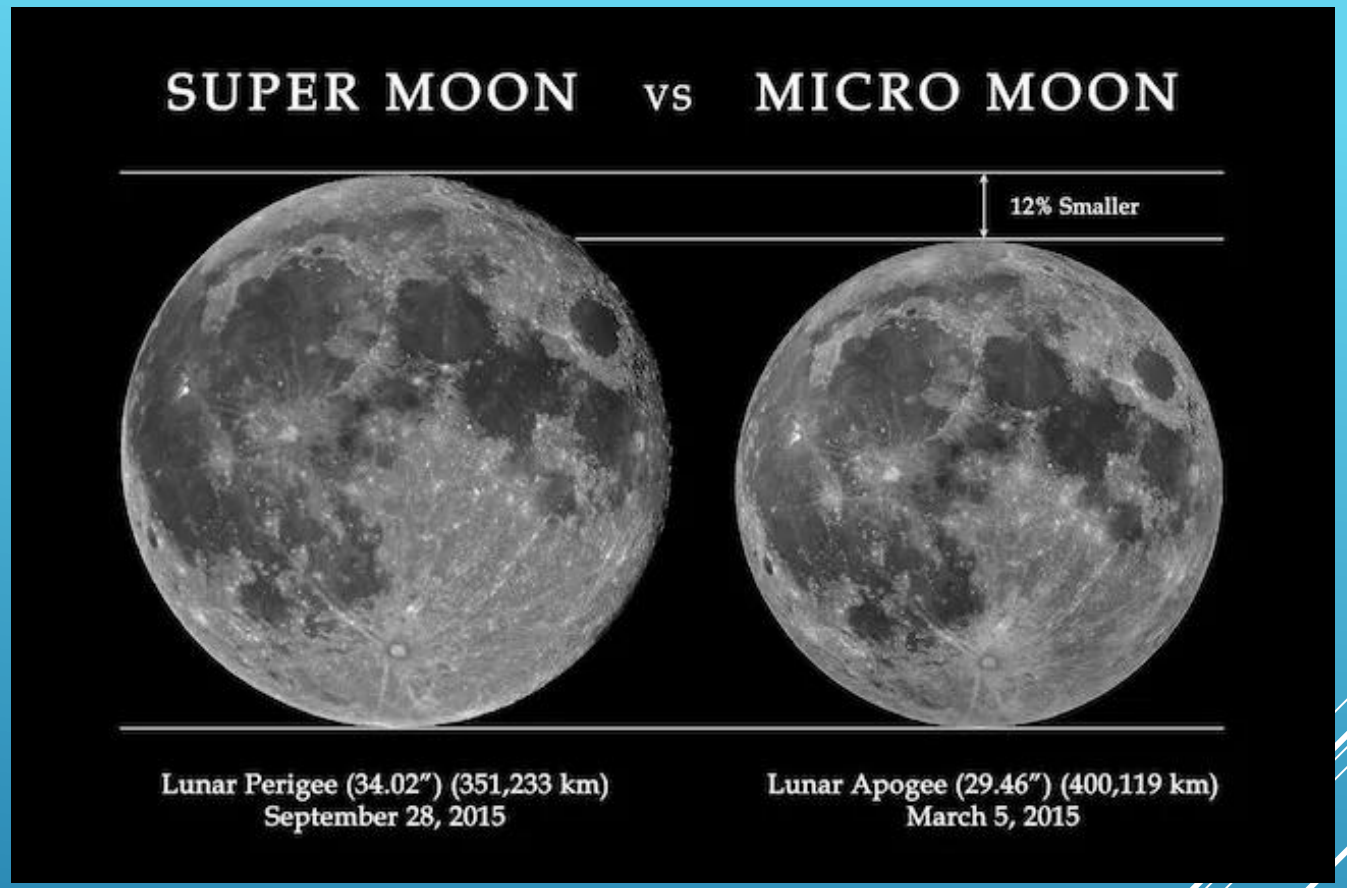
BULAN
SATELIT BUMI

- Diameter bulan 3.500 km (bandingkan, diameter bumi 12.700 km)
- Bulan berjarak 384.000 km.
- Periode rotasinya 27,3 hari.
- Periode revolusi (mengitari bumi) 27,3 hari.
- Kesamaan periode rotasi dan revolusi menyebabkan bagian bulan yang menghadap bumi selalu sama.

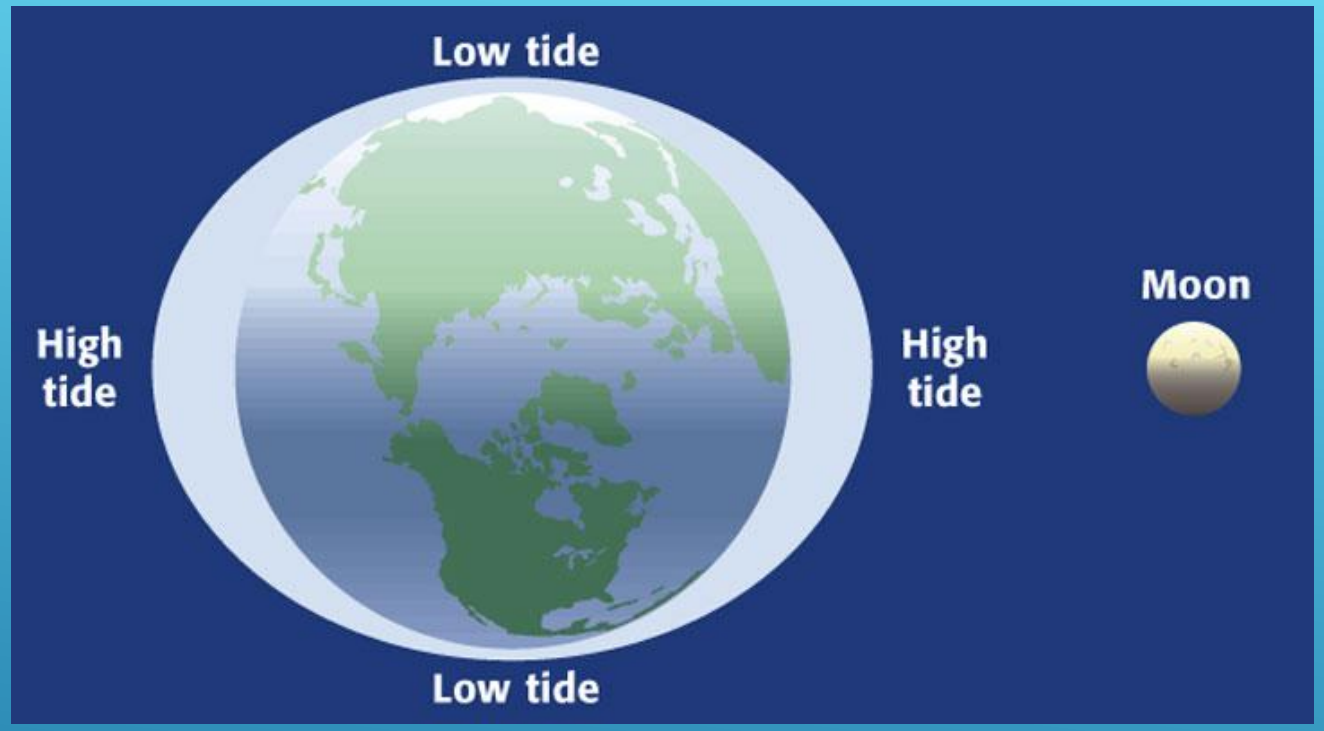


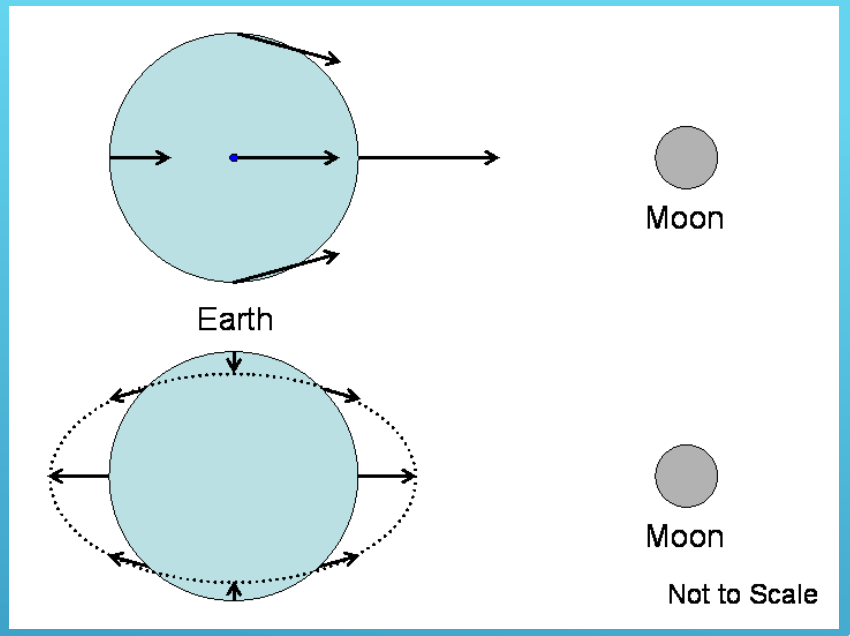




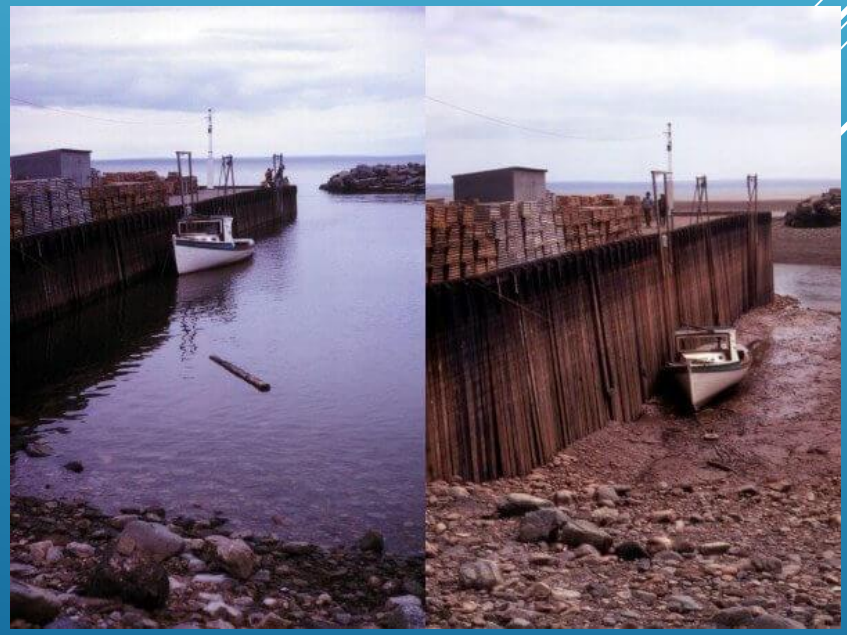


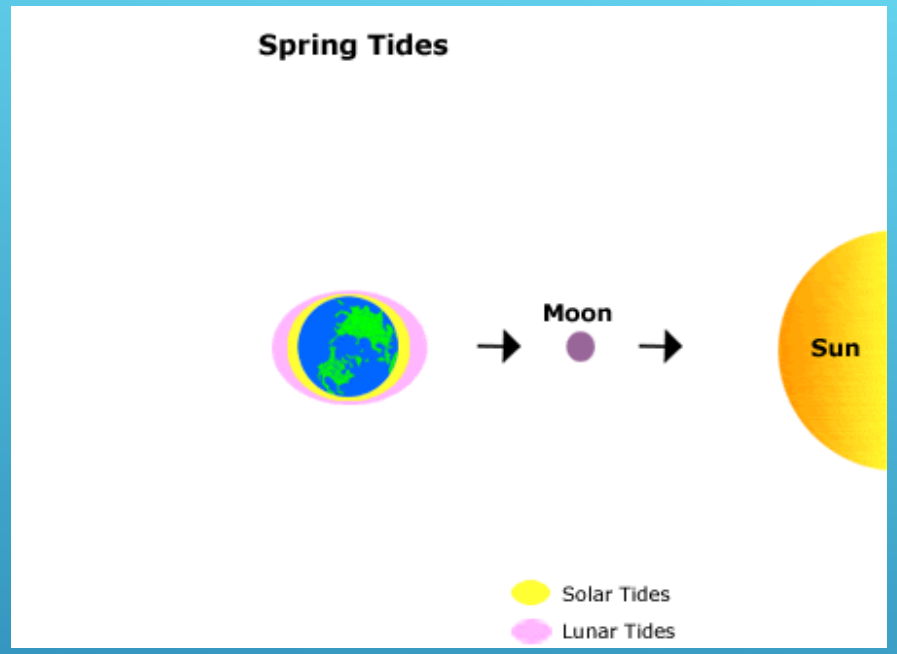
Orbit bulan mengitari bumi bukan lingkaran sempurna, tetapi berbentuk sedikit agak lonjong.
Pada jarak terjauh (apogee), sekitar 400.000 km, bulan tampak paling kecil (media menyebutnya micromoon).
Pada jarak terdekat (perigee), sekitar 350.000 km, bulan tampak paling besar (media menyebutnya supermoon).

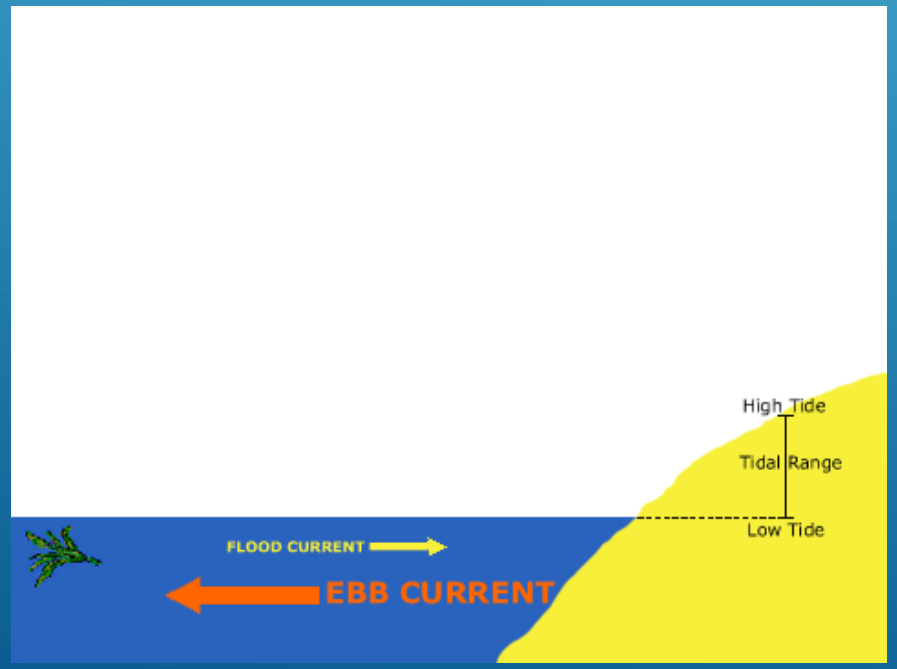




Efek diferensial gravitasi bulan terhadap bumi menyebabkan fenomena pasang – surut air laut.

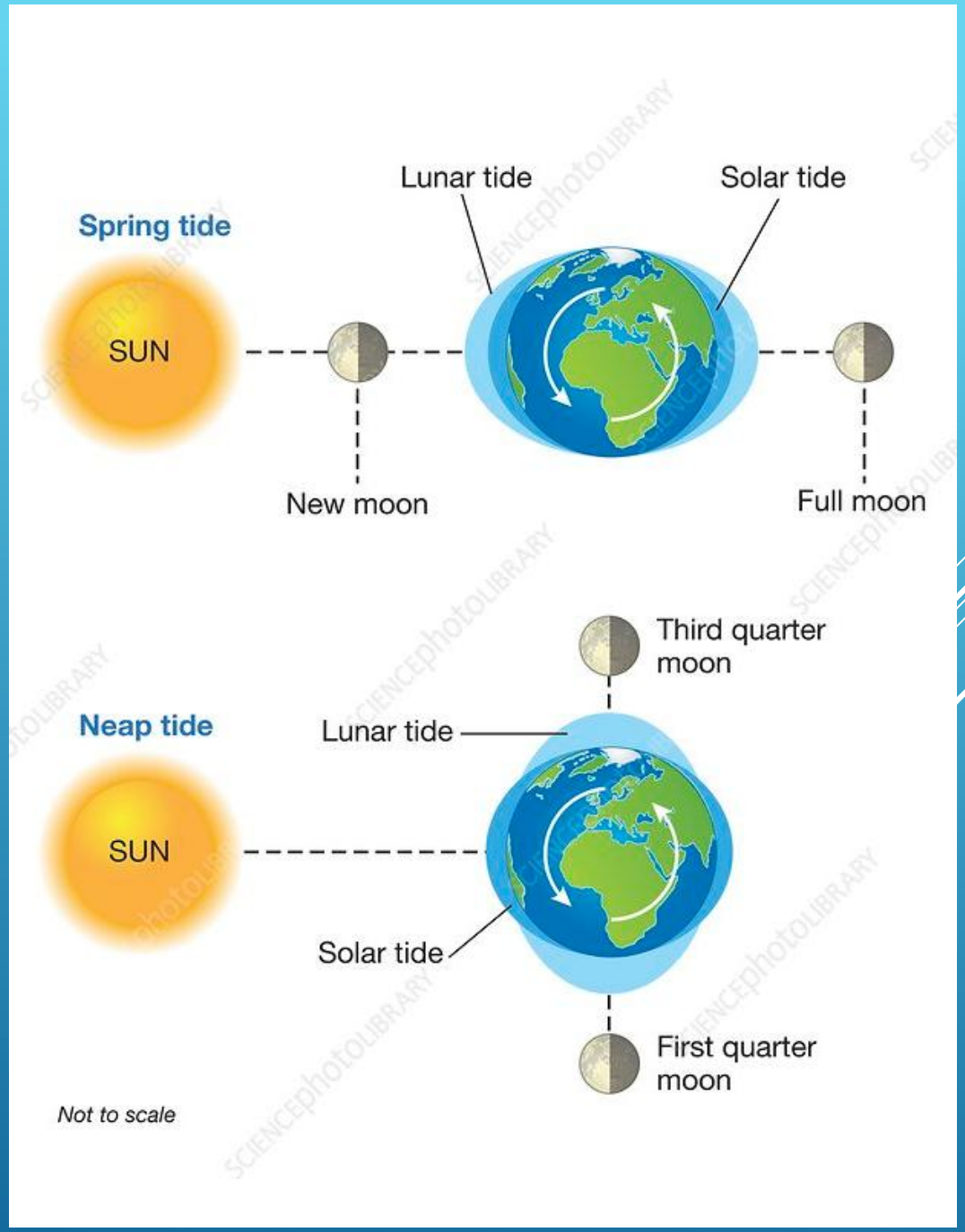


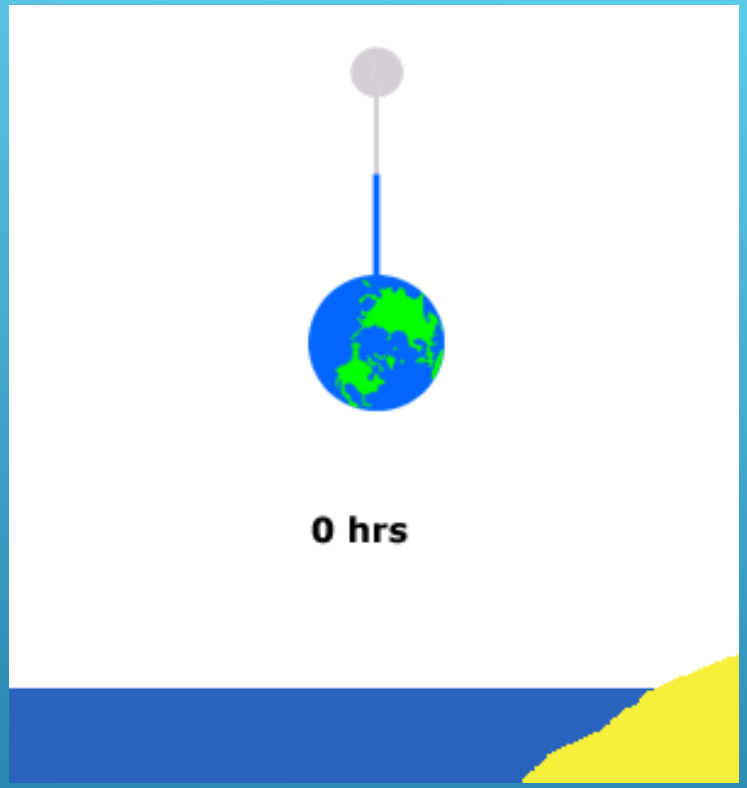


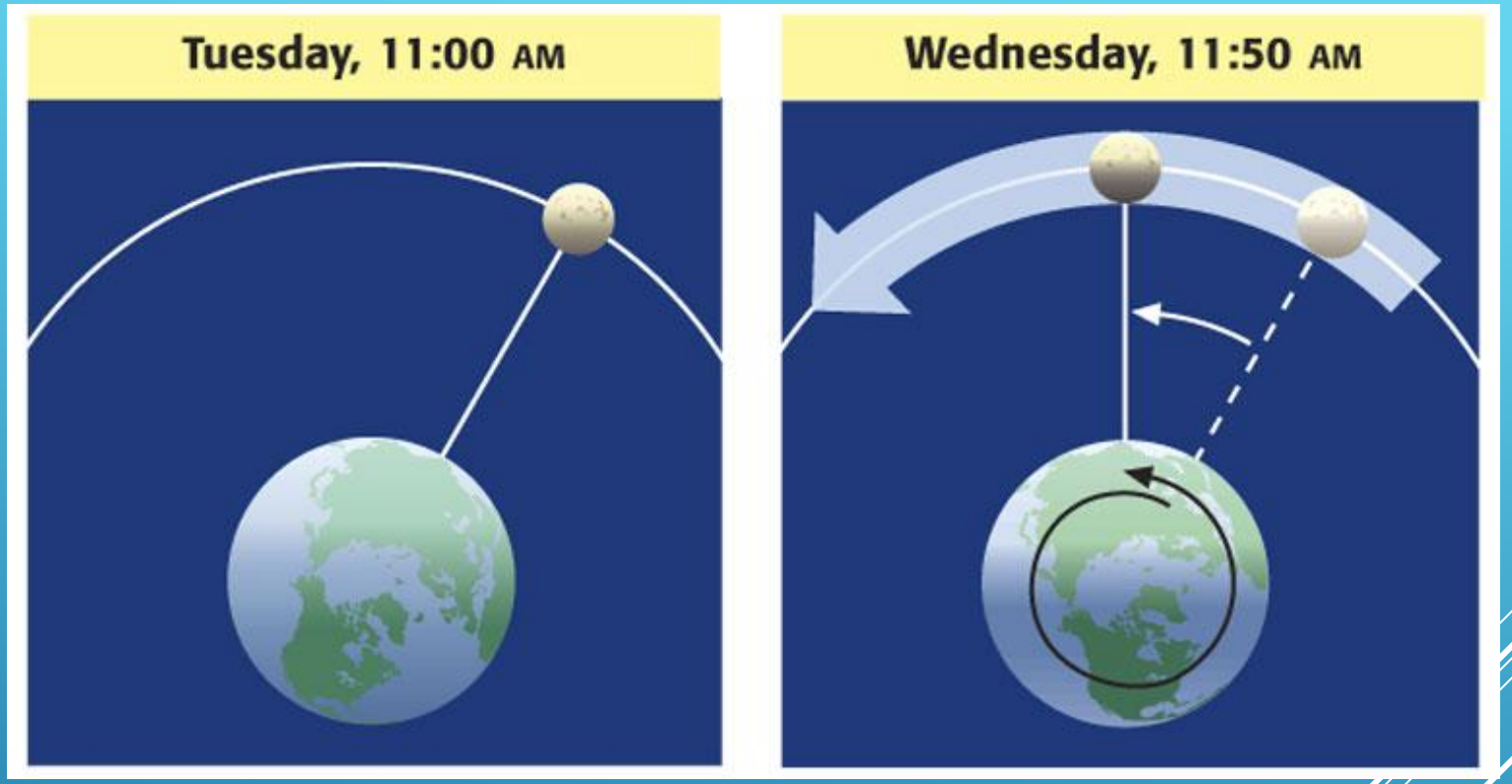


Efek pasang-surut bulan dapat
- diperkuat oleh matahari (spring tide)
- diperlemah oleh matahari (neap tide)

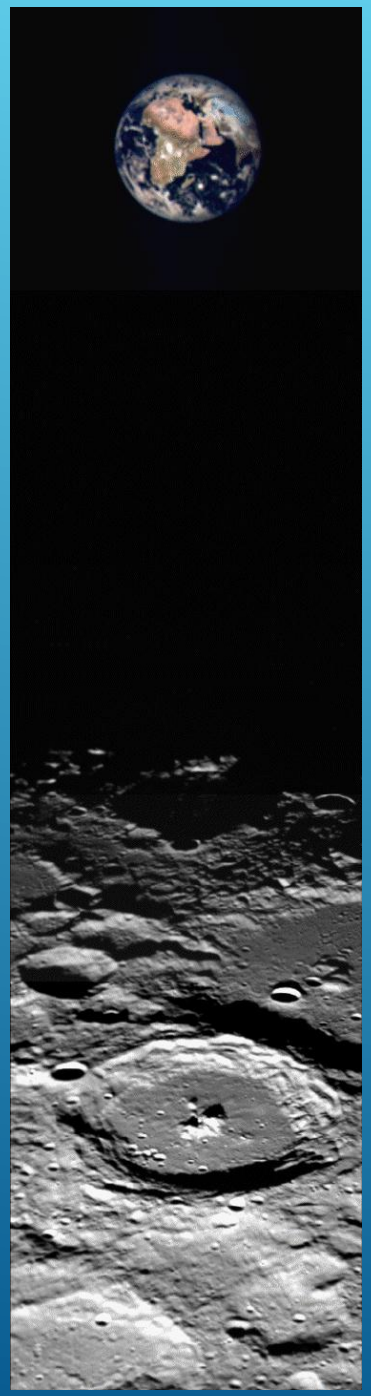
bergantung konfigurasi bumi-bulan-matahari.







- Kejadian pasang dan surut bergeser waktunya dari hari ke ke hari karena kombinasi faktor rotasi bumi dan revolusi bulan mengitari bumi.
- Periode pasang pada arah bulan sekitar 24 jam 50 menit. Jadi periode antara pasang/surut yang berturutan adalah 12 jam 25 menit.
- Bila hari ini puncak pasang terjadi pukul 11.00, puncak pasang berikutnya terjadi pada pukul 23.25. Lalu pasang berikutnya lagi terjadi pada keesokan harinya pukul 11.50.



DAMPAK GAYA PASANG SURUT

- Bulan mengalami gaya pasang surut dari bumi, dampaknya terjadi pengereman rotasi dan akhirnya sinkronisasi

  1 hari di bulan (periode rotasi bulan) =

  1 bulan (periode revolusi bulan) = 27,3 hari

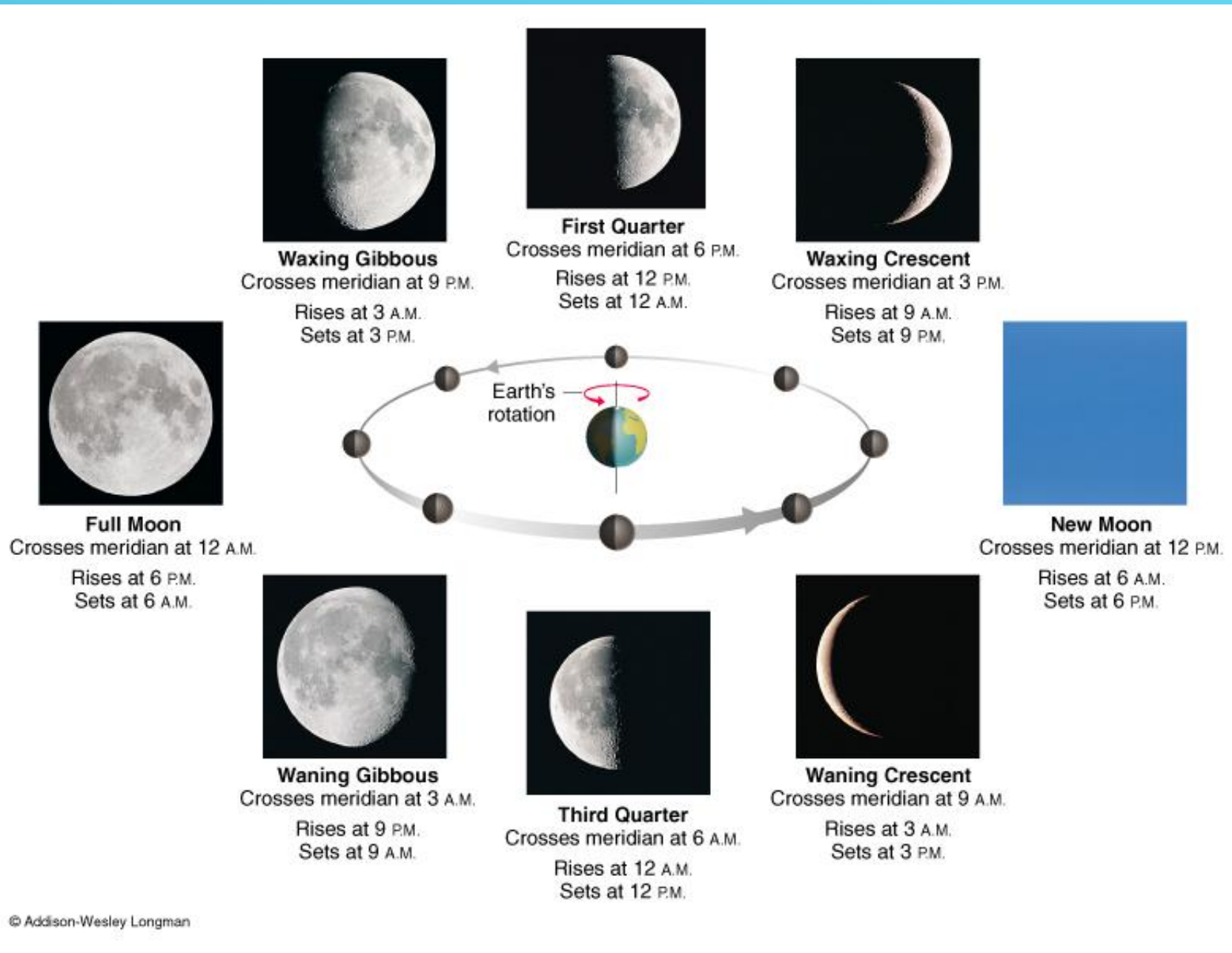
- Bumi mengalami gaya pasang surut dari bulan, dampaknya pengereman rotasi bumi 0.002 detik per abad, jaraknya menjauh 3,5 cm/tahun akhirnya akan terjadi sinkronisasi di bumi
  1 hari = 1 bulan = 48 hari sekarang

FASE BULAN
DAN PENENTUAN WAKTU

Konfigurasi bumi-bulan-matahari menyebabkan terjadinya fase-fase bulan.

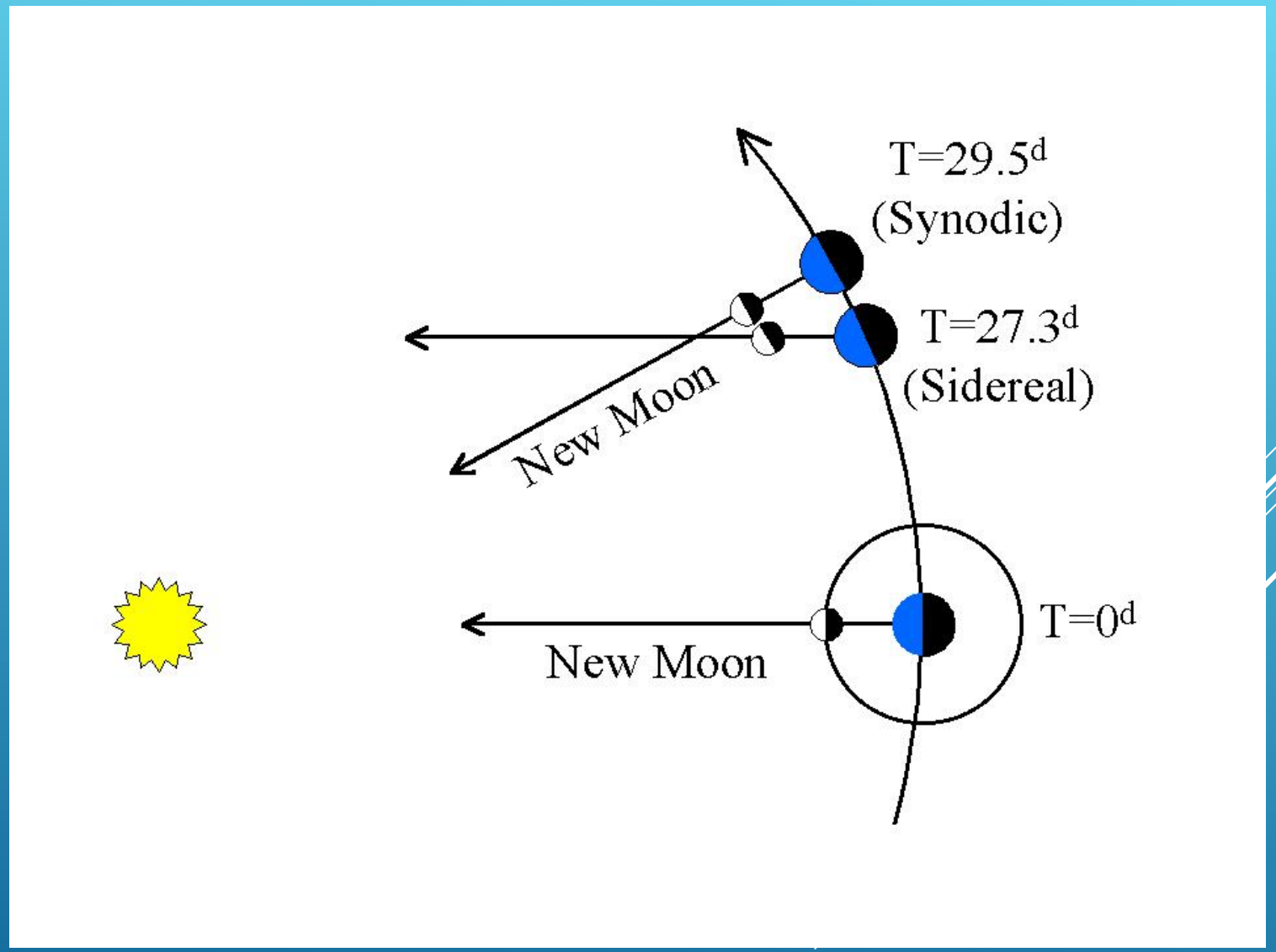
- Bulan baru astronomis (New Moon) saat bulan dan matahari segaris bujur ekliptika.
- Bulan baru pada bulan Islam/Hijriyah adalah saat bulan sabit pertama terlihat sesudah maghrib.





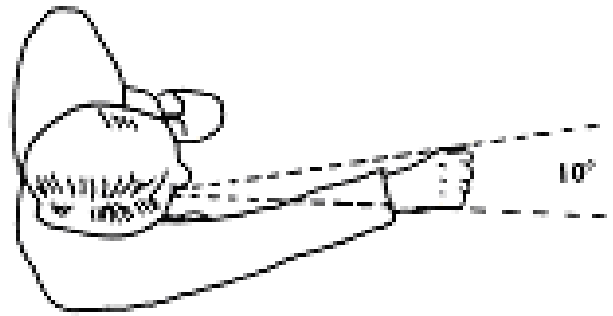
- Periode revolusi bulan 27,3 hari → setiap hari bulan bergerak 360°/27,3 = 13°.
- Setiap hari bulan terlambat terbit/ terbenamnya 13/360x24x60 menit = 52 menit.
- Periode rotasi 27,3 hari, berarti lama siang/ malam di bulan hampir 14 hari → suhu siang hari sekitar 127°C dan malam hari
- -173°C.

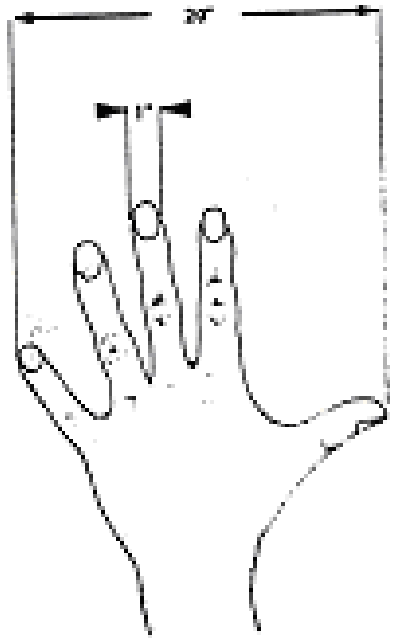
- Periode revolusi bulan (360°, merujuk pada bintang yang jauh – periode sideris): 27,3 hari .
- Perlu tambahan waktu sekitar 2 hari agar bulan kembali mengarah ke matahari → periode dari bulan baru ke bulan baru berikutnya (periode sinodis): 29,53 hari.
- Periode 29,53 menjadi rujukan kalender lunar/qamariyah. Itu sebabnya kalender Islam 1 bulan = 29 atau 30 hari.



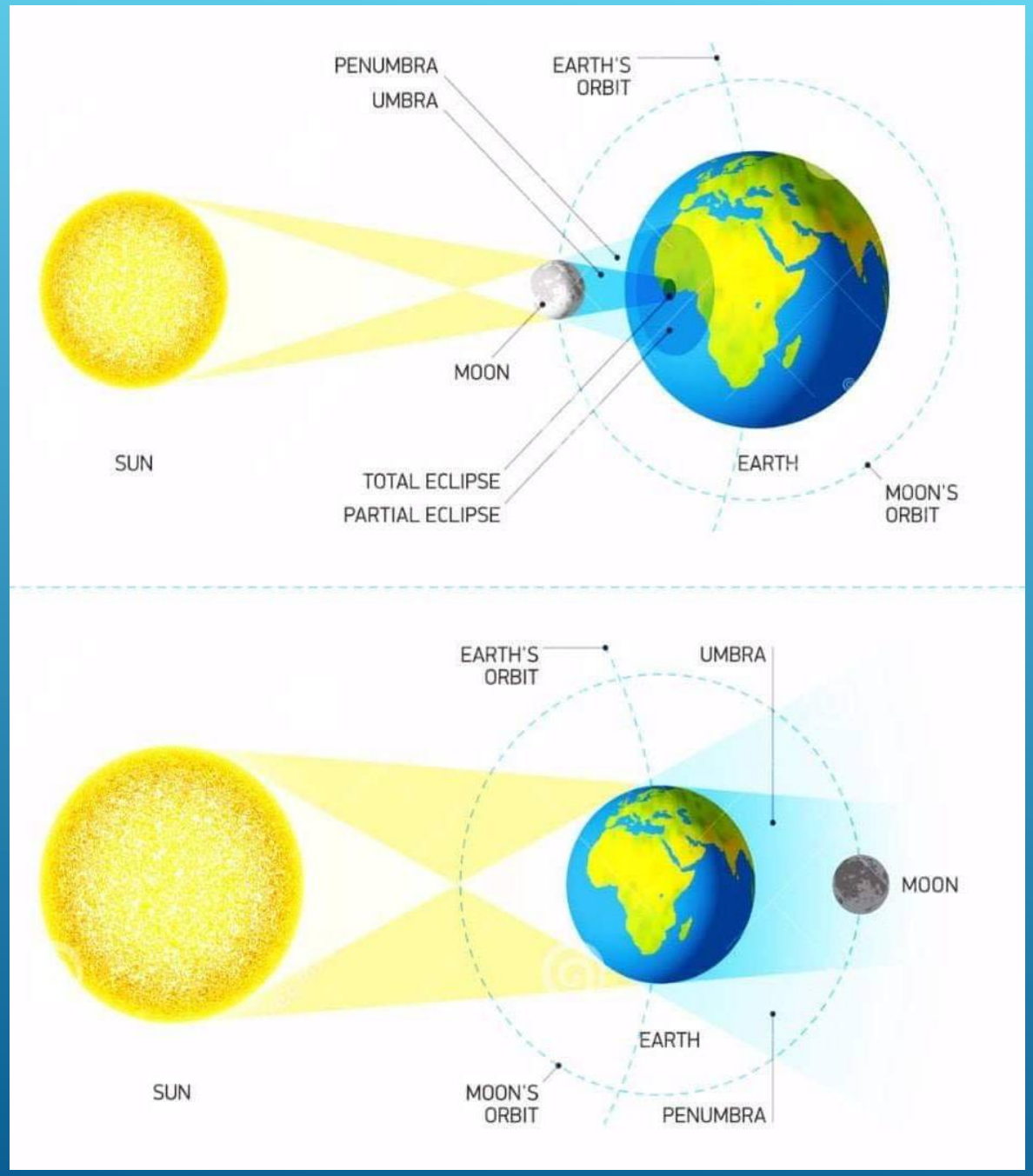
CARA PRAKTIS PERKIRAKAN UMUR BULAN

- Bulan bergerak ke arah timur 360°/29.53 =12.2°/hari relatif terhadap matahari
- Setiap hari bulan semakin tinggi diufuk barat ~ 12° (kira-kira sekepalan bila lengan dijulurkan ke depan).
- Bulan tanggal 1 (hilal) posisinya dekat horizon, tanggal 2 kira-kira sekepal lebih tinggi, tanggal 3 kira-kira 2 kepal lebih tinggi, dan seterusnya.





GERHANA MATAHARI DAN BULAN



- Gerhana matahari terjadi ketika bulan tepat berada di antara matahari dan bumi, sehingga menghalangi cahaya matahari ke bagian tertentu di bumi. Gerhana matahari terjadi pada fase bulan baru.
- Gerhana bulan terjadi ketika bumi tepat berada di antara matahari dan bulan, sehingga menghalangi cahaya matahari ke bulan purnama. Gerhana bulan terjadi pada fase purnama.



Gerhana Matahari Cincin
Lokasi : Kampung Bunsur Kec. Sungai Apit Kab. Siak
26 Desember 2019

Lunt 70ED+ iOptron Mini Tower II+ ZWO 174 MC
Tim Pengamat :
PUSSAINSA, BPAA Sumedang, BPAA Agam

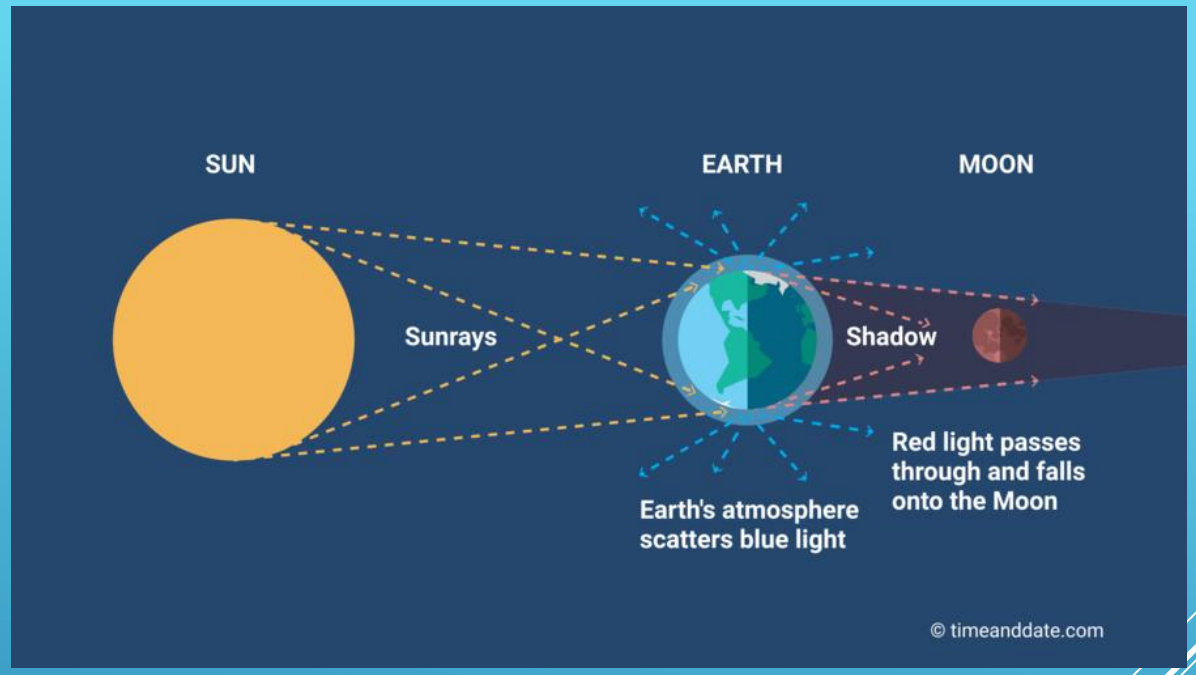


Gerhana matahari total di Parigi, Sulawesi, 9 Maret 2016



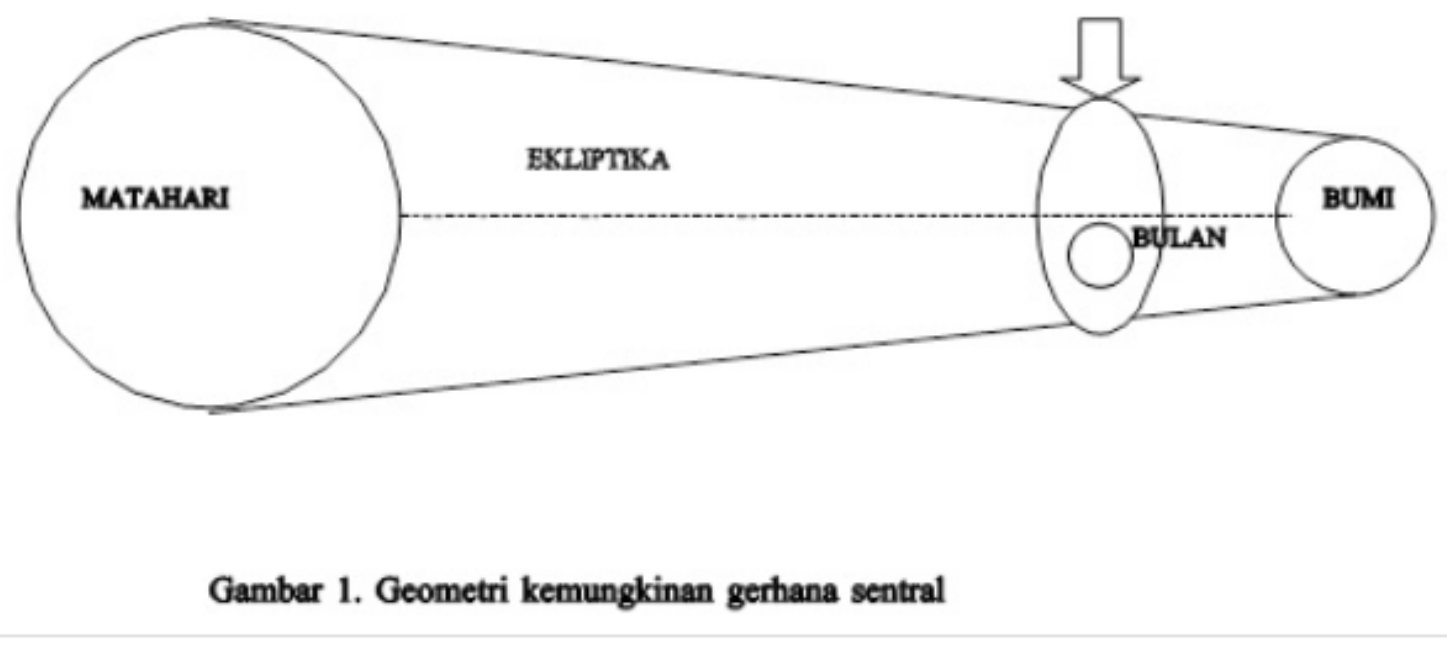
Saat gerhana bulan, bayangan bumi tidak menyebabkan bulan gelap total, tetapi bulan tampak menjadi kemerahan. Media menyebutnya “Blood moon”.

Atmosfer bumi yang menghamburkan cahaya merah menjadi penyebabnya.





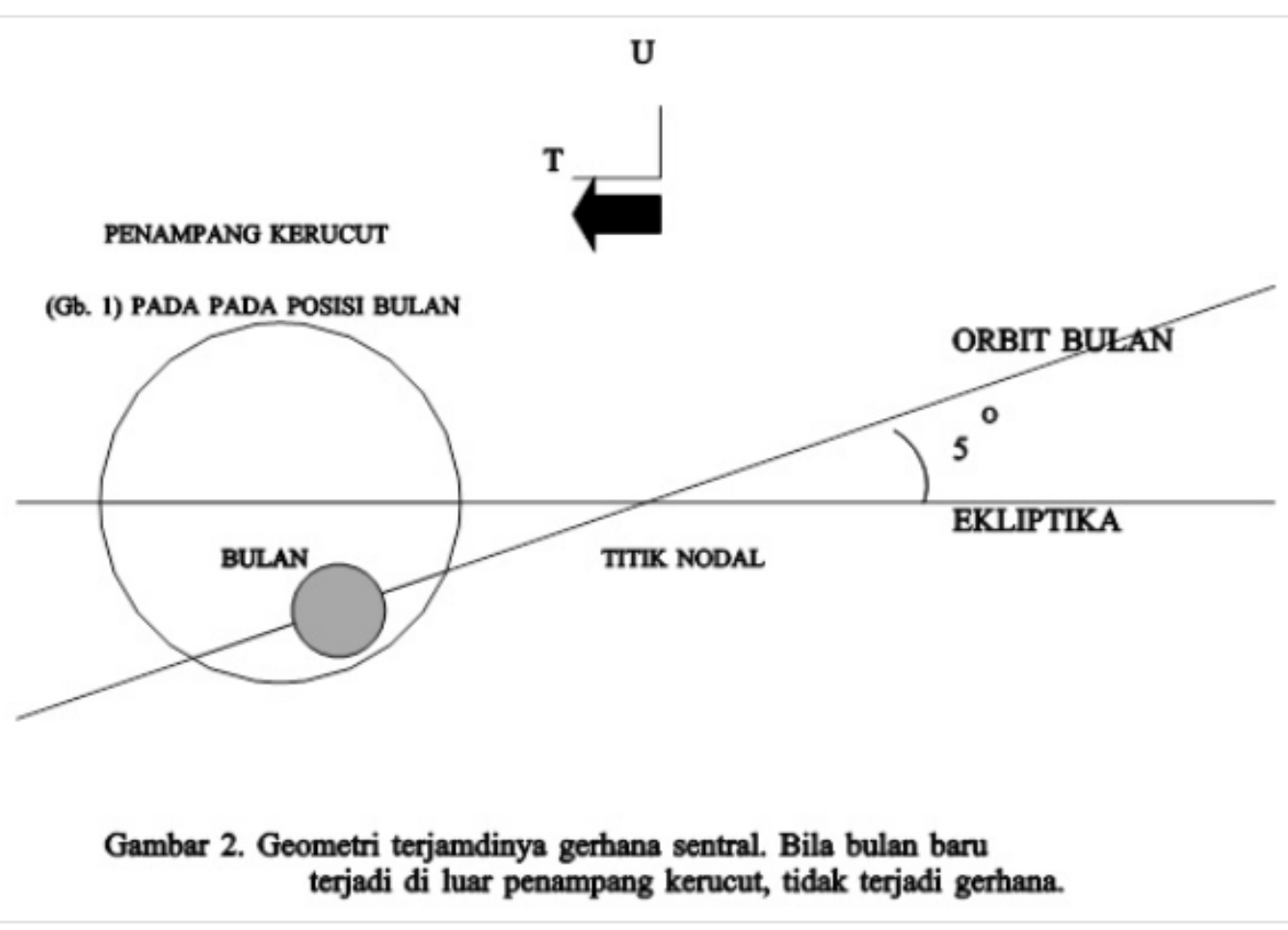
SYARAT TERJADINYA GERHANA MATAHARI



Gambar 1. Geometri kemungkinan gerhana sentral

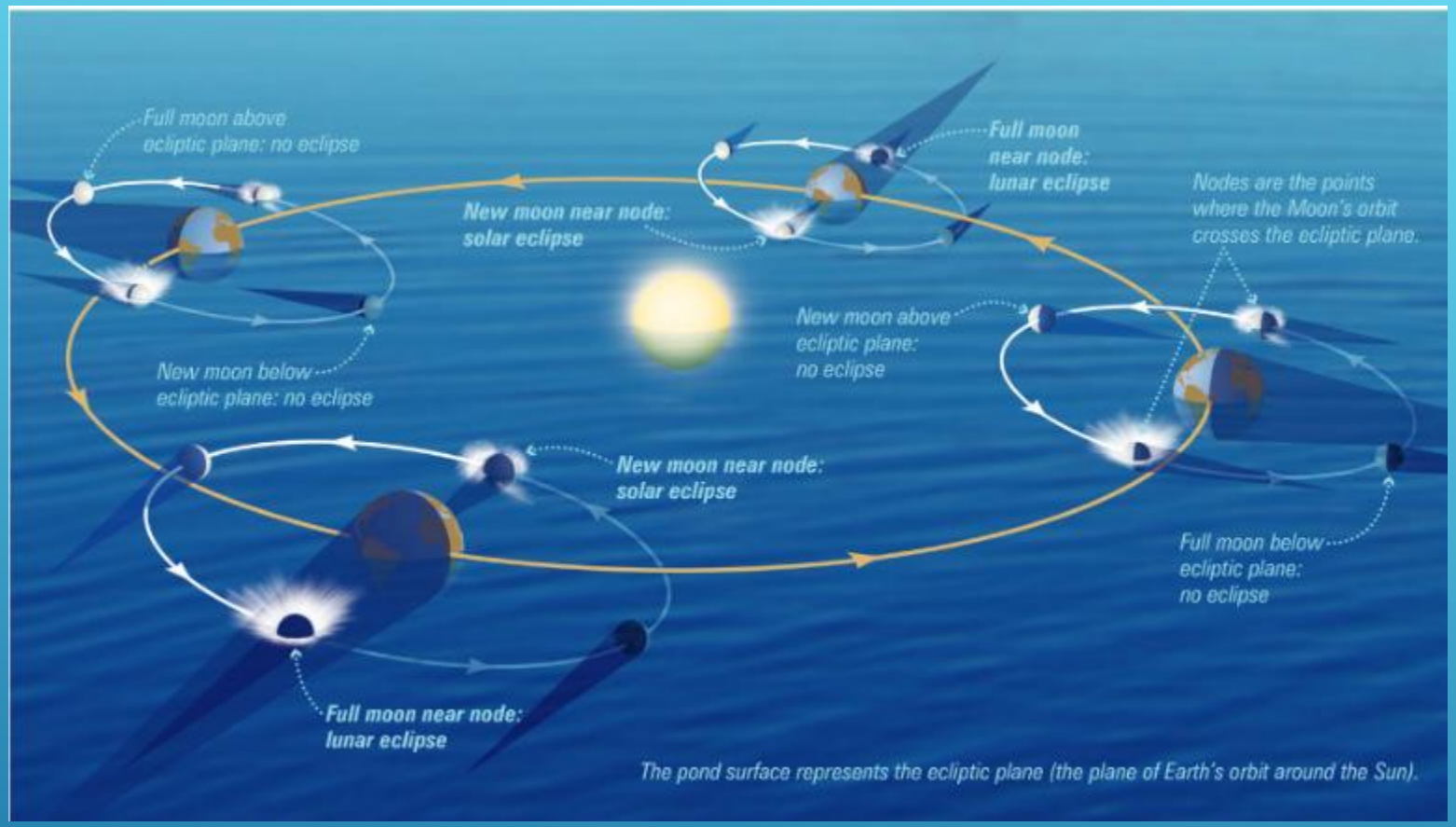
- Jari-jari penampang kerucut matahari-bumi pada posisi bulan ~ 1.2°.
- Jarak maksimum bulan dari ekliptika untuk terjadi gerhana (umum) ~ 1.5°.
- Jarak maksimum bulan dari ekliptika untuk terjadi gerhana sentral (gerhana matahari total/cincin, GMT/GMC) ~ 1°.

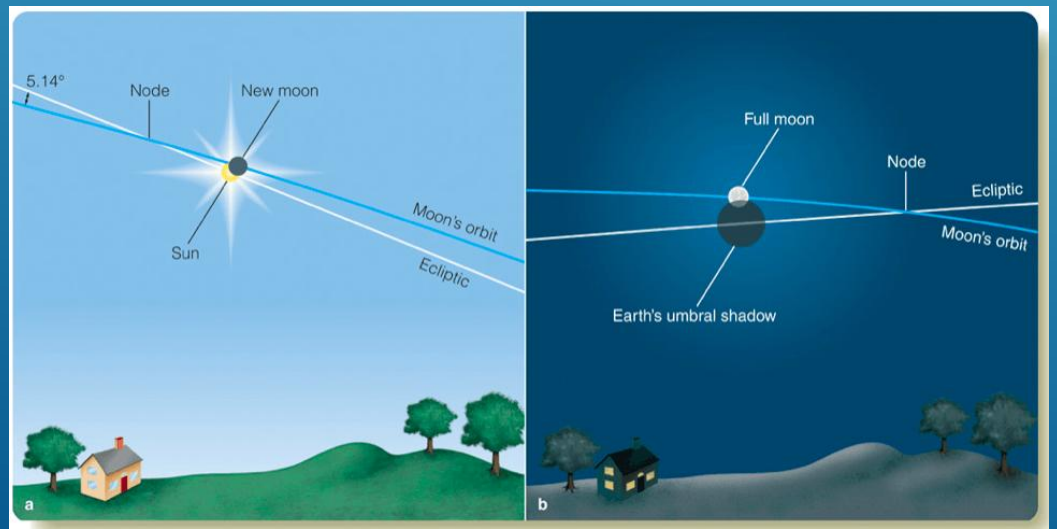
LIMIT GERHANA



Gambar 2. Geometri terjamdinya gerhana sentral. Bila bulan baru terjadi di luar penampang kerucut, tidak terjadi gerhana.

- Mungkin tidaknya terjadi gerhana matahari ditentukan dengan limit gerhana matahari, yaitu jarak terjauh matahari dari titik nodal yang memungkinkan bulan berada di dalam kerucut matahari-bumi.
- Limit gerhana matahari secara umum ~ 15^o, sedangkan limit gerhana sentral (GMT/GMC) ~ 10^o.
- Matahari bergerak ke arah timur ~1°/hari. Jadi dalam jangka waktu dari bulan baru ke bulan baru berikutnya (satu bulan sinodis) matahari menempuh jarak 29,5^o. Ini kurang dari 2 kali limit gerhana (2*15^o = 30^o).

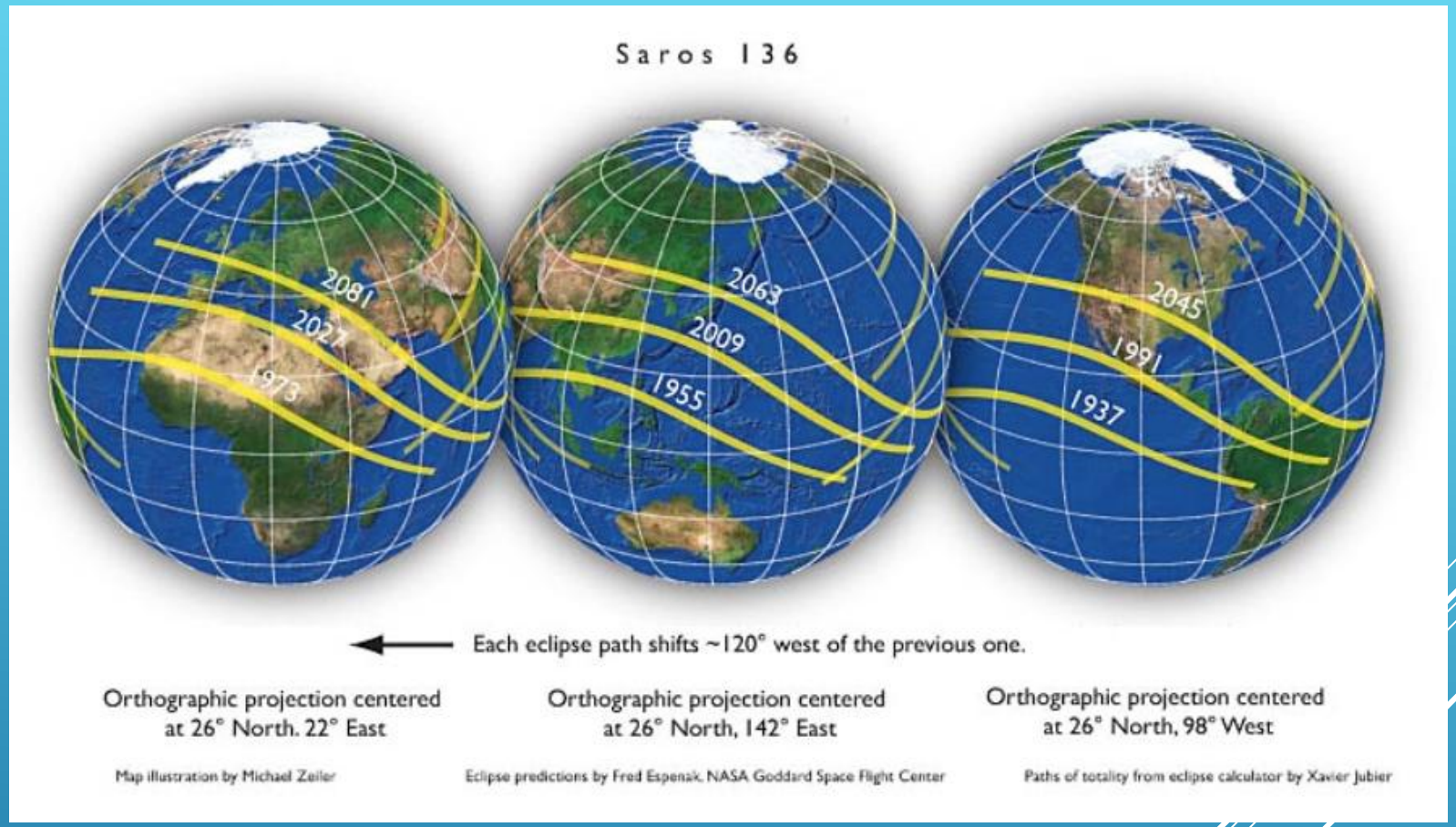




Dalam satu tahun bisa terjadi 7 gerhana: 5 gerhana matahari + 2 gerhana bulan atau 5 gerhana bulan + 2 gerhana matahari.

- Gerhana matahari atau bulan terjadi ketika bulan dan matahari atau bayangan bumi dari matahari berada dekat titik nodal. Kondisi tersebut disebut musim gerhana.
- Musim gerhana berselang sekitar 6 bulan.
- Gerhana bulan dan gerhana matahari sering terjadi berturutan → 1 tahun minimal terjadi 2 gerhana matahari dan 2 gerhana bulan
- Gerhana matahari/bulan bisa terjadi berturutan berselang sekitar 1 bulan, diselingi gerhana lainnya. Misalnya gerhana matahari – bulan – matahari.

- Keberulangan gerhana yang mempunyai karakteristik yang sama disebut **siklus Saros**. Periodenya 6.585,3 hari (18 tahun 11 hari).
- Hal itu terkait dengan keberulangan periode bulan sinodik (29,53 hari), bulan anomalistik (27,55 hari), dan bulan drakonik (27,21 hari).
- Periode yang tidak bulat, ada lebih 0,3 hari menyebabkan jalur gerhana matahari bergeser 0,3 x 360° = 120° ke arah barat.



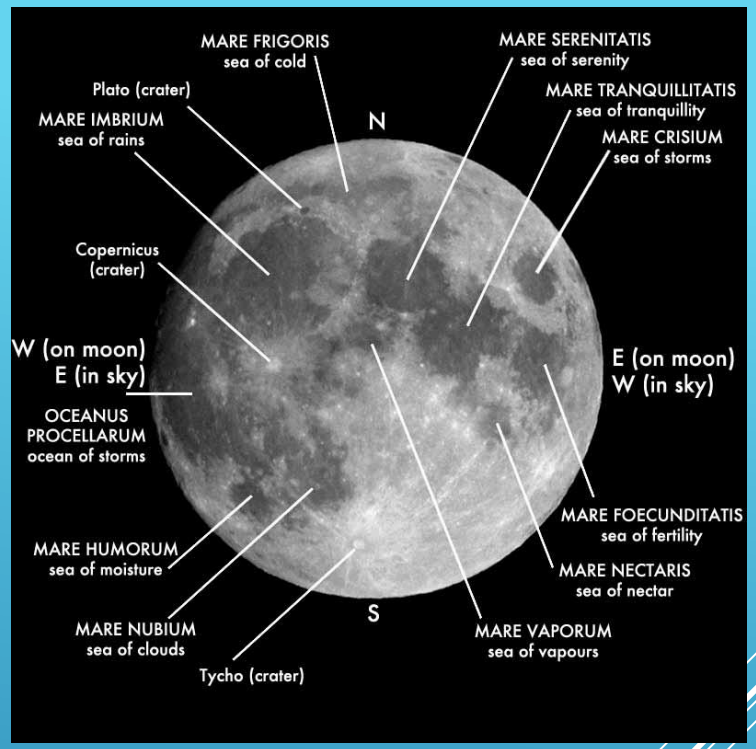
Synodic Month (New Moon to New Moon)	= 29.530589 days	= 29d 12h 44m 03s
Anomalistic Month (perigee to perigee)	= 27.554550 days	= 27d 13h 18m 33s
Draconic Month (node to node)	= 27.212221 days	= 27d 05h 05m 36s

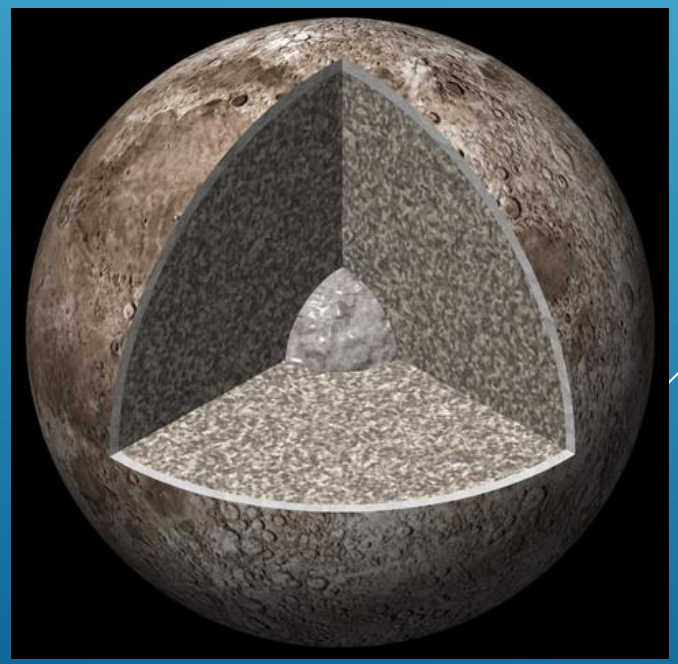
223 Synodic Months	= 6585.3223 days	= 6585d 07h 43m
239 Anomalistic Months	= 6585.5375 days	= 6585d 12h 54m
242 Draconic Months	= 6585.3575 days	= 6585d 08h 35m

KONDISI FISIS BULAN
DAN
ASAL-USUL BULAN

Sifat fisis bulan

- Tidak mempunyai atmosfer.
- Permukaannya dipenuhi kawah tumbukan meteor.
- Daerah gelap (disebut mare – “laut”) adalah kawah yang telah tertutup lava basaltik, sehingga permukaannya rata.
- Kulit permukaannya relatif tipis. Bagian dalamnya merupakan batuan meleleh. Intinya padat, sebagian besar unsur besi





KEADAAN FISIS BULAN

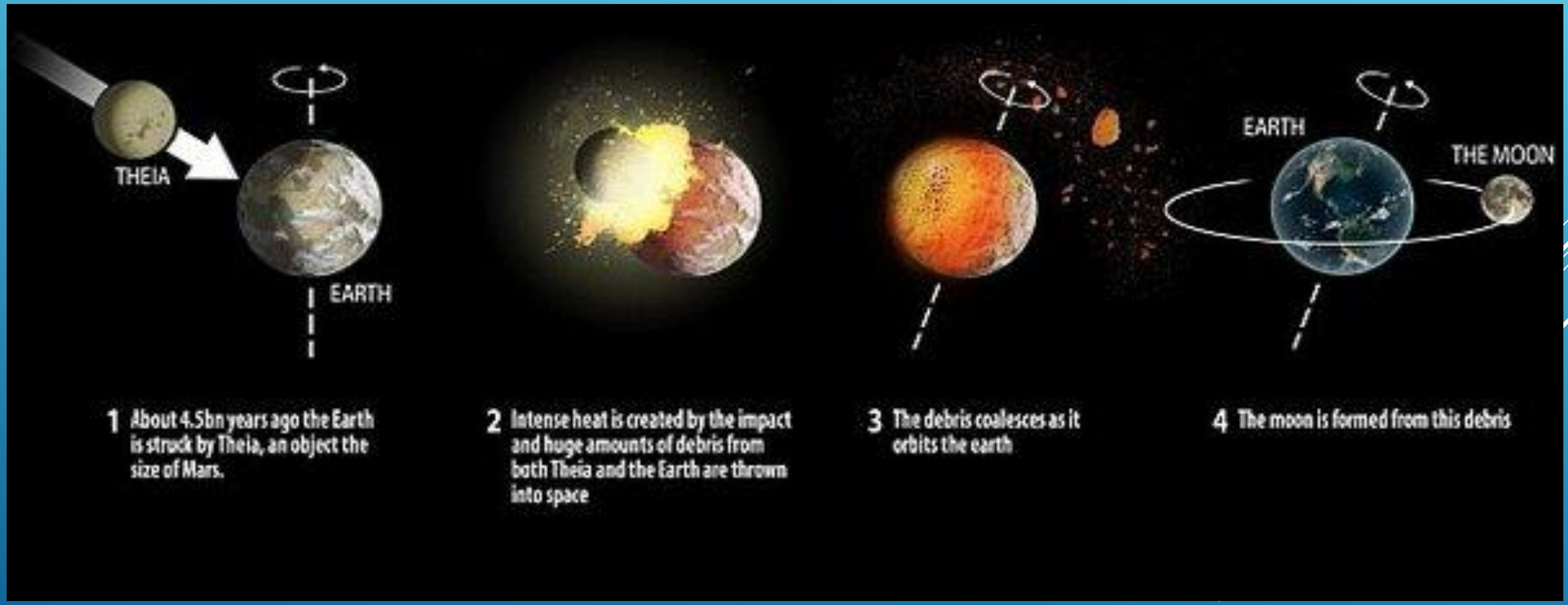
- Massanya 1/80 kali massa bumi, gravitasi di permukaannya sekitar 1/6 kali gravitasi di permukaan bumi.
- ~83% berupa ‘terra’ (“daratan”) atau dataran tinggi bertanah batuan silikat ringan berwarna cerah. Paling banyak mengandung kawah-kawah meteorit.
- ~17% berupa “maria/mare” (“laut”) atau dataran rendah. 14 mare tampak hitam terdiri dari batuan basalt vulkanik berwarna gelap dari letusan gunung 3,3 – 3,8 milyar tahun lalu. Mare sebenarnya di bentuk oleh kawah hasil tumbukan meteorit raksasa (berukuran ~ 100 km) ~ 3,9 milyar tahun lalu kemudian terisi oleh lava letusan gunung berapi.
- Aktivitas gunung berapi berhenti sekitar 3 milyar tahun lalu setelah inti bulan mendingin.

KEADAAN FISIS BULAN

- Secara geologi, bulan dapat disebut mati karena hampir tidak adanya energi internalnya (hanya ada pemanasan radioaktif di lapisan luarnya).
- Tidak ada atmosfer, tidak ada tanda-tanda bekas air di masa lampau.
- Massa jenis rata-rata (3,3 gram/cm^3) hampir sama dengan massa jenis di permukaannya. Sebagian besar batuan, sangat sedikit logamnya.
- Karena tidak ada udara dan sifat permukaannya berpasir menyebabkan suhu permukaan berubah drastis, dari ~100^o C pada tengah hari menjadi –170^o pada malam hari.

TEORI ASAL-USUL BULAN:

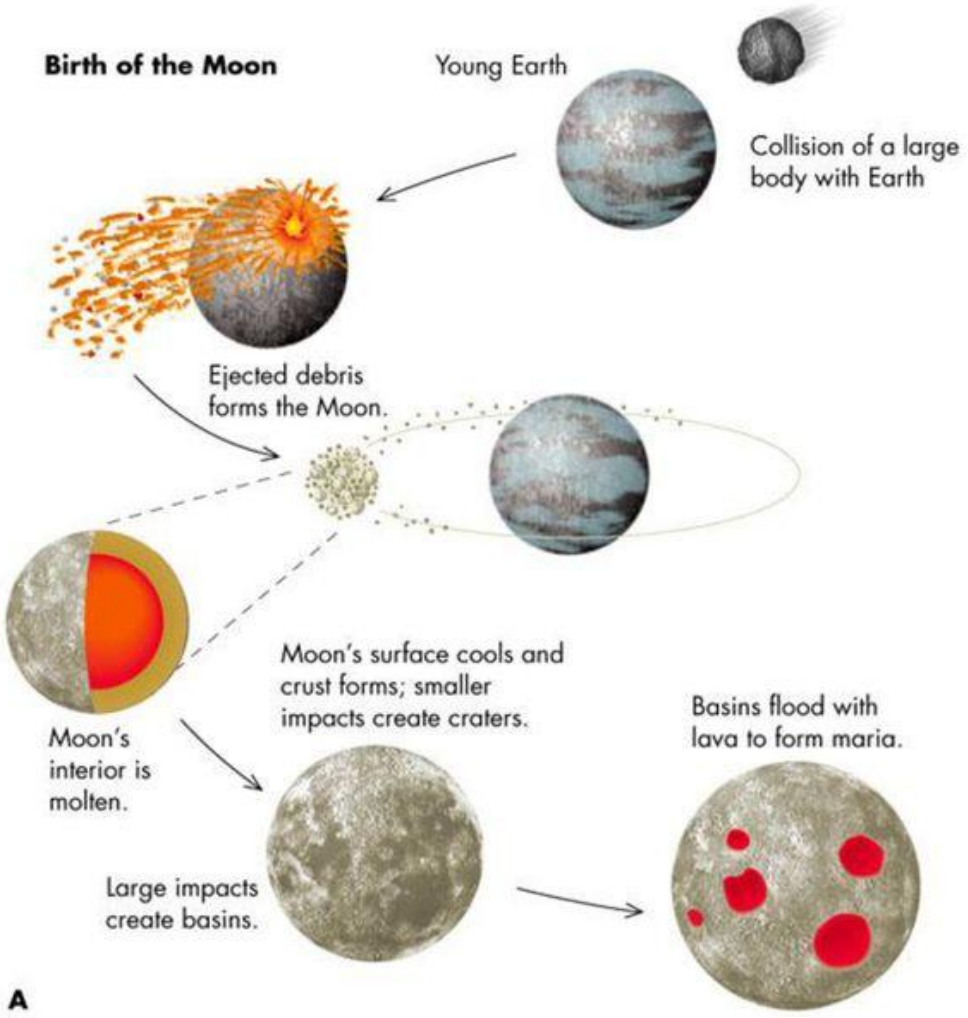
BENDA 0,3 - 0,5 UKURAN BUMI (SEUKURAN MARS) MENUMBUK BUMI



The Large Impact Hypothesis

- The new Moon formation hypothesis:
  - Moon formed from debris blasted out of the Earth by the impact of a Mars-sized body
  - Age of lunar rocks and lack of impact site on Earth suggests collision occurred at least 4.5 billion years ago

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



KEGAGALAN TEORI SEBELUMNYA

- Teori bahwa bulan dan bumi terbentuk bersamaan. Teori ini gagal menjelaskan kelangkaan kandungan besi di bulan.
- Teori bahwa bulan terbentuk di tempat lain di tata surya yang langka besi, kemudian tertangkap ke orbit sekitar bumi. Teori ini gagal menjelaskan kesamaan isotop di bulan dan di bumi.
- Teori bahwa bumi pernah berotasi sangat cepat sehingga bagian kulitnya terlontar membentuk bulan. Teori ini bisa menjelaskan kemiripan bulan dengan kulit bumi, tetapi gagal ketika diuji dari segi kekekalan energi dan angular momentumnya.