

Modul Persiapan Menuju Olimpiade Sains Nasional

Bidang : Astronomi

Disusun oleh : Hans Gunawan
SMAK I BPK PENABUR
2005



Untuk kalangan sendiri

Pendahuluan

Ajang olimpiade yang rutin diadakan oleh Departemen Pendidikan Nasional ini ditujukan untuk menambah wadah bagi para siswa - siswi berbakat untuk berprestasi dalam ajang kompetisi bertaraf nasional sekaligus untuk memilih calon-calon duta Indonesia dalam ajang olimpiade tingkat internasional.

Astronomi merupakan cabang baru yang mulai dimasukkan menjadi salah satu mata pelajaran yang dilombakan dalam ajang olimpiade nasional. Tahun 2004, olimpiade astronomi pertama diadakan terpisah dari Olimpiade Sains Nasional 2004 yang diadakan di Riau. Olimpiade astronomi ini diberi nama Olimpiade Astronomi Nasional atau OAN. OAN ini diadakan di Jakarta dan Bandung. Mata lomba yang diujikan adalah teori, praktek pengolahan data, observasi dan simulasi.

Dalam Olimpiade Sains Nasional 2005, astronomi mulai dimasukkan dalam sebagai salah satu mata pelajaran yang dilombakan. Mata lomba yang diujikan masih sama seperti tahun lalu.

Salah satu permasalahan yang banyak dikeluhkan peserta adalah bahwa mata pelajaran astronomi yang dikompetisikan adalah materi baru yang tidak pernah didapatkan di sekolah. Hal ini mengingat tidak adanya mata pelajaran yang secara khusus membahas masalah astronomi. Oleh sebab itu, banyak siswa yang takut untuk berpartisipasi dalam ajang olimpiade astronomi karena mereka tidak tahu harus membekali diri mereka dengan pengetahuan seperti apa dan hal yang lebih parah adalah tidak banyak guru di sekolah yang bisa menjadi tutor dikarenakan jarang ada guru yang mendalami astronomi secara khusus.

Oleh sebab itu, penulis mencoba membantu memberikan gambaran dan pengetahuan dasar yang diharapkan bisa membuat siswa menjadi lebih percaya diri dan siap dalam mengikuti ajang olimpiade astronomi sehingga diharapkan mereka dapat menunjukkan prestasi mereka yang gemilang. Dan sebagai manusia, penulis juga tidak mungkin lepas dari segala kesalahan dalam proses penulisan modul ini. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran untuk lebih menyempurnakan modul ini di masa yang akan datang.

Jakarta, Desember 2005

Hans Gunawan

Siswa SMAK I BPK PENABUR Jakarta

email : destiny_of_aries@yahoo.com

P. S : (edisi ini merupakan versi yang belum direvisi)

So, use it wisely !!!

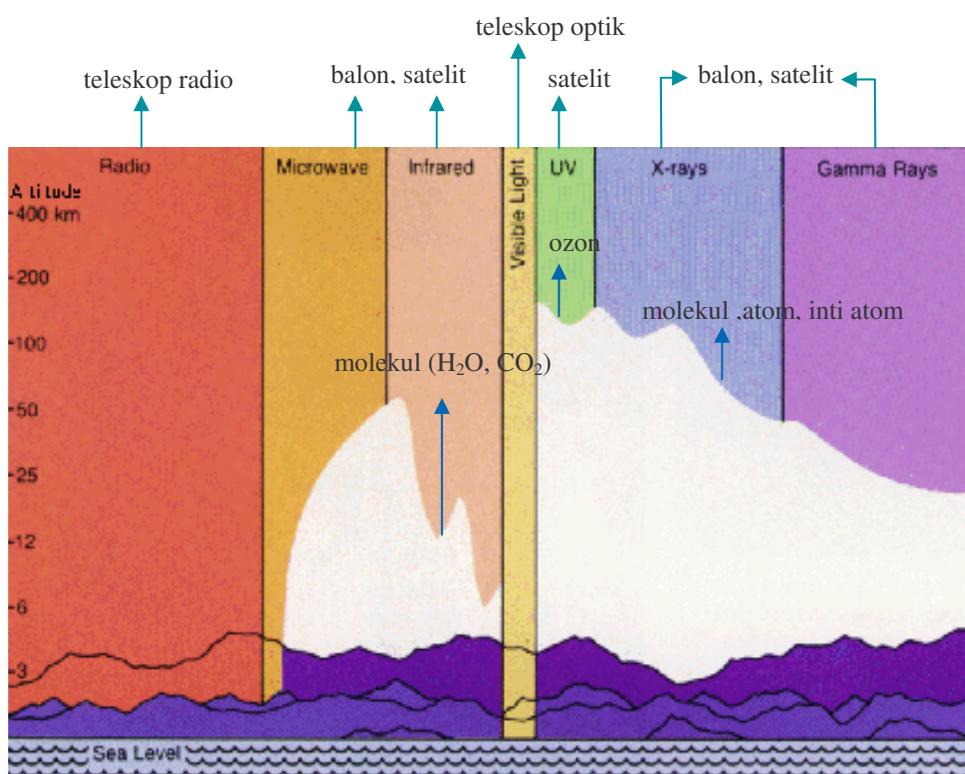
©HG_2005

Bab 1 : Fotometri

Untuk mempelajari benda-benda langit, informasi yang diterima hanyalah berupa seberkas *cahaya*. Cahaya termasuk gelombang elektromagnet.

Pancaran gelombang elektromagnet dapat dibagi dalam beberapa jenis, bergantung pada panjang gelombangnya (λ)

1. Pancaran gelombang radio, dengan λ antara beberapa milimeter sampai 20 meter
2. Pancaran gelombang inframerah, dengan λ sekitar 7500 Å hingga sekitar 1 mm ($1 \text{ \AA} = 1 \text{ Angstrom} = 10^{-8} \text{ cm}$)
3. Pancaran gelombang optik atau pancaran kasatmata dengan λ sekitar 3 800 Å sampai 7 500 Å. Panjang gelombang optik terbagi atas beraneka warna :
 - o merah $\lambda : 6\ 300 - 7\ 500 \text{ \AA}$
 - o merah oranye $\lambda : 6\ 000 - 6\ 300 \text{ \AA}$
 - o oranye $\lambda : 5\ 900 - 6\ 000 \text{ \AA}$
 - o kuning $\lambda : 5\ 700 - 5\ 900 \text{ \AA}$
 - o kuning hijau $\lambda : 5\ 500 - 5\ 700 \text{ \AA}$
 - o hijau $\lambda : 5\ 100 - 5\ 500 \text{ \AA}$
 - o hijau biru $\lambda : 4\ 800 - 5\ 100 \text{ \AA}$
 - o biru $\lambda : 4\ 500 - 4\ 800 \text{ \AA}$
 - o biru ungu $\lambda : 4\ 200 - 4\ 500 \text{ \AA}$
 - o ungu $\lambda : 3\ 800 - 4\ 200 \text{ \AA}$
4. Pancaran gelombang ultraviolet, sinar X dan sinar γ yang mempunyai $\lambda < 3\ 500 \text{ \AA}$



Dengan mengamati pancaran gelombang elektromagnet kita dapat mempelajari beberapa hal yaitu,

1. **Arah pancaran.** Dari pengamatan kita dapat mengamati letak dan gerak benda yang memancarkannya
2. **Kuantitas pancaran.** Kita bisa mengukur kuat atau kecerahan pancaran
3. **Kualitas pancaran.** Dalam hal ini kita bisa mempelajari warna, spektrum maupun polarisasinya

Untuk memahami sifat pancaran suatu benda kita hipotesakan suatu pemancar sempurna yang disebut benda hitam (*black body*)

1. Pada keadaan kesetimbangan termal, temperatur benda hanya ditentukan oleh jumlah energi yang diserapnya perdetik
2. Suatu benda hitam tidak memancarkan seluruh gelombang elektromagnet secara merata. Benda hitam bisa memancarkan cahaya biru lebih banyak dibandingkan dengan cahaya merah, atau sebaliknya.

Panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) pancaran benda hitam dapat ditentukan dengan menggunakan *Hukum Wien* yaitu

$$\lambda_{\text{maks}} = \frac{0,2898}{T}$$

λ_{maks} dinyatakan dalam cm dan T dalam derajat Kelvin

- Hukum Wien ini menyatakan bahwa makin tinggi temperatur suatu benda hitam, makin pendek panjang gelombangnya
- Hal ini dapat digunakan untuk menerangkan gejala bahwa bintang yang temperaturnya tinggi akan tampak berwarna biru, sedangkan yang temperaturnya rendah tampak berwarna merah

Contoh : Dari hasil pengamatan diperoleh bahwa puncak spektrum bintang A dan bintang B masing-masing berada pada panjang gelombang $0,35 \mu m$ dan $0,56 \mu m$. Tentukanlah bintang mana yang lebih panas, dan seberapa besar perbedaan temperaturnya !

Flux : jumlah energi yang dipancarkan oleh setiap cm^2 permukaan benda hitam per detik ke semua arah, yaitu

$$F = \sigma T^4$$

Apabila suatu benda berbentuk bola beradius R dan bertemperatur T memancarkan radiasi dengan sifat-sifat benda hitam, maka energi yang dipancarkan seluruh benda itu ke semua arah perdetik disebut Luminositas.

$$L = \text{Luas} \times F = 4 \pi R^2 \sigma T_{\text{efektif}}^4$$

Fluks energi yang diterima oleh pengamat yang berjarak d dari suatu bintang yang berluminositas L adalah :

$$E = \frac{L}{4 \pi d^2}$$

Energi bintang yang diterima/melewati permukaan pada jarak d per cm^2 per detik (E). Pers. ini disebut juga hukum kuadrat kebalikan (*inverse square law*) untuk kecerlangan (brightness). Karena pers. ini menyatakan bahwa kecerlangan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya maka : makin jauh sebuah bintang, makin redup cahayanya.

Contoh :

1. Berapakah kecerlangan sebuah bintang dibandingkan dengan kecerlangan semula apabila jaraknya dijauhkan 3 kali dari jarak semula ?
2. Bumi menerima energi dari matahari sebesar 1380 Watt/m^2 . Berapakah energi dari matahari yang diterima oleh planet Saturnus, jika jarak Matahari-Saturnus adalah $9,5 \text{ AU}$?

Besaran-besaran fisik dan geometri bintang seperti luminositas, radius dan juga massa, biasanya dinyatakan dalam besaran matahari.

Massa : $M_{\odot} = 1,98 \times 10^{33} \text{ gr}$

Radius : $R_{\odot} = 6,96 \times 10^{10} \text{ cm}$

Luminositas : $L_{\odot} = 3,96 \times 10^{33} \text{ erg s}^{-1}$

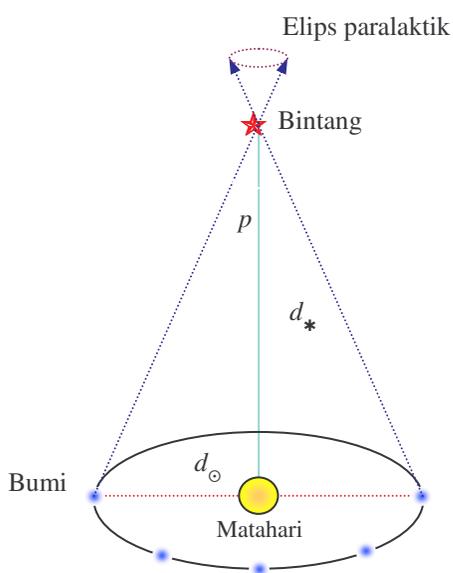
Temperatur Efektif : $T_{ef \odot} = 5.800 \text{ K}$

Magnitudo visual absolut : $M_v \odot = 4,82$

Contoh :

1. Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa permukaan seluas 1 cm^2 di luar atmosfer bumi menerima energi yang berasal dari matahari sebesar $1,37 \times 10^6 \text{ erg/cm}^2/\text{s}$. Apabila diketahui jarak Bumi-Matahari adalah 150 juta kilometer, tentukanlah luminositas matahari.
2. Luminositas sebuah bintang 100 kali lebih terang daripada matahari, tetapi temperaturnya hanya setengahnya dari temperatur matahari. Berapakah radius bintang tersebut dinyatakan dalam radius matahari ?

Jarak Bintang



Jarak bintang-bintang yang dekat dapat ditentukan dengan cara paralaks trigonometri

$$d_{\odot} = \text{Jarak Matahari - Bumi} \\ = 1,50 \times 10^{13} \text{ cm} = 1 \text{ AU}$$

$$d_{*} = \text{Jarak Matahari - Bintang}$$

$$p = \text{sudut paralaks bintang}$$

$$\tan p = d_{\odot} / d_{*}$$

Karena p sangat kecil, maka persamaan diatas dapat dituliskan,

$$p = d_{\odot} / d_{*}$$

p dalam radian

Apabila p dinyatakan dalam detik busur dan karena $1 \text{ radian} = 206.265''$, maka :

$$p = 206.265 d_{\odot} / d_{*}$$

Jika jarak dinyatakan dalam AU, maka $d_{*} = 1 \text{ AU}$ sehingga pers diatas menjadi :

$$p = 206.265 / d_{*}$$

Selain AU, dalam astronomi digunakan juga satuan jarak lainnya yaitu satuan *parsec* disingkat *pc*.

- Satu *parsec* (*parallax second*) didefinisikan sebagai jarak sebuah bintang yang paralaksnya satu detik busur.

$$p = 1 / d_{*}$$

(p dalam " dan d_{*} dalam parsec/pc)

Satuan lain yang sering digunakan dalam astronomi untuk menyatakan jarak adalah tahun cahaya ($ly = \text{light year}$)

$$1 \text{ ly} = 9,46 \times 10^{17} \text{ cm}$$

$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ ly}$$

Bintang-bintang yang terdekat dengan matahari yang sudah ditentukan paralaksnya.

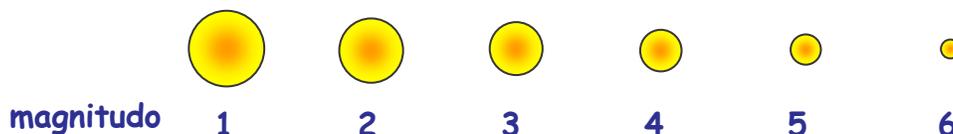
Bintang	paralaks (")	Jarak (parsec)	Jarak (ly)
Proxima Centauri	0,76		
Apha Centauri	0,74		
Barnard	0,55		
Wolf 359	0,43		
Lalande 21185	0,40		
Sirius	0,38		

Review :

1. Sebutkan apa ciri-ciri dari benda hitam (black body)!
2. Apakah perbedaan antara fluks dan luminositas ?
3. Jelaskan cara mengukur jarak bintang dengan metode paralaks !
4. Sebutkan kelemahan-kelemahan metode paralaks !
5. Untuk apakah menyatakan besaran - besaran astronomi dalam unit Matahari ?

Terang suatu bintang dalam astronomi dinyatakan dalam satuan magnitudo. Hipparchus (abad ke-2 SM) membagi terang bintang dalam 6 kelompok berdasarkan penampakannya dengan mata telanjang. Bintang paling terang tergolong magnitudo ke-1. Bintang yang lebih lemah tergolong magnitudo ke-2 , dst hingga bintang paling lemah yg masih bisa dilihat dengan mata termasuk magnitudo ke-6.

--> **Makin terang sebuah bintang, makin kecil magnitudonya**



Contoh :

Dalam tabel bawah ini terdapat data magnitudo dari lima buah bintang. Tentukanlah bintang nomor berapa saja yang bisa diamati dengan mata telanjang di malam yang gelap ? Tentukan juga bintang mana yang paling terang dan bintang mana yang paling lemah, jelaskanlah !

Nomor	Magnitudo
1.	6,5
2.	5,2
3.	7,3
4.	-2,5
5.	2,7

John Herschel mendapatkan bahwa kepekaan mata dalam menilai terang bintang bersifat logaritmik. Bintang yang magnitudonya satu ternyata 100 kali lebih terang daripada bintang yang magnitudonya enam. Berdasarkan kenyataan ini, Pogson pada tahun 1856 mendefinisikan skala satuan magnitudo secara lebih tegas.

➤ Tinjau dua bintang :

m_1 = magnitudo bintang ke-1

m_2 = magnitudo bintang ke-2

E_1 = fluks pancaran bintang ke-1

E_2 = fluks pancaran bintang ke-2

Skala Pogson didefinisikan sebagai :

$$m_1 - m_2 = -2,5 \log \left(\frac{E_1}{E_2} \right) \quad \text{atau :} \quad E_1/E_2 = 2,512^{-(m_1 - m_2)}$$

Dengan skala Pogson ini dapat ditunjukkan bahwa bintang bermagnitudo 1 adalah 100 kali lebih terang daripada bintang bermagnitudo 6.

Jika $m_1 = 1$ dan $m_2 = 6$, maka

$$E_1/E_2 = 2,512^{-(1-6)} = 2,512^5 = 100$$

Secara umum rumus Pogson dapat dituliskan :

$$m = -2,5 \log E + \text{tetapan}$$

merupakan besaran lain untuk menyatakan fluks pancaran bintang yang diterima di bumi per cm², per detik

Harga tetapan ditentukan dengan mendefinisikan suatu titik nol. Pada awalnya sebagai standar magnitudo digunakan bintang Polaris yang tampak di semua Observatorium yang berada di belahan langit utara. Bintang Polaris ini diberi magnitudo 2 dan magnitudo bintang lainnya dinyatakan relatif terhadap magnitudo bintang Polaris. Pada tahun 1911, Pickering mendapatkan bahwa bintang Polaris, cahayanya berubah-ubah (bintang variabel) dan Pickering mengusulkan sebagai standar magnitudo digunakan kelompok bintang yang ada di sekitar kutub utara (*North Polar Sequence*).

Cara terbaik untuk mengukur magnitudo adalah dengan menggunakan bintang standar yang berada di sekitar bintang yang di amati karena perbedaan keadaan atmosfer Bumi tidak terlalu berpengaruh dalam pengukuran.

Pada saat ini telah banyak bintang standar yang bisa digunakan untuk menentukan magnitudo sebuah bintang, baik yang berada di langit belahan utara, maupun di belahan selatan.

Magnitudo yang kita bahas merupakan ukuran terang bintang yang kita lihat atau terang semu (ada faktor jarak dan penyerapan yang harus diperhitungkan).

Faktor jarak :

$$m = -2,5 \log E + \text{tetapan}$$

↓
magnitudo semu

↘
kuat cahaya sebenarnya

$$E = \frac{L}{4 \pi d^2}$$

- Untuk menyatakan luminositas atau kuat sebenarnya sebuah bintang, kita definisikan besaran magnitudo mutlak, yaitu magnitudo bintang yang diandaikan diamati dari jarak 10 pc.

Skala Pogson untuk magnitudo mutlak ini adalah :

$$M = -2,5 \log E' + \text{tetapan}$$

↓
magnitudo mutlak

$$E' = \frac{L}{4\pi 10^2}$$

Kemudian :

$$\begin{array}{r} m = -2,5 \log E + \text{tetapan} \\ M = -2,5 \log E' + \text{tetapan} \\ \hline m - M = -2,5 \log E/E' \end{array}$$

$$E = \frac{L}{4 \pi d^2}$$

$$E' = \frac{L}{4 \pi 10^2}$$

Sederhanakan , dan akan diperoleh persamaan berikut :

$$m - M = -5 + 5 \log d$$

Dengan : m = magnitudo semu

M = magnitudo mutlak

$m - M$ = modulus jarak

d = jarak bintang ke pengamat (dalam pc)

Contoh :

Magnitudo mutlak sebuah bintang adalah $M = 5$ dan magnitudo semunya adalah $m = 10$. Jika absorpsi oleh materi antar bintang diabaikan, berapakah jarak bintang tersebut ?

Jawab :

$m = 10$ dan $M = 5$, dari rumus Pogson

$$m - M = -5 + 5 \log d$$

diperoleh, $10 - 5 = -5 + 5 \log d$

$$5 \log d = 10$$

$$\log d = 2 \rightarrow \underline{d = 100 \text{ pc}}$$

Dari rumus Pogson dapat kita tentukan perbedaan magnitudo mutlak dua bintang yang luminositasnya masing-masing L_1 dan L_2 , yaitu,

$$M_1 - M_2 = -2,5 \log \left(\frac{L_1}{L_2} \right)$$

Sebelum perkembangan fotografi, magnitudo bintang ditentukan dengan mata. Kepekaan mata untuk daerah panjang gelombang yang berbeda tidak sama. Mata terutama peka untuk cahaya kuning hijau di daerah $\lambda = 5500 \text{ \AA}$, karena itu magnitudo yang diukur pada daerah ini disebut magnitudo visual atau m_{vis} .

Dengan berkembangnya fotografi, magnitudo bintang selanjutnya ditentukan secara fotografi. Pada awal fotografi, emulsi fotografi mempunyai kepekaan di daerah biru-ungu pada panjang gelombang sekitar 4500 \AA . Magnitudo yang diukur pada daerah ini disebut magnitudo fotografi atau m_{fot} .

Perbandingan hasil pengukuran magnitudo visual dengan magnitudo fotografi untuk bintang Rigel dan Betelgeuse

❖ **Rigel (berwarna biru)**

- Temperatur permukaannya tinggi
- Akan memancarkan lebih banyak cahaya biru daripada cahaya kuning.
- Diamati secara fotografi akan tampak lebih terang daripada diamati secara visual (m_{vis} besar dan m_{fot} kecil).

❖ **Betelgeuse (berwarna merah)**

- Temperatur permukaannya rendah
- Akan memancarkan lebih banyak cahaya kuning daripada cahaya biru
- Diamati secara visual akan tampak lebih terang daripada diamati secara fotografi (m_{vis} kecil dan m_{fot} besar).

Jadi untuk suatu bintang, m_{vis} berbeda dari m_{fot} . Selisih kedua magnitudo tersebut, yaitu magnitudo fotografi dikurang magnitudo visual disebut **indeks warna (Color Index - CI)**.

- Makin panas atau makin biru suatu bintang, semakin kecil indeks warnanya.

Dengan berkembangnya fotografi, selanjutnya dapat dibuat pelat foto yang peka terhadap daerah panjang gelombang lainnya, seperti kuning, merah bahkan inframerah.

Pada tahun 1951, H.L. Johnson dan W.W. Morgan mengajukan sistem magnitudo yang disebut sistem UBV, yaitu :

U = magnitudo semu dalam daerah ultraungu ($\lambda_{ef} = 3500 \text{ \AA}$)

B = magnitudo semu dalam daerah biru ($\lambda_{ef} = 4350 \text{ \AA}$)

V = magnitudo semu dalam daerah visual ($\lambda_{ef} = 5550 \text{ \AA}$)

Dalam sistem UBV ini, indeks warna adalah U-B dan B-V

- Untuk bintang panas B-V kecil.

Dewasa ini pengamatan fotometri tidak lagi menggunakan pelat film, tetapi dilakukan dengan kamera CCD, sehingga untuk menentukan bermacam-macam sistem magnitudo tergantung pada filter yang digunakan.

Contoh :

Tiga bintang diamati magnitudo dalam panjang gelombang visual (V) dan biru (B) seperti yang diperlihatkan dalam tabel di bawah.

No.	B	V
1	8,52	8,82
2	7,45	7,25
3	7,45	6,35

- Tentukan bintang nomor berapakah yang paling terang ? Jelaskanlah alasannya
- Bintang yang anda pilih sebagai bintang yang paling terang itu dalam kenyataannya apakah benar-benar merupakan bintang yang paling terang ? Jelaskanlah jawaban anda.
- Tentukanlah bintang mana yang paling panas dan mana yang paling dingin. Jelaskanlah alasannya.

Jawab :

- Bintang paling terang adalah bintang yang magnitudo visualnya paling kecil. Dari tabel tampak bahwa bintang yang magnitudo visualnya paling kecil adalah bintang no. 3, jadi bintang yang paling terang adalah bintang no. 3
- Belum tentu karena terang suatu bintang bergantung pada jaraknya ke pengamat seperti terlihat pada rumus yang sudah dijelaskan sebelumnya. Oleh karena itu bintang yang sangat terang bisa tampak sangat lemah cahayanya karena jaraknya yang jauh.
- Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan ini kita tentukan dahulu indeks warna ketiga bintang tersebut, karena makin panas atau makin biru sebuah bintang maka semakin kecil indeks warnanya.

Nomor bintang	B	V	B - V
1.	8,52	8,82	-0,30
2.	7,45	7,25	0,20
3.	7,45	6,35	1,10

Dari tabel di atas tampak bahwa bintang yang mempunyai indeks warna terkecil adalah bintang no. 1. Jadi bintang terpanas adalah bintang no. 1.

Review :

1. Apakah yang dimaksud dengan magnitudo ?
2. Apakah perbedaan antara magnitudo mutlak dengan magnitudo semu ?
3. Apakah yang dimaksud dengan magnitudo fotografi dan magnitudo visual ?
4. Apakah yang dimaksud dengan indeks warna ?
5. Jelaskan secara singkat bagaimana kita mengukur magnitudo sebuah bintang ! Apa yang dimaksud dengan bintang standar ?

Evaluasi Fotometri

1. Dengan menganggap bahwa pengamatan dapat dilakukan di Mars dengan peralatan yang sama seperti di Bumi. Berapa batas pengukuran jarak yang teliti kalau menggunakan paralaks trigonometri ? (Batas pengukuran di Bumi 200 parsec)
2. Ada bintang dengan temperatur 3000 K tetapi $L = 80$ kali Luminositas matahari. Temperatur matahari = 6000 K. Hitung radius bintang (dalam r_{matahari}) !
3. Diameter sudut kawah Kopernicus di bulan adalah $40''$. Kalau dianggap jarak bumi-bulan 384.000 km. Berapa diameter kawah Kopernicus yang sebenarnya ?
4. Andaikan kita berada di Mars kemudian menegok ke arah bumi. Dengan menganggap bahwa mata kita mempunyai daya pisah $50''$. Apakah bumi dan bulan akan tampak sebagai 2 benda terpisah ? Anggap hal ini terjadi saat oposisi. Jarak Mars ke Matahari 1,52 SA. Jarak Bumi ke Matahari 1 SA.
5. Jarak Jupiter - Matahari adalah 5,2 SA sedangkan jarak Pluto - Matahari 38,8 SA. Hitung separasi sudut terbesar antara Jupiter dan Matahari bila dilihat dari Pluto !
6. Berapa kali lebih terang / lemah jika sebuah bintang dipindahkan jaraknya menjadi :
a.) 2 kali jarak semula b.) 10 kali jarak semula c.) $\frac{1}{2}$ kali jarak semula
7. a. Manakah bintang yang lebih jauh , A , B atau C jika diketahui sudut paralaks bintang A $0',005$, B $1'',5$ dan C $1'',75$?
b. Jika suatu supernova yang terletak sejauh 3,5 pc teramati oleh para astronom pada tahun 1998. Berapa tahun yang lalukah supernova itu terjadi sebenarnya !
8. Hitunglah fluks yang kita terima dari sebuah bintang yang luminositasnya 10^{25} Watt dan bintang itu terletak 5 lyr dari bumi !

20. There are about 250 millions of the stars in the elliptical galaxy M32. The visual magnitude of this galaxy is 9. If the luminosities of all are equal, what is the visual magnitude of one star in this galaxy ? Also mention , what is M32 ? In what constellation, this object will appear ?
21. Stars A and B have the same relative magnitude. If star A has a luminosity equal to four times that of star B, and is 10 lyr away, how far away is star B?
22. Dua bintang memiliki magnitudo +4,1 mag dan +5,6 mag. Bintang yang lebih terang memberikan 5×10^{-4} Watt yang dikumpulkan oleh sebuah teleskop. Berapa banyak energi yang dikumpulkan oleh sebuah teleskop dari bintang yang lebih redup?
23. Dua buah benda buatan manusia ditempatkan di angkasa luar. Yang satu, sebuah satelit yang mengorbit matahari dalam lintasan elips dengan eksentrisitas 0,5 dan jarak perihelium 80 juta km. Satelit itu dilindungi dari cahaya matahari oleh sebuah cermin besar yang memantulkan 100% cahaya yang diterimanya. Selama mengorbit, cermin tersebut selalu menghadap matahari. Benda yang lain, sebuah pengukur kuat cahaya (fotometer) tahan panas, ditempatkan di fotosfir matahari.
- Hitung jarak aphelium orbit satelit tersebut
 - Berapa magnitudo perbedaan terang maksimum dan minimum satelit tersebut pengukuran fotometer ?
24. Sebuah bintang yang bersuhu 6.300 K akan diamati oleh kedua pengamat. A mengamati dengan mata saja sedangkan B ingin mengamati dengan memotretnya terlebih dahulu baru diteliti. Manakah pengamat yang akan mengamati bintang tersebut lebih terang ! Mengapa ?
25. Tiga bintang diamati magnitudo dalam panjang gelombang visual (V) dan biru (B) seperti yang diperlihatkan dalam tabel di bawah.

No.	B	V
1	8,52	8,82
2	7,45	7,25
3	7,45	6,35

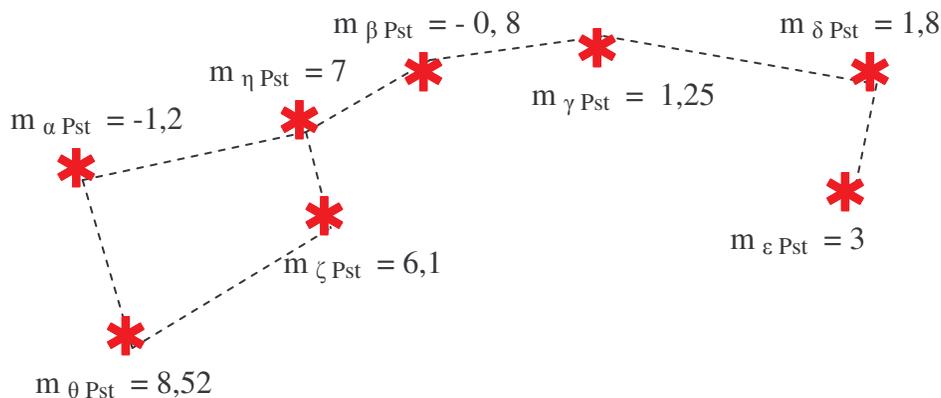
- Tentukan bintang nomor berapakah yang paling terang ? Jelaskanlah alasannya
- Bintang yang anda pilih sebagai bintang yang paling terang itu dalam kenyataannya apakah benar-benar merupakan bintang yang paling terang ? Jelaskanlah jawaban anda.

c. Tentukanlah bintang mana yang paling panas dan mana yang paling dingin. Jelaskanlah alasannya.

26. Dalam Stars Wars , suatu peradaban berhasil membelah bintang menjadi dua bagian tanpa mengubah kerapatan dan temperaturnya. Apa yang terjadi dengan kecerlangan semu bintang sekarang ? Berapa kali lebih terang/redup dibandingkan keadaan mula - mula ?

27. Dua bintang memiliki magnitudo mutlak sama. Bintang A seratus kali lebih jauh daripada bintang B. Berapa perbedaan magnitudo semuanya ? Bintang mana yang nampak lebih terang ?

28. Perhatikan sebuah konstelasi bintang di bawah ini !



- Bintang manakah yang tampak paling terang ?
- Bintang mana saja yang dapat terlihat dengan mata telanjang ?
- Bintang mana yang 1000 kali lebih redup dari bintang α Pst ?
- Jika diketahui magnitudo mutlak bintang ϵ Pst adalah $4,78$, berapakah jaraknya ke pengamat ?
- Jika sudut paralaks bintang γ Pst $0", 125$. Hitunglah magnitudo mutlaknya !

- Mengapa perlu ada banyak bintang standar sebagai acuan pengukuran magnitudo ?
- Apa yang dimaksud dengan indeks warna ?
- Jika bintang terlemah yang dapat diamati bermagnitudo 29. Hitunglah perbandingan kecerlangannya terhadap Matahari yang bermagnitudo $-26,7$!

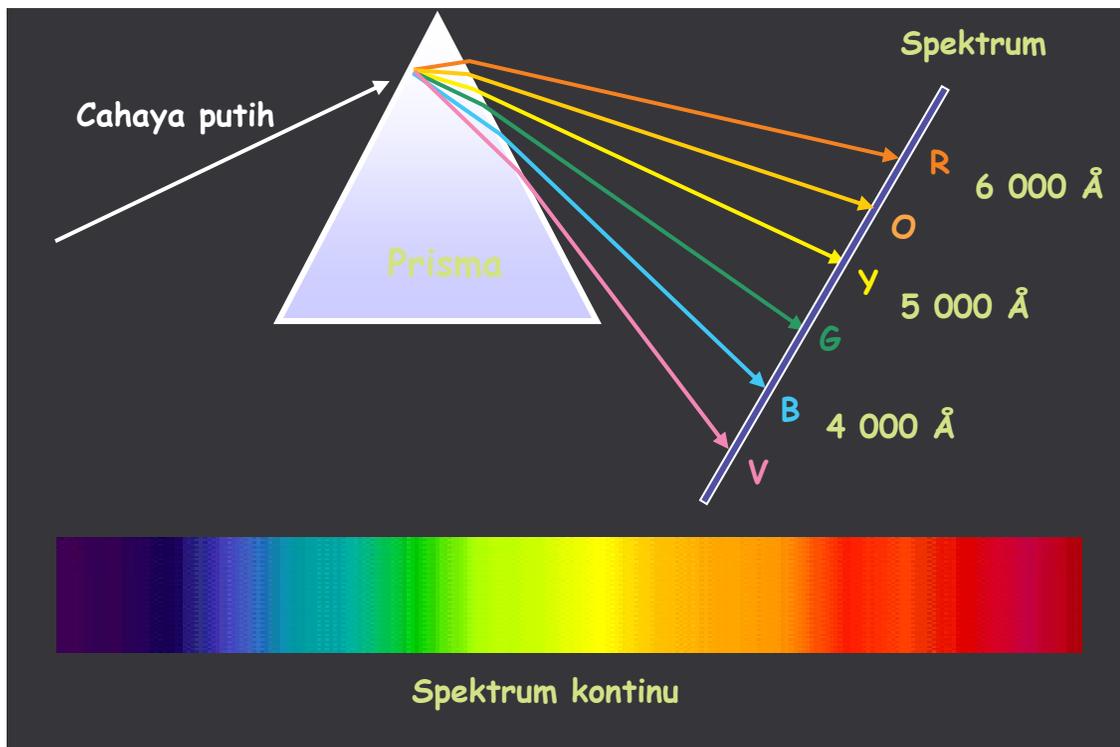
30. Sudut paralaks suatu bintang adalah $0",8$ jika diamati dari Bumi, Hitunglah sudut paralaks bintang tsb jika diamati dari Jupiter jika jarak Jupiter-Matahari $5,2$ AU !

31. On 1 cm^2 of Pluto's surface fall approximately 10,000 photons per second from a star of the fifth magnitude. How many photons would fall on a detector from a star of 20^m during half an hour, if BTA at the Earth is used (the diameter of the main mirror is 6 m) ?
32. Two stars have the same absolute magnitude. One is thousand times farther away than the other. What is the difference in apparent magnitudes? Which magnitude larger?
33. Dalam astronomi kecerlangan suatu benda langit dinyatakan dengan besaran magnitudo (m).
Rumus Magnitudo adalah :
- $$m = -2,5 \log \frac{C}{C_0}$$
- C adalah banyaknya foton (energi cahaya) yang diterima oleh detector dari benda langit yang diamati tiap detik. C_0 adalah suatu tetapan yang satuannya sama dengan C . Harga C_0 ini tetap untuk suatu detector tertentu. Sebuah bintang yang terletak pada jarak 100 tahun cahaya dari bumi magnitudonya 7. Berapakah magnitudo bintang tersebut jika jaraknya 1 tahun cahaya dari bumi ?
34. Can we distinguish the lunar Mare Crisium, which diameter is 520 km, by a naked eye?
35. Two stars have the same apparent magnitude and are of the same spectral type. One is twice as far away as the other. What is the relative size of the two stars?

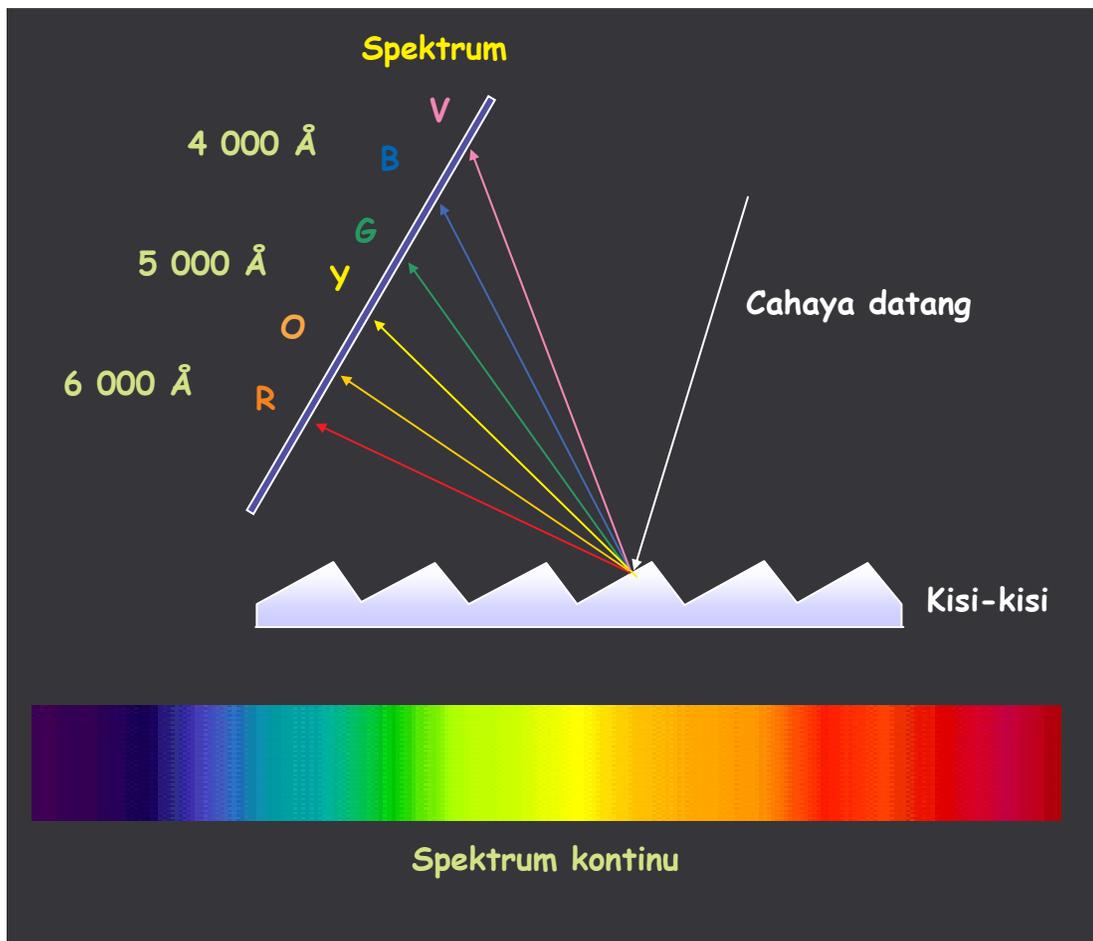
Bab 2 : Spektroskopi Bintang

Pembentukan Spektrum

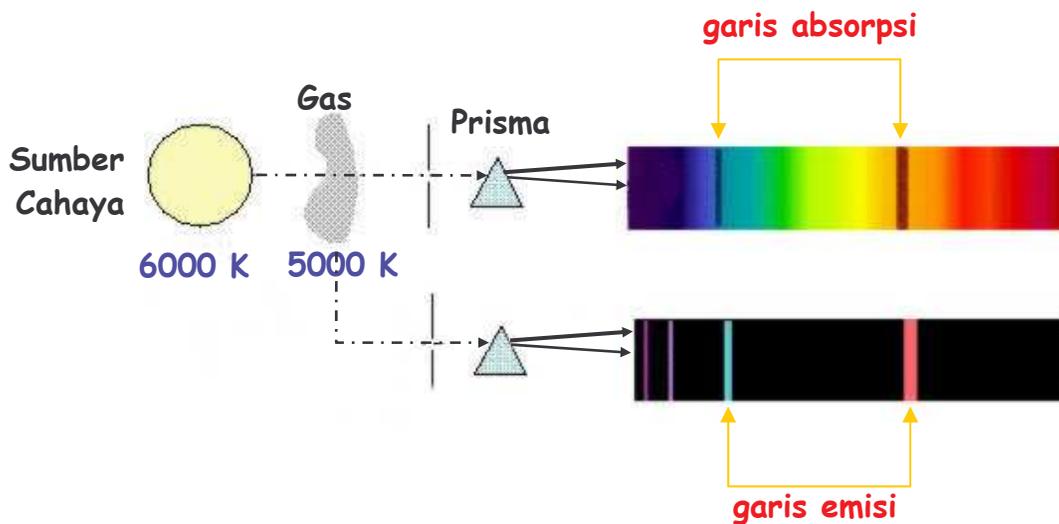
Apabila seberkas cahaya putih dilalukan ke dalam prisma, maka cahaya tersebut akan terurai dalam beberapa warna (panjang gelombang).



Selain dengan prisma, spektrum cahaya juga dapat diuraikan oleh *kisi-kisi*



Pembentukan garis absorpsi dan emisi



Hukum Kirchoff (1859)

1. Bila suatu benda cair atau gas bertekanan tinggi dipijarkan, benda tadi akan memancarkan energi dengan spektrum pada semua panjang gelombang
2. Gas bertekanan rendah bila dipijarkan akan memancarkan energi hanya pada warna, atau panjang gelombang tertentu saja. Spektrum yang diperoleh berupa garis-garis terang yang disebut **garis**

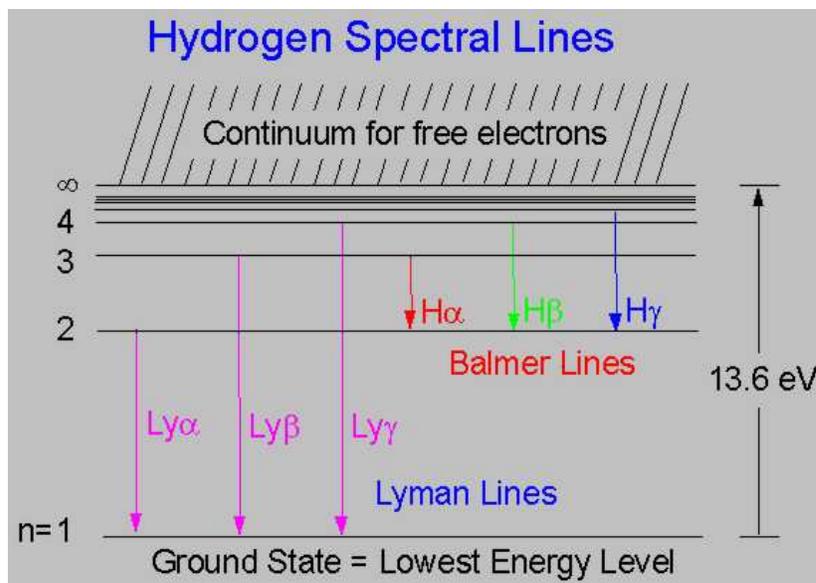
Setelah ditemukan deret Balmer ditemukan deret hidrogen lainnya, dan persamaan deret Balmer masih tetap berlaku dengan mengubah 2^2 menjadi m^2 dimana m adalah bilangan bulat mulai dari 1, 2, 3,

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

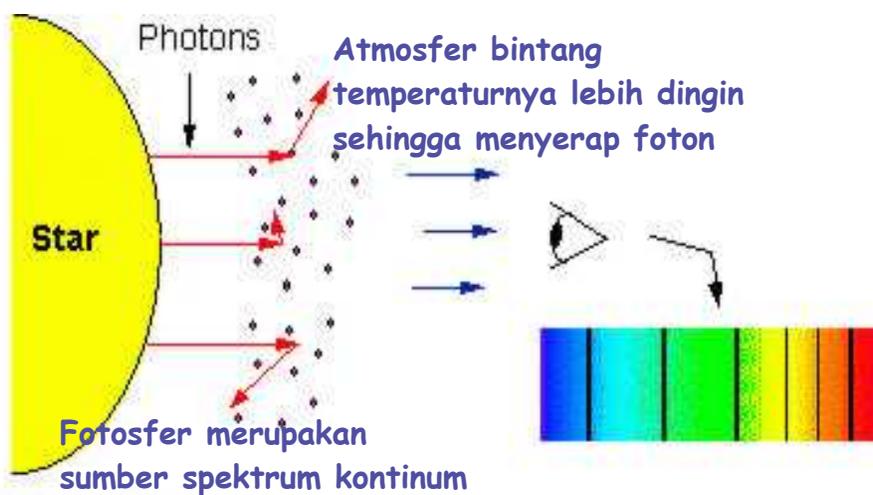
Konstanta Rydberg

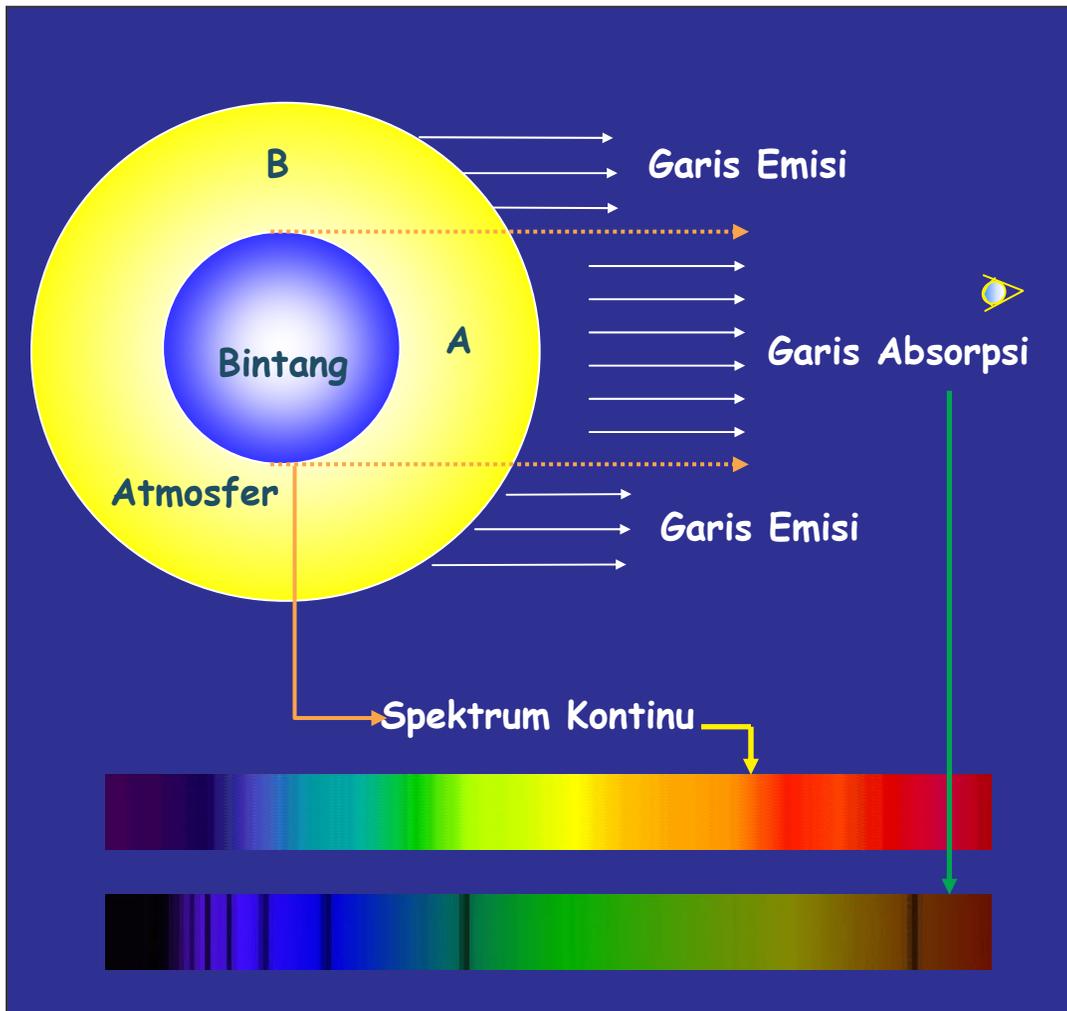
Apabila λ dinyatakan dalam cm maka $R = 109.678$

- Untuk : $m = 1 \rightarrow$ deret Lyman
- $m = 2 \rightarrow$ deret Balmer
- $m = 3 \rightarrow$ deret Parshen
- $m = 4 \rightarrow$ deret Brackett



Pembentukan spektrum bintang





Spektrum Bintang

Pola spektrum bintang umumnya berbeda-beda, pada tahun 1863 seorang astronom bernama Angelo Secchi mengelompokkan spektrum bintang dalam 4 golongan berdasarkan kemiripan susunan garis spektrumnya.

Miss A. Maury dari Harvard Observatory menemukan bahwa klasifikasi Secchi dapat diurutkan secara kesinambungan hingga spektrum suatu bintang dengan bintang urutan sebelumnya tidak berbeda banyak.

Klasifikasi yang dibuat oleh Miss Maury selanjutnya diperbaiki kembali oleh Miss Annie J. Cannon. Hingga sekarang klasifikasi Miss Cannon ini digunakan.

Perjalanan Klasifikasi Spektrum Bintang

Klasifikasi Secchi	Tipe I, Tipe II, Tipe III, Tipe IV, Tipe V
Klasifikasi Miss A. Maury	Kelas A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P dan Q
Klasifikasi Miss. Annie J. Cannon	Kelas O, B, A, F, G, K, M



Oh, Be, A, Fine, Girl, Kiss, Me

Klasifikasi spektrum yang umum digunakan saat ini

Klasifikasi Spektrum Bintang

1. Kelas O

	Kls. Spek : O
	Warna : Biru
	Temperatur : > 30.000 K
Ciri utama :	Garis absorpsi yang tampak sangat sedikit. Garis helium terionisasi, garis nitrogen terionisasi dua kali, garis silikon terionisasi tiga kali dan garis atom lain yang terionisasi beberapa kali tampak, tapi lemah. Garis hidrogen juga tampak, tapi lemah.
Contoh :	Bintang 10 Lacerta

2. Kelas B

	Kls. Spek : B
	Warna : Biru
	Temperatur : 11.000 - 30.000 K
Ciri utama :	Garis helium netral, garis silikon terionisasi satu dan dua kali serta garis oksigen terionisasi terlihat. Garis hidrogen lebih jelas daripada kelas O
Contoh :	Bintang Rigel dan Spica

3. Kelas A

	Kls. Spek : A
	Warna : Biru
	Temperatur : 7.500 - 11.000 K
Ciri utama :	Garis hidrogen tampak sangat kuat. Garis mag-

	nesium silikon, besi, titanium dan kalsium terionisasi satu kali mulai tampak. Garis logam netral tampak lemah.
Contoh :	Bintang Sirius dan Vega

4. Kelas F

	Kls. Spek : F
	Warna : Biru keputihan
	Temperatur : 6.000 - 11.000 K
Ciri utama :	Garis hidrogen tampak lebih lemah daripada kelas A, tapi masih jelas. Garis-garis kalsium, besi dan chromium terionisasi satu kali dan juga garis besi dan chromium netral serta garis logam lainnya mulai terlihat
Contoh :	Bintang Canopus dan Procyon

5. Kelas G

	Kls. Spek : G
	Warna : Putih kekuningan
	Temperatur : 5.000 - 6.000 K
Ciri utama :	Garis hidrogen lebih lemah daripada kelas F. Garis calcium terionisasi terlihat. Garis-garis logam terionisasi dan logam netral tampak. Pita molekul CH (G-Band) tampak sangat kuat
Contoh :	Matahari dan bintang Capella

6. Kelas K

	Kls. Spek : K
	Warna : Jingga kemerahan
	Temperatur : 3.500 - 5.000 K
Ciri utama :	Garis logam netral tampak mendominasi. Garis hidrogen lemah sekali. Pita molekul TiO mulai tampak.
Contoh :	Bintang Acturus dan Aldebaran

7. Kelas M

	Kls. Spek : M
	Warna : Merah
	Temperatur : 2.500 - 3.000 K
Ciri utama :	Pita molekul Tio (titanium oksida) terlihat sangat mendominasi, garis logam netral juga tampak dengan jelas.
Contoh :	Bintang Betelgeuse dan Antares

Spektrum bintang - bintang dari berbagai kelas spektrum :

O		50 000 K
B		20 000 K
A		10 000 K
F		7 500 K
G		6 000 K
K		4 000 K
M		3 500 K

Subkelas

Klasifikasi spektrum bintang O, B, A, F, G, K, M masih dibagi lagi dalam subkelas, yaitu

B0, B1, B2, B3,, B9

A0, A1, A2, A3,, A9

F0, F1, F2, F3,, F9

.

.

.

dst

Semakin besar angka yang menyatakan menunjukkan suhu bintang semakin rendah pula. Penggunaan subkelas ini dimaksudkan agar pengklasifikasian spektrum bintang menjadi lebih spesifik sehingga lebih jelas dan tepat.

M-K Kelas

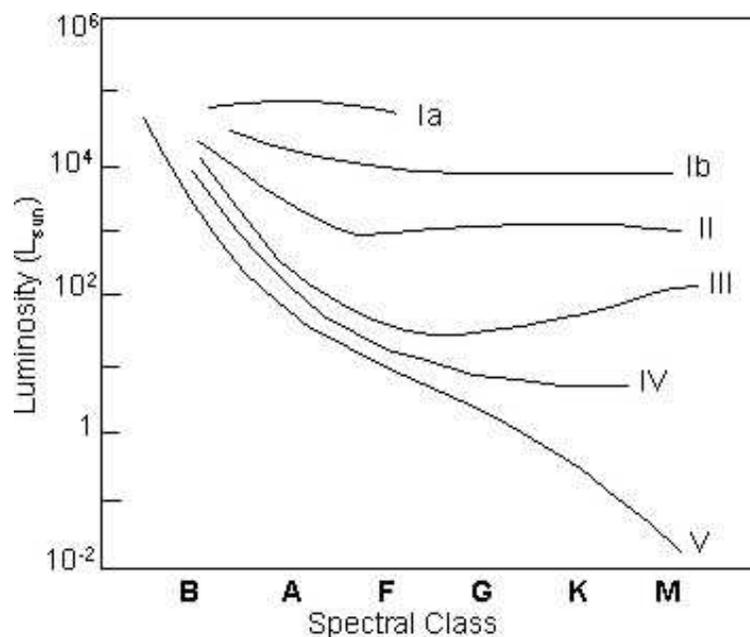
Bintang dalam kelas spektrum tertentu ternyata dapat mempunyai luminositas yang berbeda. Pada tahun 1913 Adam dan Kohlschutter di Observatorium Mount Wilson menunjukkan ketebalan beberapa garis spektrum dapat digunakan untuk menentukan luminositas bintang.

Berdasarkan kenyataan ini pada tahun 1943 Morgan dan Keenan dari Observatorium Yerkes membagi bintang dalam kelas luminositas, yaitu :

Kelas Luminositas Bintang (Kelas MK)

Kelas 1a	Maharaksasa yang sangat terang
Kelas 1b	Maharaksasa yang kurang terang
Kelas II	Raksasa yang terang
Kelas III	Raksasa
Kelas IV	Subraksasa
Kelas V	Bintang deret utama

Kelas Luminositas Bintang dari Morgan-Keenan (MK) digambarkan dalam diagram Hertzsprung-Russell (diagram H-R).



Klasifikasi spektrum bintang sekarang ini merupakan penggabungan dari kelas spektrum dan kelas luminositas.

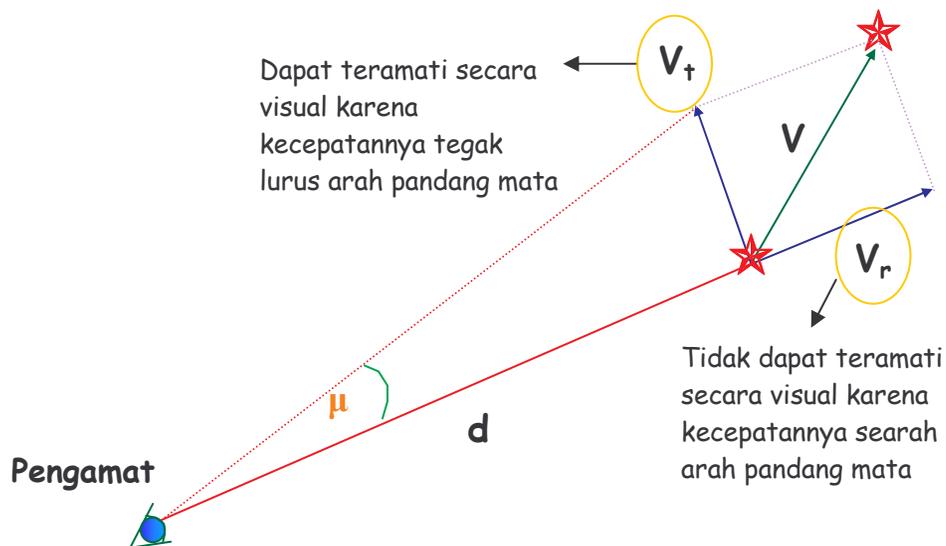
Contoh :

- G2 V : Bintang deret utama kelas spektrum G2
- G2 Ia : Bintang maharaksasa yang sangat terang kelas spektrum G2
- B5 III : Bintang raksasa kelas spektrum B5
- B5 IV : Bintang subraksasa kelas spektrum B5

Gerak Bintang

Bintang tidak diam, tapi bergerak di ruang angkasa. Pergerakan bintang ini sangat sukar diikuti karena jaraknya yang sangat jauh, sehingga kita melihat bintang seolah-olah tetap diam pada tempatnya sejak dulu hingga sekarang

Laju perubahan sudut letak suatu bintang disebut gerak sejati (*proper motion*). Gerak sejati biasanya diberi simbol dengan μ dan dinyatakan dalam detik busur pertahun. Bintang yang gerak sejatinya terbesar adalah bintang Barnard dengan $\mu = 10'',25$ per tahun (dalam waktu 180 tahun bintang ini hanya bergeser selebar bulan purnama)



Hubungan antara kecepatan tangensial (V_t) dan gerak sejati :

$$V_t = 4,74 \mu d$$

Dengan : V_t = kecepatan tangensial bintang (dalam km/s)

μ = laju gerak diri / proper motion (dalam " / tahun)

d = jarak bintang (dalam parsec)

atau persamaan diatas dapat diubah ke dalam bentuk :

$$V_t = 4,74 \frac{\mu}{p}$$

dengan p adalah sudut paralaks bintang (dalam ")

Selain gerak sejati, informasi tentang gerak bintang diperoleh dari pengukuran kecepatan radial, yaitu komponen kecepatan bintang yang searah dengan garis pandang

Kecepatan radial bintang dapat diukur dari efek Dopplernya pada garis spektrum dengan menggunakan rumus :

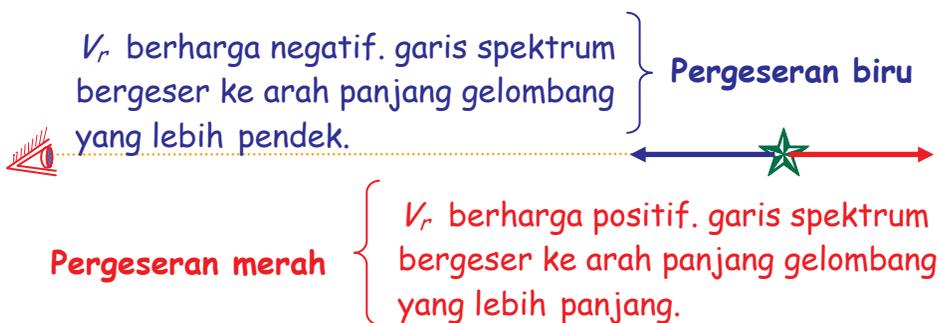
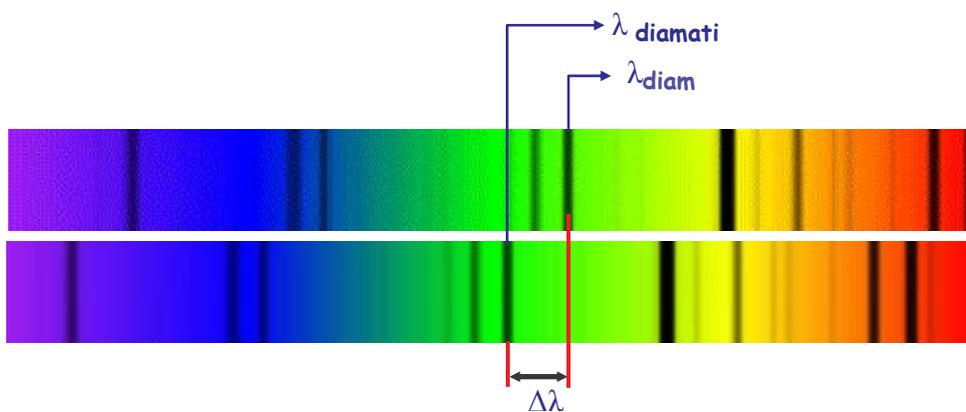
$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{V_r}{c}$$

dengan : $\Delta\lambda$ = selisih antara λ diam dengan λ yang teramati pada bintang. (dalam \AA)

λ = panjang gelombang diam (dalam \AA)

V_r = kecepatan radial

c = kecepatan cahaya (300.000 km/s)



Karena V_t dan V_r sudah dapat kita tentukan dari rumus-rumus yang sudah dibahas tadi, kita bisa menghitung kecepatan linier bintang (kecepatan gerak bintang sebenarnya di ruang angkasa), yaitu :

$$V = \sqrt{V_t^2 + V_r^2}$$

Contoh :

Garis spektrum suatu elemen yang panjang gelombang normalnya adalah 5000\AA diamati pada spektrum bintang berada pada panjang gelombang 5001\AA . Seberapa besarkah kecepatan pergerakan bintang tersebut ? Apakah bintang tersebut mendekati atau menjauhi Bumi ?

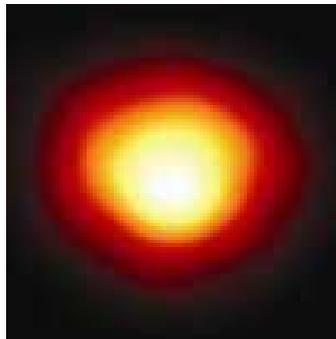
Review :

1. Apakah yang dimaksud spektrum kontinu, absorpsi , dan emisi ?
2. Jelaskan bagaimana kita menghitung kecepatan gerak bintang ?
3. Apa kegunaan mempelajari spektrum sebuah bintang Informasi apa saja bisa diperoleh dari data tentang spektrum bintang ?

Evaluasi Astronomi

- Jelaskan perbedaan garis emisi dengan garis absorpsi !
 - Mengapa spektrum bintang menunjukkan garis-garis absorpsi ?
 - Apa kegunaan para ahli mengetahui tipe bintang berdasarkan spektrumnya ?

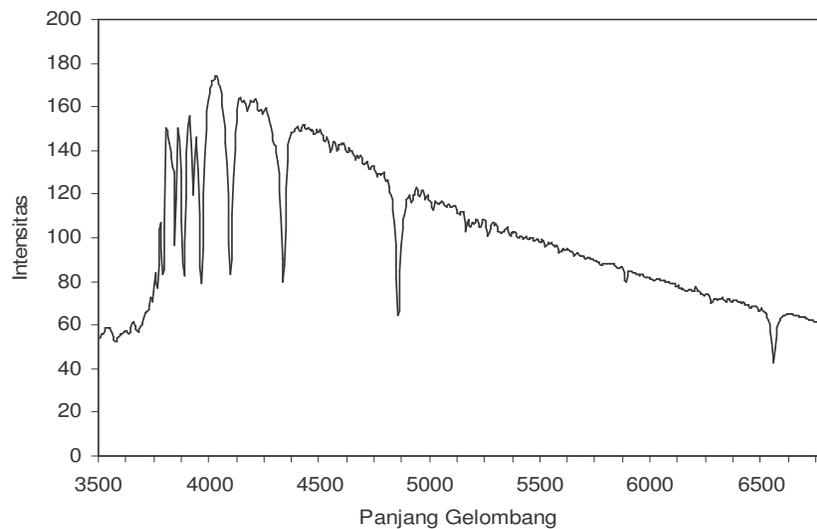
2.



Perhatikan gambar bintang di samping ini !

- Perkirakan tipe spektrum bintang ini !
- Perkirakan ciri - ciri bintang ini berdasarkan spektrumnya !
- Bintang ini terletak di rasi yang digunakan sebagai tanda mulai musim bertani. Nama bintang ini adalah....

3.



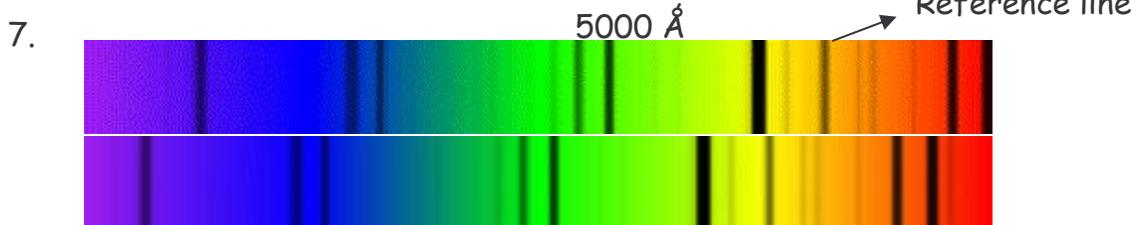
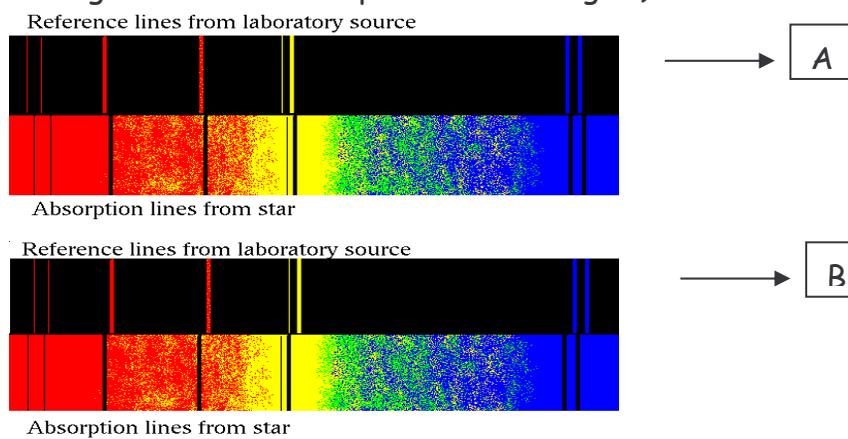
Grafik persebaran energi bintang X

- Hitunglah suhu efektif dari bintang X ! Sebutkan juga warnanya berdasarkan suhunya !
 - Mengapa banyak "lembah" pada grafik diatas ! Apa yang menjadi penyebabnya ?
 - Perkirakan tipe spektrum bintang ini ! Sebutkan alasan² Anda !
- Apa perbedaan dan persamaan bintang A3 I dan A3 V ?
 - Jika kita melihat spektrum kedua bintang tersebut , perbedaan apa yang terlihat ?



Bintang mana yang luminositasnya lebih besar?Jelaskan alasannya !

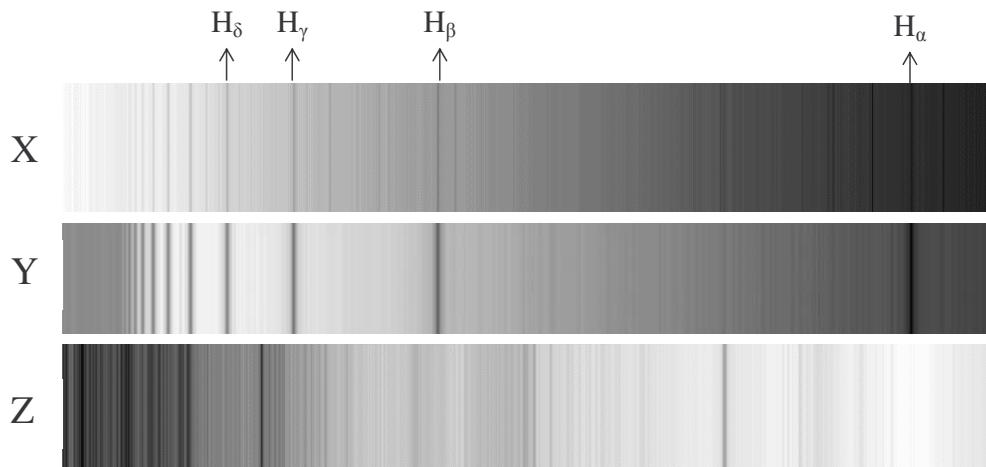
5. Garis spektrum suatu elemen yang panjang gelombang normalnya adalah 5500 \AA diamati pada spektrum bintang berada pada panjang gelombang 5502 \AA . Seberapa besarkah kecepatan pergerakan bintang tersebut ? Apakah bintang itu menjauhi atau mendekati bumi ? Jika diketahui gerak diri tersebut $0,2''/\text{tahun}$ dan jaraknya $4,89$ tahun cahaya. Hitunglah kecepatan linier bintang !
6. Perhatikan kedua spektrum di bawah ini. Jelaskan apa yang dapat disimpulkan dari kedua spektrum tersebut ! (A adalah spektrum bintang A dan B adalah spektrum bintang B).



Perhatikan spektrum bintang di atas !

- a. Bintang itu bergerak menjauhi atau mendekati kita ?
 - b. Berapakah kecepatan radialnya ?
 - c. Mungkinkah $\Delta\lambda$ lebih besar dari λ_0 ? Benda langit apa yang menunjukkan "keanehan" seperti itu ?
8. a. Describe the electromagnetic spectrum. How does our atmosphere affect the spectrum?
 - b. If the temperature of a hot body is doubled, by what factor is the frequency of its peak intensity of radiation changed?
 - c. If the temperature of a star surface is triple that of a second star, by what factor is it giving off more light energy than the second star?
 - d. If we see light from a star which has a cool surrounding gas cloud, are we are likely to see an absorption spectrum?

9. If a star is moving away from the Earth at very high speed, will the star have a continuous spectrum that appears hotter or cooler than it would if the star were at rest? Explain.
10. One star peaks at 2000 Å. Another peaks at 10000 Å. Which one emits more radiation at 2000 Å? Which one emits more radiation at 10000 Å? What is the ratio of the total radiation emitted by the two stars? Consider the stars as black bodies.
11. A quasar is observed and it is found that a line whose rest wavelength is 3000 Å is observed at 15000 Å. Estimate:
 - a) How fast is the quasar receding?
 - b) How far away is it if its distance is given by the Hubble relation? (The Hubble constant is $H = 75 \text{ km/s/Mpc}$)
 Both answers may be done with an accuracy of 30 %.
12. Di bawah ini diperlihatkan tiga buah spektrum bintang, yaitu spektrum bintang X, bintang Y dan Bintang Z.
 - a. Tentukanlah kelas spektrum ketiga bintang tersebut dan jelaskan juga alasannya!
 - b. Tentukanlah mana bintang yang paling panas dan mana bintang yang paling dingin. Jelaskan jawabanmu



13. You are analyzing the light from an unknown star. Specifically, you are analyzing the emission line of neon that is measured on the Earth at 654.5 nm (a unit of length). You find that the star emits that same neon line at 651.2 nm. What is the relative motion of the star and the earth.
14. A star has an emission-line due to the recombination in Hydrogen of the electron from the $n=3$ quantum level to the $n=2$ level. In the laboratory the associated wavelength with this transition is 656.285 nm. This emission-line in the star's spectrum occurs at 656.255 nm. Applying Doppler's relation, how fast is this object approximately moving with respect to the Earth, in terms of the velocity of light, c ?
15. Let's assume you discover a new star and you measure an apparent visual magnitude of 7.66, a parallax of 0.26 arcsec and a recessional velocity of 50 km/sec (it moves away from us with 50 km/sec).

- What is its redshift?
- Assuming that there is interstellar extinction of 1 magnitude, what is its absolute magnitude?
- Calculate the diameter of that star in solar units.

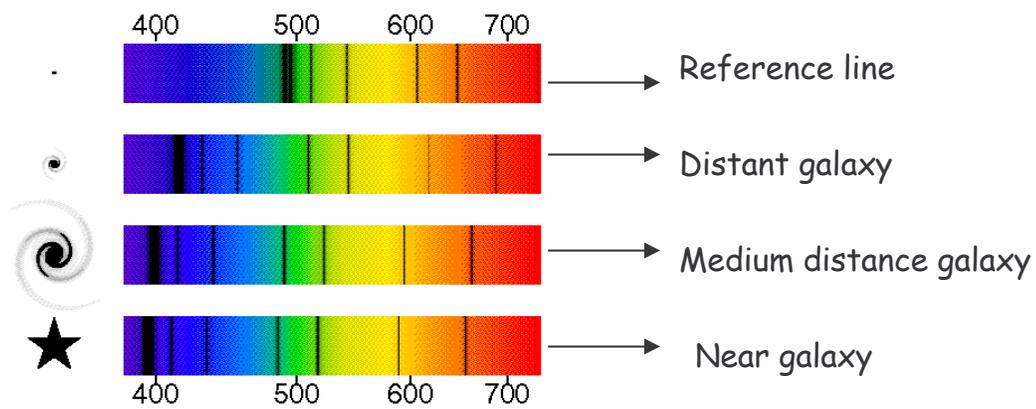
16. Telitilah spektrum bintang di bawah ini ! Coba perkirakan kelas spektrumnya !



Hitunglah luminositas bintang tersebut jika radiusnya sekitar 600.000 km ! dan juga hitunglah fluks energi yang diterima pengamat di Bumi jika bintang tersebut menunjukkan sudut paralaks $0",02$!

17. Jelaskan bagaimana proses pembentukan spektrum sebuah bintang !

18. Data hasil pengamatan spektroskopi :



Apa kesimpulan tentang hubungan jarak objek dengan kecepatan radialnya !

19. Mungkinkah spektrum suatu bintang menunjukkan adanya garis hidrogen yang lemah dan pita molekul TiO ? Jelaskan !

20. Bagaimana kita membedakan gerak diri bintang (proper motion) dengan paralaksnya ? Jelaskan !

Bab 3 : Tata Koordinat Langit

Tata Koordinat yang kita kenal umumnya adalah jenis Kartesian (Cartesiusan) yang memakai sumbu X dan Y . Tapi, ada jenis tata koordinat lain yang lebih sesuai dengan keadaan Bumi yang berbentuk bola yaitu tata koordinat bola.

Benda langit nampak bergerak di langit karena pengaruh gerak rotasi Bumi. Bintang-bintang dapat dibayangkan "menempel" pada sebuah kubah besar yang berputar. Untuk itu, penentuan posisinya digunakan tata koordinat Bola.

Di suatu malam yang cerah, jika kita berada di suatu tempat yang lingkungannya tidak terlalu terang dan kita melihat ke langit akan nampak banyak bintang bertaburan. Mereka tampak berkelap-kelip diam di tempatnya. Diam di tempatnya? Cobalah ingat-ingat lokasi sebuah bintang atau rasi bintang yang cukup jelas terlihat saat itu kemudian lihat lagi dua jam kemudian. Apakah masih di tempatnya semula? Tidak! Semua bintang-bintang telah bergeser, tapi formasinya tetap, mungkin hanya sedikit terputar. Dilihat dari bumi bintang-bintang tampak beredar di angkasa.

Bintang-bintang itu memang seolah-olah bergerak di langit perlahan-lahan, sama seperti bulan dan matahari, hanya dengan kecepatan yang sedikit berbeda. Matahari dan bulan terbit di kaki langit sebelah Timur, meskipun tidak selalu tepat dari titik Timur. Titik terbit Bulan dan Matahari berubah dari hari ke hari, tetapi titik terbit bintang-bintang selalu tetap.

Sebuah bintang yang suatu saat terbit tepat di titik Timur dia akan selalu terbit di titik Timur dan terbenam tepat di titik Barat. Bintang-bintang yang titik terbitnya lebih Selatan dari titik Timur akan selalu terbit dari titik yang sama setiap hari, beredar di belahan langit Selatan dan terbenam di sebuah titik yang lebih Selatan dari pada titik Barat. Mereka sering disebut Bintang-bintang Selatan. Bintang-bintang yang beredar di belahan langit Utara sering disebut Bintang-bintang Utara. Orang-orang di belahan bumi Selatan dapat lebih lama melihat Bintang-bintang Selatan dan lebih singkat kesempatannya mengamati bintang-bintang Utara, bahkan beberapa bintang yang jauh di Utara tidak dapat terlihat sama sekali.

Sebenarnya bintang-bintang nampak beredar di langit karena bumi berrotasi. Jika bumi tidak berrotasi terhadap sumbunya bintang-bintang tidak akan berpindah tempat, hanya matahari, bulan dan planet saja yang letaknya bergeser perlahan-lahan. Berdasarkan kenyataan ini, para astronom zaman dahulu membuat suatu tata koordinat benda langit sedemikian rupa sehingga koordinat bintang dapat dibuat tidak berubah terhadap waktu. Tata koordinat itu adalah tata koordinat yang titik acuannya bergerak sesuai dengan gerak rotasi bumi dan disebut tata

koordinat khatulistiwa (Equatorial Coordinate System). Kadang-kadang cukup sulit memahami suatu koordinat yang acuannya bergerak relatif terhadap pengamat, oleh karena itu, mempelajari suatu tata koordinat lain yang acuannya diam terhadap pengamat dapat membantu kita dalam memahami tata koordinat khatulistiwa.

Di dalam pengamatan bintang dibutuhkan informasi tentang posisi bintang yang akan diamati. Pada saat akan mengarahkan teropong kita perlu mengetahui dimana letak benda langit yang akan diamati itu, apa lagi jika benda langit itu redup sehingga tak nampak dengan mata telanjang. Benda langit yang terang sekalipun perlu diketahui posisinya sebelum pengamatan, pada saat menyusun rencana pengamatan, agar benda langit dapat diamati pada saat yang tepat.

Untuk menyatakan posisi sebuah benda langit dapat digunakan beberapa macam tata koordinat yang semuanya merupakan sistem koordinat bola tanpa memperhitungkan jarak dari pusat bola. Pada tata koordinat benda langit ada lingkaran-lingkaran besar yaitu lingkaran-lingkaran yang berpusat di pusat bola dan lingkaran-lingkaran kecil yang pusatnya tidak pada pusat bola. Semuanya mempunyai dua titik kutub. Semuanya menggunakan lintang dan bujur (seperti lintang dan bujur geografis) sebagai penentu posisi benda langit. Perbedaannya adalah dalam titik-titik dan lingkaran-lingkaran acuan yang digunakan.

Lingkaran-lingkaran bujur semuanya merupakan lingkaran besar. Kecuali satu lingkaran lintang yang membagi bola menjadi dua sama besar, semua lingkaran lintang yang lain merupakan lingkaran kecil. Lingkaran lintang semakin kecil jika semakin dekat dengan kutub bola. Jarak sudut lingkaran lintang terbesar ini adalah sama dari kedua titik kutub yaitu 90° .

1. Tata koordinat horizon

Lingkaran dasar :	Lingkaran Horizon
Koordinat :	Azimuth (A) dan altitude/tinggi (h)
Azimuth :	Panjang busur yang dihitung dari titik acuan Utara ke arah Timur (searah jarum jam), sepanjang lingkaran Horizon sampai ke kaki langit (K) Rentang A : 0° s/d 360°
Tinggi :	Panjang busur yang dihitung dari titik kaki langit (K) di Horizon sepanjang busur ketinggian , ke arah Zenith jika h positif dan ke arah Nadir jika h bernilai negatif Rentang h = 0° s/d 90° atau 0° s/d -90°

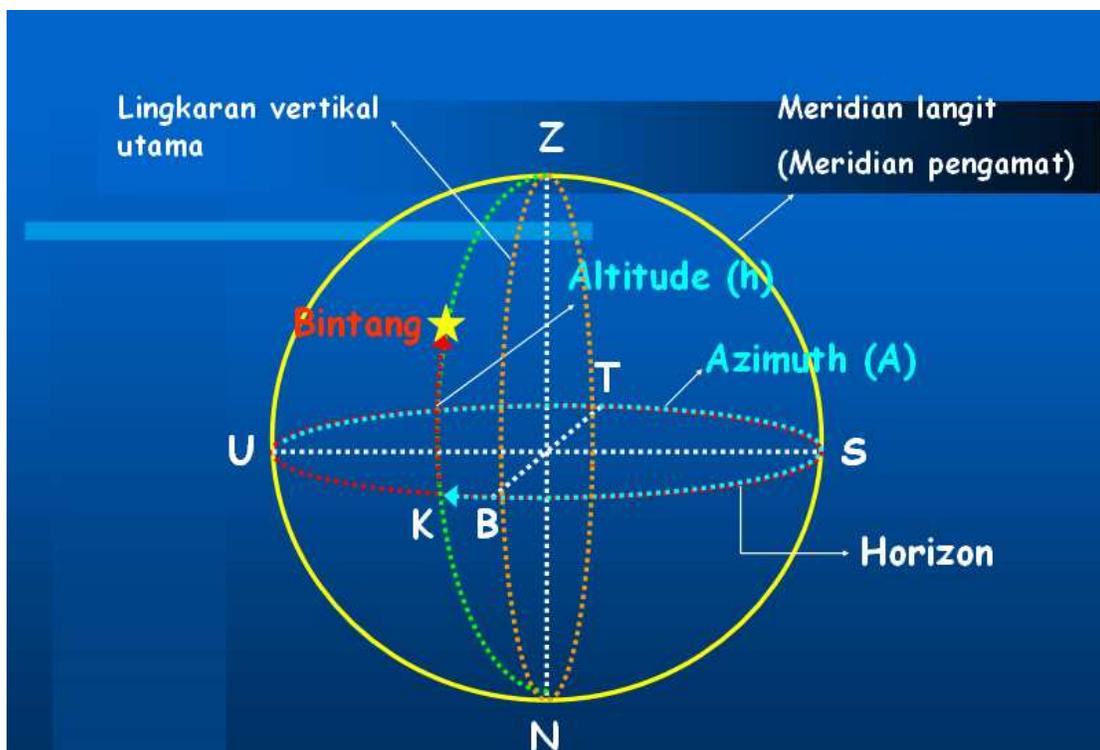
Kelemahan :

1. Tergantung tempat di muka Bumi. Tempat berbeda , horizonnya berbeda
2. Tergantung waktu, terpengaruh oleh gerak harian.

Keuntungannya :

- Praktis, sederhana, langsung mudah dibayangkan letak bendanya pada bola langit.

Catatan : Letak titik Kardinal (UTSB) pada bola langit bebas, asal arah SBUT atau UTSB searah jarum jam.



Tata Koordinat Horizon

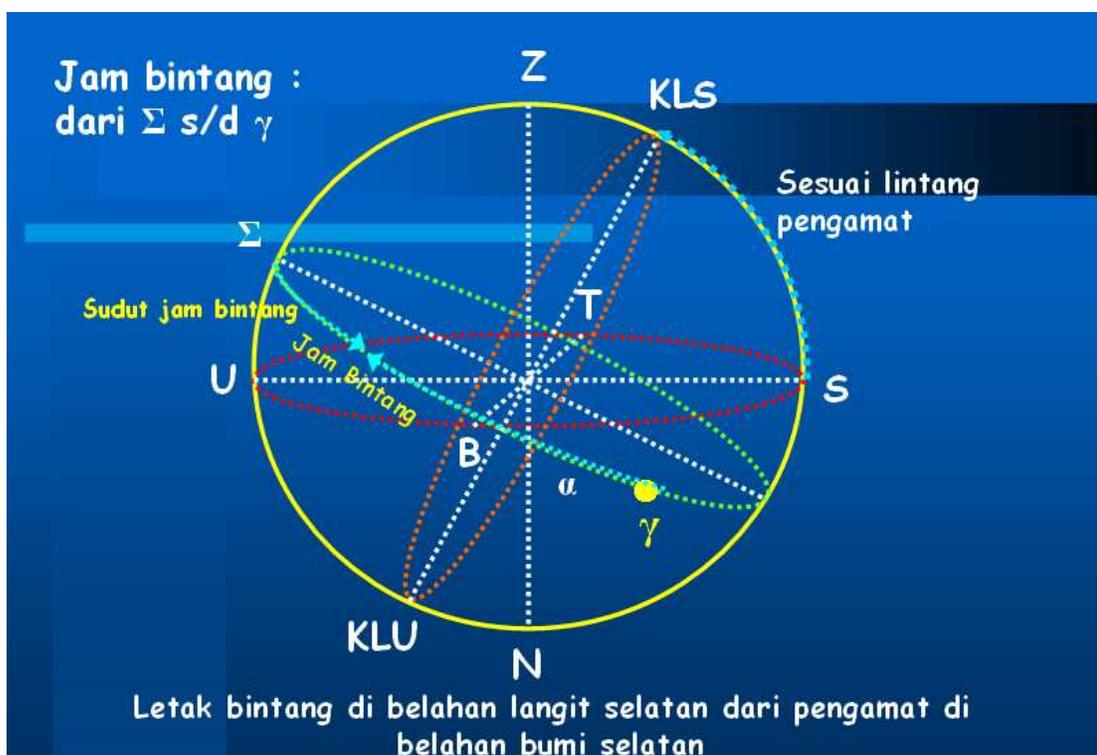
2. Tata koordinat ekuatorial

Lingkaran dasar :	Lingkaran Ekuator langit
Koordinat :	Ascensio recta (α) dan Deklinasi (δ)
Ascensio recta :	Panjang busur, dihitung dari titik Aries (titik γ , Titik Musim Semi, Titik Hamal) pada lingkaran ekuator langit sampai ke titik kaki (K) dengan arah penelusuran ke arah Timur. Rentang AR : 0 s/d 24 jam atau 0° s/d 360°
Deklinasi :	Panjang busur dari titik kaki (K) pada lingkaran ekuator langit ke arah kutub langit, sampai ke letak benda pada bola langit. Deklinasi berharga positif ke arah KLU, dan negatif

	ke arah KLS Rentang δ : 0° s/d 90° atau 0° s/d -90°
--	---

Catatan :

- Sudut Jam Bintang Lokal adalah panjang busur dalam jam (1 jam = 150 busur), dihitung dari Titik Kulminasi Atasnya pada Meridian langit ke arah Barat
- Jam Bintang adalah sudut jam bintang lokal Aries
- Sudut jam bintang lokal = Jam Bintang - Ascensio recta
- Koordinat Ekuator bersifat universal, sangat standar dipakai dalam astronomi karena tidak terpengaruh oleh letak dan waktu pengamat di permukaan Bumi.



Letak bintang di belahan langit selatan dari pengamat di belahan bumi selatan

Tata Koordinat Ekuatorial

Hubungan Waktu Matahari dengan Waktu Sideris (Waktu Bintang)

- Waktu Matahari Menengah (WMM) = Sudut jam Matahari + 12 jam
- Jam 0 waktu Matahari , letak Matahari menengah berada di titik kulminasi bawah
- Satu hari Matahari = 24 jam
- Waktu Bintang (waktu sideris) = sudut jam titik Aries
- Jam 0 waktu bintang , letak titik Aries berada di titik kulminasi atas
- Satu hari bintang = 23 jam 56 menit 4,0982 detik

Letak - letak istimewa titik Aries terhadap Matahari :

1. Sekitar tanggal 21 Maret (Titik Musim Semi) , Matahari berimpit dengan titik Aries.

Jam 0 WMM = jam 12 waktu bintang

2. Sekitar tanggal 22 Juni (Titik Musim Panas), saat Matahari berkulminasi bawah, titik Aries berimpit dengan titik Timur.

Jam 0 WMM = jam 18 waktu bintang

3. Sekitar tanggal 23 September (Titik Musim Gugur), saat Matahari berkulminasi bawah, titik Aries sedang berkulminasi atas.

Jam 0 WMM = jam 0 waktu bintang

4. Sekitar tanggal 22 Desember (Titik Musim Dingin) , saat Matahari berkulminasi bawah, titik Aries berimpit dengan titik Barat.

Jam 0 WMM = jam 6 waktu bintang

Penentuan waktu sideris

1. Tentukan selisih hari terhadap salah satu dari 4 tanggal patokan terdekat, yakni :

21 Maret, 22 Juni, 23 September, atau 22 Desember

2. Tentukan perbedaan waktu untuk titik Aries dengan Matahari selama selisih waktu no. 1 di atas dengan mengalikan setiap beda sebesar 4 menit
3. Tentukan jam 0 WMM waktu setempat yang bersesuaian dengan waktu sideris pada tanggal yang bersangkutan dengan menambahkan (jika melewati salah satu tanggal patokan di atas) atau mengurangi (jika mendahului) dengan selisih waktu no.2 di atas yang paling dekat dengan tanggal patokan terdekat yang dipakai.

Patokan tanggal hubungan Waktu Sideris (Siderial Time) dengan waktu Matahari Menengah (Mean Sun) :

21 Maret Jam 0 WMM = Jam 12 waktu sideris

22 Juni Jam 0 WMM = Jam 18 waktu sideris

23 September Jam 0 WMM = Jam 0 waktu sideris

22 Desember Jam 0 WMM = Jam 6 waktu sideris

4. Tentukan waktu sideris jam yang diinginkan dengan menambahkan dengan WMM pada jam yang telah ditentukan

Contoh :

Dimanakah posisi rasi Sagitarius (AR 19 jam. Dekl. -25°) pada bola langit jam 12 WIB tanggal 14 Maret 2005 ?

Penyelesaian :

Selisih tgl 14 Maret dengan 21 Maret = 7 hari

Beda Aries dengan Matahari = 7×4 menit = 28 menit

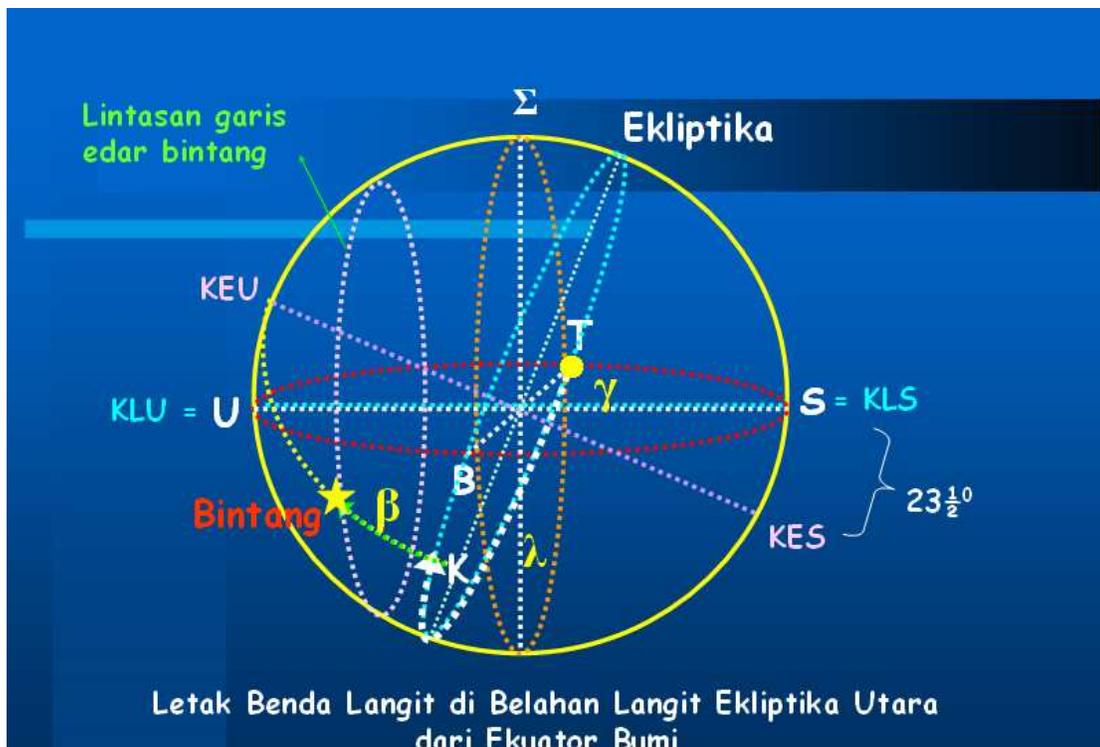
Jam 0 WIB tgl 14 Maret = jam 12 - 28 menit =
jam 11.32 waktu bintang
Jam 12 WIB tgl 14 Maret = 11.32 + 12 WIB = Jam
23.32 waktu bintang
Sudut Jam rasi Sagitarius pada waktu itu = Waktu Sideris - AR
Sagitarius = 23.32 - 19 = 4 jam 32 menit
Posisi Sagitarius saat itu ($4 \frac{32}{60} \times 15^0$) = 68^0 di sebelah Barat
meridian dan 25^0 di selatan ekuator langit.

3. Tata Koordinat Ekliptika

Lingkaran dasar :	Lingkaran Ekliptika
Koordinat :	Bujur ekliptika (λ) & Lintang ekliptika (β)
Bujur ekliptika :	Panjang busur yang diukur dari titik Aries ke arah Timur sepanjang lingkaran ekliptika ke titik kaki (K) Rentang λ : 0^0 s/d 360^0
Lintang ekliptika :	Panjang busur, dihitung dari titik Kaki di lingkaran ekliptika ke arah kutub ekliptika sampai ke letak benda langit. Harga positif ke arah KEU atau negatif ke arah KES. Rentang β : 0^0 s/d 90^0 atau 0^0 s/d -90^0

Catatan :

- Lingkaran ekliptika membuat sudut kemiringan $23\frac{1}{2}^0$ terhadap lingkaran ekuator langit.
- Titik perpotongan ekliptika dengan ekuator langit setiap tanggal 21 Maret disebut Titik Aries atau titik Musim Semi (TMS) belahan bumi utara, tanggal 23 September disebut Titik Libra atau Titik Musim Gugur (TMG).
- Deklinasi maksimum matahari di belahan langit utara ($23\frac{1}{2}^0$) disebut Titik Musim Panas (TMP) atau Titik Cancer, dicapai Matahari setiap tanggal 22 Juni. Maksimum di belahan langit selatan ($-23\frac{1}{2}^0$) dicapai matahari setiap tanggal 22 Desember dinamakan Titik Musim Dingin (TMD) atau Titik Capricornus.
- Sistem Koordinat Ekliptika umumnya dipakai untuk posisi Matahari dan anggota tata surya lainnya.



Tata Koordinat Ekliptika

Review :

- Lukis letak sebuah benda langit dalam koordinat horizon jika diketahui Azimuthnya 60° dan ketinggiannya 75°
- Lukis letak sebuah benda langit yang memiliki Ascensio recta 12 jam dan deklinasi 30° dari pengamat di kota A (10° LU) pada tanggal 20 Mei 2005
- Lukis letak sebuah planet yang memiliki bujur ekliptika 120° dan lintang ekliptika 45° dari suatu tempat di ekuator Bumi.

Evaluasi Astronomi

1. Gambarkan kedudukan bintang di bawah ini dengan menggunakan sistem koordinat Horizon :
 - a. Bintang A diketahui azimuthnya 75° dan altitude-nya 45°
 - b. Bintang B diketahui azimuthnya 180° dan altitudenya 30°
 - c. Bintang C diketahui azimuthnya 270° dan altitudenya -45°
2.
 - a. Sebutkan kelemahan sistem koordinat Horizon !
 - b. Lihat bintang - bintang di soal nomor 1, bintang mana saja yang dapat terlihat ? Apakah bintang yang terlihat itu pasti akan terlihat di tempat lain ? Jelaskan !
3. Gambarkan posisi suatu bintang yang ascensio rectanya 15 jam dan deklinasinya -30° pada bola langit pada pukul 15.00 WIB tanggal 25 Maret 2006 jika pengamat berada di kota X (10° LU) ?

4. a. Hitunglah waktu sideris saat tanggal 4 Juni pukul 19.00 !
b. Jika ada sebuah bintang ($\alpha = 10$ jam) Hitunglah sudut jam bintang tersebut !
5. a. Jelaskan kegunaan sistem koordinat ekliptika.
b. Apakah lingkaran ekliptika itu ?
c. Lukis letak sebuah planet yang memiliki bujur ekliptika 60° dan lintang ekliptika 30° dari suatu tempat di ekuator Bumi.
6. Bintang A yang $\alpha = 12^h35^m$ dan $\delta = +30^\circ$ sedang melintas di meridian pengamat. Berapakah jam bintang pada saat itu ?
7. Sebuah bintang yang $\alpha = 10^h30^m$ dan $\delta = -10^\circ$ ingin diamati saat terbit dan terbenamnya. Pada jam berapakah pengamat harus mengamatinya jika hari itu adalah tanggal 30 Maret ?
8. Jika sebuah bintang ($\alpha = 6^h12^m$, $\delta = -25^\circ$) ingin diamati dari berbagai tempat di Bumi. Berapakah lintang minimum agar pengamat masih bisa mengamati bintang tersebut ?
9. Seorang astronom amatir memperhatikan bahwa kutub langit di tempat itu ada di 30° di atas arah selatan. Berapakah lintang geografis astronom itu berada ?
10. Hitunglah waktu sideris pada saat sebuah bintang ($\alpha = 11^h15^m$, $\delta = +15^\circ$) diketahui 2 jam lagi mencapai meridian pengamat !
11. Tentukan letak sebuah objek langit yang $\alpha = 9^h40^m$, $\delta = -20^\circ$ jika diamati dari observatorium yang terletak di 6° LS pada tanggal 2 Mei pukul 21.00 !
12. a. Di lintang berapakah horizon pengamat berhimpit dengan lingkaran ekuator langit ?
b. Pada lintang berapakah dimana tidak terdapat bintang sirkumpolar ?
13. Gambarkan posisi benda langit berikut dengan tata koordinat ekuatorial :
 - a. Bintang A ($\alpha = 10^h45^m$, $\delta = -30^\circ$) diamati oleh pengamat di 10° LU pada tanggal 30 Juli jam 20.00
 - b. Bintang B ($\alpha = 5^h35^m$, $\delta = +50^\circ$) diamati oleh pengamat di 60° LS pada tanggal 10 Januari jam 22.00
14. Sebuah benda langit ($\alpha = 3^h20^m$, $\delta = -5^\circ$) diamati sedang berada di meridian pada jam 22.00. Perkirakan tanggal berapakah saat itu !

15. Suatu objek langit nampak di arah Tenggara dan jika kita mengamati objek tersebut, maka mata kita akan membentuk sudut elevasi 50° . Gambarkan posisi objek langit tersebut pada bola langit dan nyatakan koordinatnya.

The list below is for question number 16 until 35.

The Latitude and Longitude of Some Cities

- 1. Montreal, Latitude: 45 degrees N, 73 degrees W
- 2. Miami: 26 degrees N, 80 degrees W
- 3. Caracas: 10 degrees N, 67 degrees W
- 4. Quito, Ecuador: 0 degrees , 79 degrees W
- 5. Lima: 12 degrees S, 77 degrees W
- 6. Melbourne: 38 degrees S, 145 degrees E
- 7. Punta Arenas, Chile: 53 degrees S, 71 degrees W

Some Star Locations:

- A. beta Cass (Caph): 0h, +59 degrees
- B. alpha UMi (Polaris): 2h 18m, +89 degrees
- C. alpha Ori (Betelgeuse): 5h 54m, +7 degrees
- D. alpha Gem (Castor): 7h 33m, +32 degrees
- E. alpha Cru (Acrux): 12h 26m, -63 degrees
- F. alpha Sco (Antares): 16h 29m, -26 degrees
- G. alpha Aqr (Sadalmelik): 22h 05m, 0 degrees

16. In how many of the cities on the list is Polaris visible?
17. What is the altitude of Polaris in Montreal? Miami? Caracas?
18. How many of the stars on the list are circumpolar for observers in Montreal? Miami? Punta Arenas?
19. In different seasons, different constellations become visible. If you watched the sky all year in Miami, how many of the listed stars could you see? How many would be visible in Punta Arenas?
20. In which cities could the sun be directly overhead at some time?
21. Can the full moon ever be directly overhead in Miami? Why? (Or why not?).
22. Suppose Betelgeuse is on your meridian in Montreal. Could you see Castor at that time? Caph? Antares?
23. To what latitude would you have to travel to see Acrux on at least one night during the year?
24. You have been abducted and taken to one of the cities on the list (which you have never seen). You observe the star Betelgeuse crossing your meridian at an altitude of 71 degrees . What city are you in?

25. If weather were not a consideration, what would be the best location on the list for an astronomical telescope?
26. It is now Tuesday at 11:00 a.m. in Montreal. Estimate the time in Melbourne using the numbers in the list. Note that time zones are somewhat oddly defined, so your answer may only be correct to about 1 hour.
27. Caph crosses my meridian (above Polaris) at midnight. What day of the year is it?
28. It is 2:00 p.m. Eastern Standard Time on March 21, 1998. What, roughly, will be the sidereal time?
29. At about what time (Eastern Standard) will the Vernal Equinox cross my meridian on June 21?
30. If you see the moon looking like this in the Montreal sky, about how many days has it been since the last new moon? [Image]
31. The last full moon occurred around Sept. 21. At about what time (Eastern Standard) did the moon rise?
32. The moon's orbit plane is tilted about 6 degrees away from the ecliptic. What is the maximum possible altitude of the moon in the Montreal sky?
33. One sidereal year is defined as the time required for the earth to return to the same position in its orbit with respect to the distant stars: it is 365 days, 6 hours, 9 minutes. A tropical year is defined as the time required for the sun to make successive crossings of the vernal equinox: it is 365 days, 5 hours, 49 minutes - a bit shorter than the sidereal year. What do you suppose might be the reason for the difference?
34. An asteroid is discovered in a circular orbit around the sun with radius 4 Astronomical Units. What is its orbital period in years?
35. Which of the following directions does NOT (or do NOT) always remain fixed in place relative to the observer's horizon?
- ❖ the zenith
 - ❖ the summer solstice
 - ❖ the north celestial pole
 - ❖ the points where the celestial equator intersects the horizon
36. Where are you on earth according to the following descriptions ?
- ❖ The stars rise and set perpendicular to the horizon.
 - ❖ The stars circle the sky parallel to the horizon.
 - ❖ The celestial equator passes through the zenith.
 - ❖ In the course of a year, all stars are visible.
 - ❖ The Sun rises on September 23 and does not set until March 21 (ideally).

37. At latitude 32 degrees north, is a star with declination +58 degrees circumpolar? What about a star with a declination -32 degrees?
38. Where (on the Earth) and when is it possible to observe the sunrise with the longest duration? Estimate its duration.
39. If a particular star is seen straight overhead in the evening tonight, where will it be in the evening sky in 6 months? In one year? Explain why.
40. For the Incas in their city of Machu Picchu at a latitude of -13° , at the winter solstice (December 21) the Sun will be at what altitude (height above the ground)?
41. Seorang pengamat di Pontianak pada jam 21 LCT tanggal 22 Juni 2004 melihat sebuah objek benda langit tepat berada di arah puncak sebuah menara telekomunikasi. Menara berada di arah selatan pengamat. Tinggi menara relatif terhadap pengamat 40 meter. Jarak menara dari pengamat $\sqrt{4.800}$ meter.
- Nyatakan posisi benda langit tersebut pada saat itu dalam koordinat horizon (A, h)!
 - Tentukan posisi benda langit tersebut dalam kordinat ekuator (α, δ) dari sketsa koordinat bola langitnya !
42. Setiap tanggal 21 Maret dan 23 September, dalam gerak hariannya Matahari melewati Zenith pengamat di Pontianak.
- Pada tanggal berapa pengamat di Jakarta ($\phi = 16^\circ 12'$) melihat peristiwa serupa ?
 - Pada rentang harga ϕ berapakah tempat-tempat di muka bumi dapat mengalami peristiwa tersebut !
43. Tentukan LST (waktu sideris lokal) yang bertepatan dengan jam 19 waktu lokal tanggal 6 Mei 2005 !
44. Objek M45 merupakan sebuah open cluster di rasi Taurus. Pada jam berapakah objek tersebut mencapai meridian pengamat di Jakarta pada tanggal 18 Maret 2005 ? Apa nama objek benda langit tersebut ?
45. Objek M31 (NGC 224) terletak 40^m di timur Vernal Equinox sepanjang lingkaran ekuator langit dan 41° di utara equator ke arah kutub langit. (A) Apa nama objek benda langit tersebut ? (B) Tentukan letak objek tersebut pada bola langit pada tanggal 31 Desember 2005 untuk pengamat di Jakarta ! (C) Pada jam berapa objek tersebut terbenam ? (efek atmosferik bumi diabaikan)

Bab 4 : Evolusi Bintang

Bintang seperti manusia , mengalami kelahiran, masa kanak -kanak , remaja, dewasa , tua dan akhirnya mati.

Umur bintang tergantung dari massanya

Semakin besar massanya, semakin singkat umurnya , dan sebaliknya

Umur dari suatu bintang berbanding lurus dengan $1/M^2$

Contoh :

Bintang A massanya 50 kali massa bintang B. Jika bintang A dapat hidup selama 8 milyar tahun, berapakah lama hidup bintang B ?

Luminositas Bintang

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_e^4$$

R = radius bintang

σ = tetapan Stefan - Boltzman ($5,67 \times 10^{-5} \text{ erg cm}^{-2} \text{ K}^{-4} \text{ s}^{-1}$)

T_e = suhu efektif

$$\text{atau : } \frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 \cdot \left(\frac{T_{ef1}}{T_{ef2}} \right)^4$$

Diagram Hertzsprung-Russel

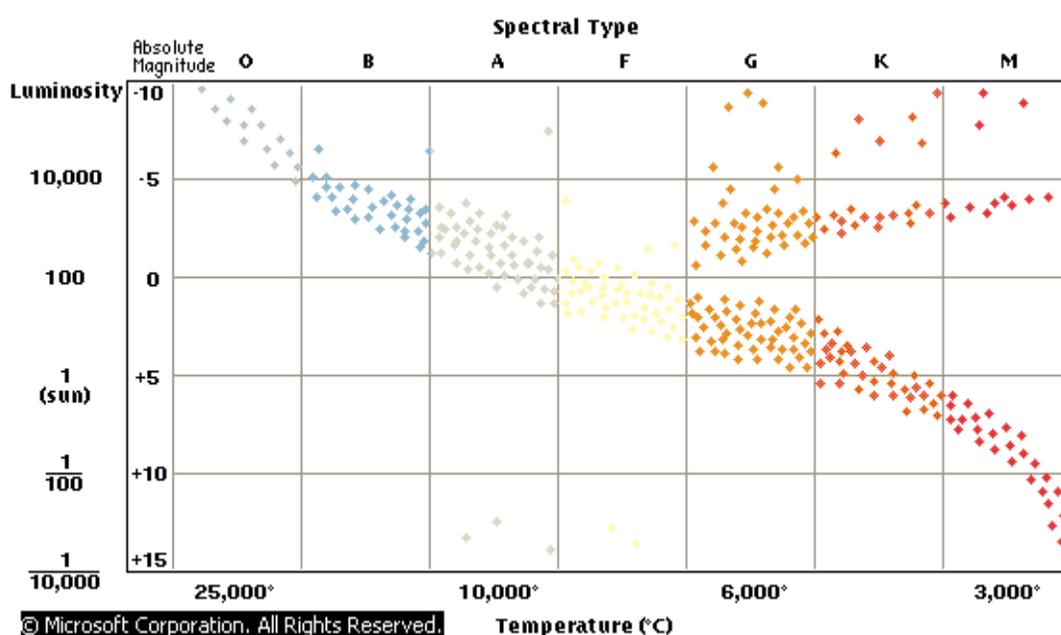
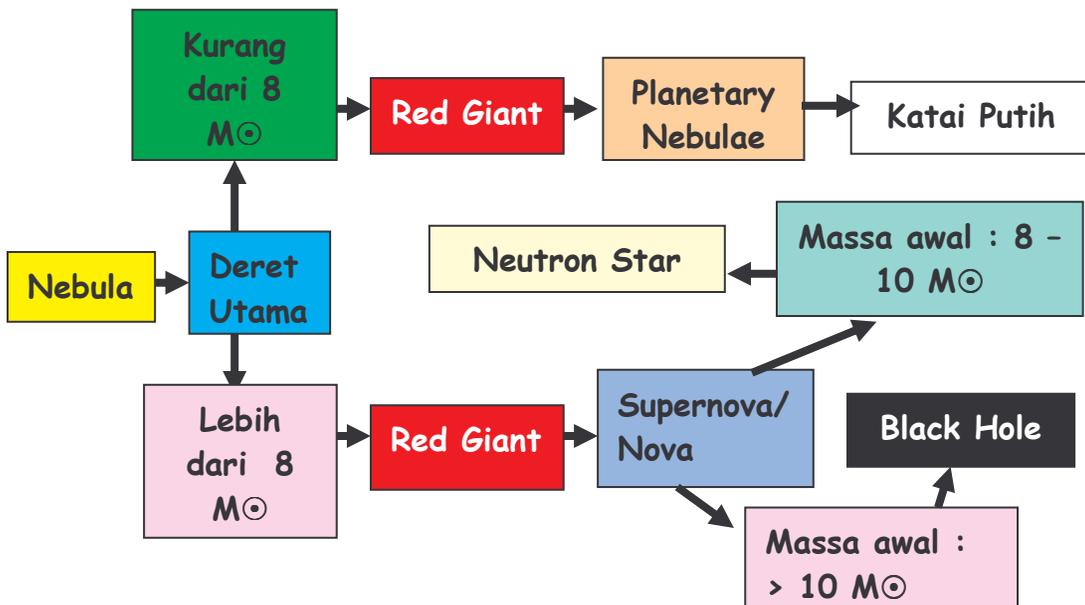
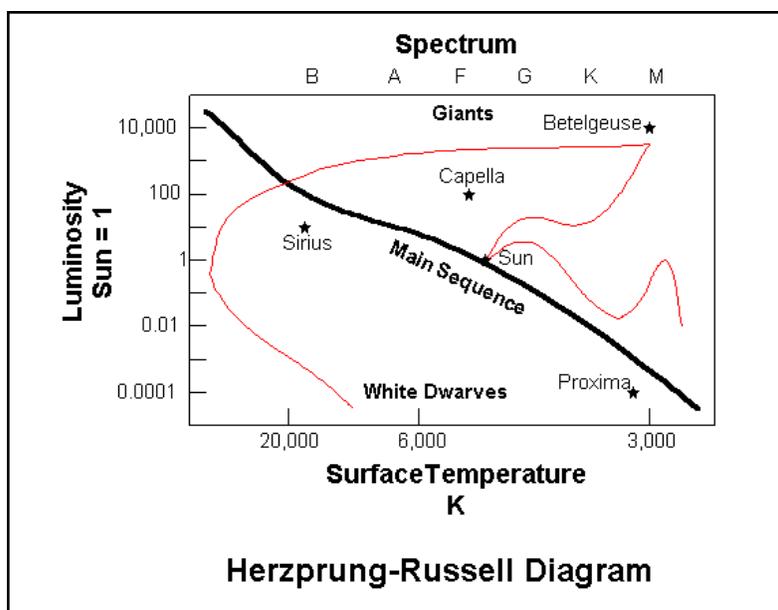


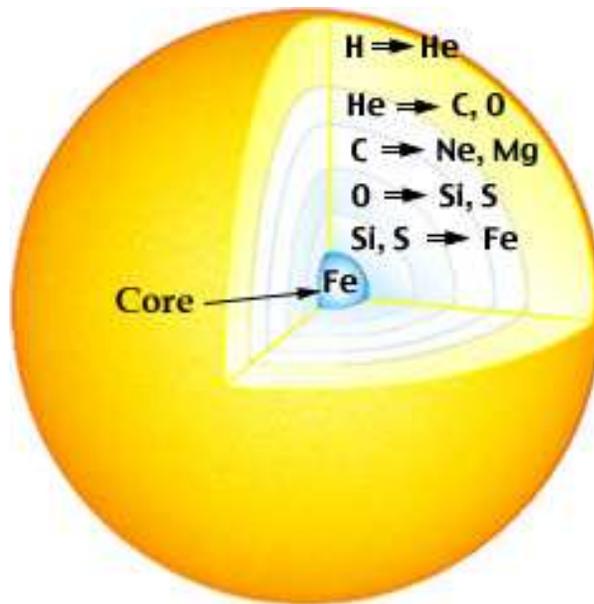
Diagram Hertzsprung Russel merupakan suatu diagram yang dapat menunjukkan kepada kita tentang tahap evolusi yang sedang dijalani oleh sebuah bintang. Sumbu horizontal dari diagram ini menunjukkan kelas spektrum / temperatur / panjang gelombang efektif . Sedangkan sumbu vertikalnya menunjukkan luminositas / massa / magnitudo mutlak bintang.



Alur Hidup Matahari



Struktur bintang bermassa besar
(Massa > 10 M_⊙) yang sudah berevolusi lanjut



Tahapan - tahapan evolusi :

- 🌍 Deret Utama : bintang dalam keadaan paling stabil.
- 🌍 Red Giant : bintang akan mengembang , luminositas ↑, suhu efektif ↓, warna : merah.
- 🌍 White Dwarf : Sangat masif , kerapatannya : 1 ton / cm³, redup.
- 🌍 Neutron Star : Terdiri dari neutron-neutron yg sangat rapat , extreme masif, ada pulsar.
- 🌍 Supernova : Ledakan besar , bintang menghembuskan sebagian besar materinya.
- 🌍 Black Hole : bintang yang medan gravitasinya sangat kuat, cahaya yang datang dan materi yang cukup dekat akan ditarik dan tidak akan pernah bisa lepas.

Batas Chandrasekhar

Massa maksimum bintang katai putih 1,44 M_⊙.

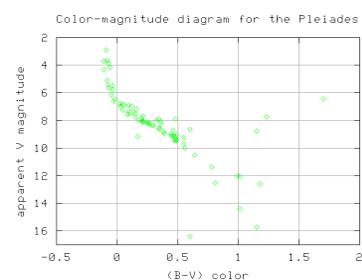
Bintang dengan massa lebih besar tidak dapat didukung oleh tekanan degenerasi elektron ⇒ Runtuh (Collapse).

Bintang menghabiskan sebagian besar waktu hidupnya di deret utama. Bintang meninggalkan deret utama bila massa pusat helium telah mencapai 10 - 15% massa bintang (batas Schonberg-Chandrasekhar).

Gugus Bintang

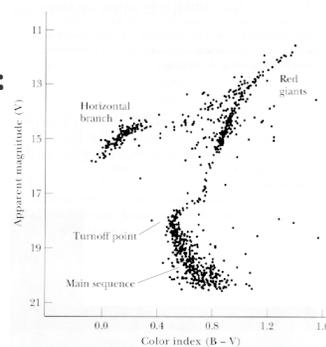


Pleiades:
 Gugus terbuka
 (open cluster)
 Gugus bintang muda





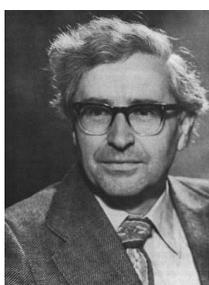
Messier 3 (NGC 5272) :
 Gugus bola
 (globular cluster)
 Gugus bintang tua



Pulsar

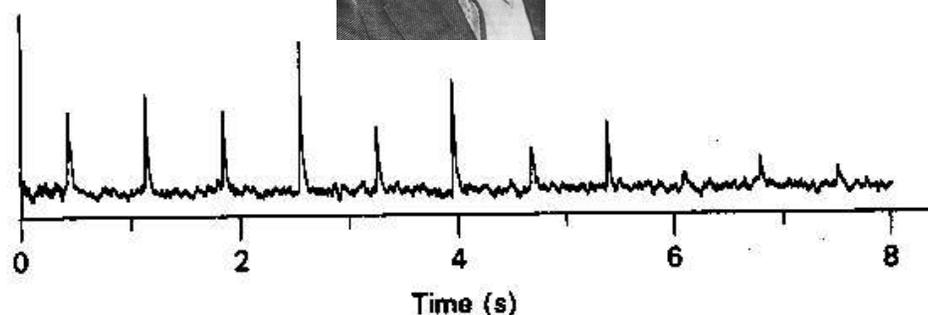
Pancaran gelombang dengan periodisitas tertentu

Pulsar pertama:
 PSR 0329+54
 P = 0.7145 detik



A. Hewish

Pemenang Hadiah
 Nobel Fisika
 1974



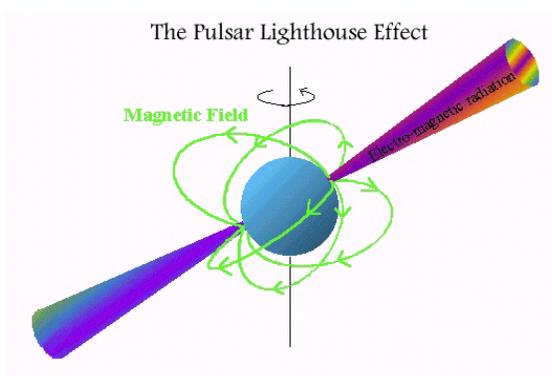
1-3 Chart record of individual pulses from one of the first pulsars discovered, PSR 0329 + 54. They were recorded at a frequency of 410 MHz and with an instrumental time constant of 20 ms. The pulses occur at regular intervals of about 0.714 s.



Crab Nebula ←

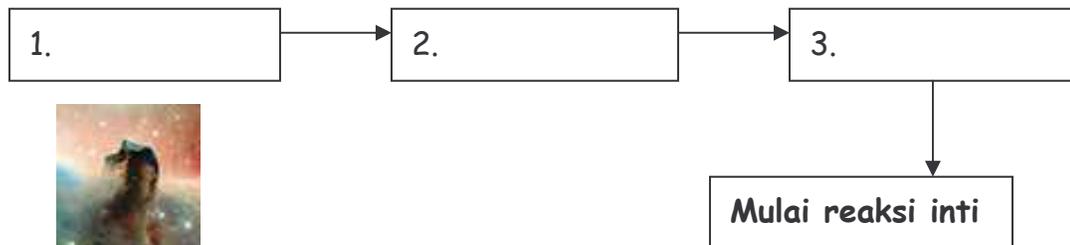
Sisa ledakan bintang yang terlihat di Cina tahun 1054.

Ditemukan pulsar di dalamnya:
 P = 0,033 detik



Evaluasi Astronomi

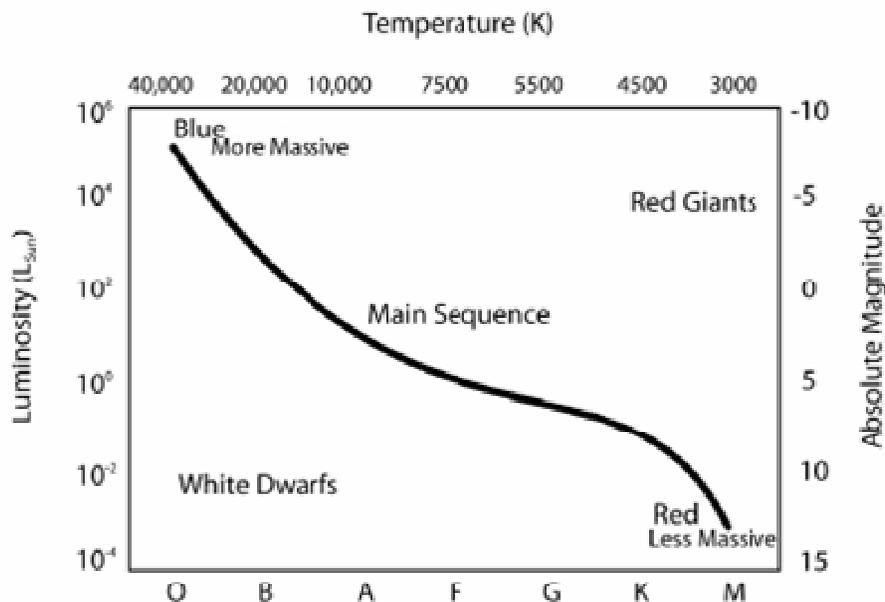
1. Apa yang dimaksud :
 - d. Tekanan degenerasi elektron
 - e. Batas Chandrasekhar
 - f. Hertzsprung Gate
2. Lengkapi bagan asal mula bintang di bawah ini !



3. Jika suatu bintang punya jari-jari 4 kali jari-jari Matahari dan suhu efektif rata-ratanya 5 kali suhu efektif rata-rata Matahari. Hitunglah perbandingan Luminositas bintang tersebut dibandingkan dengan matahari !
4. Energi yang dihasilkan oleh bintang $A = X$ Watt/s dan bermassa m . Diketahui bintang B bermassa $2m$. Berapakah energi yang dihasilkan bintang B dengan acuan bintang A ?
5. Lama hidup suatu Matahari diperkirakan sekitar 9 milyar tahun. Jika ada bintang yang massanya $8 \times$ massa Matahari. Perkirakan lama hidup bintang tersebut !
6. Jika suatu bintang mampu berada di deret utama selama 6×10^8 tahun. Perkirakan lama hidup bintang tersebut (dari lahir sampai mati) !
7. Apa yang dimaksud dengan gugus bintang ? Bagaimana umur gugus bintang dapat dijelaskan dengan diagram H-R ?
8. Sebutkan macam-macam gugus bintang ! Gambarkan sketsa diagram H-R untuk setiap macam gugus bintang tersebut !
9. a. Ketika Hidrogen di pusat bintang habis, maka akan dimulai pembakaran Helium menjadi karbon. Pada fase ini, bintang akan mulai membengkak menjadi raksasa merah. Terangkanlah bagaimana hal ini akan terjadi !
b. Apakah yang dimaksud bintang neutron ? Bintang Neutron menghasilkan pulsar. Apa itu pulsar ?
10. a. Apakah yang dimaksud dengan *singularitas* dan *jari-jari Swartzchild* ?
b. Dikatakan bahwa black hole tidak dapat terlihat. Mengapa ? Bagaimana para ahli dapat mengetahui keberadaan blackhole ?
11. Jelaskan secara singkat mengenai proses evolusi bintang pada tahap awal, deret utama, dan tahap akhir !

12. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi lamanya bintang tinggal di deret utama ?
13. Misalkan terang sebuah bintang 100 kali lebih terang daripada matahari , tetapi temperaturnya hanya setengah kali temperatur matahari. Berapakah radius bintang tersebut dinyatakan dalam radius matahari ?
14. Apa yang akan terjadi pada Bumi dan semua makhluk yang hidup di atasnya sekitar lima milyar tahun mendatang saat matahari menjadi bintang raksasa merah ?
15. Jika pada suatu gugus bintang ditemukan masih banyak mengandung logam berat, menurut kamu gugus tersebut termasuk gugus muda atau tua ? Jelaskan !
16. Dalam suatu diagram HR diketahui beberapa percabangan bintang deret utama, apa yang bisa kamu katakan tentang evolusi bintang pada percabangan kanan bawah terhadap evolusi pada percabangan kiri atas ?
17. Apakah perbedaan antara bintang bermassa besar dengan bintang bermassa kecil saat akan meninggalkan deret utama (tinjau dari segi pembangkitan energi di pusat bintang) ?
18. Menurut kamu bagaimana riwayat akhir bintang bermassa 1 massa matahari ?
19. Apa yang kamu ketahui tentang pulsar ? Apa perbedaan pulsar radio dengan pulsar sinar X ?
20. Dua bintang memiliki magnitudo mutlak sama. Bintang A seratus kali lebih jauh daripada bintang B. Berapa perbedaan magnitudo semunya ? Bintang mana yang nampak lebih terang ?
21. Sebuah quasar yang memiliki panjang gelombang diam 3.000 \AA diamati pada panjang gelombang 15.000 \AA . Tentukan kecepatan quasar tersebut ! Tentukan jaraknya dengan hukum Hubble (Konstanta Hubble (H) 75 km/s/ Mpc) (Rumus : $v = H \times d$)
22. Gambarkan jejak evolusi bintang di diagram H-R. Uraikan secara singkat peristiwa yang berlangsung pada setiap tahapnya.
23. (a) Star A has a luminosity of 10^4 times the luminosity of the Sun and a temperature of about 20,000 K. What color would you expect Star A to be? Is star A more massive or less massive than the Sun? What is Star A 's spectral class? Briefly, what will the ultimate fate of star A probably be?
 (b) Star B is 5000 K and is identified spectroscopically to be a Main Sequence star. How does the luminosity of Star B compare to that of the Sun? Will Star B live a shorter or longer lifetime than the Sun? How might we measure the distance to Star B if it is too far away for parallax? Briefly, what will the ultimate fate of star B probably be?
 (c) Star C is a of temperature 4000 K and luminosity 1000 times that of the Sun. What type of star is Star C?

(d) Mark Star A, Star B, Star C, and the Sun on the H-R diagram below.



24. Ada dua bintang yang sama-sama akan meninggalkan deret utama . Bintang A mempunyai magnitudo semu yang sama dengan magnitudo semu bintang B. Kedua bintang tersebut termasuk dalam kelas spektrum yang sama pula. Bintang A 2 kali lebih jauh dari bintang dari bintang B. Jika diketahui rapat massa bintang B 500 kali rapat massa bintang A. Tentukan mana bintang yang berumur lebih tua ! Sertakan perhitungan-perhitungan dan analisis data yang Anda lakukan !
25. Sebuah bintang yang adalah sebuah sistem bintang ganda setelah diamati oleh para astronomer diperoleh data - data sebagai berikut : magnitudo semunya 8,3. Sudut paralaksnya 0,370". Massanya adalah 0,5 M_{\odot} . λ_{max} -nya adalah 2318.4 Å. Dari data-data tersebut , Hitunglah rapat massa bintang tersebut dibandingkan Matahari ! Perkirakan juga tahapan evolusinya!

Bab 5 : Kosmologi

Definisi

Kosmologi adalah cabang astronomi yang mempelajari alam semesta secara keseluruhan

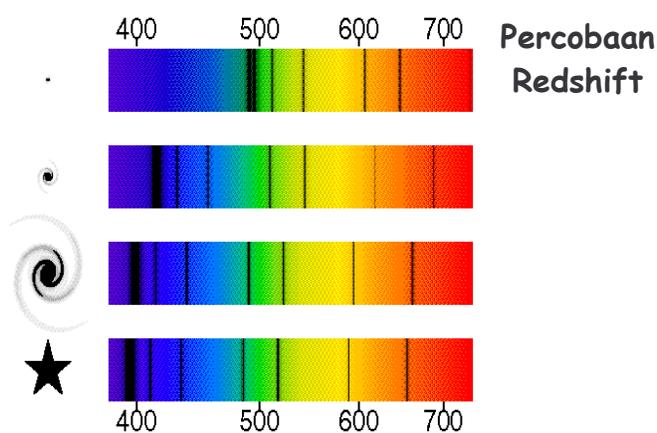
Metode

1. Observasi : Pengamatan langsung
2. Teoritik : Memakai teori / hukum fisika untuk memprediksi kelakuan alam semesta

Hal yang unik dalam kosmologi adalah laboratoriumnya tidak dapat kita jangkau , yaitu : alam semesta ini. Jadi, kita hanya bisa mengamati perilaku alam semesta tanpa bisa mengatur kondisinya seperti laboratorium lain yang ada di Bumi dan kita berusaha memahami dan mengerti serta memprediksi masa lampau maupun masa depan lewat pengamatan terhadap perilaku alam semesta ini.

Struktur alam semesta

- Christian Johann Doppler --> prinsip Redshift (1842).
- Tahun 1917, Harlow Shapley --> mengukur jarak ke sekumpulan gugus bola.
- Hasil pengamatannya menunjukkan bahwa matahari bukan terletak di pusat galaksi.
- Tahun 1929, Edwin Hubble dengan menggunakan asas Doppler melakukan percobaan Redshift.
- Ia mendapatkan bahwa galaksi -galaksi yang jauh bergeser ke arah panjang gelombang merah, pergeseran semakin bertambah dengan semakin jauhnya galaksi
- Persamaan Hubble : $V = H \times d$
Dengan : V = kecepatan objek
H = konstanta Hubble
($\approx 70 \text{ km/s/Mpc}$)
d = jarak objek dari Bumi

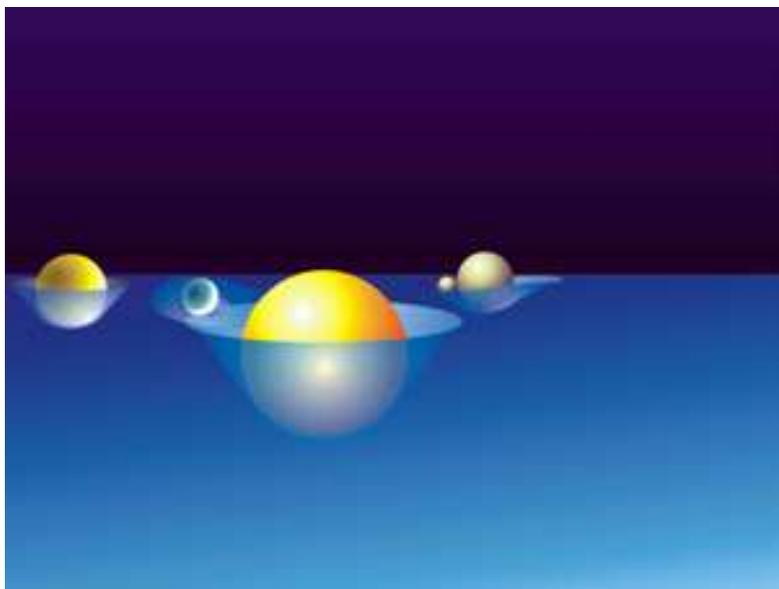


Konstanta Hubble :

1. Menggambarkan nilai atau tingkat pemuaiannya alam semesta.
2. Nilainya tidak konstan --> tergantung ketelitian pengukuran dan kecanggihan teknologi yang dipakai.

Kosmologi Modern

- Dasar : Hasil pengamatan astronomi, konsep fisika (mis: mekanika kuantum), dan filsafat.
- Dasar : alam semesta dalam skala besar adalah isotropik / uniform dan homogen.
- Tujuan : memahami asal usul, kelakuan, dan nasib alam semesta.
- Tahun 1905 ---> Einstein mengemukakan "Relativitas Khusus", yang sebagian besar membahas konstanta c
- Tahun 1915, Einstein mengemukakan "General Relativity". --> Kehadiran materi menentukan kelengkungan kemudian gerakannya diatur oleh kelengkungan ruang itu.

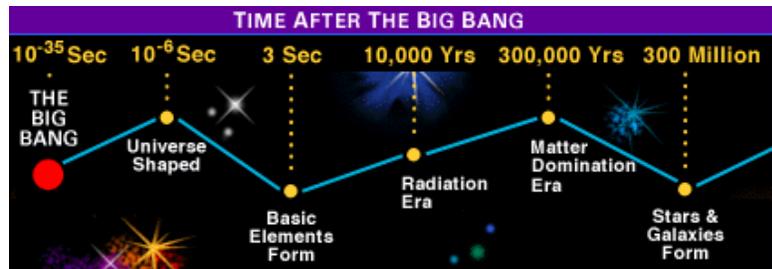
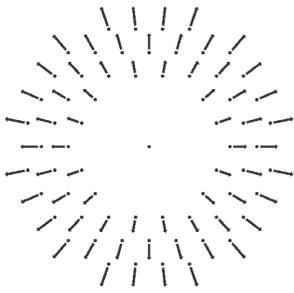


Pelengkungan ruang akibat kehadiran materi

Teori terjadinya alam semesta

1. Big Bang

Melalui percobaan Redshift, telah diketahui bahwa alam semesta ini mengembang. Timbul pemikiran, suatu saat di masa lalu, alam semesta bergabung menjadi satu titik. Bukti adanya Big Bang adalah ditemukannya gelombang mikro kosmik 3 K. Teori ini mengatakan bahwa pada mulanya alam semesta ini berasal dari satu titik yang kerapatannya $10^{93} \rho$ air lalu meledak dengan dahsyat dan pada saat itu ruang dan waktu pun mulai terbentuk dan alam semesta pun mulai mengembang sampai sekarang.



2. Keadaan tetap (Steady State)

Teori ini mengatakan bahwa alam semesta sudah ada dari dulu dan tidak ada awalnya. Memang alam semesta ini mengembang dan sebagai pengganti kekosongan dalam ruang akibat mengembangnya alam semesta ini tercipta unsur baru yaitu Hidrogen. Tetapi teori ini tidak dapat dipertahankan karena dianggap melanggar hukum kekekalan materi. Teori ini dicetuskan sebagai "oposisi" dari teori big bang, karena ada orang yang tidak suka adanya awal seperti dalam teori big bang.

3. Osilasi (berayun)

Teori ini mengatakan bahwa Big Bang itu tidak terjadi hanya sekali, melainkan alam semesta yang sekarang akan terus mengembang sampai keadaan tertentu kemudian menyusut dan akhirnya terjadi big crunch (kehancuran besar) lalu terjadi Big Bang lagi.

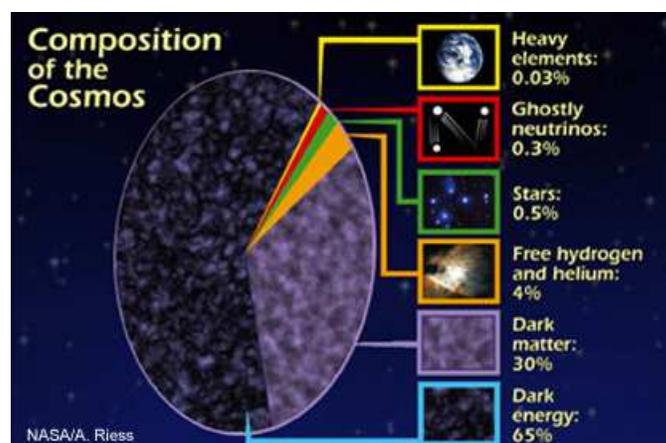
Bagaimana nasib alam semesta kita ???...

- Untuk mengetahuinya orang mencoba menghitung rapat massa alam semesta.

Kalau.....

- ρ alam semesta $<$ ρ kritis --> alam semesta akan mengembang terus dengan kecepatan yang dipercepat.
- ρ alam semesta $=$ ρ kritis --> alam semesta akan mengembang terus dengan kecepatan yang konstan.
- ρ alam semesta $>$ ρ kritis --> alam semesta akan menyusut

Rapat massa belum dapat ditentukan secara akurat karena keterbatasan teknologi. Diduga ada "massa kelam" atau Dark Matter yang dapat menambah rapat massa alam semesta lebih besar dari rapat kritis.



Paradoks Olbers

" Bila ruang angkasa tak terbatas dan bintang - bintang tersebar di dalam ruang tersebut. Mengapa langit malam begitu gelap dan kelam ? "

Penjelasannya : Cahaya dari bintang -bintang yang banyak sekali itu hanya sedikit yang sampai ke Bumi karena jarak antar bintang ke Bumi semakin menjauh dari waktu ke waktu (sesuai konsep alam semesta yang mengembang).

Usia Alam Semesta

$$T = \frac{1}{H}$$

Dengan : T = umur alam semesta

H = konstanta Hubble

Efek Doppler

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{V_r}{c}$$

Dengan :

$\Delta\lambda$ = perubahan panjang gelombang yang diamati

λ = panjang gelombang standar

V_r = kec. Objek

c = kecepatan cahaya (300.000 km/s)

Review :

1. Apa yang mendasari munculnya teori Big Bang ?
2. Hal - hal apa saja yang menguatkan teori Big Bang sebagai teori yang menggambarkan alam semesta ini ?
3. Jika tetapan Hubble adalah 70 km/s/Mpc, cobalah Anda hitung usia alam semesta !
4. Jelaskan apa itu paradoks olber !
5. Jelaskan beberapa kemungkinan tentang nasib alam semesta ini !

Evaluasi Astronomi

1. Sebutkan apa prinsip Kosmologi Modern !
2. Jelaskan apa yang dimaksud *Hubble Flow* !
3. Bagaimana para ahli memperkirakan kerapatan alam semesta ?
4. Bagaimana para ahli dapat menghitung/ memperkirakan massa sebuah galaksi ?
5. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi dinamika sebuah galaksi !
6. Sebutkan dan jelaskan perkiraan - perkiraan para ahli mengenai bentuk dari alam semesta ini !

7. Jelaskan maksud dari para ahli yang mengatakan bahwa alam semesta kita adalah "suatu ruang berdimensi empat, tidak berujung tetapi berakhir" !
8. Sebutkan beberapa teori mengenai pembentukan / lahirnya alam semesta dan sebutkan juga bukti-bukti dari setiap teori yang menunjang setiap teori tersebut !
9. Jelaskan tentang percobaan Redshift yang dilakukan oleh Hubble dan jelaskan pula kesimpulan yang ditarik oleh Hubble berdasarkan hasil percobaannya tersebut !
10. Jelaskan secara singkat pengertian "pelengkungan ruang dan waktu oleh gravitasi" ! Adakah salah satu bukti / contohnya !
11. Konstanta Hubble bernilai antara 50 - 100 km/s/Mpc. Hitunglah usia minimum, usia rata - rata, dan usia maksimum jagad raya !
12. Jelaskan apa yang akan terjadi pada alam semesta bila $K (E_K - E_G)$ nilainya > 0 , < 0 , $= 0$!
13. Bila terjadi perubahan panjang gelombang pada garis spektrum akibat efek Doppler, apakah kita masih bisa mengenali unsur kimia yang menghasilkan garis spektrum tersebut !
14. Sebuah bintang diketahui memiliki komponen kecepatan radial $V_r = + 27$ km/s. Tentukan panjang gelombang yang tercatat pada pengamatan spektrum bintang bila dicocokkan pada panjang gelombang 4860 \AA !
15. **Pertanyaan menantang !!!!!** Jika pemuatan alam semesta berhenti dan kemudian mengerut, apakah waktu akan berputar balik ? Jelaskan !
16. Menurut Anda , apa yang ada sebelum Big Bang !
17. Apa yang membuat alam semesta mengembang ? Gaya apa yang mampu mengatasi gaya gravitasi dalam peristiwa pengembangan tersebut !
18. Tentukan usia alam semesta berdasarkan pengamatan sebuah quasar di jarak 10 milyar tahun cahaya yang mengalami pergeseran merah pada 10.000 km/s !
19. Nilai konstanta Hubble adalah gradien atau kemiringan garis yang ditarik dari titik data dalam kurva kecepatan radial (km/s) versus jarak objek ke Bumi (Megaparsec). Jelaskan cara astronom mengukur besarnya kecepatan radial dan jarak objek tersebut !
20. The Virgo cluster approximately 30 giant galaxies (i.e. galaxies like the Milky Way, in contrast to dwarf galaxies) packed in a sphere of diameter 3Mpc (where $1\text{Mpc}=10^6\text{pc}$). If each giant galaxy masses $10^{12} M_{\odot}$, what is the mass density in the core of the Virgo cluster (in units of M / pc^3)?

Bab 6 : Pengenalan Peralatan dan Persiapan Pengamatan dan Pengenalan Atlas dan Katalog

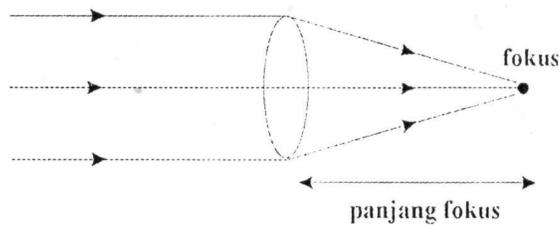
TELESKOP OPTIK

Teleskop optik: instrumen paling fundamental dalam peralatan astronomi. Ada dua tipe:

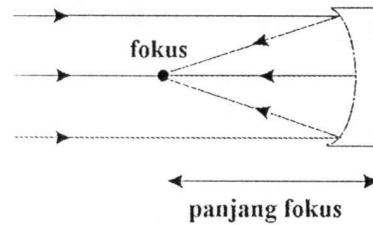
- **REFRAKTOR**, menggunakan LENSA (cembung), disebut obyektif, untuk mengumpulkan cahaya dan membentuk citra pada titik fokusnya.
- **REFLEKTOR**, menggunakan cermin (cekung), disebut cermin primer, untuk mengumpulkan berkas sinar ke titik fokusnya. Cermin biasanya terbuat dari bahan gelas atau keramik yang dilapisi lapisan tipis logam pemantul (seperti aluminium) pada permukaan depannya.

Diameter lensa obyektif atau cermin primer disebut *aperture*. Jarak antara pusat lensa, atau pusat permukaan depan cermin, dan fokusnya disebut panjang fokus. Makin panjang fokusnya, makin besar citranya. Contoh, sebuah teleskop dengan panjang fokus 1 meter akan membentuk citra Bulan dengan diameter kira-kira 1 cm, sedangkan teleskop dengan panjang fokus 2 m akan membentuk citra dengan diameter kira-kira 2 cm. Ratio panjang focus (F) terhadap *aperture* (D) disebut *focal ratio*. Contoh: sebuah lensa dengan panjang $F=1.000$ mm dan $D=100$ mm mempunyai focal ratio =10, yang biasa ditulis sebagai "f:10".

(a) Sumber titik



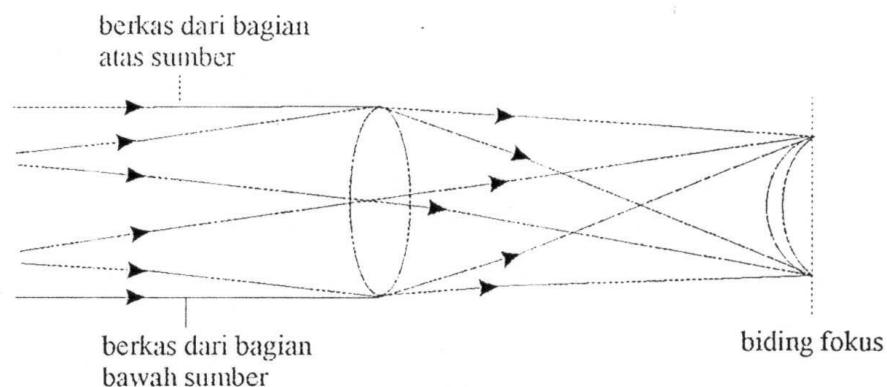
(a1) lensa cembung



(a2) cermin cekung

(a1) Berkas sinar dari sumber titik (misalnya bintang) dibiaskan ke fokus oleh lensa cembung dan (a2) dipantulkan ke fokus oleh cermin cekung.

(b) Sumber berdimensi (extended source)



(b) Berkas dari obyek berdimensi (obyek dengan ukuran tertentu) membentuk citra yang terbalik dari sumber pada bidang fokus lensa (atau cermin)

Citra yang terbentuk dapat direkam langsung dengan emulsi fotografik atau detektor elektronik yang ditempatkan pada bidang fokus. Untuk pengamatan visual, lensa sekunder - *eyepiece* - diperlukan. *Eyepiece*: sebuah lensa dengan panjang fokus yang pendek yang menghasilkan citra yang diperbesar; yang dapat dilihat dengan mata atau diproyeksikan pada emulsi fotografik, detektor elektronik, atau layar. *Eyepiece* biasanya ditempatkan pada jarak yang dekat di belakang fokus, yang sama dengan panjang fokus *eyepiece* dan diletakkan dalam tabung geser, karena prakteknya posisi yang tepat bergantung pada mata pengamat perseorangan juga.

PEMBESARAN

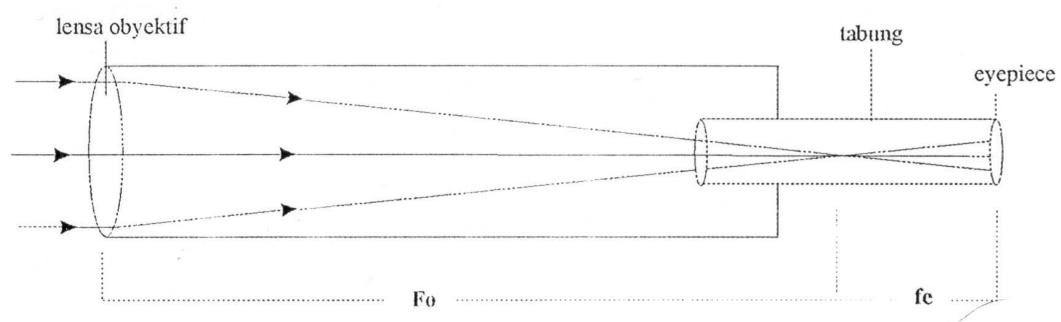
Daya pembesaran adalah ratio antara diameter sudut semu obyek kalau dilihat melalui teleskop dengan diameter sudut semu kalau dilihat tanpa teleskop. Pembesaran = panjang fokus lensa objektif atau cermin / panjang fokus *eyepiece*. Contoh: $F_o = 1000 \text{ mm}$, $f_e = 20 \text{ mm}$. Pembesaran =

$1000/20=50$. Sering ditulis "50x". Teleskop yang sama jika digunakan dengan *eyepiece* yang panjang fokusnya 10 mm, maka Pembesaran $1000/10 = 100$.

FUNGSI TELESKOP

Fungsi utama teleskop dalam astronomi adalah mengumpulkan lebih banyak cahaya daripada dengan mata telanjang; berarti mengungkap obyek yang terlalu lemah kalau dilihat dengan mata saja. Pengumpulan cahaya oleh teleskop sebanding dengan kwadrat *aperture*-nya (D^2). Makin besar luas permukaannya, makin besar cahaya yang masuk. *Aperture* pupil mata kita dapat membesar sampai 7 mm untuk keadaan gelap total. Teleskop optik terbesar di dunia diameternya 10 m. Teleskop ini dapat mengumpulkan cahaya 2 juta kali lebih banyak daripada mata telanjang

Diagram dasar refraktor



Sebuah refraktor sederhana terdiri dari lensa cembung (yaitu lensa obyektif) dengan panjang fokus yang panjang (F_o) dan eyepiece cembung dengan panjang fokus yang pendek (f_e).

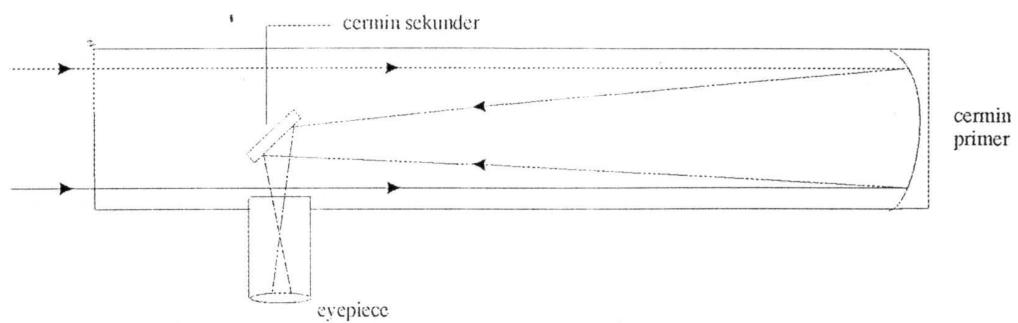
Daya pisah atau resolusi sebuah teleskop adalah suatu ukuran kemampuan teleskop untuk mengungkap detail citra; didefinisikan sebagai sudut minimum antara dua sumber cahaya titik agar kedua titik itu tampak terpisah satu sama lain. Jika sudut antara kedua citra titik tersebut lebih kecil, kedua citra tersebut akan lebur ke dalam satu titik. Daya pisah (R) dinyatakan dalam detik busur ($arcsec = ''$). Harga aproksimasi daya pisah ini, $R = 120/D$ detik busur. D *aperture* teleskop dalam mm.

Sebuah teropong dengan *aperture* 120 mm mempunyai daya pisah teoritis 1 detik busur. Mampu membedakan dua buah bintang yang kira-kira terangnya sama sebagai obyek yang terpisah jika mereka terpisah oleh sudut paling tidak 1 detik busur. Ia mampu melihat kawah di Bulan yang lebih besar daripada 2 km diameternya. Resolusi teoritis teleskop Keck di Hawaii, teleskop terbesar di dunia dengan diameter 10 m adalah 0,012 detik busur (ekivalen dengan melihat kawah di Bulan dengan diameter 20 m atau memisahkan lampu depan mobil pada jarak 20.000 km).

Beberapa Macam Reflektor

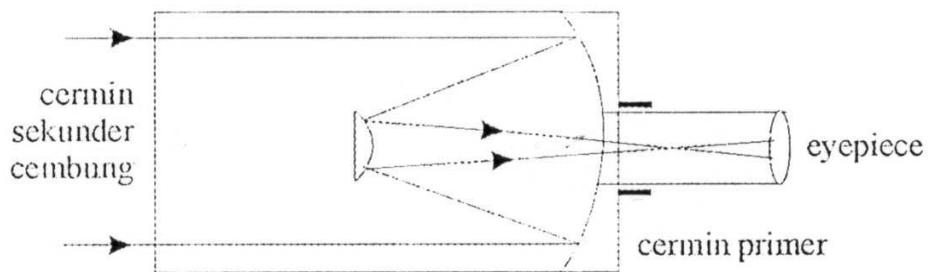
Newtonian

(a) Newtonian

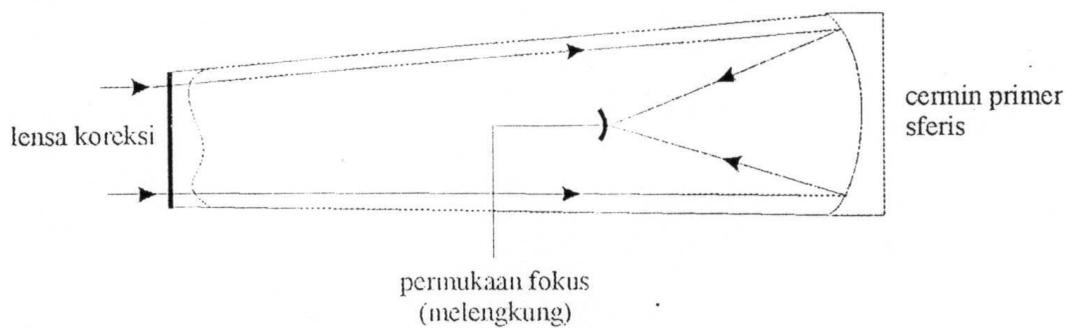


Teleskop reflektor pertama, dibuat tahun 1668 oleh Isaac Newton.

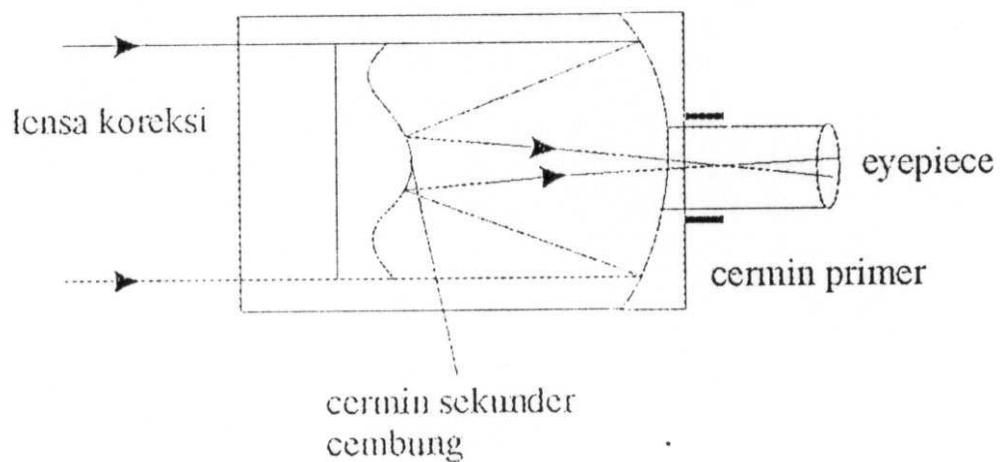
Cassegrain



Schmidt



Schmidt-Cassegrain



PENGENALAN LANGIT

Atlas dan Katalogus merupakan perangkat penting, selain teleskop, untuk mengenal:

- a. Medan langit
- b. Fenomena yang terjadi pada suatu waktu
- c. Kedudukan suatu obyek

Atlas terdiri atas:

- a. Atlas yang dilukis
- b. Atlas fotografik

Katalogus merupakan petunjuk bintang menurut aturan tertentu, kadang-kadang berpasangan dengan atlas. Paling tidak memuat:

1. Koordinat ekuatorial
2. Magnitudo bintang
3. Spektrum bintang

Beberapa atlas dan katalogus:

1. Atlas Coeli 1950, Becvar

Jangkauan : Deklinasi dari -90° sampai $+90^{\circ}$

2. Katalogus dan atlas SAO

(**Smithsonian Astrophysical Observatory**)

Deklinasi : -90° sampai $+90^{\circ}$

Magnitudo batas 9^m

Peta mengandung > 260.000 bintang, galaksi, gugus bintang.

3. Palomar Observatory Sky Survey (POSS)

Deklinasi: -33° sampai $+90^{\circ}$ (R,B), -44° sampai -33° (R)

Magnitudo batas: B = $21,1^m$, R = $20,0^m$

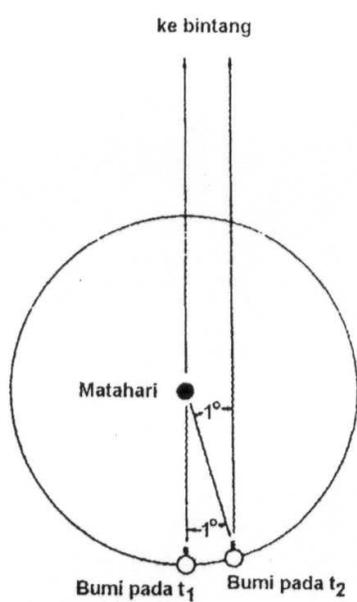
4. European Southern Observatory (ESO) Atlas

Deklinasi: -90° sampai -20°

Magnitudo batas: 23^m

WAKTU

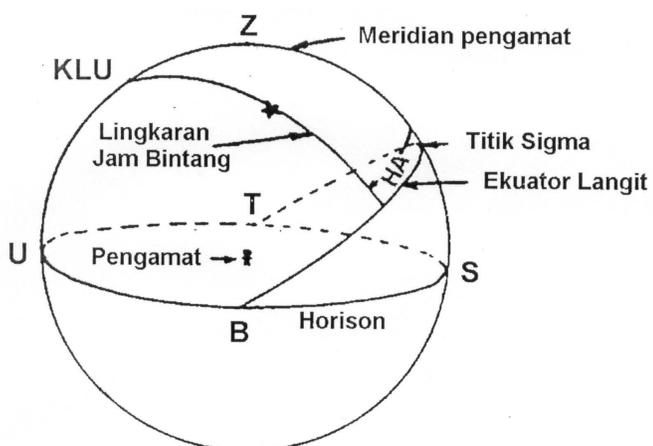
Tiga satuan dasar dari waktu : hari, tahun, bulan. Ada dua macam hari yaitu hari matahari (*solar day*), yaitu lamanya rotasi Bumi relatif terhadap Matahari, yang didefinisikan sebagai interval waktu dari saat Matahari terbit ke saat Matahari terbit berikutnya atau Matahari terbenam ke Matahari terbenam berikutnya. Yang kedua adalah hari sideris (*sidereal day*), jika yang menjadi acuan adalah bintang, yaitu lama rotasi Bumi relatif terhadap bintang.



Pada t_1 , matahari dan sebuah bintang tertentu tepat berada di atas kepala. Satu hari sideris kemudian, Bumi telah bergerak dalam orbitnya dari t_1 ke t_2 , dan bintang yang sama sudah tepat di atas kepala. Tetapi pada t_2 matahari belum tepat di atas kepala; satu hari matahari belum sepenuhnya dirampungkan. Perlu 1° lagi Bumi berotasi. Karena $360^\circ = 24$ jam, atau $1^\circ = 4$ menit. Jadi Bumi perlu berotasi

4 menit lagi untuk merampungkan 1 hari matahari.

SUDUT JAM



Sudut Jam sebuah bintang adalah jarak sudut sepanjang ekuator ke arah Barat, dari titik Sigma ke lingkaran jam bintang, yang merupakan waktu yang ditempuh

sejak sebuah obyek melewati meridian. Sudut Jam sebuah obyek memberitahukan dimana obyek itu di langit (dalam kerangka acuan lokal).

Teleskop / Teropong

- Merupakan alat optik untuk melihat benda-benda sangat jauh sehingga tampak lebih dekat dan lebih jelas.
- Prinsip Teropong ada 2 yaitu teropong bias : teropong yang membiaskan sinar yang datang dari benda. Dan teropong pantul : Teropong yang memantulkan dan membiaskan sinar datang (terdiri dari cermin dan lensa).

Teropong Bintang

- Digunakan untuk mengamati bintang-bintang, bulan ,planet.
- Dilakukan dengan mata rileks.
- $M = F_{ob}/F_{ok}$
- $D = F_{ob}/F_{ok}$
- $F_{ob} > F_{ok}$
- $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$
- Daya pisah (α) = $\frac{1,22\lambda}{D}$, tetapi karena λ efektif mata kita 5500\AA sehingga daya pisah= $14,1/D$,dimana D dalam cm.
- Focal Ratio = f/D ,lambang f/n (satuan dari f dan D harus sama.)
- Light Gathering Power (Kemampuan mengumpulkan cahaya) sebanding dengan kuadrat diameter alat optik. Light Gathering Power akan mempengaruhi kecerlangan objek langit ketika diamati.
- Magnitudo batas visual = $6 + 5 \log\left(\frac{D}{10}\right) \rightarrow (D \text{ dalam mm })$
- Medan pandang (field of view) adalah luas medan langit yang dapat ditangkap teleskop. **Medan Pandang** = $\frac{\text{Medan pandang semu}}{\text{perbesaran}}$, dan medan pandang semu nilainya biasanya antara $45^\circ - 55^\circ$.
- Skala Bayangan ($"/\text{mm}$) = $206265/\text{fokus teleskop}(\text{mm})$

Saat mata berakomodasi maksimum :

$$S'_{ok} = f_{ob}$$

Saat mata rileks :

$$S'_{ok} = \infty$$

Perbedaan antara teleskop Refraktor dan Reflektor

Parameter	Reflektor	Refraktor
Optik	Cermin	Lensa
Aberasi	Aberasi spheris	Aberasi kromatis
Perawatan	Recoating agar pemantulan sempurna	Tidak perlu
Rentang λ	Seluruh panjang gelombang	Serapan ultraviolet oleh kaca
Faktor Efisiensi	Refleksi	Refleksi dan absorpsi lensa
Fokus	Fokus lebih besar dari panjang teleskop	Fokus = panjang teleskop
Citra Teoritis	Ada Spider	Tidak ada

Jenis-jenis teleskop berdasarkan koordinat

1. Teleskop alt-azimuth

Sumbu yang dipakai adalah ketinggian dan azimuth

Kelebihan :

- Cocok untuk teleskop Raksasa karena lebih stabil daripada ekuatorial.
- Mudah digunakan oleh amateur (lebih praktis)

Kekurangan :

- Koordinat objek langit berubah - ubah tergantung horizon pengamat (letak pengamat)
- Mesin teleskop harus bekerja men-tracking bintang dalam 2 sumbu

2. Teleskop ekuatorial

Sumbu yang dipakai : deklinasi dan sudut jam

Kelebihan :

- Koordinat objek langit tetap , tidak berubah-ubah walaupun tempat mengamati berubah-ubah
- Mesin teleskop cukup menggerakkan teleskop dalam satu sumbu ketika men-tracking objek langit (sumbu sudut jam)

Kekurangan :

- Lebih susah dipakai (karena butuh jam sideris)
- Perlu pemberat karena tidak stabil , mudah *tidak seimbang*.
Tata koordinatnya lebih rumit dimengerti oleh amateur astronom.

Review :

1. Jelaskan perbedaan antara teleskop refraktor dan reflektor dan keuntungan serta kerugian/ kelemahan masing-masing !
2. Mengapa teleskop yang khusus mengamati matahari biasanya badan teleskopnya dibenamkan di dalam tanah !
3. Jika diameter lensa teleskop kita dua kalikan dari semula tetapi fokusnya tetap. Apakah pengaruhnya terhadap kecerlangan objek ? Bagaimana perubahan daya pisahnya? Focal ratio ? magnitudo batas?
4. Mengapa optik teleskop besarnya umumnya adalah cermin ?
5. Mengapa untuk mensurvei langit , kita harus menggunakan teleskop dengan perbesaran rendah ?

Evaluasi

1. Why is it sometimes better to use a small telescope in orbit around the Earth than it is to use a large telescope on a mountain top?
2. A thick black fly has dotted onto the object lens of a 5 cm telescope. What will an observer looking to the Moon through the telescope see?
3. Why might some stars appear double in blue light through they could not be resolved in red light?
4. Why can radio astronomers observe during the day, whereas optical astronomers are (for the most part) limited to nighttime observing?
5. What are the reasons why the Hubble Space Telescope is able to observe fainter objects than we can study from the ground?
6. Recently the 10 meter Keck telescope began to operate on Mauna Kea (Hawaii), where the diameter of stellar images may be as small as $0''.3$. Can you evaluate the limiting stellar magnitude for visual observation with this telescope?
7. What limits the resolving power of the 6-meter telescope BTA in SAO? Calculate it. Explain your calculations.
8. The apparent diameter of the Moon, as seen from the Earth, is $31'$. What is the image diameter in the objective focal plane if its focal length is 254 cm and the objective diameter is 40 cm? Draw a figure (a few figures) to explain your calculations.
9. A photometer is mounted on a 125 cm (focal length) telescope. Can you observe a star with magnitude

- a. 5^m
- b. 10^m
- c. 15^m

in a cluster if a count from a star of a similar spectral type with magnitude 8^m gives 4000 counts/second? The level of white noise of the photometer (instrumental noise) is 500 counts/second; the upper limiting value for observations is 200.000 counts/second. Explain your calculations.

10. Young scientists from the Komi-Republic territory (in the Russian Federation) registered a few days ago a new object looking like an eclipsing binary star. But the period of this star was not stable: the stellar magnitude of the object is usually equal to 24.32^m . Once every 7-11 seconds it is rising to 24.52^m for 0.2-0.3 seconds. After investigations it was clear that the shining object is eyes of a group of absolutely black cats sitting on a small absolutely black body in our Solar System and looking towards the Sun! And one of the cats is blinking! Calculate the number of cats in the group sitting on the small body and looking to the Sun. Draw a picture explaining your solution. Consider that all the cats are equal in size.
11. An 1.2-meter Schmidt camera has a $6^\circ \times 6^\circ$ field of view. Estimate how many photographs you would have to take to cover the whole sky. (Please, make an estimation of the maximum and minimum number of photos.) Explain your calculations. Where do you have to place your telescope to be able to do this?
12. Diameter sudut Bulan yang terlihat dengan mata telanjang dari Bumi $31'$. Berapakah ukuran diameter bayangan Bulan di bidang fokus lensa objektif? (diameter objektif: 40 cm, fokus objektif: 254 cm)
13. Berapa kali lebih kuat cahaya yang dikumpulkan oleh teleskop Keck yang berdiameter efektif 10 meter dibandingkan dengan teleskop terbesar di observatorium Bosscha yang berdiameter 60 cm ?
14. Teleskop dengan diameter 64 cm dapat melihat objek langit dengan magnitudo 14. Berapakah diameter yang digunakan untuk memperoleh kecerlangan 5 magnitudo ?
15. Sebuah teleskop memiliki fokus objektif dan okuler berturut-turut 150 cm dan 5 cm. Tentukan perbesaran sudut dan panjang teleskop untuk :
 - a. penggunaan normal
 - b. mata berakomodasi maksimum
16. Seseorang mengamati gerhana Matahari dengan sebuah teleskop yang berjarak fokus objektif dan okuler masing-masing 70 cm dan 4 cm. Jika dilihat dengan mata telanjang diameter sudut Matahari 0,50, berapakah ukuran diameter sudut Matahari bila dilihat dengan teleskop di atas ?

17. Jarak titik api lensa objektif dan okuler berturut-turut adalah 150 cm dan 30 cm. Ke arah mana dan berapa besar pergeseran lensa okuler agar mata dapat melihat dengan jelas sambil berakomodasi maksimum ?
18. Sebuah teropong bintang mempunyai lensa objektif dan okuler dengan jarak 105 cm. Teropong diarahkan pada 2 bintang. Mata pengamat melihat bayangan terang bila berakomodasi pada jarak 30 cm. Kemudian, okuler digeser keluar sejauh 2 cm sehingga terbentuk bayangan yang terang di belakang okuler pada jarak 42 cm pada layar. Hitunglah : a. Jarak fokus objektif dan okuler
b. Jarak bayangan bintang pada layar 5,4 cm. Tentukan jarak sudutnya !
19. Sebuah teleskop dengan panjang 31,2 cm. Seberkas sinar yang terdiri dari atas sinar merah dan biru jatuh ke lensa objektif ($n_m = 1,52$ dan $n_b = 1,54$). Sinar biru jatuh pada jarak 26 cm di belakang lensa objektif pada sumbu utama. Bila bayangan sinar biru dibentuk di ∞ , dimanakah jarak bayangan akhir sinar merah ? Lensa okuler teleskop tersebut diganti dengan lensa okuler lain yang mempunyai jarak fokus 4 cm untuk sinar biru. Sebuah layar diletakkan pada jarak 44 cm dari objektif. Dimana Anda harus meletakkan lensa okuler agar sinar biru terlihat tajam ?
20. Teleskop unitron di observatorium Bosscha memiliki jarak fokus objektif 1500 mm. Bila digunakan lensa okuler dengan jarak fokus 5,4 mm dan pengamatan dilakukan pada panjang gelombang 5680 Å, berapakah perubahan magnitudo yang terjadi bila aperture diganti dengan ukuran 150 mm ? Resolusi mata 2 menit busur.
21. Jarak fokus objektif dan okuler sebuah teleskop masing-masing 1 m dan 2 cm. Seorang pengamat melihat bintang tanpa akomodasi. Bila diameter $0,5^\circ$. Berapa besar bayangan Matahari yang dihasilkan teleskop bila okuler dikeluarkan $\frac{1}{4}$ cm ?
22. Cahaya dengan panjang gelombang 5500 Å memiliki teleskop. Jika aperture memiliki nilai 50 mm. Tentukan :
a. Sudut resolusi minimum
b. Jika digunakan cahaya violet (400 nm), berapa sudut resolusi minimum sekarang ?
c. Bila antara objek langit dan teleskop terdapat uap air dengan indeks bias $4/3$, apa pengaruh yang ditimbulkan ?
23. Mata seorang pengamat diperbesar sampai diameter 5 mm. Berapakah jarak minimum antara 2 sumber cahaya titik yang masih dapat dibedakan olehnya pada jarak 40 cm dari mata ? Diketahui λ yang digunakan 500 nm dan indeks bias air mata 1,33.
24. Jarak fokus lensa okuler suatu teleskop adalah 3 cm dan panjang teleskop 63 cm. Seorang pengamat melihat tanpa akomodasi suatu bintang menggunakan teleskop tersebut suatu bintang menggunakan teleskop tersebut dengan jelas, kemudian teleskop digunakan untuk melihat benda lain dan pengamat melihat bayangan benda dengan jelas

- tanpa akomodasi bila okuler ditarik 10 cm. Tentukan jarak benda tersebut !
25. Teleskop bermedan pandang sempit pada Voyager 1 memiliki panjang fokus 1500 mm. Pada jarak berapa dari Saturnus (diameter 120.000 km) teleskop berada untuk mendapatkan citra planet berdiameter 10 mm ?
 26. Teleskop tipe Cassegrain di sebuah observatorium memiliki panjang fokus 490 cm. Berapakah ukuran citra Venus yang bersesuaian dengan ukuran sudut 30" ?
 27. Sebuah teleskop memiliki lensa objektif dengan kekuatan 1 Dioptri dan lensa okuler dengan kekuatan 20 Dioptri. Hitunglah :
 - a. Perbesaran sudut ketika dilakukan pengamatan tanpa akomodasi dan dengan akomodasi maksimum !
 - b. Panjang teleskop dengan 2 modus pengamatan di atas ?
 28. Sebuah teleskop radio di padang gurun Nevada memiliki diameter 20 m. Gelombang radio yang digunakan bersesuaian dengan energi $9,945 \times 10^{-26}$ Joule. Berapakah resolving power teleskop dalam menit busur ?
 29.
 - a. If telescope A has a mirror twice the diameter of telescope B, its light gathering power will be ____ times that of B?
 - b. If telescope A has a light gathering power 4 times that of telescope B, how much farther into space can telescope A penetrate?
 - c. Why does it matter whether a telescope is in the northern or southern hemisphere?
 30. The diameter of the primary mirror of the planned James Webb Space Telescope (JWST) is 6.5m. The JWST will be able to image pairs of planetary nebulae, emitting light from ionized hydrogen at the optical wavelength 656 nm. Those pairs that have an angular separation 0.03 arcsec or larger will appear as 2 nebulae. However pairs of nebulae with smaller separations will appear as only one nebula. What do you think if we use ground-based telescopes with 10m diameter primary mirrors in optical wavelength ?

Bab 7 : Mekanika Benda Langit

Hukum Gravitasi Newton : besarnya gaya gravitasi sebanding dengan massa kedua benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak pisah kedua benda.

$$F_{\text{gravitasi}} = \frac{G M_1 M_2}{R^2}$$


Dengan : F = gaya gravitasi (dalam Newton)
 G = tetapan gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$)
 M_1 dan M_2 = massa kedua benda yang berinteraksi
 R = jarak pisah antara kedua benda

Dari hukum Newton II :

$F = m \cdot a$ dan a kita ganti dengan g
Maka , $F_{\text{gravitasi}} = m \cdot g$ dan dari persamaan

$$F_{\text{gravitasi}} = \frac{GMm}{R^2}$$

Maka $g = \frac{GM}{R^2}$ (g = percepatan gravitasi)



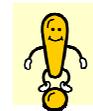
$$g_{\text{bumi}} = +/- 9,8 \text{ m/s}^2$$

Dapat kita lihat bahwa percepatan gravitasi yang dialami sebuah benda tidak dipengaruhi oleh massanya.

Escape velocity

- Escape velocity adalah kecepatan minimum yang harus dipunyai oleh suatu benda yang ingin meninggalkan medan gravitasi suatu objek bermassa.
- Energi potensial gravitasi (E_p) =
- Untuk meninggalkan pengaruh gravitasi suatu planet, sebuah benda harus mempunyai energi kinetik = $\frac{1}{2} mv^2$. Energi kinetik ini besarnya sama dengan energi potensial gravitasi (E_p).

● $E_p = E_k \rightarrow \frac{GMm}{R} = \frac{1}{2} mv^2$, maka $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$



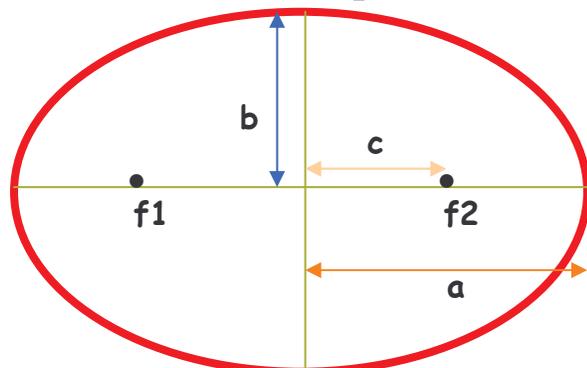
Pengenalan Elips

f_1 dan f_2 : titik api / fokus elips

a : setengah sumbu mayor

b : setengah sumbu minor

$c = a^2 - b^2$; eksentrisitas = c/a

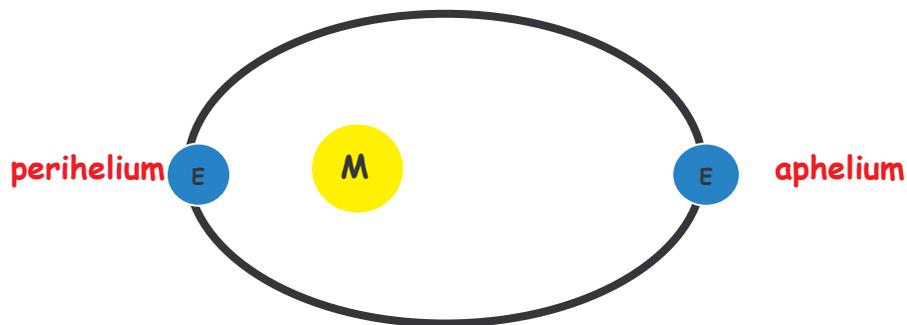


Dalam astronomy, perihelium (pe) = $a - c$; aphelium (ap) = $a + c$,
eksentrisitas = c/a .

Hukum Kepler

Hukum Kepler I

Bumi mengelilingi Matahari dalam orbit yang berbentuk elips dan Matahari ada di salah satu titik api (fokus).

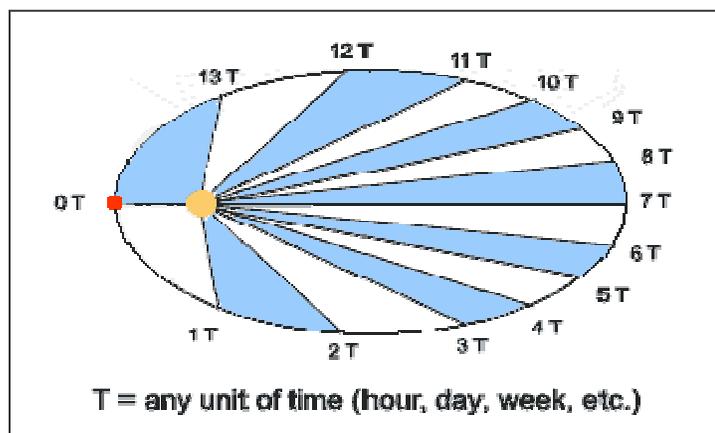


Hukum Kepler II

Suatu garis khayal yang menghubungkan Matahari dengan planet menyapu luas juring yang sama dalam selang waktu yang sama.

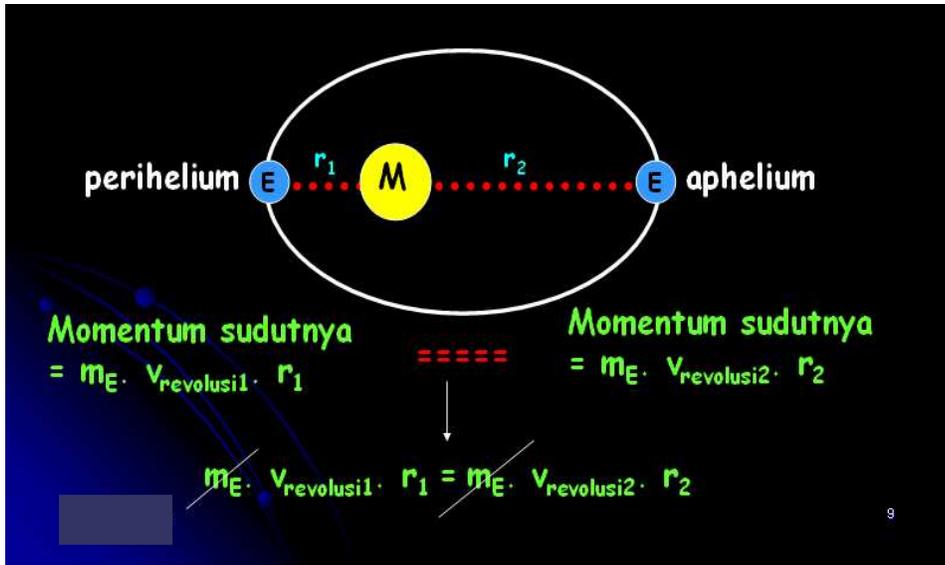
Konsekuensi dari hukum Kepler II adalah : kelajuan revolusi planet tidak tetap. Kelajuan revolusi mencapai minimum ketika jaraknya ke Matahari mencapai maksimum (aphelium), Kelajuan revolusi mencapai maksimum ketika jaraknya ke Matahari mencapai minimum (perihelium)

(perhatikan animasi di bawah ini !)



Hal tersebut sebenarnya adalah konsekuensi dari kekekalan momentum sudut.

Perhatikan persamaan momentum sudut di bawah ini !



Karena r_2 lebih besar dari r_1 maka nilai v_1 lebih kecil dari v_2 . Jadi, kelajuan revolusi berubah seiring perubahan jarak planet ke Matahari. Kalau orbit planet berupa lingkaran, maka kelajuan revolusi akan konstan. Hal ini disebabkan karena tidak adanya perubahan jarak planet ke Matahari.

Hukum Kepler III (Hukum Harmonik)

Perbandingan kuadrat period terhadap pangkat tiga dari setengah sumbu panjang elips adalah sama untuk semua planet.

$$\frac{(\text{periode})^2}{(\text{radius})^3} = \text{konstan}$$


Untuk perioda dalam tahun dan radius dalam AU, maka :

$$(\text{periode})^2 = (\text{radius})^3$$

Perioda (T) = waktu yang diperlukan oleh planet untuk melakukan satu revolusi

Radius (a) = jarak planet ke Matahari

Maka rumus di atas dapat dinyatakan sebagai :

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{konstan}$$


Dan jika T dalam tahun dan a dalam AU

$$\text{----> } T^2 = a^3$$

Contoh : Jarak sebuah planet ke Matahari adalah 8 kali jarak Bumi-Matahari. Berapakah perioda revolusi planet tersebut ?

Hukum Kepler berlaku bagi orbit yang berbentuk lingkaran, karena lingkaran adalah elips yang eksentrisitasnya 0.

Hukum Kepler juga berlaku untuk sistem lain yang bukan sistem tata surya. Misalnya, untuk sistem bintang ganda.

- Jika bintang primer dianggap diam, orbit bintang sekunder juga elips. Bintang primer berada pada titik api elips.
- Jika bintang primer dianggap diam, garis hubung antara bintang primer dan sekunder menyapu daerah yang sama dalam selang waktu yang sama. Akibat : Laju pergerakan bintang sekunder juga berubah secara periodik .
- Jika
 - Waktu dinyatakan dalam satuan tahun
 - Massa dinyatakan dalam satuan massa matahari
 - Jarak dinyatakan dalam SA
 - m_1 adalah massa bintang primer
 - m_2 adalah massa bintang sekunder

$$m_1 + m_2 = \frac{a^3}{p^2}$$

Pembuktian hukum Kepler

Hukum Kepler yang sudah dijelaskan di atas, tidak diturunkan berdasarkan teori tertentu, melainkan hanya diturunkan secara empirik. Kepler memanfaatkan data-data posisi planet yang dikumpulkan oleh Tycho Brahe.

Kemudian setelah Newton merumuskan hukum gravitasi dan gerak melingkar, maka Newton dapat menunjukkan nilai konstanta dari hukum ketiga Kepler.

F_{sp} adalah gaya sentripetal dan F_g adalah gaya gravitasi. Gaya sentripetal yang harus dikerjakan Matahari pada planet supaya planet tetap pada orbitnya adalah :

$$F_{sp} = mv^2/R$$

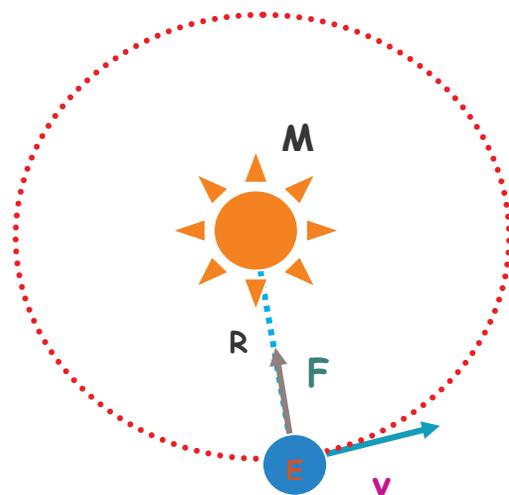
$$\text{dan } v = 2\pi R/T$$

Gaya tarik sentripetal Matahari pada planet tidak lain adalah gaya gravitasi Matahari.

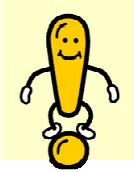
$$F_g = GMm/R^2$$

$$\text{dan, } F_{sp} = F_g$$

$$\text{Maka, } \frac{m4\pi^2 R}{T^2} = \frac{GMm}{R^2}$$



Dan dapat kita peroleh :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$


$a = R$

$A =$ setengah sumbu mayor (untuk orbit elips)

$R =$ jari-jari orbit (untuk orbit lingkaran)

Dapat kita lihat , bahwa $T^2/R^3 =$ konstan

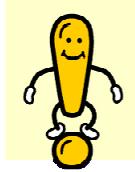
Karena nilai T^2/R^3 hanya tergantung dari massa Matahari yang nilainya dapat kita anggap konstan.

Perlu diperhatikan , dalam rumus di atas kita menganggap massa planet jauh lebih kecil dibandingkan dengan massa Matahari.

Dari rumus di atas, terbuktiilah kebenaran hukum Kepler !!!

Yang perlu diperhatikan !!!

Dalam sistem, di mana massa kedua benda yang berinteraksi tidak berbeda jauh dan massa salah satu objek tidak dapat diabaikan seperti pada kasus planet dalam tata surya. Maka, rumus yang sudah diturunkan sebelumnya akan berubah menjadi :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M+m)}$$


Gerak Benda Langit

Berdasarkan tata koordinat ekuator :

Matahari melakukan dua gerakan yaitu gerak semu harian dari barat ke timur dan gerak semu tahunan di sepanjang ekliptika.

Lama siang dan malam

Rumus : $\cos t_0 = -\tan \gamma \cdot \tan \theta$

$t_0 =$ setengah busur siang

$\gamma =$ deklinasi matahari

$\theta =$ lintang pengamat

• Di Ekuator

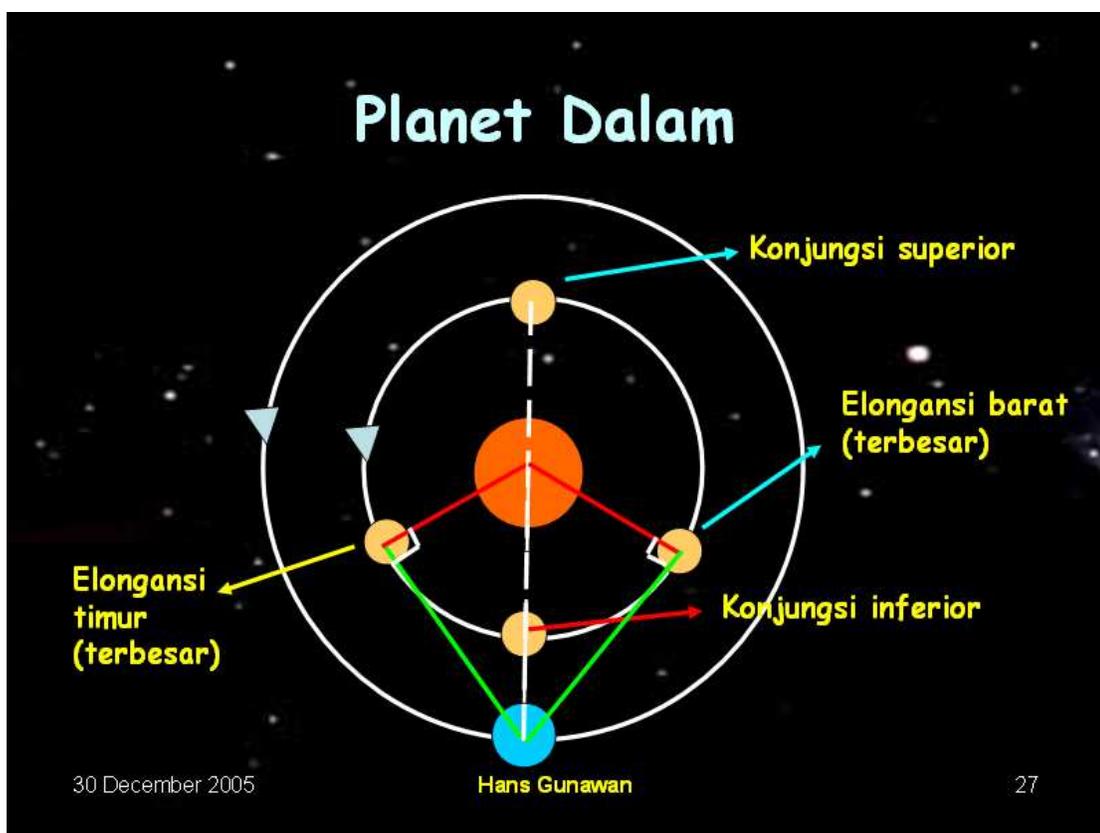
$\theta = 0^\circ \rightarrow \cos t_0 = 0$, maka $t_0 = 90^\circ$ dan $2t_0 = 180^\circ = 12$ jam
(ingat ! $15^\circ = 1$ jam)

Jadi , lama siang dan malam di ekuator sama panjang yaitu 12 jam.

- Pada saat vernal equinox
 $\gamma = 0^\circ \rightarrow \cos t_0 = 0$, maka $t_0 = 90^\circ \rightarrow 2t_0 = 180^\circ$ karena $15^\circ = 1$ jam, sehingga $180^\circ = 12$ jam.
 Hal ini menunjukkan lama siang = lama malam yaitu 12 jam dan hal ini terjadi di semua tempat (21/3 - 21/9).
- Jika $|\cos t_0| > 1 \rightarrow$ pada hari tersebut tidak terdapat titik terbit dan titik terbenam Matahari ($|\text{tg } \gamma \cdot \text{tg } \theta| > 1$)

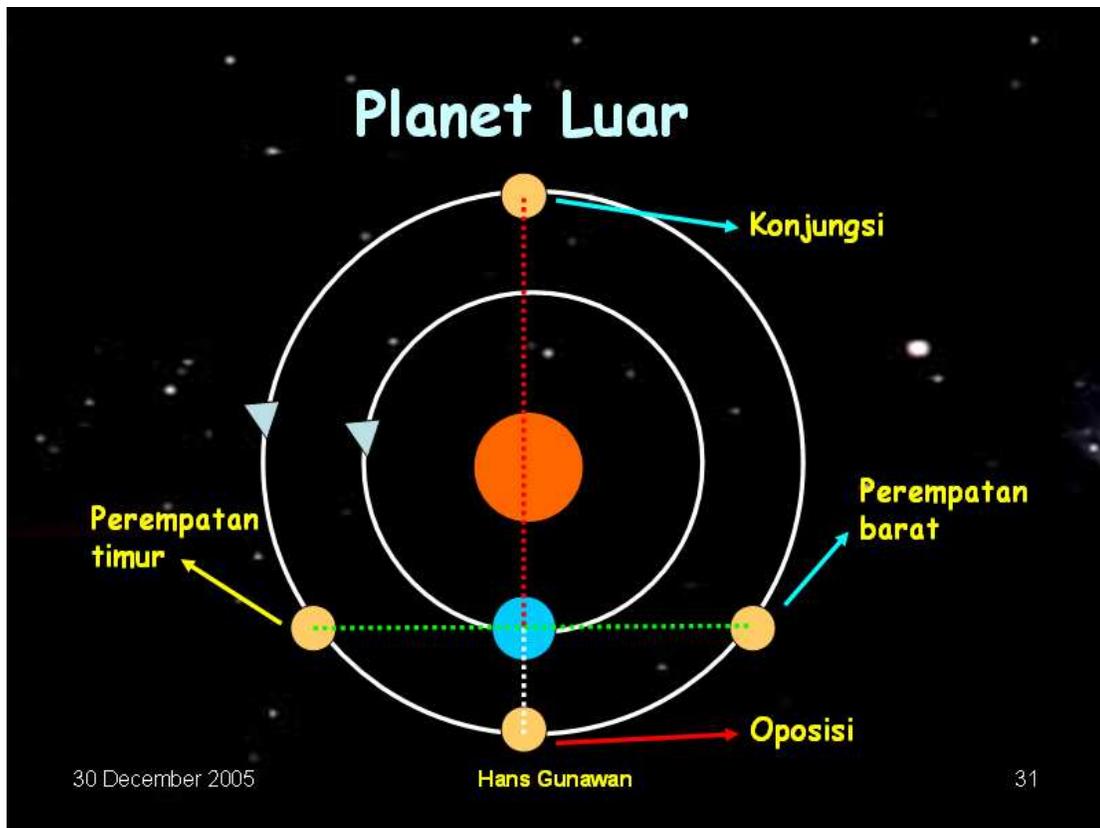
Aspek dan fase planet

❖ Untuk planet dalam :

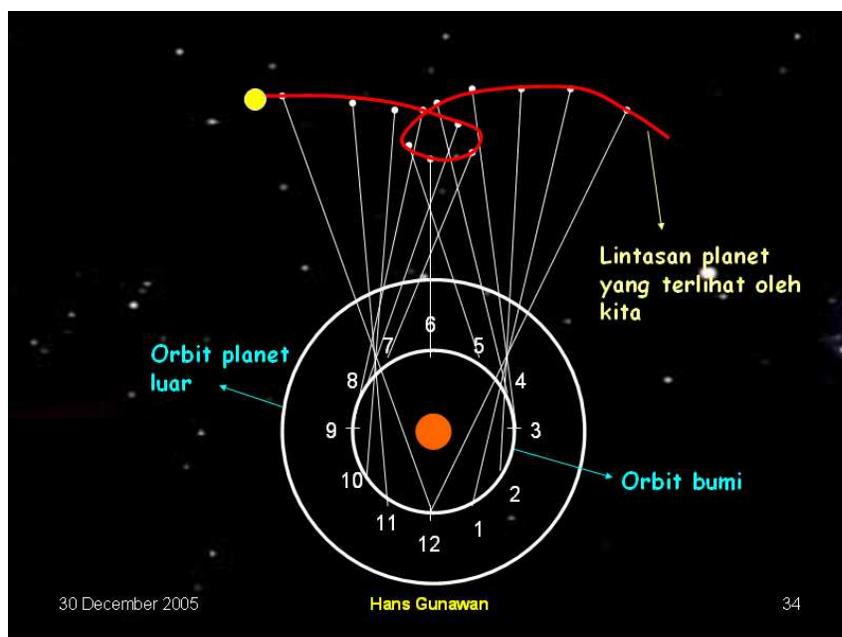


- ✚ Elongasi : Sudut yang diapit oleh garis hubung antara bumi dengan matahari dan garis hubung bumi dengan planet.
- ✚ Konjungsi : kedudukan planet ketika kedudukannya searah dengan matahari.
- ✚ Konjungsi atas (superior) terjadi ketika jarak bumi-planet lebih besar daripada jarak bumi-matahari.
- ✚ Konjungsi bawah (inferior) terjadi ketika jarak antara bumi dengan planet lebih dekat daripada jarak antara bumi dengan matahari

❖ Untuk planet luar



- ✚ Konjungsi : kedudukan planet ketika kedudukannya searah dengan matahari.
- ✚ Oposisi terjadi ketika planet sedang kulminasi atas (titik tertinggi penampakan suatu benda langit), sedangkan matahari sedang kulminasi bawah (titik terendah penampakan suatu benda langit)
- ✚ Salah satu keunikan gerak planet luar adalah gerak retrograde. Gerak retrograde adalah gerak balik / berlawanan arah (ke arah barat) selama periode tertentu.



Apa yang menjadi penyebab gerak retrograde ??

Bumi dan planet-planet lainnya melakukan revolusi mengelilingi Matahari dengan periode berbeda. Berdasarkan hukum Kepler, periode planet superior akan lebih panjang daripada periode revolusi bumi mengelilingi Matahari.

Periode Sideris dan Sinodis

Periode sinodis : kala edar dari satu fase ke fase itu lagi.

Periode sideris : kala edar dari suatu titik tetap di orbit ke titik itu lagi.

Periode sinodis untuk planet luar

Dalam 1 hari bumi menempuh $360 / P$

Dalam 1 hari planet luar menempuh $360 / P_{\text{sideris}}$

$$\text{Beda sudut per hari } (\Delta) = \frac{360^\circ}{P_{\oplus}} - \frac{360^\circ}{P_{\text{sideris}}}$$

Setelah 1 periode sinodis $\rightarrow \Delta = 360^\circ$

$$\left[\frac{360^\circ}{P_{\oplus}} - \frac{360^\circ}{P_{\text{sideris}}} \right] P_{\text{sinodis}} = 360^\circ$$

$$\text{Maka : } \frac{1}{P_{\text{sinodis}}} = - \frac{1}{P_{\text{sideris}}} + \frac{1}{P_{\oplus}}$$

Periode sinodis untuk planet dalam

Dalam 1 hari bumi menempuh $360 / P$

Dalam 1 hari planet dalam menempuh $360 / P_{\text{sideris}}$

$$\text{Beda sudut per hari } (\Delta) = \frac{360^\circ}{P_{\oplus}} - \frac{360^\circ}{P_{\text{sideris}}}$$

Setelah 1 periode sinodis $\rightarrow \Delta = 360^\circ$

$$\left[\frac{360^\circ}{P_{\text{sideris}}} - \frac{360^\circ}{P_{\oplus}} \right] P_{\text{sinodis}} = 360^\circ$$

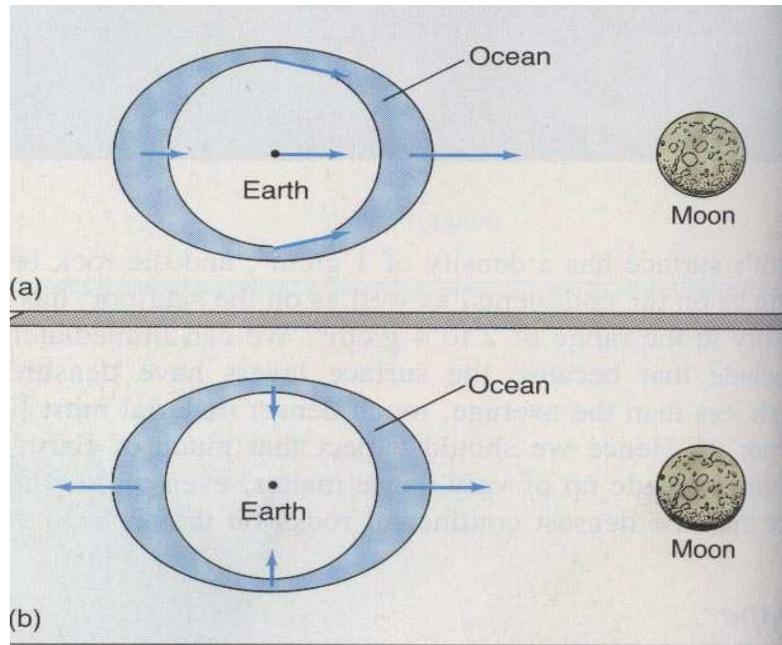
$$\text{Maka : } \frac{1}{P_{\text{sinodis}}} = \frac{1}{P_{\text{sideris}}} - \frac{1}{P_{\oplus}}$$

Gaya Pasang Surut

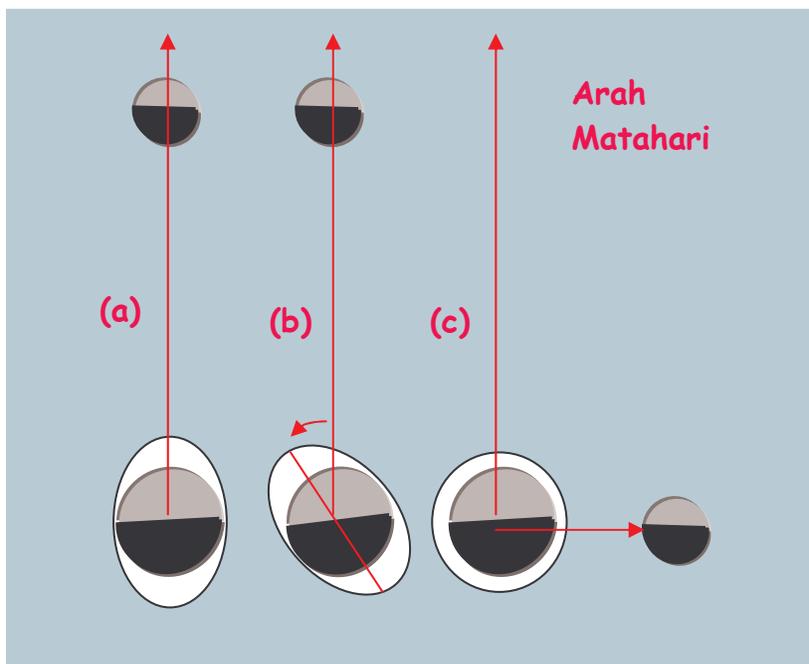
Yang dimaksud dengan gaya pasang surut adalah perbedaan gaya pada sebuah titik di permukaan planet dengan gaya yang bekerja pada titik pusat planet.

Gaya pasang surut di ekuator dua kali lebih besar dibanding dengan di daerah kutub. Gaya pasang surut di tempat lain akan mengikuti pertaksamaan $F_B < F < F_A$.

Bumi --> bola yang diselubungi air.



Pasang Purnama dan Pasang Purbani



Pasang Purnama (vive eau, spring tides) dan Pasang Perbani (morte eau, neap tide) Gaya pasang surut akan maksimum bila resultan gaya gravitasi Bumi, Bulan dan Matahari terletak pada suatu garis lurus. Keadaan ini berlangsung pada saat bulan purnama atau bulan baru. Naiknya permukaan air laut pada saat ini disebut "pasang purnama".

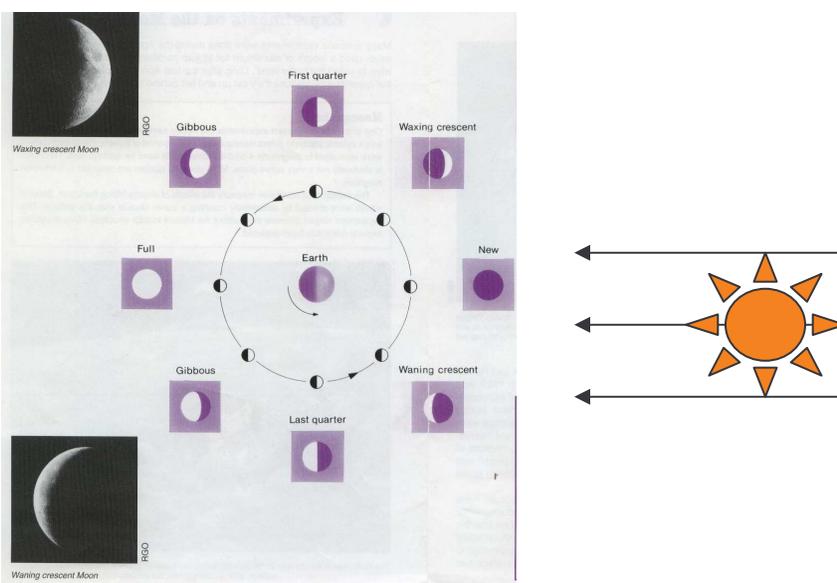
Gaya pasang surut akan minimum apabila gaya gravitasi Bulan dan Matahari saling meniadakan, ini terjadi pada saat Bulan-Bumi-Matahari membentuk sudut 90° . Posisi ini disebut Bulan kuartir, terjadi pada saat Bulan

berumur sekitar 7 hari dan 21 hari. Naiknya permukaan air laut merupakan tinggi yang minimum. Peristiwa ini disebut "pasang purbani"

Fase - fase Bulan

Bulan dalam penampakkannya menunjukkan penampakan yang berbeda. Bagian piringan Bulan yang terlihat dari hari ke hari terus berubah. Satu siklus fase Bulan dari satu fase sampai ke fase yang sama berikutnya disebut periode Sinodis. Lamanya kira-kira 29,5 hari. Periode revolusi Bulan disebut periode Sideris. Lamanya 27,3 hari.

Perubahan penampakan Bentuk Bulan (Fase Bulan).



Perubahan penampakan wajah Bulan itu disebabkan perubahan kedudukan Bulan terhadap Matahari yang menyebabkan bagian piringan Bulan yang terkena sinar Matahari berubah-ubah.

Fenomena lain yang unik juga adalah kenyataan bahwa permukaan Bulan yang menghadap permukaan Bulan selalu (hampir) sama. Hal ini disebabkan periode revolusi dan rotasi Bulan sama.

Bulan juga berevolusi terhadap Matahari bersama-sama dengan Bumi. Jadi Bulan melakukan 3 gerak sekaligus yaitu gerak rotasi, gerak revolusi terhadap Bumi dan juga sekaligus gerak revolusi terhadap Matahari bersama-sama dengan Bumi.

Kapan bisa mengamati Bulan ?



30 December 2005

Hans Gunawan

54

Cara menggunakan diagramnya :

1. Untuk mencari kapan Bulan terbit pada fase tertentu
 - Putar titik terbit dan titik terbenam sampai titik terbit berhimpit dengan fase Bulan yang ditanyakan.
 - Lihat jam berapa yang ada di atas kepala orang (orang juga diputar ketika Anda memutar titik Terbit dan titik Terbenam)
 - Jam yang muncul adalah jam saat terbit.
2. Untuk mencari kapan Bulan pada meridian pada fase tertentu.
 - Bulan pada meridian adalah 6 jam setelah terbit
3. Untuk mencari kapan Bulan terbenam pada fase tertentu.
 - Bulan sedang terbenam adalah 12 jam setelah terbit.

Review :

1. Turunkanlah rumus berikut :
$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4 \pi^2}{G (M + m)}$$

2. Sebutkan isi hukum Kepler !

3. Apa perbedaan antara periode sideris dan sinodis ?

4. Mengapa permukaan Bulan yang menghadap Bumi selalu sama ?

5. Planet apa sajakah yang bisa terlihat bergerak retrograde ? Apa penyebabnya ?

Evaluasi

1. Sebuah planet diandaikan bergerak dalam orbit lingkaran, demikian pula halnya dengan Bumi kita. Turunkan pernyataan untuk menghitung periode sinodis, P_s , planet tersebut jika periode siderisnya adalah P_{sid} sedangkan periode revolusi bumi adalah P_0 .
2. Misalkan jarak planet (massa m) ke Matahari (massa M) adalah a dan periode siderisnya adalah P
 - a) Buatlah sketsa kedudukan Matahari, planet dan pusat massa sistem dan gaya gravitasi yang bekerja (nyatakan dengan arah anak panah)
 - b) Dengan bantuan sketsa pada soal a) buktikan bahwa :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M+m)}$$

3. Dua buah satelit bergerak berlawanan arah pada orbit lingkaran berjari-jari 12,000 km dari pusat Bumi. Jika mula-mula kedua satelit berkonjungsi (superior), berapa waktu yang diperlukan hingga terjadi tabrakan? Diketahui satelit geostasioner (misalnya Palapa) mengorbit pada ketinggian 36,000 km.
4. Sebuah satelit buatan bergerak dengan kecepatan 6,9 km/det, sepanjang bidang ekuator dengan orbit lingkaran dan searah dengan rotasi Bumi. Berapakah periode satelit tersebut, agar ia selalu diamati pada suatu titik yang tetap di langit?
5. Berapakah periode sebuah satelit buatan yang mengorbit Bumi pada ketinggian 96.000 km jika orbitnya berupa lingkaran? (Andaikan jarak bumi-Bulan 384.000 km dan periodenya adalah 27,3 hari)
6. Pesawat ruang angkasa Ulysses berada pada jarak 1,9 AU dari Matahari, apabila jarak planet Saturnus ke Matahari adalah 9,5 AU, tentukanlah perbandingan percepatan gravitasi yang disebabkan oleh Matahari terhadap pesawat ruang angkasa Ulysses dan terhadap planet Saturnus!
7. Secara umum diketahui bahwa dua benda angkasa yang berinteraksi secara gravitasi akan bergerak mengitari pusat massa dari kedua benda tersebut. Jika diketahui jarak rata-rata Matahari-Jupiter adalah 778 juta km, massa Matahari $M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30}$ kg, dan massa Jupiter $M_J = 1,90 \times 10^{27}$ kg, tentukanlah di mana pusat massa sistem Matahari-Jupiter.
8. Mengapa Mars memiliki periode sinodis terpanjang di antara semua planet tetapi periode siderisnya hanya 687 hari?
9. Sebuah planet berada pada jarak 130 milyar km. Kedudukan pada tahun ini (tahun 2004) adalah di aphelium orbitnya. Planet itu mengorbit dengan periode 10.500 tahun. Pada tahun berapakah planet berada pada periheliumnya?
10. Sebuah objek minor tata surya mempunyai periode sinodis 516 hari. Hitunglah periode sinodis objek tersebut jika dilihat dari planet lain

- yang periode lain yang periode siderisnya 92,4 hari dan diketahui orbit objek tsb ada di dalam orbit Bumi ! (Periode revolusi Bumi 365 hari)
11. Diketahui diameter sudut suatu satelit sebuah planet bervariasi dari waktu ke waktu. Diameter sudut maksimum dan minimumnya adalah 25' dan 22'. Hitunglah eksentrisitas orbit satelit tersebut !
 12. Bila ada pengamat berada pada lintang +54° 09', maka berapa jamkah malam terpendek dan terpanjang yang akan dialami pengamat tersebut ?
 13. Jelaskan *mengapa* perbedaan terang planet Jupiter antara saat ia berada pada jarak paling jauh dari Bumi (konjungsi) dan saat jaraknya paling dekat ke Bumi (oposisi), lebih kecil daripada perbedaan terang planet Mars pada saat konjungsi dan pada saat oposisi. Jarak Mars-Matahari = 1,5 SA dan jarak Jupiter-Matahari= 5,2 SA.
 14. Dua pesawat bergerak paralel dan searah terhadap garis lintang di Bumi. Pesawat pertama terbang sepanjang ekuator dan pesawat kedua sepanjang 60° LU. Supaya kedua pesawat tersebut selalu berada pada bujur yang sama , berapa perbandingan kecepatan kedua pesawat itu ?
 15. Jarak periastron sebuah bintang ganda 15 juta km, kecepatan bintang sekunder 20.000 km/s relatif terhadap bintang primer. Jika jarak apastronnya 75 juta km, hitunglah kecepatan bintang sekunder saat di apastron ! Hitunglah juga eksentrisitas orbitnya !
 16. Sebuah partikel bergerak dalam orbit lingkaran , radius orbit = a. Partikel ini berada di bawah pengaruh gaya gravitasi. Jika V_1 kecepatan terbesar dan V_2 adalah kecepatan terkecil dalam orbitnya. Buktikan, periode orbitnya :
$$P = \frac{\pi a (V_1 + V_2)}{V_1 V_2}$$
 17. Ketinggian minimum dan maksimum satelit buatan yang mengorbit Venus masing-masing 696 dan 2601 km. Periode revolusi satelit 104 menit. Bila sumbu panjang dan periode revolusi Venus 0,723 AU dan 0,65 tahun. Tentukan jari-jari Venus ! Diketahui massa Venus 1/403.500 massa matahari
 18. Sebuah satelit komunikasi geosinkron berjarak 41.800 km dari pusat Bumi. Bila 1 hari sideris = 23^h 56^m dan 1 tahun terdiri dari 365 $\frac{1}{4}$ hari . Tentukanlah rasio massa Matahari dan Bumi ! (Jarak Bumi-Matahari = 149,5 x 10⁶ km)
 19. Salah satu cara untuk mengestimasi massa sebuah benda langit adalah dengan gerak orbitnya relatif terhadap obyek didekatnya (atau sebaliknya).
 - a) Sebagai contoh, gunakan data orbital Bumi mengelilingi Matahari (anggap orbit lingkaran) sbb. untuk mengestimasi massa Matahari
 - radius orbit : 1.50 x 10¹³ cm
 - periode rotasi : 1 tahun = 3.16 x 10⁷ dtk
 - Petunjuk : gunakan percepatan sentripetal dalam persamaan untuk gaya.

- b) Dengan cara yang serupa, perkirakan massa Galaksi Bimasakti bila diketahui :
- radius orbit Matahari mengelilingi pusat Galaksi : 30,000 tahun cahaya.
- Periode revolusi : 230 tahun
- Catatan : 1 tahun cahaya adalah jarak yang ditempuh cahaya dalam 1 tahun dengan kecepatan cahaya.
20. Dua buah benda buatan manusia ditempatkan di angkasa luar. Yang satu, sebuah satelit yang mengorbit matahari dalam lintasan elips dengan eksentrisitas 0,5 dan jarak perihelium 80 juta km. Satelit itu dilindungi dari cahaya matahari oleh sebuah cermin besar (lihat gambar) yang memantulkan 100% cahaya yang diterimanya. Selama mengorbit, cermin tersebut selalu menghadap matahari. Benda yang lain, sebuah pengukur kuat cahaya (fotometer) tahan panas, ditempatkan di fotosfir matahari.
- Hitung jarak aphelium orbit satelit tersebut
 - Berapa magnitudo perbedaan terang maksimum dan minimum satelit tersebut pengukuran fotometer ?
21. Andaikan galaksi Andromeda dan Bimasakti adalah dua galaksi yang saling tarik menarik sehingga saling mengitari dan pengaruh gravitasi galaksi lain dapat diabaikan. Jarak antara kedua galaksi 2 juta tahun cahaya. Dari pengamatan spektroskopi diketahui bahwa seolah-olah Andromeda mendekati matahari dengan kecepatan 300 km/detik. Kecepatan ini disebabkan oleh dua hal yaitu gerak orbit Andromeda terhadap Bimasakti dan gerak orbit matahari mengelilingi pusat Bimasakti. Diketahui kecepatan matahari bergerak mengelilingi pusat Bimasakti 250 km/ jam dengan arah membentuk sudut 37° dengan arah Andromeda. Asumsikan orbit Andromeda cukup lonjong dengan eksentrisitas 0,5.
- Gambarkan diagram atau ilustrasi yang menggambarkan keadaan diatas terutama-arah-arah yang relevan.
 - Jika garis spektrum Andromeda yang dipakai untuk menghitung kecepatan geraknya adalah garis spektrum $H\alpha$ yang memiliki panjang gelombang 6563 \AA , pada panjang gelombang berapakah garis itu tampak di spektrum Andromeda ?
 - Berdasarkan data di atas taksirlah berapa massa galaksi Bimasakti !
22. Tiga buah bintang (α Cen A, α Cen B dan Proxima Cen) mengorbit pada titik pusat massa. Periode dua bintang : α Cen A dan α Cen B diketahui mengorbit 70 tahun. Kalau jarak Proxima Cen terhadap kedua bintang yang lain tetap, berapa periode orbit Proxima Cen mengitari titik pusat massa sistem?
23. Bumi mengelilingi Matahari dengan periode 365,25 hari. Makhluk angkasa luar yang tinggal di tata surya lain mengamati gerak Bumi mengelilingi Matahari. Jika tata surya lain tersebut bergerak menjauhi Matahari dengan kecepatan tetap 2000 km/detik,

- a. Jelaskan dengan gambar mengapa menurut mahluk angkasa luar tersebut periode orbit Bumi tidak 365,25 hari!
 - b. Berapa harikah periode orbit Bumi yang teramati oleh mahluk angkasa luar tersebut ?
24. A spaceship landed on an asteroid 2.2 km in diameter with an average density of 2.2 g/cm^3 . The asteroid is slowly rotating. The cosmonauts decided to travel along the equator of the asteroid in a rover in 2.2 hours. Will it be possible for them to do such a thing? If the answer is negative, why? If the answer is positive, what do they take into account?
 25. The duration of the day on Mars is only approximately 2.5 % longer than on Earth. The orbital period of Mars is 687 days. Find (approximately) the difference between the duration of the sidereal day and the mean solar day on Mars.
 26. On the day of the all-the-world holiday (fortieth anniversary of the launch of the first satellite), October 4, 1997, Venus was not far from its Eastern elongation, its coordinates were approximately $\alpha = 15^{\text{h}}20^{\text{m}}$, $\delta = -22^{\circ}$. Using the above data, estimate its coordinates and position relative to the Sun on the day of the launch of the first satellite, October 4, 1957. The orbital period of Venus is 0.61521 of the tropical year.
 27. If a star is moving away from the Earth at very high speed, will the star have a continuous spectrum that appears hotter or cooler than it would if the star were at rest? Explain.
 28. Engineers from the Simferopol University describe a new method to utilize old military ships: to construct very small black holes from their material (patent yzarc-048UA7). Estimate the diameter of a black hole constructed using this patent from a ship with the mass of 5000 ton (1 ton = 1000 kg). What physical object has a size of the same order of magnitude? Describe propagation of visible light near this black hole.
 29. There are two photos of the Moon taken by the same camera mounted on the same telescope (the telescope is placed on the Earth). The first photo has been made while the Moon was near its perigee and the second one - near the apogee. Find from these data the value of the Moon's orbit eccentricity. Estimate the minimal period between the moments at which these two photos could be taken.



30. Kepler's third law relates the period P of a planet, in years, to its average distance from the Sun, a in AU : $P^2 = a^3$

Find the period in years for the average distances of :

- a) 0.387 AU (Mercury)
- b) 9.539 AU (Saturn)
- c) 17.9 AU (Halley's Comet)
- d) 49.33 AU
- e) 72.98 AU



31. Find the average distance from the Sun of asteroids that are observed with periods of

- a) 3.9 years
- b) 4.723 years
- c) 6.38 years

32. a. Mengapa rotasi dari bintang Neutron sangat cepat ? Terangkan pengaruh dari "Light House Effect" pada pulsar ?
- b. If $H = 50 \text{ km/s/Mpc}$, what is the approximate distance of a galaxy observed to have a redshift of 5000 km/s ?
- c. If we were to suddenly discover a new (tenth) planet which is 50 AU from the Sun, how long would it take for this planet to orbit the Sun?

33. A binary star consists of a white dwarf, $R_{\text{wd}}=6000 \text{ km}$, and a companion star $R_s=400,000 \text{ km}$. If the white dwarf has a mass $M_{\text{wd}}=0.7 M_{\text{sun}}$ and the companion has a mass $0.35 M_{\text{sun}}$ and their centers are separated by 1 million km , find the period of the orbit of the stars. Find the distances of each star's center from the center of mass of the system. Find the velocities of each star assuming a circular orbit for each.

34. Hitunglah gaya gravitasi antara 2 planet yang bermassa $30 \times 10^{25} \text{ kg}$ dan $45 \times 10^{24} \text{ kg}$ dan berjarak $4 \times 10^6 \text{ km}$!

35. Hitunglah massa jenis suatu planet jika percepatan gravitasi di planet tersebut 5 m/s^2 dan mempunyai diameter 10.000 km !

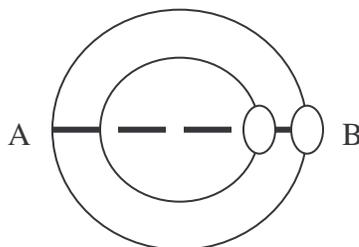
36. Berapakah perbandingan massa matahari dengan massa bumi jika jarak bumi-matahari $1,5 \times 10^{11} \text{ m}$. Jarak bulan ke bumi $3,84 \times 10^8 \text{ m}$. Periode bumi mengelilingi matahari 365 hari dan periode bulan mengelilingi bumi $27,3 \text{ hari}$. Anggap orbit bumi dan bulan berbentuk lingkaran.

37. Sebuah benda jatuh bebas dari ketinggian h meter di atas permukaan bumi. Benda mencapai tanah dalam waktu 10 detik . Jika benda yang sama dijatuhkan dari ketinggian h meter di atas permukaan bulan, hitung berapa waktu yang dibutuhkan mencapai permukaan bulan ! Massa bulan $1/81$ massa bumi dan jari-jari bulan $0,27$ jari-jari bumi.

38. Jika diameter bumi menjadi dua kali dari sekarang tetapi massanya tidak berubah. Bagaimana berat benda di permukaan bumi sekarang ?

39. Sebuah planet bermassa M bergerak mengelilingi Matahari dengan kecepatan $v = 32,9$ km/s (dalam kerangka Matahari). Hitung periode revolusi planet ini. Anggap lintasan planet melingkar.
40. Periode revolusi Jupiter 12 kali periode revolusi Bumi. Anggap orbit planet melingkar, tentukan :
- perbandingan jarak Jupiter-Matahari dengan Bumi-Matahari.
 - kecepatan dan percepatan planet Jupiter dalam kerangka Matahari.
41. Sebuah satelit buatan diluncurkan ke orbitnya yang berbentuk melingkar mengelilingi bumi dengan kecepatan v relatif terhadap bumi. Hitung jarak satelit ke permukaan bumi. Jari-jari bumi R dan percepatan jatuh bebas pada permukaan bumi g !
42. Sebuah satelit bergerak dari timur ke barat dalam lintasan melingkar di atas khatulistiwa dengan jari-jari lintasan $R = 1 \times 10^4$ km. Hitung kecepatan satelit dalam kerangka tetap terhadap bumi !
43. Hitung perbandingan kecepatan lolos (escape velocity) di Matahari dibandingkan di Bumi !
44. Tentukan periode orbit bumi jika massa matahari 12 kali lebih besar dari sekarang dan radius orbit bumi $\frac{4}{3}$ kali daripada sekarang. Andaikan orbit bumi berupa lingkaran sempurna.
45. Calculate the ratio of mean densities (massa jenis) of the earth and the sun from the following approximate data :
- $\theta =$ angular diameter of the sun seen from the earth $= \frac{1}{2}^\circ$
 - $l =$ length of 1° of latitude on the earth's surface $= 100$ km
 - $t =$ one year $= 3 \times 10^7$ s.
 - $g = 10$ m/s²
46. Deimos (satelit Mars) mengorbit dengan periode = 1,26244 hari dan jaraknya dengan planet Mars 0,0001565 AU. Tentukan massa planet Mars !
47. Sebuah tempat yang terletak di lintang 75° LU dan pada suatu saat didapati bahwa deklinasi Matahari = 60° . Tentukanlah panjang/lamanya siang di tempat tersebut !
48. Hitunglah massa Bumi jika diketahui percepatan gravitasi di permukaan Bumi $9,8$ m/s² !
49. Hitunglah massa Matahari jika diketahui periode revolusi Bumi = 365,25 hari dan jarak rata-rata Bumi-Matahari $1,496 \times 10^8$ km !
50. Jika suatu planet imajiner memiliki jarak 8,5 AU dari Matahari. Hitunglah periode revolusinya !
51. Urutkan berdasarkan besarnya percepatan gravitasi yang dialami oleh benda-benda di bawah ini !
- Sebuah satelit seberat 1.500 kg berjarak 36.000 km dari pusat Bumi
 - Seorang astronout seberat 85 kg berjarak 36.000 km dari pusat Bumi
 - Bulan yang massanya $7,35 \times 10^{22}$ kg berjarak 384.000 km dari pusat Bumi
 - Sebuah apel yang massanya 200 gram berjarak 8.500 km dari pusat Bumi

52. Sebuah planet khayal memiliki perihelium 2 AU dan jarak aphelium 2,3 AU. Hitunglah eksentrisitas orbitnya ! Jika kelajuan revolusinya di aphelium 200 km/s , Hitunglah juga kelajuan revolusinya di perihelium !
53. Sebuah bintang ganda massa bintang komponennya 3 dan 2,5 massa Matahari. Jika periode orbitnya 2 tahun . Hitunglah jarak pisah antara kedua bintang anggota bintang ganda tersebut !
54. Sebuah planet di tata surya lain memiliki jarak 5 AU dari bintang induknya. Hitunglah periode revolusinya jika massa bintang induknya 3 massa Matahari !
- 55.a. Apakah akibatnya jika gaya gravitasi Bumi terhadap Bulan tiba-tiba hilang ?
 b. Jika Matahari tiba-tiba menjadi black hole , berapakah kecepatan lepasnya ?
56. Sebuah benda kecil jatuh pada Matahari dari jarak yang sama dengan jari-jari lintasan Bumi. Kecepatan awal benda nol menurut Matahari. Dengan menggunakan hukum Kepler , tentukan berapa lama benda akan jatuh ? (65 hari)
57. A orbiting space station is observed to remain always vertically above the same point on the earth. Where on earth is the observer ? Describe the same point on the earth. Describe the orbit of the space station as completely as possible ? ($4,2 \times 10^4$ km)
58. A spherical object rotates with angular frequency ω . If the only force preventing sentrifugal disintegration of the object is gravity, what is the minimum density the object must have ? Use this to estimate the minimum density of the Crab Pulsar which rotates 30 times per second ? ($\sim 1,3 \times 10^{14}$ kg/m³)
59. If the mass of the pulsar is about 1 solar mass ($\sim 2 \times 10^{30}$ kg or $\sim 3 \times 10^5 M_{\text{earth}}$), what is the maximum possible radius of the pulsar ? (150 km)
60. Sebuah sistem bintang kembar terdiri dari dua bintang yang bergerak mengelilingi pusat massanya akibat gaya gravitasi. Buktikanlah jarak antara kedua bintang (L) dalam sistem ini adalah $L = [GM(\frac{T}{2\pi})^2]^{\frac{1}{3}}$ jika diketahui massa total dari kedua bintang adalah M !
61. Satelit-satelit bumi bergerak mengelilingi bumi dalam suatu bidang edar. Anggap jari-jari suatu lintasan dari suatu satelit adalah $r = 7.000$ km dan satelit lain berjari-jari $\Delta r = 70$ km lebih kecil. Hitung selang waktu terkecil dari kedua satelit melewati garis AB bersama-sama ! (0,84 jam)



62. Buktikanlah kecepatan lepas (escape velocity) di Bulan dibandingkan

$$\text{di Bumi } \frac{v_{\text{lolos di bulan}}}{v_{\text{lolos di bumi}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{bulan}} R_{\text{bumi}}}{M_{\text{bumi}} R_{\text{bulan}}}} !$$

63. What phases of the Moon could you see if you only went out to look at 9 pm? (Assume the weather is always good.)
64. What is the phase of the Moon if it
- Rises at 3:00 PM?
 - Is highest in the sky at 7:00 am?
 - Sets at 10:00 am?
65. A car accident occurs around midnight on the night of a full moon. The driver at fault claims he was blinded momentarily by the moon rising on the eastern horizon. Should the police believe him?
66. The secret recipe to the ever-popular veggie burgers in the college cafeteria is hidden in a drawer in the director's office. Two students decide to break in and get their hands on it, but they want to do it a few hours before dawn on a night when there is no Moon, so they are less likely to be caught. What phases of the Moon would suit their plans?
67. If you see a full moon rising on March 21st, what time is it?
68. You see a full moon directly overhead. What time is it?
69. You see a full moon on the western horizon. What time is it?
70. It is possible to view the Moon during the day. However, you will never see the full moon during full daylight. Explain why not.
71. Hitunglah massa total dari bintang ganda yang terpisah sejauh 2 AU dan periode revolusi dari sebuah bintang yang mengitari bintang lainnya adalah 25.000 tahun !
72. A spacecraft is put into an orbit around the Sun by NASA with an orbital period of 7 Earth years. What is the size of the semi-major axis of this orbit?
73. Halley's Comet has a period around the Sun of 75 years. What is the semi-major axis (in AU) of the orbit of Halley's Comet? What is the size of the major axis? Between what planets is the aphelion of Halley's Comet?
74. The Virgo cluster approximately 30 giant galaxies (i.e. galaxies like the Milky Way, in contrast to dwarf galaxies) packed in a sphere of diameter 3Mpc (where 1Mpc=10⁶pc). If each giant galaxy masses 10¹² M , what is the mass density in the core of the Virgo cluster (in units of M /pc³)?
75. There are 23 stars within 3.5pc of the Sun, with an average mass of about 0.6M .What is the mass density in the Solar neighborhood (in units of M /pc³) ?
76. An asteroid is discovered in a circular orbit around the sun with radius 4 Astronomical Units. What is its orbital period in years?

77. Massa seorang astronot di Bumi 40 kg. Hitunglah beratnya ! Jika di atas sebuah asteroid yang gaya gravitasinya $1/10$ gaya gravitasi Bumi. Berapa massa dan beratnya ?
78. Misalkan sebuah planet baru ditemukan dan mempunyai sudut elongasi terbesar 30° dari Matahari. Tentukan radius orbit planet tersebut (dalam AU) dengan asumsi bentuk orbitnya mendekati lingkaran !
79. Mengapa objek langit yang besar (misalkan Matahari, Bintang, Planet, dll) bentuknya mendekati bola sedangkan objek langit yang relatif kecil (misalkan Asteroid, Komet, dll) bentuknya irregular ?
80. Periode sideris revolusi planet Venus dan Mars berturut-turut adalah 225 dan 687 hari. Hitunglah periode sinodis planet Venus bila dilihat dari planet Mars !
81. Sebuah planet mempunyai jarak rata-rata dari Matahari 40 AU. Berapa periode siderisnya ? Bila suatu saat terjadi oposisi terjadi pada 26 Oktober 1995. Kapan oposisi berikutnya terjadi ?
82. Jarak rata-rata Mars dari Matahari 1,52 AU. Dapatkah Anda menghitung separasi sudut terbesar antara Bumi dan Matahari bila dilihat dari Mars ? (diketahui sudut separasi mata manusia 1 menit busur)
83. Garis hubung Matahari-Asteroid menyapu luas $5,2 \text{ AU}^2$ dalam tahun 1993. Berapa luas disapu dalam tahun 1994 ? dalam 5 tahun ?
84. Sebuah tempat yang terletak di lintang 75° LU dan pada suatu saat didapati bahwa deklinasi Matahari = 60° . Tentukanlah panjang/lamanya siang di tempat tersebut !
85. An asteroid, headed directly toward Earth, has a speed of 12 km/s relative to the planet when it is a distance of 10 Earth radii from Earth's center. Neglecting the effects of Earth's atmosphere on the Asteroid, find the asteroid's speed when it reaches Earth's surface!
86. Observations of the light from a certain star indicate that it is a part of binary system. This visible star has orbital speed = 270 km/s, orbital period = 1,70 days, and approximate mass = $6 M_\odot$, where M_\odot is the Sun's mass, $1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$. Assuming that the visible star and its companion star, which is dark and unseen, are both in circular orbits, determine the approximate mass of the dark star!
87. Certain neutron stars are believed to be rotating at about 1 revolution/second. If such a star has a radius of 20 km, what must be its minimum mass so that material on its surface remains in place during the rapid rotation?
88. What will an object weigh on the Moon's surface if it weighs 100 N on the Earth surface? How many Earth radii must this same object be from the center of Earth if it is to weigh the same as it does on the Moon? (given that gravitational acceleration on Earth's surface is six times gravitational acceleration on Moon's surface)
89. Our Sun, with mass $2 \times 10^{30} \text{ kg}$, revolves about the center of the Milky Way galaxy, which is $2,2 \times 10^{20} \text{ m}$ away, once every $2,5 \times 10^8$ years.

- Assuming that each of the stars in the galaxy has a mass equal to that of our Sun, that the stars are distributed uniformly in a sphere about the galactic center, and that our Sun is essentially at the edge of that sphere, estimate roughly the number of stars in the galaxy!
90. In 1993 the spacecraft *Galileo* sent home an image of asteroid 243 Ida and a tiny orbiting moon (now known as Dactyl), the first confirmed example of an asteroid-moon system. In the image, the moon, which is 1,5 km wide, is 100 km from the center of the asteroid, which is 55 km long. The shape of the moon's orbit is not well known; assume it is circular with a period of 27 hours. What is the mass of the Asteroid? The volume of the asteroid from the *Galileo* images is 14.100 km^3 , what is the density of the asteroid?
91. A comet that was seen in April 574 by Chinese astronomers on a day called Woo Woo day was spotted again in May 1994. Assume the time between observation is the period of the Woo Woo day comet and take the eccentricity as 0,11. What are the semi major axis of the comet's orbit? What is its greatest distance from the Sun in terms of the mean orbital radius of Pluto ?
92. A 20 kg satellite has a circular orbit with a period of 2,4 hours and a radius of $8 \times 10^6 \text{ m}$ around a planet of unknown mass. If the magnitude of the gravitational acceleration on the surface of the planet is 8 m/s^2 , what is the radius of the planet?
93. In a certain binary star system, each star has the same mass as our Sun, and they revolve about their center of mass. The distance between them is the same distance between Earth and the Sun. What is the period of revolution in years?
94. a. An asteroid, whose mass is 2×10^{-4} times the mass of Earth, revolves in a circular orbit around the Sun at a distance that is twice Earth's distance from the Sun. Calculate the period of revolution of the asteroid in years ? What is the ratio of the kinetic energy of the asteroid to that of Earth?
- b. Two neutron stars are separated by a distance of 10^{10} m . They each have a mass of 10^{30} kg and a radius of 10^5 m . They are initially at rest with respect to each other, how fast they are moving when the separation has decreased to one-half its initial value and how fast they are moving when they are about to collide ?
95. Using the lunar phase diagram, answer the following questions about the time of day on Earth various phases of the Moon can be seen. Assume you are near the Equator.
- A) What time of day would it be for a Full Moon to be just setting?
- B) What time of day would it be for a Full Moon to be crossing the meridian?
- C) What time of day would it be for a 3rd Quarter moon to be just rising?

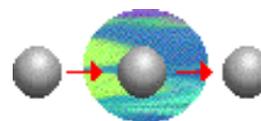
- D) What time of day would you see a 1st Quarter moon setting?
- E) What time of day would you see a 1st Quarter cross the meridian?
- 96.a.) It is the year 2013 and you live in Moonbase Tycho. It is your mother's birthday and you give her a call to wish her "Happy Birthday". She knows its you and starts talking before you say anything, even "Happy Birthday". She says she is looking at the Moon and describes it to you as a "Waning Gibbous". You then look out the moonbase window and see the Earth. What would you say to your mother, how would you DESCRIBE the Earth, and what would be its "phase"? b) What would you say if, when you called her, your mother told you she sees a "Full Moon"? Remember, you are calling on her birthday!
- 97.You have finished the semester and your Astronomy 180 course with the difficult Dr. Lavery. You decide to travel someplace new. While there, on December 21, you go outside at noon and find the Sun to be at the highest altitude above the horizon it will be that day, which turns out to be 23.5° . Where on Earth are you, Waldo?
- 98.A few days after new moon, we see a thin crescent moon. When will it be visible? What will its relation to the sun be in our sky? How do these observations explain its shape?
- 99.Will the full moon be visible shortly after sunset on a clear night? Where will it be? Explain why?
100. If a solar eclipse occurred 2 weeks ago, what would be the phase of the Moon today?

Bab 8 : Gerhana

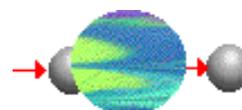
Gerhana adalah peristiwa terhalangnya sebagian atau seluruh piringan cahaya suatu benda langit oleh benda langit lainnya.

Beberapa Definisi Lain

Transit : peristiwa melintasnya sebuah benda langit kecil di antara Bumi dan sebuah benda langit yang berdiameter sudut jauh lebih besar

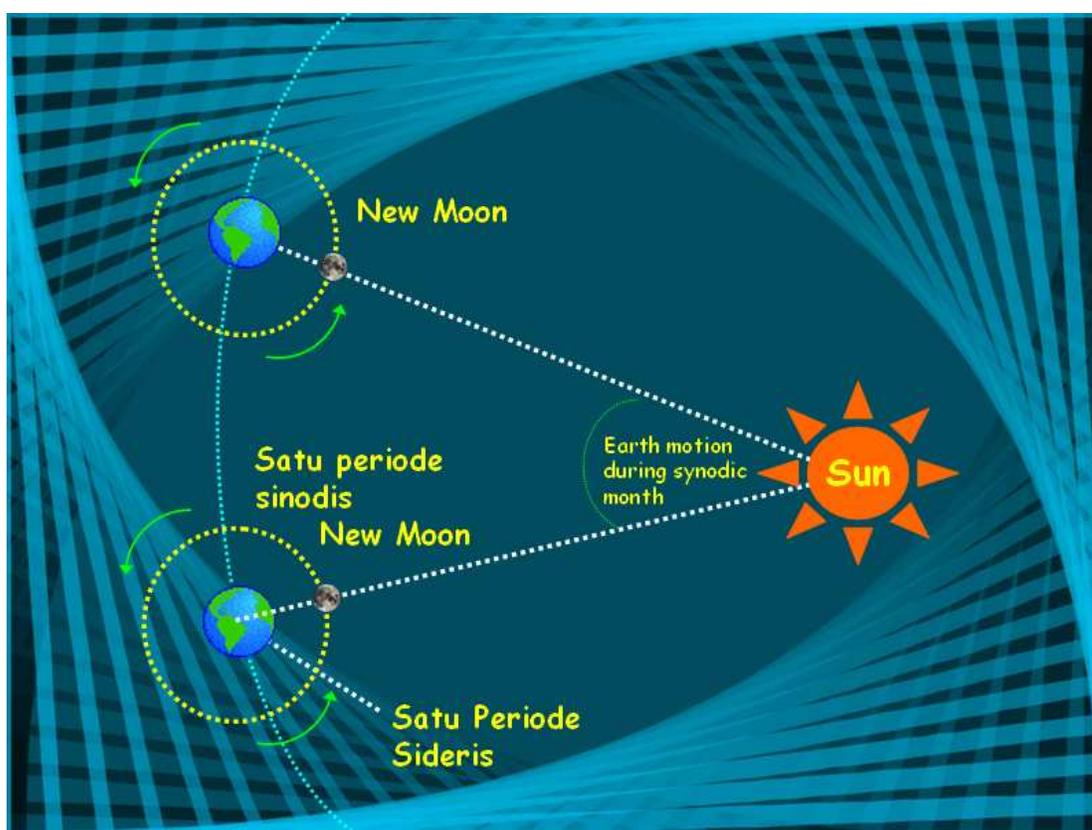


Okultasi : peristiwa terhalangnya sebuah benda langit kecil oleh benda langit berdiameter sudut besar.



Periode sideris Bulan : kala revolusi Bulan mengelilingi Bumi, kira-kira 27,3 hari sekali.

Periode sinodis Bulan : waktu yang diperlukan Bulan dari suatu fase ke fase yang sama berikutnya, kira-kira lamanya 29,5 hari.



DIAMETER SUDUT MATAHARI & BULAN

- ◆ Diameter linier bola gas Matahari, $D(\text{mth}) \approx 1\,400\,000\text{ km}$
(tepatnya $2 \times 6.96 \times 100\,000\text{ km} = 1\,392\,000\text{ km}$)
- ◆ Diameter linier bola karang Bulan, $D(\text{bln}) \approx 3\,500\text{ km}$
(tepatnya $2 \times 1.738 \times 1000\text{ km} = 3476\text{ km}$).

Bila $d(\text{mth})$ dan $d(\text{bln})$ masing-masing adalah jarak Bumi-Matahari dan jarak Bumi-Bulan maka:

- ◆ diameter sudut Matahari = $[\{D(\text{mth})/d(\text{mth})\} \times 206265"]$
- ◆ diameter sudut Bulan $[\{D(\text{mth})/d(\text{mth})\} \times 206265"]$.
- ◆ Eksentriset orbit Bulan 0.05490, inklinasinya $5^\circ.1$
- ◆ Radius Bulan 1 738 km (sedikit lebih besar dari radius Pluto 1 700 km) = 0.273 radius Bumi.
- ◆ Radius Bumi 6378 km.
- ◆ Secara umum, walaupun radius Matahari = $6.96 \times 100\ 000$ km, relatif sangat besar kira-kira 400 kali radius Bulan.
- ◆ Bumi- Matahari sangat jauh, 400 kali lebih jauh dibanding dengan jarak Bumi-Bulan.
- Diameter sudut Bulan dan Matahari hampir sama di langit, yaitu kira-kira $0^\circ.5$.

PERBANDINGAN DIAMETER SUDUT BULAN & MATAHARI

- ◆ Perbandingan $D(\text{mth})$ dengan $D(\text{bln}) \approx 400$
- ◆ Perbandingan jarak Bumi - Matahari terhadap jarak Bumi - Bulan antara 362 hingga 419 kali
- Diameter sudut Matahari dibanding dengan diameter sudut Bulan berkisar antara 95% lebih kecil atau 110% lebih besar.

VARIASI DIAMETER SUDUT MATAHARI

- ◆ Orbit Bumi mengelilingi Matahari berbentuk ellips dengan eksentrisitet 0.016773. Jarak Bumi- Matahari tidak konstan.
- ◆ Titik terdekat dengan Matahari dinamakan *titik perihelion*, dan titik terjauh dinamakan *titik aphelion*.
- ◆ Jarak rata-rata Bumi - Matahari (satu satuan astronomi = 1 SA) adalah $1.49597870 \times 100\ 000\ 000$ km, pada kenyataannya jarak Bumi-Matahari bervariasi antara 147 091 312 km (di perihelion) hingga 152 109 813 km (di aphelion).

Variasi jarak ini mencapai :

$[(152109813 - 147091312) / \{ (152109813 + 147091312) / 2 \}] \times 100\% = 3\%$ dari nilai jarak rata-rata.

--> Diameter sudut Matahari bervariasi dari 31'.46 hingga 32'.53, atau semidiameter sudut Matahari bervariasi antara 944 " hingga 976".

VARIASI DIAMETER SUDUT BULAN

- ◆ Orbit Bulan mengelilingi Bumi berbentuk ellips dengan eksentrisitet rata-rata 0.05490, dan lebih kompleks, karena gangguan Matahari dan planet lainnya terhadap Bulan tak bisa diabaikan.
- ◆ Jarak rata-rata Bumi-Bulan 384 400 km, dalam kenyataannya bisa bervariasi antara 364 296.44 km hingga 405 503.56 km (menurut Fred Espenak antara : 356 400 km - 406 700 km).

Variasi jarak ini mencapai:

$[(406700-356400)/\{(406700+356400)/2\}] \times 100\% = 12\%$ dari nilai jarak rata-rata. Bila informasi jarak ini dipergunakan, maka semidiameter Bulan berkisar antara 882" dan 1.006".

Bumi berotasi ke arah timur, Bulan juga beredar mengelilingi Bumi ke arah timur, bila dilihat dari arah kutub langit utara (arah rotasi berlawanan dengan putaran arah jarum jam), Pada fasa Bulan Purnama, Bulan nampak Bundar dan di ekuator Bulan Purnama terbit di arah timur pada saat Matahari terbenam di arah barat. Beda bujur ekliptika Bulan dan Matahari 180 derajat

Fasa Bulan Purnama & Bulan Mati merupakan masa Pasang Air Laut

Stephenson and Baolin (1991) mengkaji selang waktu siklus sinodik Bulan selama 5000 tahun, dari 1000 SM hingga tahun 4000 M, dan mendapatkan siklus terpendek adalah 29.2679 hari dan siklus terpanjang adalah 29.8376 hari. Siklus sinodik Bulan rata-rata yang diadopsi adalah 29.530589 hari.

UMBRA DAN PENUMBRA

Bila terdapat sebuah sumber titik cahaya (atau bola yang sangat kecil), dan sebuah bola dengan radius R pada jarak d dari sumber titik cahaya tersebut, maka radius linier umbra pada jarak d_0 dari sumber cahaya adalah: $\{d_0 \times (2 R/d)\}$.

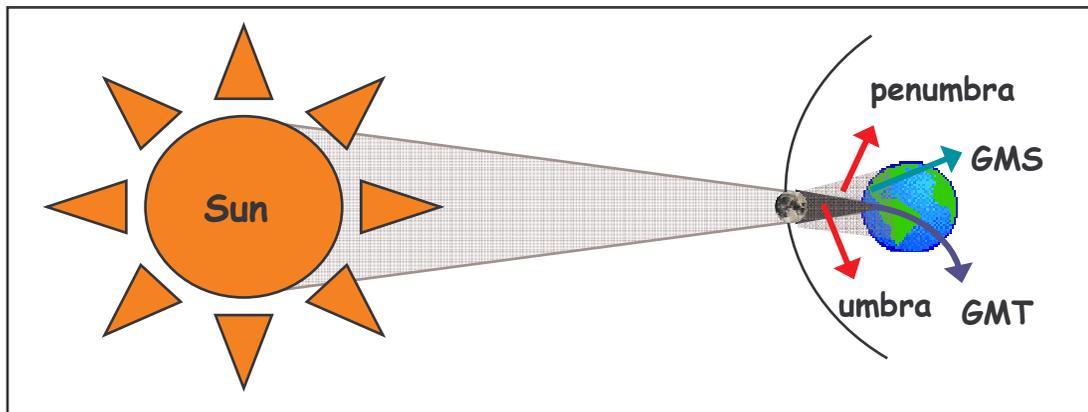
Di kawasan umbra, penglihatan ke sumber radiasi akan terhalang oleh bola. Dalam hal ini praktis tidak terdapat daerah penumbra, kawasan penglihatan ke arah sumber sebagian akan tertutup/terhalang oleh bola.

Bentuk geometri kawasan umbra dan penumbra bisa beragam. Dalam kasus gerhana Bulan, Bulan berada di kawasan umbra Bumi. Bola Bumi dengan radius 6.378 km (diameter 12.756 km) akan memblok/menghalangi cahaya Matahari yang jatuh ke permukaan Bulan. Bila sebagian Bulan berada di kawasan penumbra Bumi, dari permukaan Bulan akan melihat Gerhana Matahari Sebagian, sebagian bola gas pijar Matahari terhalang oleh bola Bumi. Pada momen Gerhana Bulan Sebagian, kita menyaksikan sebagian Bulan (yang berwarna hitam) berada di kawasan umbra Bumi dan sebagian berada di kawasan penumbra Bumi.

Bentuk geometri kawasan umbra dan penumbra bisa beragam, dalam kasus gerhana Bulan, Bulan berada di kawasan umbra Bumi. Bola Bumi dengan radius 6.378 km (atau berdiameter 12.756 km) memblok/menghalangi cahaya Matahari yang jatuh ke permukaan Bulan. Bila sebagian Bulan berada di kawasan penumbra Bumi, dari permukaan Bulan akan melihat gerhana Matahari sebagian, sebagian bola gas pijar Matahari terhalang oleh bola Bumi. Pada momen gerhana Bulan Sebagian, kita menyaksikan sebagian Bulan (yang berwarna hitam) berada di kawasan umbra Bumi dan sebagian berada di kawasan penumbra Bumi.

Gerhana Matahari

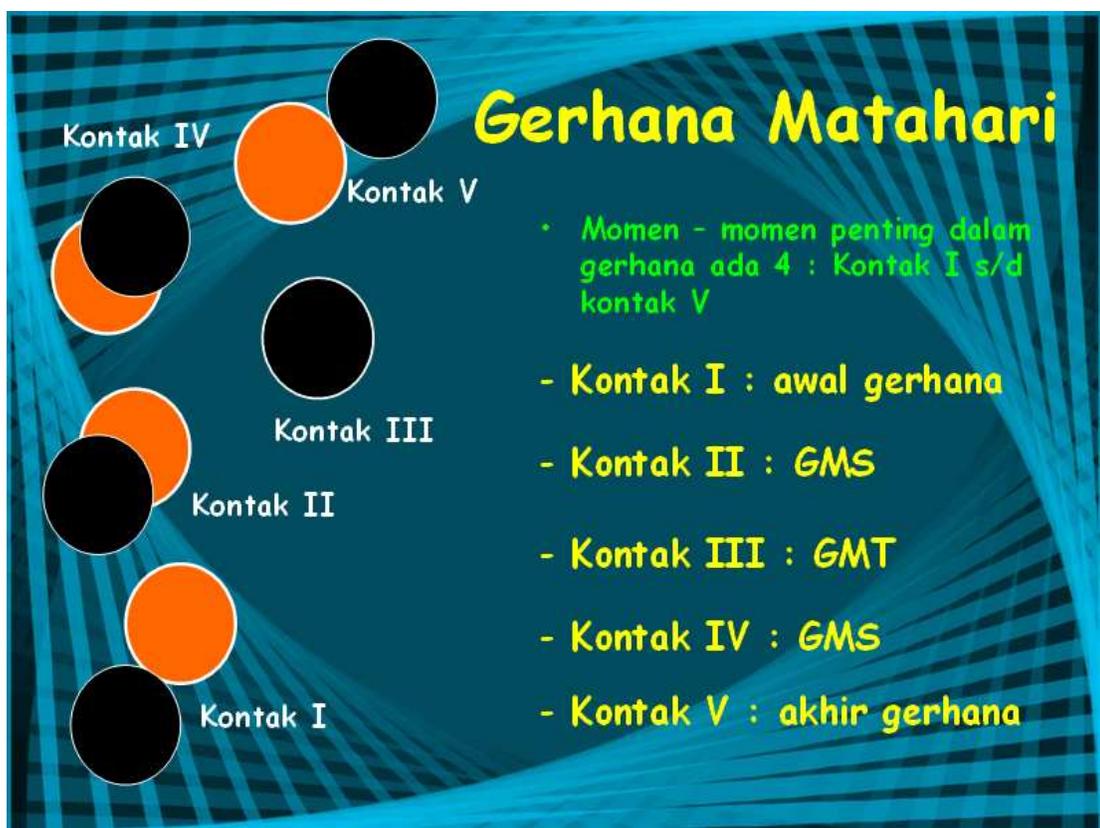
Peristiwa terhalangnya Matahari oleh bayangan Bulan. Bagian piringan Matahari yang tertutup Bulan mulai dari sisi Barat.



Ada 3 macam gerhana Matahari :

- GMT : bila diameter sudut Bulan lebih besar dari diameter sudut Matahari dan piringan Bulan menutup seluruh piringan Matahari
- GMC : bila diameter sudut Matahari lebih besar dari diameter sudut Bulan dan seluruh piringan Bulan masuk ke dalam piringan Matahari
- GMS : bila hanya sebagian dari piringan Matahari tertutup Bulan.

Momen-Momen Gerhana dalam Gerhana Matahari



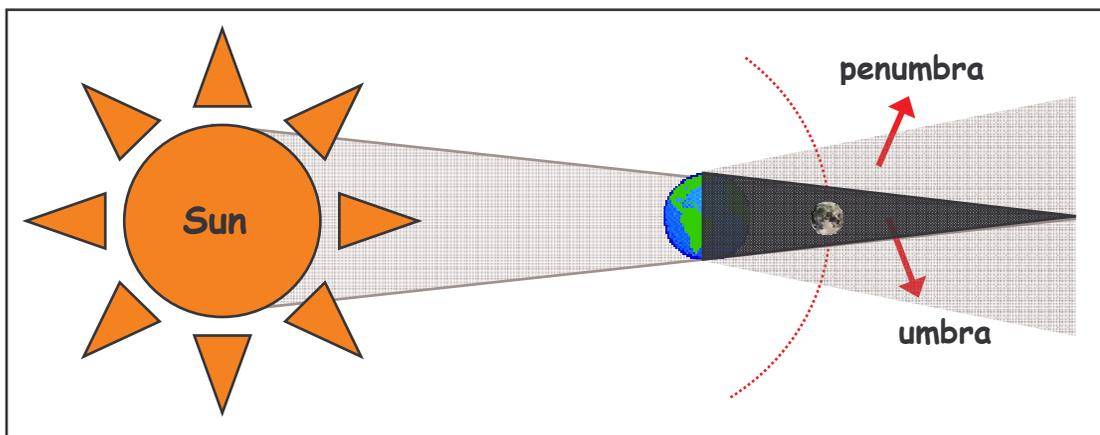
- Gerhana Matahari Total (GMT)
Momen Gerhana dalam GMT: Gerhana Matahari Sebagian, kemudian Gerhana Matahari Total, pertengahan Gerhana Matahari Total dan Gerhana Matahari Sebagian
- Gerhana Matahari Cincin (GMC)
Momen Gerhana dalam GMC: Gerhana Matahari Sebagian, kemudian Gerhana Matahari Cincin (bentuk Cincin yang tidak simetri), pertengahan Gerhana Matahari Cincin (bentuk Cincin Simetri), Gerhana Matahari Cincin (bentuk Cincin yang tidak simetri) dan Gerhana Matahari Sebagian
- Gerhana Matahari Sebagian (GMS)
Momen Gerhana dari Awal hingga Akhir adalah Gerhana Matahari Sebagian



Perhatikan struktur Korona yang tidak simetri bundar, hal ini menunjukkan adanya aktivitas di permukaan Matahari. Korona Matahari merupakan plasma dengan temperatur berjuta derajat.

Gerhana Bulan

Peristiwa tertutupnya cahaya Matahari yang menuju Bulan oleh Bumi. Bagian piringan Bulan yang terkena bayangan Bumi mulai dari sisi Timur dulu.



RAGAM GERHANA BULAN

- *Gerhana Bulan Penumbra*, selama gerhana berlangsung, Bulan hanya berada pada kawasan Penumbra Bumi, bagian Bulan yang berada di kawasan ini akan menyaksikan gerhana Matahari Sebagian, sebagian bundaran Matahari tertutup oleh sebagian bundaran Bumi

- *Gerhana Bulan Sebagian*, selama gerhana Bulan berlangsung, hanya sebagian bundaran Bulan memasuki kawasan Umbra Bumi
- *Gerhana Bulan Total*, selama gerhana Bulan berlangsung, terjadi fenomena seluruh Bulan memasuki kawasan Umbra Bumi

Periode Gerhana

- Garis nodal tidak tetap arahnya melainkan bergeser sedikit demi sedikit sehingga mempersulit perhitungan prediksi gerhana.
- Waktu yang diperlukan sejak Matahari berada pada garis nodal berikutnya adalah 346,6 hari. Waktu ini disebut tahun gerhana.
- 223 bulan = 19 tahun gerhana = 6585 hari
- Tepatnya 6585,3 hari. Jangka waktu ini disebut Saros.
- Jika sekarang terjadi gerhana di suatu tempat maka disana akan terjadi gerhana lagi setelah 3 Saros.

Panjang Umbra Bumi

Bila $R(bm)$, $R(mth)$ dan $R(bln)$ adalah radius Bumi, radius Matahari dan radius Bulan, maka:

- panjang umbra Bumi adalah $\{d(mth) \times R(bm) / (R(mth) - R(bm))\} = 9.248749742 \times 10^{-3} \times d(mth)$ dan
- panjang umbra Bulan adalah $\{d(bln) \times R(bln) / (R(mth) - R(bln))\} = 2.503377687 \times 10^{-3} \times d(bln)$.

Untuk perhitungan gerhana Bulan, radius Bumi perlu ditambah 2% agar mencakup bayang-bayang umbra yang juga ditimbulkan oleh lapisan angkasa Bumi

Diameter Sudut Umbra Bumi

Panjang umbra Bumi bervariasi antara 1.360.000 km hingga 1.406.000 km, dan jarak Bumi - Bulan bervariasi antara 356.400 km (perigee) hingga 406.700 km (apogee). Saat bulan di perigee, dan Bumi di aphelion, maka radius umbra yang dilewati Bulan adalah 2 772".

Bila Bulan di perigee, dan Bumi di perihelion, maka radius umbra yang dilewati Bulan adalah 2.805".

Bila Bulan berada di apogee dan Bumi di aphelion, maka radius umbra yang dilewati Bulan adalah 2.307".

Bila Bulan di perigee dan Bumi di perihelion maka radius umbra yang dilewati Bulan adalah 2.340".

Umbra Bumi yang jauh lebih panjang dari jarak rata-rata Bumi - Bulan memungkinkan terjadi gerhana Bulan.

Ukuran diameter umbra Bumi yang lebih besar dibanding dengan diameter Bulan memungkinkan terjadi gerhana Bulan Total, dimana seluruh Bulan memasuki kawasan umbra Bumi, atau bila ada pengamat yang berada di bagian seluruh permukaan Bulan pada saat itu bisa menyaksikan gerhana Matahari total, Matahari di tutup oleh Bola Bumi.

Gerhana Bulan Penumbra

Bagian Bulan yang berada di kawasan penumbra Bumi akan menyaksikan gerhana Matahari Sebagian, sebagian bundaran Matahari tertutup oleh bundaran bola Bumi.

Bagi penduduk Bumi sukar membedakan perubahan kecerlangan bulan purnama sebelum berlangsung gerhana penumbra dengan saat Bulan berada pada penumbra. Bila posisi Bulan saat pertengahan gerhana penumbra sangat dekat dengan umbra Bumi maka akan terjadi keredupan yang bisa diamati oleh mata bugil manusia.

MUSIM GERHANA

Musim gerhana berlangsung bila kedudukan Matahari di langit berdekatan dengan salah satu titik simpul orbit Bulan mengelilingi Bumi terhadap ekliptika. Titik simpul orbit Bulan mengelilingi Bumi terhadap ekliptika berpindah secara sistematis dengan periode sekitar 19 tahun, yaitu $365,2422 / (365,2422 - 346,6) = 19,59$ tahun.

Oleh karena itu musim gerhana dapat berlalu pada bulan Januari hingga bulan Desember, atau dari bulan Muharram hingga bulan Dzulhijjah.

PERGESERAN SIKLUS SAROS

Periode Saros adalah 223 kali periode sinodis atau 6585,32 hari, sedangkan 19 tahun gerhana bersesuaian dengan $19 \times 346,62$ hari = 6585,78 hari.

--> karenanya terdapat selisih waktu antara periode Saros dengan siklus terjadinya gerhana Matahari, yaitu sebesar 0,46 hari. Dalam satu hari, Matahari bergeser sebesar $360/365,2425$ ($^{\circ}$) atau 60' ke timur. Jadi dalam waktu 0,46 hari Matahari bergerak sebesar $0,46 \times 60' \sim 28'/\text{Saros}$.

Jumlah Gerhana dalam satu seri Saros

Gerhana Matahari dengan nomor Saros yang sama terjadi 28' sebelah barat dari kejadian gerhana Matahari seri Saros sama sebelumnya. Batas rata-rata jarak Matahari terhadap titik simpul agar gerhana tetap terjadi adalah: $(15^{\circ},35 + 18^{\circ},51)/2 = 16^{\circ}26'$;

Bila batas tempat terjadinya gerhana Matahari di sekitar titik simpul tersebut adalah dua kali batas rata-rata, jadi $= 2 \times 16^{\circ}26'$, maka satu seri Saros rata-rata bisa terjadi $(2 \times 16^{\circ}26')/28' = 70$ Gerhana Matahari.

Jumlah Gerhana per abad

Perhitungan yang lebih cermat satu seri Saros rata-rata ~ 73 kali GM, atau satu seri Saros rata-rata adalah $73 \times 18,03$ tahun = 1.315 tahun. Seri Saros dimulai dengan GMS di lintang geografi tinggi. GMC dan GMT di lintang menengah dan berakhir dengan GMS di lintang geografi tinggi pada arah kutub berlawanan ketika seri Saros dimulai. Seri Saros Ganjil dimulai dengan GMS di kawasan kutub Utara dan berakhir di kawasan kutub Selatan. Sedang seri Saros Genap kebalikannya. Dalam selang waktu dari tahun 1207 SM hingga tahun 2161 M terdapat 8000 GM dan

5200 GB atau 238 GM/abad atau 238 ~ 42 seri GM dalam satu siklus Saros 8 tahun.

Gerhana 6 bulanan

Setelah berlangsung fenomena gerhana, 6 bulan sinodis kemudian dapat terjadi GM berikutnya. Dalam siklus, Bulan bergeser dari titik simpul sebesar $(6 \times 30^{\circ}.67) \sim 184^{\circ}.02$ atau $4^{\circ}.02$ di timur titik simpul. Seri gerhana 6 bulanan ini paling banyak terjadi $37^{\circ}/4.02 \sim 9$ kali pada saat ke GM sembilan, tempat terjadinya gerhana bergeser sejauh $(9 \times 4^{\circ}.02 \sim 36^{\circ})$ 36° sedang $2 \times$ batas atas yang mungkin dicapai adalah $(37^{\circ} - 36^{\circ}) < 4^{\circ}$.

Maksimal 5 gerhana Matahari dalam setahun

Gerhana Matahari sering terjadi bila diameter sudut Matahari dan diameter sudut Bulan keduanya mencapai maksimum, dan kemiringan bidang orbit Bulan terhadap eliptika minimum. Misal terjadi gerhana di bagian barat batas major (batas atas), $(2 \text{ kali batas atas } 2 \times 18^{\circ}.5 = 37^{\circ})$. Pada 29.53 hari kemudian akan terjadi fasa Bulan baru berikutnya. Satu bulan *Draconik* rata-rata adalah 27.21 hari. Maka gerhana berikutnya akan terjadi : $(29.53 - 27.21) \times 360^{\circ}/27.21 \sim 30^{\circ}.6$ dari posisi terjadinya gerhana pada sebelumnya, setahun bisa terjadi 4 kali Gerhana Matahari. Bonus satu gerhana lagi bila musim Gerhana Matahari terjadi pada Bulan Januari, karena pada tahun tersebut akan ada 13 fasa Bulan-Baru.

Syarat terjadinya gerhana

Titik simpul orbit Bulan tersebut beregresi ke arah barat, oleh karena itu Matahari lebih cepat mencapai titik simpul. Periode Matahari dari titik simpul ke titik simpul berikutnya dinamakan satu tahun gerhana, lamanya 346.62005 hari (Matahari rata-rata). Periode ini rata-rata lebih pendek 18.63631 hari dibanding dengan periode sideris (365.25636 hari). Kemungkinan terjadi gerhana hanya bila Matahari dan Bulan berada pada bujur ekliptika dekat titik simpul orbit Bulan dalam rentang $15^{\circ}.35 < \Delta\lambda < 18^{\circ}.51$.

Syarat minor gerhana

Pada batas tersebut keadaan maksimum yang dapat dicapai adalah gerhana persinggungan antara bola Matahari dan Bulan. Satu hari, Matahari bergerak pada ekliptika $(360^{\circ}/365.25) \sim 0^{\circ}.985626283/\text{hari}$.

Dalam satu Bulan sinodis Matahari bergerak sejauh $(360^{\circ} / 346.62) \times 29.53 = 30^{\circ}.67$ terhadap node/ titik simpul. Syarat minor terjadinya gerhana adalah $\Delta\lambda \sim 15^{\circ}.35$, dan musim gerhana dicapai $2 \times \Delta\lambda \sim 30^{\circ}.7$.

Frekuensi gerhana di suatu tempat

Jalur GMT mempunyai lebar rata-rata $100 \times 1.609 \text{ km} \sim 160.9 \text{ km}$, dan panjangnya $6000 \times 1.609 \text{ km} \sim 9.600 \text{ km}$. Luas permukaan Bumi: $106 \times (1.609)^2 \text{ km}^2$.

Bila GMT singgah secara acak, maka kesempatan sebuah tempat di permukaan Bumi disentuh umbra Bulan $\sim (\text{luas Jalur GMT}) / (\text{Luas Bumi}) \sim 1/305$.

Sedangkan GMT terjadi rata-rata sekali dalam 1.5 tahun, jadi kesempatan mengamati GMT pada satu lokasi sekitar sekali dalam 450 tahun. Secara lebih rinci Meeus menganalisa kejadian GM selama kurun waktu 600 tahun (tahun 1700 - 2299); dalam kurun waktu tersebut terdapat 388 GMT dan 275 GMC.

Bila lebar jalur gerhana rata-rata dianggap 60 mil atau 70 mil, maka diperoleh angka berbeda, yaitu kesempatan melihat GMT ~ sekali dalam 360 tahun. Ukuran kelangkaan sekali dalam 360 tahun atau 450 tahun, walaupun tidak unik tetapi menunjukkan betapa langkanya kejadian GMT atau GMC yang bisa disaksikan dari tempat tinggal kita. Kalau kita tidak melakukan ekspedisi Gerhana, kemungkinan tidak akan pernah menyaksikan fenomena itu seumur hidup.

SIKLUS SAROS

Gerhana Bulan dan Matahari yang berlangsung di arah langit yang hampir sama, berulang setiap 223 kali lunasi Bulan atau $(223 \times 29.53 \text{ hari}) = 6585.19 \text{ hari}$ atau $(6585.19/365.2422 \text{ tahun})$; kira-kira 18 tahun 11 hari.

Jadi tanggal berlangsungnya gerhana bergeser sekitar 11 hari lebih lambat dari tanggal gerhana pada seri saros yang sama sebelumnya. Siklus gerhana ini dinamakan dengan siklus Saros.

TIGA MUSIM GERHANA DALAM SETAHUN SYAMSIAH

Rata-rata tiap 173.3 hari, Matahari berada di arah titik simpul, yaitu titik potong orbit bulan mengelilingi Bumi dengan ekliptika, yaitu bidang orbit Bumi mengelilingi Matahari. Di saat itu berlangsung musim gerhana; gerhana bulan terjadi bila Matahari berada di salah satu titik simpul dan Bulan di titik simpul lainnya. Satu tahun syamsiah adalah 355.2422 hari dan satu tahun gerhana 346.6 hari, oleh karena itu dalam satu tahun bisa terjadi 2 musim gerhana, dan paling banyak terjadi 3 musim gerhana pada satu tahun Syamsiah, yaitu di bulan Januari, Juli/Agustus dan Desember.

KONSEKUENSI SIKLUS SAROS

- ◆ Adanya siklus Saros berarti ada siklus 54 tahun 1 bulan, agar jam ijtimak (konjungsi) mendekati waktu ijtimak 54 tahun sebelumnya.
- ◆ Apakah siklus ini juga berlaku untuk siklus Ijtimak ? Misal siklus Saros 129 pada:
 - * 7 Maret 1951 (jam 20:50:58 UT),
 - * 18 Maret 1969 (jam 04:51:58 UT),
 - * 29 Maret 1987 (jam 12:46:27 UT),
 - * 8 April 2005 (jam 20:33:05 UT),
 - * 20 April 2023 (jam 04:13:41 UT),
 - * 30 April 2041 (jam 11:47:32 UT).

Review

1. Jelaskan perbedaan antara gerhana Matahari dan Bulan !
2. Jelaskan pengertian dari istilah : transit, okultasi !
3. Jelaskan mengapa pada peristiwa gerhana Matahari , bagian piringan Matahari yang tertutup Bulan mulai dari sisi Barat !
4. Sebutkan syarat terjadinya gerhana !
5. Mengapa gerhana tidak terjadi setiap bulan ?

Evaluasi

1. Jelaskan kondisi-kondisi yang menyebabkan terjadinya gerhana Matahari dan gerhana Bulan !
2. Jika diketahui bahwa 1 tahun syamsiah = 355 hari, ada berapa kali musim gerhana maksimal dalam 1 tahun itu ? Jelaskan !
3. Mengapa terjadi perbedaan / pergeseran musim gerhana pada setiap tahunnya ?
4. Menurutmu, apa penyebab gerhana Matahari lebih sering terjadi daripada gerhana Bulan ?
5. Rata-rata dalam 1 tahun ada berapa banyak gerhana Matahari dan gerhana Bulan ?
6. Mengapa lebih banyak orang lebih sering mengamati gerhana Bulan, padahal gerhana Matahari lebih sering terjadi ?
7. Gambarkan skema kedudukan bumi, bulan dan matahari pada saat terjadinya gerhana matahari total, sebagian , dan cincin !
8. Diketahui data pada saat gerhana matahari di bawah ini :
 - Waktu puncak gerhana pk 15.00
 - Posisi bulan pada apogee
 - Durasi puncak gerhana 2,5 menit

Dari data di atas, menurutmu yang terjadi adalah gerhana ...

9. Diketahui pada tanggal 8 April 2005 terjadi gerhana matahari dengan nomor saros 129, kapankah akan terjadi gerhana berikutnya dengan nomor saros yang sama ? Sebutkan pula jenis gerhananya !
10. Jika gerhana pada nomor 9, waktu puncaknya pk 20:33:55 UT , pada tanggal dan tahun berapakah terjadi gerhana yang sama dengan waktu yang berdekatan ?
11. Jika lebar jalur gerhana di suatu tempat 65 mil dan pada suatu saat terjadi GMT di tempat tersebut, kapankah akan terjadi gerhana yang sama berikutnya di tempat tersebut ?
12. Sebuah teleskop dengan panjang fokus berapa yang dibutuhkan untuk mengamati gerhana bulan agar bayangan bulan berdiameter 5 cm ?
13. Jika di sebuah tempat terjadi GMS , kapan dan dimana bisa diamati GMS dengan nomor saros yang sama ?
14. Mengapa pada saat GB , bulan nampak kemerah-merahan ?
15. Hitunglah panjang umbra Bulan dan Bumi jika diketahui: jarak Matahari-Bumi 149.600.000 km, jarak Bumi-Bulan 384.000 km, radius

Bumi = 6.400 km, radius Bulan = 1.740 km, radius Matahari = 700.000 km !

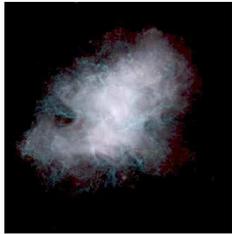
16. Tentukan posisi Bulan terhadap Bumi dan posisi Bumi terhadap Matahari saat radius umbra yang dilewati Bulan mencapai maksimum !
17. Mengapa kita jarang menyaksikan Gerhana Bulan Penumbra ?
18. Kapan musim gerhana akan terjadi ?
19. Kapan dan dimanakah kita bisa mengamati Gerhana Matahari berikut dengan seri saros sama dengan gerhana Matahari sebelumnya ?
20. Hitunglah berapa banyak Gerhana Matahari (secara rata-rata) bisa terjadi dalam satu seri saros ! (diketahui : batas rata-rata jarak Matahari terhadap titik simpul agar gerhana tetap terjadi adalah $15^{\circ},35 < \Delta\lambda < 18^{\circ},51$) !
21. Apakah perbedaan gerhana dalam seri saros genap dan seri saros ganjil? Dari hasil perhitungan nomor 20, Hitunglah berapa tahunkah satu seri saros itu !
22. Misalkan hari ini terjadi gerhana Matahari, Perkirankahlah kapan terjadi gerhana Matahari lagi !
23. Berapakah banyak Gerhana Matahari rata-rata dalam setahun ?
24. Sebutkan syarat-syarat terjadinya gerhana !
25. Mengapa para ahli sering melakukan ekspedisi gerhana ?
26. Jika pada tahun ini terjadi gerhana Matahari Total. Berapa tahun lagi peristiwa serupa akan terjadi di lokasi yang sama ?
27. Dalam satu tahun syamsiah (355 hari) . Berapa banyak musim gerhana dalam 1 tahun syamsiah ?
28. Tanggal 4 Juni 2006 (misalkan) terjadi gerhana pada jam 9 malam. Jika kita ingin mengamati gerhana pada jam 9 malam juga, kita harus menunggu berapa lama lagi ?
29. Sebutkan momen-momen dalam peristiwa gerhana Matahari Cincin !
30. Hitunglah diameter sudut Matahari dan diameter sudut Bulan dengan data-data nomor 15 !
31. Jelaskan dengan perhitungan, mengapa diameter sudut Bulan dan Matahari hampir sama !
32. Mengapa diameter sudut Bulan dan Matahari besarnya bervariasi ?
33. Hitunglah berapa tahunkah siklus Meton jika diketahui 1 siklus Meton = 235 lunasi !
34. Hitunglah berapa tahun gerhana-kah satu periode saros itu! (diketahui 1 periode saros = 223 periode sinodis , 1 tahun gerhana = 346,62 hari).
35. Mengapa tahun gerhana lebih pendek dari tahun sideris ?
36. Very rarely, the Moon will move in front of (and eclipse) Jupiter. During such an event, an observer notices that it takes 90 seconds for Jupiter to disappear behind the Moon. Calculate the angular diameter of Jupiter, in arcseconds. You may ignore the motion of Jupiter relative to the stars. The Moon orbits the Earth with a period of 27.3 days.

37. Bintang X diamati oleh Pak Asep di Observatorium Bosscha dengan teropong raksasa berdiameter 25 m. Salah satu planetnya bergerak mengelilingi bintang tsb dengan orbit berbentuk hampir lingkaran. Dalam setiap kali orbit terjadi satu kali transit dan satu kali okultasi. Garis nodal orbit planet tsb membentuk sudut 45° terhadap arah Utara. Jika massa bintang X tersebut separuh dari massa matahari, planet mengorbit pada jarak 0,025 satuan astronomi dari bintang X, massa planet seperlima dari massa bumi, dan jika Pak Asep mengamati bahwa okultasi planet mulai terjadi pada tanggal 16 Juli 2051, jam 05:28:01, pada saat Bintang X hampir mencapai meridian (berada sekitar 8° di sebelah timur meridian), jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan menganggap 1 tahun = 365,25 hari.
- Apakah Pak Asep bisa mengamati kontak 1 okultasi **sebelumnya**?
Jika bisa, tanggal berapa dan jam berapa? Jelaskan!
 - Apakah Pak Asep bisa mengamati kontak 1 okultasi **berikutnya**?
Jika bisa, tanggal berapa dan jam berapa? Jelaskan!
38. Pak Asep mengamati lagi okultasi bintang itu pada tanggal 14 Oktober 2051, pada saat itu ia mengamati jangka waktu sejak okultasi itu dan yang berikutnya 18 detik lebih lama dibandingkan dengan hasil pengamatan pada bulan Juli. Anggap bintang X pada soal no 1 tersebut bergerak dengan arah dan kecepatan yang sama dengan matahari di bidang galaksi sehingga posisinya relatif tetap terhadap matahari. Berdasarkan fakta ini dan dengan menganggap bahwa orbit bumi berbentuk lingkaran, hitunglah kecepatan cahaya!
39. The moon set in St. Petersburg (60° North, 30° East) yesterday just at midnight. In what region of the Earth will there be an opportunity to observe a total solar eclipse sometime next week?
40. What would an observer have seen sitting on the Moon and looking at the Earth, when the total eclipse of the Sun took place on the Solovetz Islands ($34^\circ 45'$ East, $65^\circ 01'$ North) at 5 a.m. July 22, 1990? Illustrate your answer with a drawing.
41. Suppose that a total solar eclipse is observed from a place at the equator when the sun is in zenith. Also, suppose that the shadow of the moon moves along the equator. Calculate the speed of the shadow relative to the observer.
42. Why do we not have 2 eclipses a month?
43. It is June 21 (of some year). When you happen to go outside at midnight, you observe a lunar eclipse occurring at the zenith! Where on Earth are you? Explain how you know this.
44. Planet mana saja yang tidak akan pernah terokultasi oleh bulan purnama?
45. If a solar eclipse occurred 2 weeks ago, what would be the phase of the Moon today?

Bab 9 : Mengenal Objek Astronomi

- Objek Messier

M1 (Crab Nebula)



- Ada di rasi Taurus
- Merupakan sisa ledakan supernova tahun 1054
- Di tengahnya terdapat bintang neutron yang memancarkan pulsa-pulsa sinar X
- Magnitudo semu : 9
- Jaraknya : 6.500 tahun cahaya
- Diameter sudut : 11'

3 January 2006

4

M2



- Ada di rasi Taurus
- Globular cluster
- Ada 100.000 bintang
- Usianya 13 milyar tahun
- Jaraknya : 37.000 tahun cahaya
- Magnitudo semunya : 7,5
- Diameter sudut : 23'

3 January 2006

5

M8 (Lagoon Nebula)



- Ada di rasi Sagittarius
- Nebula emisi
- Jaraknya 5.000 tahun cahaya
- Magnitudo semu : 5
- Diameter sudut : 54'

3 January 2006

7

M16 (Eagle Nebula)



- Ada di rasi Serpens Cauda
- Nebula emisi
- Jarak : 6.500 lyr
- Magnitudo semu : 6,5
- Diameter sudut : 27'
- Disebut : pillars of creation

3 January 2006

9

M20 (Triffid Nebula)

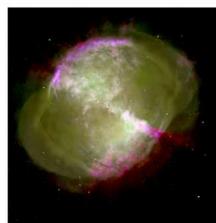


- Ada di rasi Sagittarius
- Nebula emisi
- Jaraknya 5.000 lyr
- Magnitudo semu: 5'
- Diameter sudut: 33'
- Posisinya dekat M8 dan M21

uary 2006

11

M27 (Dumbbell Nebula)



- Ada di rasi Vulpecula
- Planetary Nebula (1st discovered)
- Jarak: 1.000 lyr
- Magnitudo semu: 7,5
- Diameter sudut : 13'
- Di pusatnya ada bintang katai putih (white dwarf)

3 January 2006

12

M31 (Andromeda Galaxy)



- Ada di rasi Andromeda
- Galaksi
- Jarak 2,9 juta lyr
- Diameter sudut : 2,1^o
- Magnitudo semu : 4,5
- Diameter linear : 150.000 lyr
- Massanya : 1,2 x 10¹² massa Matahari
- Memiliki 2 inti (telah mengkanibal galaxy lain)

3 January 2006

galaxy lain)

13

M42 (Nebula Orion)



- Ada di rasi Orion
- Diffuse nebula
- Jarak: 1.600 lyr
- Magnitudo semu: 5
- Diameter sudut: 48'
- Aktif terjadi pembentukan bintang² baru

3 January 2006

15

M45 (Pleiades, Seven sisters)



- Ada di rasi Taurus
- Open Cluster
- Jarak 400 lyr
- Magnitudo semu : 1,4
- Diameter sudut : 1,8^o
- Anggotanya sekitar 500 bintang

3 January 2006 16

M104 (Sombrero Galaxy)

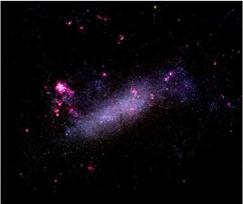


- Ada di rasi Virgo
- Galaxy
- Jarak 50 Mlyr
- Magnitudo semu: 9,5
- Diameter sudut : 12'

3 January 2006 20

- NGC objects

Large Magellanic Cloud



- Ada di rasi Dorado
- Satelit galaksi Milky Way
- Magnitudo semu : 2,3
- Jarak : 0,18 Mlyr
- Diameter sudut: 7,6^o

3 January 2006 23

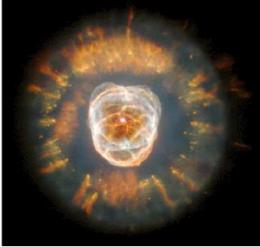
Small Magellanic Cloud / NGC 292



- Ada di rasi Tucana
- Satelit galaxy Milky Way
- Jarak : 0,2 Mlyr
- Magnitudo semu : 2,8
- Diameter sudut : 7^o

3 January 2006 26

Eskimo Nebula / NGC 2392



- Ada di rasi Gemini
- Planetary Nebula
- Jarak 3.000 lyr
- Magnitudo semu : 9,9
- Diameter sudut : 1,4'
- Nama lain : Clown Nebula

3 January 2006 28

Horsehead Nebula / IC 434

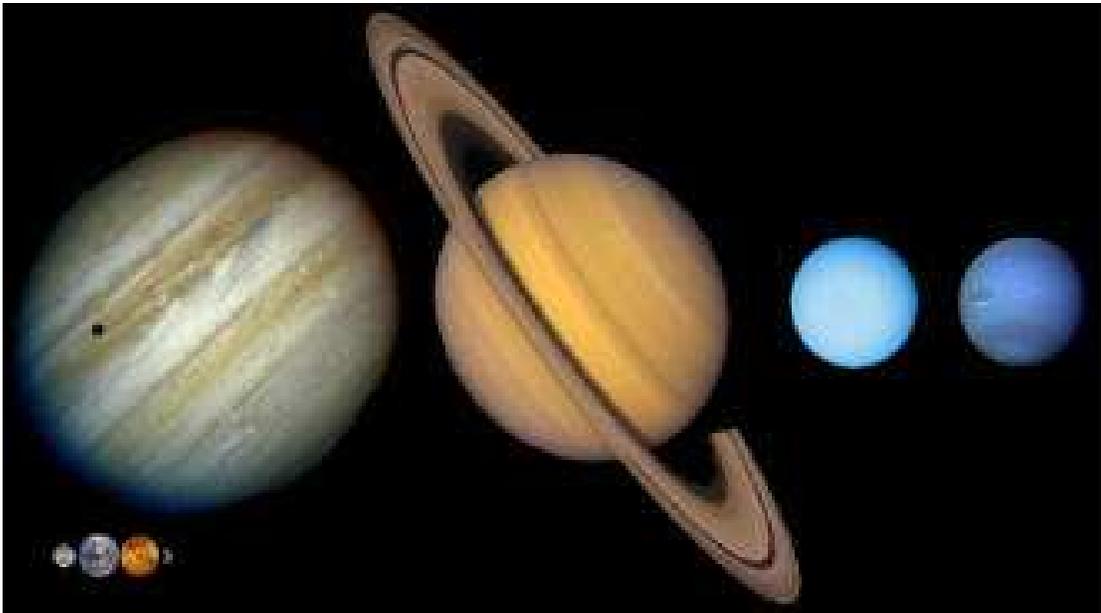


- Ada di rasi Orion
- Diffuse Nebula
- Magnitudo semu : 11
- Diameter sudut : 1,5^o

3 January 2006 37

- Planet - planet anggota tata surya





- Rasi Bintang

Abbrev. Star	Name	Eng. Name	Alpha
And	Andromeda	Andromeda	Alpheratz
Ant	Antlia	Air Pumpe	
Aps	Apus	Bird of Paradise	
Aqr	Aquarius	Water Carrier	
Aql	Aquila	Eagle	Altair
Ara	Ara	Altar	
Ari	Aries	Ram	Hamal
Aur	Auriga	Charioteer	Capella
Boo	Bootes	Bear Driver	Arcturus
Cae	Caelum	Graving Tool	
Cam	Camelopardalis	Giraffe	
Cnc	Cancer	Crab	
CVn	Canes Venatici	Hunting Dogs	
CMa	Canis Major	Larger Dog	Sirius
CMi	Canis Minor	Smaller Dog	Prokyon
Cap	Capricornus	Sea Goat	
Car	Carina	Keel	Canopus
Cas	Cassiopeia	Cassiopeia	Schedir
Cen	Centaurus	Centaur	Rigil Kent
Cep	Cepheus	Cepheus	Alderamin
Cet	Cetus	Whale	Menkar
Cha	Chamaeleon	Chameleon	
Cir	Circinus	Compasses	
Col	Columba	Dove	
Com	Coma Berenices	Berenice's Hair	
CrA	Corona Australis	Southern Crown	
CrB	Corona Borealis	Northern Crown	Alphecca
Crv	Corvus	Crow	Alchiba
Crt	Crater	Cup	
Cru	Crux	Cross	Acrux
Cyg	Cygnus	Swan	Deneb
Del	Delphinus	Dolphin	
Dor	Dorado	Goldfish	
Dra	Draco	Dragon	Thuban
Equ	Equuleus	Little Horse	
Eri	Eridanus	River	Archernar
For	Fornax	Furnace	
Gem	Gemini	Twins	Castor

Gru	Grus	Crane	Al Na'ir
Her	Hercules	Hercules	Ras Algethi
Hor	Horologium	Clock	
Hya	Hydra	Sea Serpent	Alphard
Hyi	Hydrus	Water Snake	
Ind	Indus	Indian	
Lac	Lacerta	Lizard	
Leo	Leo	Lion	Regulus
LMi	Leo Minor	Smaller Lion	
Lep	Lepus	Hare	
Lib	Libra	Scales	Zuben el Genubi
Lup	Lupus	Wolf	
Lyn	Lynx	Lynx	
Lyr	Lyra	Lyre	Vega
Men	Mensa	Table Mountain	
Mic	Microscopus	Microscope	
Mon	Monocerus	Unicorn	
Mus	Musca	Fly	
Nor	Norma	Level	
Oct	Octans	Octant	
Oph	Ophiuchus	Serpent Holder	Ras Alhague
Ori	Orion	Orion	Betelgeuze
Pav	Pavo	Peacock	Joo Tseo
Peg	Pegasus	Pegasus	Markab
Per	Perseus	Perseus	Marfak
Phe	Phoenix	Phoenix	Ankaa
Pic	Pictor	Easel	
PsA	Pisces Austrinus	Southern Fish	Formalhaut
Psc	Pisces	Fish	El Rischa
Pup	Puppis	Stern	
Pyx	Pyxis	Mariner's Compass	
Ret	Reticulum	Net	
Sge	Sagitta	Arrow	
Sgr	Sagittarius	Archer	Rubkat
Sco	Scorpius	Scorpion	Antares
Scl	Sculptor	Sculptor's Apparatus	
Sct	Scutum	Shield	
Ser	Serpens	Serpens	Unuk
Sex	Sextans	Sextant	
Tau	Taurus	Bull	Aldebaran
Tel	Telescopium	Telescope	
TrA	Triangulum Australis	Southern Triangle	Ras al Muthallath
Tri	Triangulum	Triangle	
Tuc	Tucana	Toucan	
UMa	Ursa Major	Great Bear	Dubhe
UMi	Ursa Minor	Little Bear	Polaris
Vel	Vela	Sails	
Vir	Virgo	Virgin	Spica
Vol	Volans	Flying Fish	
Vul	Vulpecula	Fox	

Evaluasi

1. Sebutkan nama-nama objek berikut beserta nomor messiernya dan letak rasinya !



2.  Perhatikan foto daerah langit disamping ini ! Sebutkan nama 3 bintang terang yang membentuk suatu konfigurasi tertentu ! Apa nama konfigurasi tersebut ? Sebutkan kegunaannya !

3. Jelaskan kegunaan bintang dikelompokkan dalam rasi-rasi bintang !

4. Berikanlah nama objek - objek berikut !



5. Supernova yang terakhir disaksikan manusia sampai saat ini adalah supernova 1987a. Terjadi di galaksi apakah supernova tersebut! Sebutkan tipe galaksi tersebut! Siapakah penemu galaksi tersebut! Tahun berapakah ditemukannya ?

Soal Tambahan

(soal - soal di bawah ini dikutip dari soal seleksi propinsi tahun 2004 dan 2005 serta sumber-sumber lainnya)

1. Pengaruh refraksi pada saat Matahari terbit / terbenam adalah ...
 - A. bentuk bundar Matahari terdistorsi
 - B. kedudukan Matahari lebih tinggi dari yang seharusnya
 - C. pengaruhnya terlalu kecil sehingga bisa diabaikan
 - D. Matahari tampak menjadi merah
 - E. tidak ada jawaban yang benar
2. Bagi pengamat di ekuator Bumi, orientasi ekliptika sepanjang tahun adalah ...
 - A. berpotongan pada horizon di dua titik yang tetap
 - B. berpotongan pada horizon di dua titik di sekitar titik Barat dan titik Timur dalam rentang kurang dari 25 derajat
 - C. berpotongan pada horizon di titik Barat dan titik Timur pada tanggal 22 Desember
 - D. tidak berpotongan dengan horizon
 - E. sejajar dengan horizon
3. Bintang-bintang pada sebuah rasi memiliki ciri ...
 - A. terang masing-masing bintang sama
 - B. terang masing-masing bintang tidak sama walaupun warnanya sama
 - C. warna dan terang masing-masing bintang tidak selalu sama
 - D. jaraknya sama , warna dan terangnya tidak sama
4. Lebar maksimum jalur Gerhana Matahari Total dicapai saat :
 - A. Bulan di perigee dan Bumi di aphelion
 - B. Bulan di perigee dan Bumi di perihelion
 - C. Bulan di apogee dan Bumi di aphelion
 - D. Bulan di apogee dan Bumi di perihelion
 - E. A,B,C, dan D tidak benar
5. Bintang paling terang setelah Matahari adalah bintang ...
 - A. dengan daya dan diameter paling besar
 - B. paling dekat dengan Matahari
 - C. paling panas
 - D. dengan daya besar dan berjarak dekat
 - E. berdiameter paling besar
6. Cari pernyataan yang benar sehubungan dengan kalender Julian ...
 - A. satu tahun rata-rata 365,25 hari
 - B. tahun 700,2001, dan 2100 adalah bukan tahun kabisat
 - C. tahun kabisat dalam kalender Julian lebih sedikit daripada tahun kabisat pada sistem kalender Gregorian
 - D. tahun 2000,2004 dan 2100 adalah tahun kabisat
 - E. A,B,C dan D tidak benar

7. Di antara planet-planet berikut ini, planet yang tidak pernah terokultasi / tertutup oleh Bulan purnama adalah ...
- Saturnus
 - Mars
 - Neptunus
 - Venus
 - Jupiter
8. Pilih pernyataan yang BENAR !
- jika Bulan hari ini terbit pukul 18:00, besok hari ia akan terbit pada waktu yang sama
 - di Kutub Utara selama bulan Juli, Matahari tidak pernah terbenam
 - pada setiap bulan baru akan selalu terjadi Gerhana Matahari
 - dalam orbitnya mengelilingi Bumi, Bulan selalu menampilkan muka yang sama karena Bulan tidak berotasi pada sumbunya
 - terjadi 4 musim di Bumi disebabkan oleh perputaran Bumi pada porosnya
9. Dari pernyataan berikut, manakah yang BENAR ?
- siklus Matahari bertemu dengan titik Aries lebih pendek daripada siklus Matahari bertemu dengan bintang tetap
 - asensio recta titik Aries tidak nol karena pengaruh presesi Bumi
 - pada tanggal 23 September posisi Matahari sama dengan posisi titik Aries
 - lintang ekliptika titik Aries selalu nol
 - A,B,C dan D tidak benar
10. Bila ada pengamat berada pada lintang $+54^{\circ} 09'$, maka malam terpendek dan terpanjang yang akan dialami pengamat tersebut adalah ...
- 3 jam 31 menit dan 20 jam 29 menit
 - 5 jam 31 menit dan 15 jam 29 menit
 - 2 jam 31 menit dan 12 jam 29 menit
 - 3 jam 31 menit dan 15 jam 29 menit
 - 4 jam 31 menit dan 7 jam 29 menit
11. Diketahui Matahari terbenam pada pukul 18:00 WIB, dan bintang X terbenam pukul 20:15 WIB. Beda sudut jam bintang X dan Matahari dari tempat pengamatan itu adalah ...
- 2 jam 15 menit 0 detik
 - 2 jam 15 menit 22,2 detik
 - 2 jam 14 menit 37,8 detik
 - 2 jam 11 menit 4 detik
 - A,B,C dan D tidak benar
12. Jumlah rasi bintang yang dilalui Bulan sepanjang tahun ...
- sama dengan jumlah rasi bintang yang dilalui Matahari
 - lebih banyak daripada jumlah rasi bintang yang dilalui Matahari
 - lebih sedikit daripada jumlah rasi bintang yang dilalui Matahari
 - tidak bisa dibandingkan karena kawasan yang dilalui berbeda

- E. kemungkinan Bulan mencapai rasi Centaurus dan rasi Lupus
13. Joko melihat bulan 3 hari sebelum lebaran Idul Fitri. Ini berarti ...
- A. Joko melihatnya pada pagi hari
 - B. Joko melihatnya pada sore hari
 - C. Joko melihatnya pada tengah malam
 - D. Joko melihatnya pada siang hari
 - E. Joko salah mengamati
14. Dua bintang memiliki asensio recta yang sama, dan deklinasi yang besarnya sama tapi tandanya berlawanan. Jika bintang A berada di utara ekuator langit dan bintang B di selatan ekuator langit, maka ...
- A. bintang A lebih dulu terbit bila diamati dari Tokyo
 - B. bintang A lebih dulu terbit bila diamati dari Sydney
 - C. bintang A lebih dulu terbit bila diamati dari khatulistiwa
 - D. bintang B lebih dulu terbit bila diamati dari khatulistiwa
 - E. dari daerah di lintang lebih besar dari 23,5 derajat (baik utara maupun selatan) kedua bintang akan diamati terbit secara bersamaan.
15. Jika kita berada di suatu tempat di permukaan Bulan, maka yang akan kita amati adalah ...
- A. panjang satu hari satu malam di Bulan sama dengan panjang interval waktu dari purnama ke purnama Bulan yang diamati dari Bumi
 - B. Bumi akan melewati meridian pengamat di Bulan sekitar 29,5 hari sekali
 - C. Bumi akan selalu diamati dalam fase purnama
 - D. Matahari selalu bergerak lebih lambat dari Bumi
 - E. wajah Bumi yang diamati dari Bulan selalu sama dari waktu ke waktu
16. Titik terbenam Bulan bagi pengamat di ekuator ...
- A. bisa berada di selatan Matahari walaupun Matahari berada di titik paling selatan
 - B. selalu di utara Matahari ketika Matahari berada di titik paling selatan
 - C. maksimal berada pada titik terbenam Matahari ketika Matahari berada di titik paling selatan
 - D. titik terbenam Bulan dalam rentang 5 derajat di sekitar titik Barat
 - E. titik terbenam Bulan sama dengan titik terbenam titik Aries
17. Mars akan tampak paling terang sewaktu ...
- A. Bumi berada di titik aphelion dan Mars di perihelionnya
 - B. Bumi berada di titik perihelion dan Mars di aphelionnya
 - C. terbit tengah malam
 - D. terbit pada waktu subuh
 - E. terbit pada saat Matahari terbenam
18. Aurora yang nampak di atmosfer di Bumi disebabkan oleh ...
- A. sinar X berintensitas rendah dari Matahari
 - B. angin Matahari

- C. noise gelombang yang berasal dari Matahari
 - D. pantulan sinar matahari oleh salju dan es di kutub utara dan selatan Bumi
19. Lintasan gerak semu Bulan diantara latar belakang bintang-bintang selama satu bulan sepanjang ...
 - A. ekuator langit
 - B. meridian utama
 - C. Capricorn tropis
 - D. ekliptika
 20. Pilihlah pernyataan yang paling tepat tentang gerak relatif Bulan terhadap latar belakang bintang-bintang !
 - A. Ke arah barat sepanjang ekliptika dengan laju 13 derajat / hari
 - B. Ke arah timur sepanjang ekliptika dengan laju 13 derajat / hari
 - C. Ke arah utara kutub langit
 - D. Ke arah barat sepanjang ekuator langit dengan laju 13 derajat / hari
 21. Tentukan saat dimana Bulan purnama memiliki deklinasi positif terbesar atau ketinggiannya pada meridian mencapai nilai terbesar ...
 - A. 22 Juni
 - B. 23 september
 - C. 23 Maret
 - D. 23 Desember
 22. Bulan pada fase seperempat terakhir melintasi meridian pengamat pada waktu lokal ...
 - A. 18.00
 - B. 12.00
 - C. 24.00
 - D. 06.00
 23. Bulan berumur 3 hari paling baik diamati pada saat ...
 - A. tengah malam
 - B. sesaat setelah matahari terbit
 - C. sesaat setelah matahari terbenam
 - D. sebelum matahari terbit
 24. Seseorang astronot berdiri di kutub selatan bulan dan melihat ke Bumi, nampak bahwa setengah bagian kanan Bumi terang dan setengahnya lagi gelap. Maka fase bulan saat itu jika dilihat dari Bumi ...
 - A. kuartir pertama
 - B. kuartir terakhir
 - C. bulan baru
 - D. bulan purnama
 25. Bagian belakang bulan ...
 - A. tidak pernah disinari Matahari
 - B. tidak pernah diamati oleh manusia
 - C. memiliki lebih sedikit mare dibandingkan bagian depannya

- D. nampak dari Bumi
26. Gerhana Matahari total memiliki durasinya yang paling panjang pada kondisi ...
- A. matahari dan bulan pada jarak terdekatnya ke bumi
 - B. matahari pada jarak terjauhnya dan bulan pada jarak terdekatnya
 - C. matahari pada jarak terdekatnya dan bulan pada jarak terjauhnya
 - D. matahari dan bulan pada jarak terjauhnya ke bumi
27. Menurut pengamat di bulan diameter sudut bumi sebesar 1,9 derajat. Maka jarak bulan ke bumi lebih besar daripada diameter bumi dengan faktor ...
- A. 720
 - B. 115
 - C. 30
 - D. 60
28. Jam sideris dan jam matahari bersesuaian pada setiap ...
- A. autumnal equinox
 - B. summer solstice
 - C. vernal equinox
 - D. winter solstice
29. Peter mengamati langit pada pukul 11 malam di tanggal 1 Mei. Agar dapat mengamati latar belakang bintang yang sama pada tanggal 1 April, maka dia harus mengamati pada pukul ...
- A. 9 malam
 - B. 10 malam
 - C. 10.30 malam
 - D. 11.30 malam
 - E. 1 dini hari
30. Pernyataan mana yang paling tepat berikut ini ?
- A. Gerhana Matahari sebagian pasti terjadi pada suatu tempat di Bumi tiap 1 bulan sinodis
 - B. Mengamati planet Merkurius pada tengah malam adalah sesuatu yang mungkin
 - C. Neptunus terlalu lemah untuk diamati dengan mata telanjang
 - D. Saturnus nampak berwarna merah jika diamati dengan teleskop kecil
 - E. Cincin - cincin Jupiter bisa tampak jika diamati dengan teleskop kecil
31. Asensio recta winter solstice sebesar ...
- A. 0 jam
 - B. 6 jam
 - C. 12 jam
 - D. 18 jam
 - E. 24 jam

32. Jika asensio recta matahari 0 jam, deklinasi 0 derajat, dan asensio recta bulan 12 jam, deklinasi 0,2 derajat, maka peristiwa yang mungkin terjadi di suatu tempat di bumi ...
- Gerhana matahari total
 - Gerhana matahari sebagian
 - Gerhana matahari cincin
 - Gerhana Bulan total
 - Tidak satupun
33. Jika jarak bulan ke bumi menjadi dua kalinya dan radius bulan menjadi setengahnya, maka kita mungkin mengamati ...
- Gerhana Matahari total
 - Gerhana Bulan total
 - Gerhana matahari cincin
 - Jawaban b dan c
 - Semuanya
34. Mana pernyataan yang paling tepat ?
- Bidang orbit Bumi dan Pluto bersesuaian
 - Hanya planet terestial yang memiliki atmosfer tebal
 - Hanya planet Jovian yang memiliki cincin-cincin
 - Semua satelit planet Jovian lebih besar daripada bulan
 - Asteroid bukanlah planet
35. Planet berikut yang memiliki periode roatsi sideris tersingkat adalah ...
- Venus
 - Jupiter
 - Saturnus
 - Uranus
 - Neptunus
36. Phobos , berjarak 9.400 km dari Mars , mempunyai periode revolusi 0,32 hari. Cari periode revolusi Deimos yang berjarak 23.500 km dari Mars !
- 0,4 hari
 - 0,59 hari
 - 0,8 hari
 - 1,26 hari
 - 2,2 hari
37. Garis absorpsi dan emisi yang tampak pada spektrum bintang dapat digunakan untuk menentukan karakteristik yang berikut ini pada bintang ...
- Temperatur
 - Komposisi kimia
 - Kecepatan
 - Jawaban b dan c
 - Semuanya

38. Berapa kali Sirius (magnitudo visual -1) lebih terang daripada Polaris (magnitudo visual 2) ?
- 2,5
 - 6,3
 - 15,8
 - 39,7
 - 100
39. Gerak sejati bintang bergantung pada ...
- arah geraknya terhadap matahari
 - laju gerak relatifnya terhadap matahari
 - jaraknya terhadap matahari
 - jawaban a dan b
 - semuanya
40. Mana pernyataan berikut ini yang salah ?
- Periode dan Luminositas bintang Cepheid memiliki hubungan
 - Tidak semua bintang variabel berdenyut adalah variabel Cepheid
 - Tidak semua bintang ganda adalah variabel gerhana
 - Hampir semua open cluster terdiri dari jutaan bintang yang berjarak 100 tahun cahaya
 - Kerapatan partikel pada ruang angkasa sekitar 1 atom per centimeter kubik
41. Sebagian besar bintang menghabiskan berapa persen hidupnya di deret utama ?
- 10 %
 - 20 %
 - 50 %
 - 80 %
 - 90 %
42. Mana pernyataan berikut ini yang paling tepat ?
- bintang deret utama bermassa besar lebih terang daripada yang bermassa rendah
 - bintang deret utama bermassa besar lebih biru daripada yang bermassa rendah
 - bintang deret utama bermassa besar mempunyai umur lebih panjang daripada yang bermassa rendah
 - jawaban a dan b benar
 - semuanya benar
43. Supernova tipe I adalah ...
- ledakan yang terjadi pada bintang super raksasa merah
 - ledakan yang menghancurkan katai putih pada pusatnya
 - ledakan yang dihasilkan pada saat pembentukan blackhole
 - jawaban b dan c
 - semuanya benar
44. Mana pernyataan berikut yang salah ?

- A. garis emisi 21 cm merupakan cara yang baik untuk mendeteksi lengan spiral galaksi bima sakti
 - B. Matahari terletak pada lengan Perseus galaksi bimasakti
 - C. Diameter galaksi bimasakti sekitar 100.000 tahun cahaya
 - D. Gerak orbit bintang dapat mendeteksi keberadaan materi gelap (dark matter)
 - E. Teori gelombang kerapatan (density wave) dapat digunakan untuk menjelaskan pembentukan lengan spiral galaksi bimasakti
45. Jarak galaksi dekat paling baik ditentukan dengan ...
- A. Radar
 - B. Paralaks
 - C. Variabel Cepheid
 - D. Supernova tipe I
 - E. Hukum Hubble
46. Mana pernyataan berikut yang mendukung teori Big Bang ?
- A. Radiasi latar belakang yang homogen dan isotropik
 - B. Validitas hukum Hubble
 - C. Langit malam gelap
 - D. Hanya a dan b
 - E. Semuanya
47. Bintang A mempunyai gerak sejati $0",48$ / tahun dan bintang B mempunyai gerak sejati $0",12$ / tahun, mana pernyataan berikut ini yang paling tepat ?
- A. Kecepatan radial bintang A 4 kali lebih besar daripada bintang B
 - B. Kecepatan radial bintang A 4 kali lebih kecil daripada bintang B
 - C. Bintang A dan B merupakan bintang ganda
 - D. Kecepatan radial kedua bintang tidak dapat dibandingkan dengan data yang ada
 - E. Gerak sejati kedua bintang tidak dapat dibandingkan dengan data yang ada
48. Jika konstanta Hubble menjadi 2 kali nilai semula , maka jarak quasar menjadi ...
- A. 4 kali semula
 - B. 2 kali semula
 - C. tetap
 - D. $\frac{1}{2}$ kali semula
49. Pernyataan berikut ini yang merupakan bukti pendukung Cygnus X-1 adalah Black Hole ...
- A. Massanya paling sedikit 7 massa matahari
 - B. Memancarkan sinar X
 - C. Event horizon-nya dapat teramati dengan HST
 - D. Jawaban a dan b
 - E. Semuanya
50. Mana di antara arah berikut ini yang pasti menunjuk ke utara ?
- A. Arah yang ditunjukkan oleh kompas

- B. Arah yang berlawanan dengan kutub selatan langit
 - C. Arah yang ditunjukkan oleh bintang Polaris
 - D. Jawaban b dan c
 - E. Semuanya
51. Dalam pengamatan Matahari, terlihat bahwa pinggiran piringan Matahari akan tampak ...
- A. Selalu lebih terang daripada bagian tengah
 - B. Selalu lebih redup daripada bagian tengah
 - C. Memiliki kecerlangan sama dengan bagian tengah
 - D. Terkadang lebih redup atau lebih terang
 - E. Lebih terang daripada bagian tengahnya pada daerah ekuator dan lebih redup pada daerah kutubnya
52. Perbandingan antara diameter dengan ketebalan galaksi bima sakti sekitar ...
- A. 10.000 : 1
 - B. 1.000 : 1
 - C. 100 : 1
 - D. 10 : 1
 - E. 1 : 1
53. Bintang A 6,2 kali lebih terang daripada bintang B, maka ...
- A. Magnitudo bintang A 2 kurangnya daripada magnitudo bintang B
 - B. Magnitudo bintang A 2 lebihnya daripada magnitudo bintang B
 - C. Magnitudo bintang A 4 kurangnya daripada magnitudo bintang B
 - D. Magnitudo bintang A 4,6 kurangnya daripada magnitudo bintang B
 - E. Magnitudo bintang A 4,6 lebihnya daripada magnitudo bintang B
54. Ketika kecepatan sebuah pesawat ruang angkasa menjadi dua kali kecepatan semula, maka gaya gravitasi matahari terhadap pesawat ini menjadi ...
- A. $\frac{1}{4}$ kali nilai semula
 - B. $\frac{1}{2}$ kali nilai semula
 - C. tetap
 - D. 2 kali nilai semula
 - E. 4 kali nilai semula
55. Trojan adalah objek ...
- A. satelit saturnus
 - B. keluarga komet periodik
 - C. nama sebuah meteorit
 - D. asteroid kelas tertentu
56. Pernyataan berikut yang benar tentang komet ...
- A. Hukum Kepler menunjukkan bahwa komet tidak mungkin menabrak Bumi
 - B. Tabel tentang komet yang akan mendekati Bumi sudah tertulis di almanak astronomi
 - C. Mayoritas komet berasal dari luar tata surya

- D. Orbit komet dapat ditentukan dengan mengamati gerakanya terhadap bintang latar belakang
57. Waktu yang terbaik untuk mengamati meteor adalah pada dini hari (sekitar dua jam sebelum matahari terbit). Alasan yang paling tepat untuk hal ini adalah ...
- Pada dini hari cahaya bulan sudah tidak mengganggu pengamatan meteor
 - Langit pada saat ini cukup jelas untuk menunjang pengamatan
 - Gerak orbit bumi sedemikian hingga untuk menambah kecepatan relatif bumi dan meteoroid
 - Gerak orbit bumi sedemikian hingga untuk mengurangi kecepatan relatif bumi dan meteoroid
58. Bukti yang ada mendukung hipotesis bahwa meteorit bahwa meteorit ...
- Objek langit yang kembali ke bumi setelah terlempar pada saat pembentukan awal bumi
 - Berasal dari planet Jupiter
 - Merupakan asteroid kecil
 - Merupakan sumber kehidupan di Bumi
59. Hampir semua komet periodik yang dikenal ...
- Memiliki jarak aphelion yang lebih besar dari 100 AU
 - Memiliki orbit progade
 - Memiliki orbit retrogade
 - Memiliki bidang orbit yang random
60. Jika Matahari tiba-tiba berhenti berotasi ...
- Orbit planet akan berubah secara signifikan
 - Orbit planet tidak akan mengalami perubahan
 - Pola cuaca di Bumi akan berubah
 - Pasang surut di Bumi akan menghilang
61. Jika ada 2 objek langit dengan massa berbeda yang mengitari Bumi dengan orbit lingkaran dan berjari-jari sama dari titik pusat Bumi. Maka kecepatan orbit kedua objek tersebut ...
- Berbanding lurus dengan perbandingan massanya
 - Identik
 - Berbanding terbalik dengan perbandingan massanya
 - Berbanding terbalik dengan perbandingan kuadrat massanya
62. Mana dari pernyataan berikut ini yang salah ?
- Semua planet berevolusi mengelilingi matahari pada arah yang sama
 - Dua dari planet mayor tidak memiliki satelit alamiah
 - Kecepatan orbit Pluto lebih kecil daripada kecepatan orbit Merkurius
 - Cincin Saturnus terdiri dari beberapa lapisan tipis, rigid, materi yang berputar mengelilingi planet dengan laju yang berbeda mengitari sumbu planet

63. Jika planet Mars melintasi meridian pengamat pada tengah malam lokal, maka posisinya pada saat itu terhadap bumi ...
- Kuadratur barat
 - Konjungsi
 - Kuadratur timur
 - Oposisi
64. Planet Venus selalu menjadi bintang senja ketika ...
- Asensorektanya lebih besar dari 12 jam
 - Asensorektanya kurang dari 12 jam
 - Pada saat elongansi timur
 - Pada saat elongansi barat
65. Interval waktu di antara dua musim gerhana adalah ...
- 12 bulan
 - 11 bulan
 - 6 bulan
 - 18,6 tahun
66. Diketahui kecepatan orbit bumi mengelilingi matahari adalah 30 km/s, maka jika ingin menembakkan pesawat ruang angkasa supaya menabrak matahari, pesawat harus diarahkan ...
- searah dengan gerak orbit bumi dengan kecepatan lepas 30 km/s
 - pada arah tegak lurus ke dalam orbit bumi dengan kecepatan lepas 30 km/s
 - pada arah berlawanan dengan gerak orbit bumi dengan kecepatan lepas 60 km/s
 - pada arah berlawanan dengan gerak orbit bumi dengan kecepatan lepas 30 km/s
67. Warna langit yang biru merupakan salah satu contoh fenomena ... yang terjadi di alam.
- Scaterring
 - Refraksi
 - Difraksi
 - Refleksi
 - Interferensi
68. Jika diamati dari bagian Bumi bagian selatan, sebuah bintang yang berada di sebelah utara ekuator langit akan nampak ...
- Circumpolar, tidak pernah terbenam
 - Terbenam 12 jam setelah terbit
 - Terbenam kurang dari 12 jam setelah terbit
 - Melintasi ekuator langit pada tengah malam
 - Terbit tegak lurus horizon
69. Seorang astronom mengamati 2 planet. Selama 1 tahun pengamatan, setidaknya ada beberapa malam dimana kedua planet nampak pada tengah malam. Planet A bergerak relatif terhadap bintang - bintang latar belakang dengan perubahan yang lebih besar daripada planet B.

- Diameter sudut planet A dan B sama. Pilihlah pernyataan yang paling tepat !
- A. Kedua planet memiliki radius yang sama
 - B. Planet A lebih besar dari planet B
 - C. Planet A lebih kecil dari planet B
 - D. Planet B mengorbit bintang yang lain
 - E. Planet A akan lepas dari gravitasi Matahari jika Matahari kehilangan massanya setelah menjadi raksasa merah
70. Sistem bintang ganda terdiri dari 2 buah bintang yang mengorbit satu sama lain. Misalkan kecerlangan kedua bintang sama dari Bumi. Bintang A nampak berwarna merah, bintang B biru. Mana pernyataan yang tepat ?
- A. Ukuran kedua bintang sama
 - B. Bintang yang merah lebih dekat jaraknya
 - C. Bintang yang lebih merah lebih jauh jaraknya
 - D. Bintang yang merah lebih besar
 - E. Bintang yang merah lebih kecil
71. Anda sedang mengamati open cluster muda pada piringan galaksi yang jauh. Resolusi teleskop Anda tidak cukup tinggi untuk mendapatkan spektrum bintang tunggal, tetapi hanya mampu mengamati spektrum total bintang-bintang dalam cluster. Maka spektrum yang diamati akan menyerupai ...
- A. Spektrum bintang deret utama yang bermassa besar (B star)
 - B. Spektrum bintang deret utama yang bermassa kecil (K star atau M star)
 - C. Spektrum globular cluster
 - D. Spektrum dark matter
72. Misalkan seorang profesor di bidang astronomi menyatakan bahwa dia baru menemukan bintang deret utama bertipe spektrum O di galaksi kita yang komposisi seluruh garis spektrumnya terdiri dari hidrogen dan helium. Maka tanggapanmu ...
- A. Tidak mempercayainya , karena bintang O memiliki waktu hidup pendek, dengan kata lain bintang muda yang tersusun dari material yang berasal dari bintang terdahulu berupa elemen yang lebih berat dari H dan He
 - B. Tidak mempercayainya, karena bintang O cukup masif untuk menghasilkan fusi dan He menjadi elemen yang lebih berat
 - C. Mempercayainya, karena jika bintang terbentuk setelah big Bang maka tidak akan mengandung elemen berat
 - D. Mempercayainya , karena bintang ini memiliki cadangan hidrogen yang sangat banyak sehingga belum habis
 - E. Mempercayainya, karena teleskop yang digunakan sudah memiliki teknologi yang canggih dan dapat memperoleh data yang sangat akurat

73. Manakah pernyataan di bawah ini yang paling tepat ?
- Jika suhu bintang tiba-tiba berkurang, maka dapat kita ketahui dari turunnya panjang gelombang maksimum yang dipancarkan bintang tersebut
 - Jika radius bintang menjadi 2 kali semula tetapi suhunya turun menjadi $\frac{1}{2}$ kali semula, maka luminositasnya akan menjadi 4 kali semula
 - Flux energi yang dipancarkan oleh bintang berbanding terbalik dengan kuadrat jarak (invers square law)
 - Jika magnitudo mutlak suatu bintang lebih besar daripada magnitudo semunya maka jaraknya pasti kurang dari 10 parsec.
 - Semakin besar sudut paralaks suatu bintang, semakin jauh jarak bintang tersebut dari kita

Bintang	M_v	m_v	Tipe spektrum	Kelas Luminositas
Canopus	-4,7	-0,7	F0	I
Wolf 359	16,7	13,5	M8	V
α Aqr	-3,8	3,0	G2	I
α Uma	-0,7	1,8	K0	III
λ Ser	4,4	4,4	G0	V

tabel untuk soal nomor 74

74. Bintang dengan radius terbesar adalah : ...
- Canopus
 - Wolf 359
 - α Aqr
 - α Uma
 - λ Ser
75. If two stars have the same size but different temperatures, then the hotter star will be...
- bluer and brighter.
 - redder and brighter.
 - bluer and fainter.
 - redder and fainter.
 - both (B) and (D) are possible
76. Refraksi atmosfer menyebabkan ...
- Tinggi semu bintang lebih kecil daripada tinggi sebenarnya
 - Posisi semu bintang lebih kiri daripada posisi sebenarnya
 - Posisi semu bintang lebih kanan daripada posisi sebenarnya
 - Tinggi semu bintang lebih besar daripada tinggi sebenarnya
 - Refraksi tidak mengubah tinggi bintang
77. Pilih pernyataan yang **benar**
- Jika Bulan hari ini terbit pukul 18:00, esok hari ia akan terbit pada waktu yang sama

- B. Di kutub Utara selama bulan Juli, Matahari tidak pernah terbenam
 - C. Pada setiap bulan baru akan selalu terjadi gerhana Matahari
 - D. Bagian Bumi sebelah selatan dalam bulan Desember mengalami musim dingin
 - E. Terjadi 4 musim di Bumi disebabkan oleh perputaran Bumi pada porosnya
78. Pilih pernyataan yang **benar**
- A. Pada saat terjadi gerhana Matahari, secara berurutan Matahari-Bumi-Bulan berada dalam satu garis lurus
 - B. Dalam revolusinya terhadap Matahari, Bumi bergerak paling cepat dalam orbitnya ketika berada pada titik paling dekat
 - C. Bintang-bintang dalam suatu rasi berjarak sama dari Bumi
 - D. Setiap hari Matahari selalu terbit dari titik yang sama yang disebut titik "Timur"
 - E. Bobot seseorang di Bumi akan sama kalau ia berada di Bulan
79. Pilih pernyataan yang **benar**
- A. Kawah di Bulan terjadi karena aktivitas vulkanik
 - B. Albedo adalah fraksi dari cahaya yang datang, yang dipantulkan sebuah planet
 - C. Jika sebuah bintang malam ini terbit jam 22:00, besok ia akan terbit pada waktu yang sama
 - D. Kita tidak selalu melihat muka yang sama dari Bulan dalam revolusinya mengelilingi Bumi. Kita menyimpulkan bahwa Bulan tidak berotasi
 - E. Supernova adalah bintang yang kadang-kadang memperlihatkan kenaikan cahaya yang tiba-tiba dan tidak terduga.
80. Pilih pernyataan yang **salah**
- A. Matahari sebenarnya termasuk bintang juga
 - B. Galaksi adalah kumpulan besar bintang dengan jumlah ratusan miliar bintang
 - C. Saturnus adalah satu-satunya planet anggota tata surya yang memiliki cincin
 - D. Yang termasuk planet dalam adalah Merkurius dan Venus
 - E. Gerhana Bulan terjadi pada saat Bulan sedang dalam fase purnama. Tetapi tidak pada setiap Bulan purnama terjadi gerhana Bulan.
81. Cluster X has a higher fraction of main-sequence stars than cluster Y. Which cluster is probably older?
- a. Cluster X is younger than cluster Y.
 - b. Cluster X is the same age as cluster Y.
 - c. Cluster X is older than cluster Y.
 - d. We do not have enough information to determine which cluster is older.
 - e. None of these.

82. In order to find the masses of stars in a binary system, you must know
- their orbital period
 - their separation from each other
 - their distances from the center of mass
 - all of the above
83. Imagine that you observed a binary star system face on, so that you are looking directly down on the orbital plane. What do you expect of the Doppler shift from this system?
- always show red shifts
 - always show blue shifts
 - alternate between red and blue shifts
 - show no Doppler shift at all
84. If galaxy B is 9 times as distant as galaxy A, the velocity of B will be _____ times as great as that of galaxy A.
- 3
 - 9
 - 1/3
 - 1/9.
85. In order to make a graph of Hubble's law, an astronomer needs to know
- the distances to galaxies
 - the recessional velocities of galaxies
 - the sizes of galaxies
 - both *a* and *b*
 - both *b* and *c*
86. What is the difference between the continuum and an absorption line?
- The presence of a continuum means that there can be no absorption lines.
 - Absorption lines represent energy added to continuum over a narrow band of wavelength.
 - The continuum represents energy added to absorption lines over a narrow band of wavelength.
 - Absorption lines represent diminution of continuum strength over a narrow band of wavelength.
 - None of these
87. Why might some stars appear double in blue light though they could not be resolved in red light?
- The eye is more sensitive to blue light.
 - The wavelength of blue light is shorter, so smaller angles can be resolved.
 - Photographic plates are more sensitive to blue light.
 - Photographic plates are more sensitive to red light.
 - None of the above

88. Why is it better for some purposes to use a medium-size telescope on a mountain instead of a telescope in space?
- It is easier to get to a telescope on a mountain than to one in space.
 - It is much less expensive to use a telescope on Earth than in space; very large and state-of-the-art equipment can usually only be used on Earth.
 - Telescopes on mountains are better than telescopes in space.
 - Telescopes in space cannot be pointed near the direction of the Sun.
 - None of the above.
89. If telescope A has a mirror twice the diameter of telescope B, its light gathering power will be ____ times that of B?
- 2
 - 4
 - 8
 - 16.
90. If telescope A has a light gathering power 4 times that of telescope B, how much farther into space can telescope A penetrate?
- 2
 - 4
 - 8
 - 16.
91. Why can radio astronomers observe during the day, while optical astronomers are (for the most part) limited to nighttime observing?
- The atmosphere absorbs optical but not radio radiation from the Sun.
 - The atmosphere emits optical but not radio radiation from the Sun.
 - The atmosphere scatters optical but not radio radiation from the Sun.
 - The atmosphere absorbs optical but not radio radiation from the stars.
 - None of the above.
92. A cluster with a main sequence turn-off at spectral type A2 is _____ a cluster with its turn-off at F2.
- younger than
 - older than
 - the same age as
 - more distant than
 - less distant than
93. Stars evolve because of changes in
- chemical composition of the core
 - luminosity of the star
 - mass of the star
 - chemical composition of the surface
 - surface temperature.
94. In order to determine the Sun's luminosity, we must know
- the size of the Sun
 - the size of the Earth

- c. the distance from the Earth to the Sun
 - d. the mass of the Sun
 - e. the amount of hydrogen in the Sun
95. The Sun's temperature can be determined if you find out
- a. the wavelength at which the Sun's spectrum is brightest
 - b. the Sun's luminosity and radius
 - c. which elements are producing lines in the solar spectrum
 - d. all of the above
 - e. none of the above
96. If a planet were abundant in refractory elements but had few volatile elements, what might be concluded about it?
- a. the planet was formed in a region of low temperature
 - b. The planet was formed in a region of high temperature
 - c. the planet was subjected to large temperature variations in a short time interval
 - d. no conclusions may be drawn.
97. A planet might be distinguishable from a star because
- a. stars twinkle whereas planets do not
 - b. planets twinkle whereas stars do not
 - c. planets appear to be large objects
 - d. stars appear to be further away
 - e. planets are always brighter than stars.
98. Which of the following planets can never be seen on the meridian at midnight?
- a. Venus
 - b. Mars
 - c. Ceres
 - d. Jupiter
 - e. Saturn.
99. We cannot tell merely by looking in the sky that stars in a given constellation are at different distances, while in a room we can easily tell that objects are at different distances from us. What is the difference between the two situations?
- a. Small parallax angles cannot be interpreted by our brain as a third dimension.
 - b. The stars are so far away that they do not exhibit parallax discernible by our eyes.
 - c. In a room, the separation of our eyes is large enough with respect to the distance to an object that we can see a parallax and translate it to a third dimension.
 - d. All of the above.
 - e. None of the above.
100. If you look toward the horizon, are the stars you see likely to be twinkling more or less than the stars overhead?

- a. The stars are likely to twinkle more overhead because we are looking straight through the atmosphere and are seeing through less air.
 - b. The stars are likely to twinkle more overhead because we are looking straight through the atmosphere and are seeing through more air.
 - c. The stars are likely to twinkle more near the horizon because we are looking obliquely through the atmosphere and are seeing through less air.
 - d. The stars are likely to twinkle less near the horizon because we are looking obliquely through the atmosphere and are seeing through more air.
 - e. None of the above.
101. If you lived on the Moon, would the motion of the planets appear any different than from Earth?
- a. The motion of the planets would not appear significantly different than on the Earth.
 - b. The planets would not appear to go around the Moon.
 - c. The planets would not appear to go around the Earth.
 - d. The planets would not appear to go around the Sun.
 - e. None of the above
102. If you were on the Moon during an eclipse of the Moon, which of the following phenomena would you observe?
- a. The Earth would eclipse the Sun.
 - b. The atmosphere of the Earth would appear reddish.
 - c. It would be dark all over the daylight side of the Moon.
 - d. All of these.
 - e. None of these.
103. You move to another planetary system that has 10 planets including your own. Four of them undergo retrograde motion at opposition. You are most likely on the ____ planet from your star.
- a. 4th
 - b. 1st
 - c. 10th
 - d. 6th
104. If you find that most of the stars at night are circumpolar, then you are
- a. near the equator
 - b. nearing summer solstice
 - c. half-way between one of the poles and the equator
 - d. near one of the poles
105. Some scientists have argued that if the Earth had been slightly closer to the Sun, it would have developed an atmosphere and surface conditions like Venus. Which of the following reasons would they give for an explanation.
- a. The surface of Venus is hot and being closer to the Sun would naturally make it hotter.

- b. If the Earth was closer to the Sun, then it would be too close for water to accrete and make it the "water planet."
- c. Being closer to the Sun, water on Earth would not condense, CO_2 could not dissolve and then form rocks, and the atmosphere would be dense and the surface hot.
- d. Being closer to the Sun should have no effect on the Earth and it could not turn out like Venus.
- e. None of the above.

106. A star has an observed parallax of 0.2 arc second. Another star has a parallax of 0.02 arc sec. How much farther away is it?

- a. 10 times.
- b. 100 times.
- c. 1000 times.
- d. 10000 times.
- e. none of these.

107. Two stars have the same apparent magnitude and are the same spectral type. One is twice as far away as the other. What is the relative size of the two stars?

- a. The nearer star is a fourth the size of the farther star.
- b. The nearer star is half the size of the farther star.
- c. The nearer star is twice the size of the farther star.
- d. The nearer star is a four times the size of the farther star.

108. The apparent visual magnitude of one star is three magnitudes greater than for another star. Therefore, the first star is approximately _____ than the second star?

- a. three times brighter
- b. three times fainter
- c. six times brighter
- d. 16 times brighter.
- e. 16 times fainter.

109. If on a certain day the Sun has an apparent visual magnitude of -26.5, while in the evening the moon has an apparent magnitude of -12.5, how much brighter did the Sun appear on that day?

- a. 10 times
- b. 100 times
- c. 1,000 times
- d. 10,000 times
- e. 1,000,000 times

110. If the spectrum of some object has spectral lines of helium and strong lines from metals, the object is probably

- a. nonexistent
- b. a star whose temperature varies with time
- c. a star with strong emission lines
- d. a binary star system.

111. Which of the following is not in itself useful for determining stellar temperature?
- spectral class
 - color index
 - absolute magnitude
 - degree of ionization
 - wavelength of maximum intensity of the underlying spectrum.
112. Luminous stars with low temperatures
- have small diameters compared with the Sun
 - have diameters comparable with that of the Sun
 - have large diameters compared with that of the Sun
 - are white dwarfs.
113. When we see the light from a distant galaxy, what kind of stars are we seeing mostly?
- Low mass stars.
 - Medium mass stars.
 - High mass stars.
 - Stars of all masses.
 - None of these.
114. The sun's spectrum peaks at 5600 \AA . What wavelength is the peak of a star whose temperature is twice that of the sun?
- 1867 \AA
 - 2800 \AA
 - 11200 \AA
 - 16800 \AA
 - None of these.
115. Compare Planck curves for stars of spectral types O, G, and M.
- The Planck curves for O stars are higher at all wavelengths and peak farther to the blue than do Planck curves for G stars; the relation of Planck curves for G stars and M stars is similar to that of O and G stars.
 - The Planck curves for O stars are lower at all wavelengths and peak farther to the red than do Planck curves for G stars; the relation of Planck curves for G stars and M stars is similar to that of O and G stars.
 - The Planck curves for O stars are higher at all wavelengths and peak farther to the blue than do Planck curves for G stars; the Planck curves for G stars are lower at all wavelengths and peak farther to the red than do Planck curves for M stars.
 - The Planck curves for O stars are lower at all wavelengths and peak farther to the red than do Planck curves for G stars; the Planck curves for G stars are higher at all wavelengths and peak farther to the blue than do Planck curves for M stars.
 - None of these.
116. What main factor determines the spectral type of a star?

- a. Core temperature.
 - b. Surface temperature.
 - c. Atmospheric composition.
 - d. Radius.
 - e. None of these.
117. What spectral types have the strongest hydrogen absorption lines?
- a. O
 - b. B and A.
 - c. F and G.
 - d. K and M.
 - e. None of these.
118. Why does the negative hydrogen atom have a continuous rather than a line spectrum?
- a. Because there are no discrete energy states for the negative hydrogen ion.
 - b. Because only one state involved in the transition is a discrete level; the other state is "free" and can have any energy.
 - c. Because all of the states of the negative hydrogen ion have undetermined energies.
 - d. Because the energy states of the negative hydrogen ion are degenerate.
 - e. None of these.
119. In order to determine the distance to a star in kilometers by heliocentric (trigonometric) parallax, an astronomer must know
- a. the Earth's diameter
 - b. the Earth-Sun distance
 - c. the Earth-Moon distance
 - d. the angle between the Sun and the star
120. Star A appears bluish white in color, while star B appears reddish in color
- a. star A is less luminous than star B
 - b. star A is hotter than star B
 - c. star A is more luminous than star B
 - d. star A is cooler than star B
121. The mass-luminosity relation for main-sequence stars tells you that
- a. the more massive stars are bigger
 - b. the more massive stars are more luminous
 - c. the less massive stars are more luminous
 - d. the less massive stars are smaller
122. In order to find a star's density, we need to know its
- a. mass
 - b. radius
 - c. luminosity
 - d. both a and b
 - e. both b and c

123. Which of the following statements is true?
- Mercury is larger and more massive than the Moon, but its density is less than the Moon's density.
 - Mercury is larger and more massive than the Moon, but its density is the same as the Moon's density.
 - Mercury is larger, more massive and denser than the Moon.
 - None of the statements is true.
124. If ice has an albedo of 70-80 percent, and basalt has an albedo of 5-20 percent, what can you say about the surface of Mercury?
- Mercury has an albedo of 6% and is, therefore, more likely to have a surface of basaltic composition and not one of ice.
 - Mercury has an albedo of 76% and is, therefore, more likely to have a surface of ice and not one of basalt.
 - Mercury has an albedo of 52% and is, therefore, likely to have a surface which is a mixture of basalt and ice.
 - Ice will melt on the surface of Mercury.
 - None of the above.
125. Cepheid variable stars are important to astronomy primarily because they allow us to determine stellar
- distance
 - mass
 - temperature
 - pulsation period
 - chemical composition.
126. Compared with the Sun, which one of the following statements is true?
- stars in the halo are deficient in heavy elements
 - stars in the galactic disk are deficient in heavy elements
 - stars in the nucleus have large amounts of heavy elements
 - all chemical elements are distributed more or less uniformly throughout all parts of the galaxy.
127. In order to determine the approximate mass of the inner Milky Way galaxy using Kepler's third law (as modified by Newton), an astronomer needs to know all except one of the following. Which is the exception?
- the gravitational constant, G
 - the mass of the Sun
 - the period of the Sun's revolution about the Milky Way galaxy
 - the distance from the Milky Way galaxy's center to the Sun
128. If you were traveling in space and approached within one of the following limits of a rotating black hole, from which one could you not escape?
- The photon sphere.
 - The ergosphere.
 - The event horizon.

- d. You cannot escape from any of them.
 - e. You can escape from all of them.
129. An argument against the evolution of galaxies from spiral to elliptical is the fact that
- a. both types of galaxies show current star formation
 - b. neither type of galaxy shows current star formation
 - c. both types of galaxies contain equally old stars (10^{10} years)
 - d. the oldest stars in elliptical galaxies are much older than the oldest stars in spiral galaxies
130. One reason astronomers have concluded that the intergalactic medium is hot is
- a. no visible-wavelength absorption lines are observed; this is explained by a hot ionized gas, since such a gas will not absorb
 - b. radio telescopes have observed strong emission between galaxies
 - c. the wavelength of maximum emission from the gas has been observed in the infrared
 - d. visible-wavelength absorption lines are observed; according to Kirchoff's laws these lines are caused by a high temperature gas.
 - e. none of the above; the evidence indicates the intergalactic medium is cold, not hot.
131. Planet Plugie has a 2.00 earth day prograde rotational (sidereal) period and a 8.00 earth day orbital period about its star, Strugie. What is the length of a "Strugie day" - i.e., local noon to local noon - on Plugie?
- A. 0.375 earth days
 - B. earth days
 - C. earth days
 - D. 6.00 earth days
 - E. earth days
132. Massive stars remain on the main sequence...
- a) longer than less massive stars because they have more fuel
 - b) for shorter times than less massive stars, because they use up fuel faster
 - c) about the same lengths of time as less massive stars
 - d) for lengths of time that are unpredictable
 - e) massive stars are giants, so not on the main sequence
133. When we observe distant galaxies within reach of our telescopes we are also...
- a) observing the beginning of the universe
 - b) observing the edge of the universe
 - c) looking backwards in time
 - d) looking forward in time
 - e) none of a--d

134. The further away a galaxy is, the more its light is redshifted, as seen by us on the Earth. This relationship between redshift and distance is caused by...
- A) the Doppler shift of light leaving a moving object. More distant galaxies are moving faster through space, so their light is more strongly Doppler-shifted (redshifted).
 - B) energy losses. The universe does not really expand; photons simply lose energy (wavelength lengthens) as they travel. Photons from more distant galaxies have traveled further and so are more redshifted.
 - C) the expansion of space itself, which stretches the wavelength of the photon. The longer the time that the photon has traveled, the more space has expanded and therefore the more the photon has been redshifted.
 - D) the gravitational redshift. Photons leaving a more distant galaxy have traveled further through the galaxy's gravitational field, so they have lost more energy and are more redshifted.
135. At what point in its evolution will a protostar stop shrinking and stabilize into a star?
- A) When nuclear processes generate enough energy and internal pressure to resist gravitational contraction.
 - B) When gravitational contraction has heated up the gas to the point where radiation pressure opposes gravity for the first time.
 - C) When it has spun off enough of its matter and is spinning fast enough that centrifugal force opposes the gravitational contraction.
 - D) When nuclear reactions end in its core.
136. When a star leaves the main sequence and expands toward the red giant region, what is happening inside the star?
- A) Helium burning is taking place in a spherical shell just outside the core; the core itself is almost pure carbon and oxygen.
 - B) Hydrogen burning is taking place in a spherical shell just outside the core; the core itself is almost pure helium.
 - C) Hydrogen burning is taking place in a spherical shell just outside the core; the core has not yet started thermonuclear reactions, and is still mostly hydrogen.
 - D) Helium is being converted into carbon and oxygen in the core.
137. The definition of a main-sequence star is one...
- A) with a surface temperature equal to that of the Sun.
 - B) in which nuclear fusion reactions generate sufficient energy to oppose further condensation of the star.
 - C) whose age after birth is about 1 million years.
 - D) with a luminosity precisely equal to that of the Sun
138. Which of the following statements regarding the masses and lifetimes of stars is true?

- a. Low-mass stars burn up their nuclear fuel at a much higher rate than massive stars.
 - b. Massive stars burn up their nuclear fuel at a much higher rate than low-mass stars.
 - c. All stars burn their nuclear fuel at the same rate.
 - d. Low-mass stars have hotter cores because there is less gravity to inhibit fusion.
 - e. The increased gravity of high-mass stars tends to dampen fusion in their cores.
139. A star that is 10 parsecs from the Sun would, if moved to a distance of 40 parsecs, be ...
- a. 4 times brighter.
 - b. 4 magnitudes brighter.
 - c. 4 times fainter.
 - d. 16 times brighter.
 - e. 16 times fainter
140. Why do all stars spend most of their lives on the main sequence?
- a. because the neutrinos created inside the Sun do not carry any energy away with them
 - b. because during this stage the star contracts from enormous size to a relatively small ball; this takes a long time
 - c. because the fuel for energy production in this stage of the star's life is hydrogen; and that is an element every star has lots and lots of
 - d. because in this stage, the processes inside the star do not generate any energy; thus the star can continue in this stage indefinitely
 - e. this is an unsolved problem in astronomy, which is an important project for the world's largest telescopes to work on
141. Consider a cloud of (cool) gas between a star and an observer to be moving away from a source of continuous radiation (and towards the observer). Suppose the atoms in the gas have two energy levels separated by an energy corresponding to 5000 Angstroms. The observer will see a spectrum with absorption at a wavelength ...
- a. less than 5000 Angstroms.
 - b. equal to 5000 Angstroms.
 - c. greater than 5000 Angstroms.
 - d. no absorption will take place.
142. Star A is radiating two times as much energy as Star B, but it is two times the distance from us. Which star will appear brighter, and by how much?
- a. Star A will be 2 times brighter
 - b. Star B will be 2 times brighter
 - c. Star A will be 4 times brighter

- d. Star B will be 4 times brighter
 - e. they will both have the same observed brightness
143. If Star A is hotter than Star B, and Star A is emitting most of its light at a wavelength corresponding to yellow light, which of the following statements is true?
- a. Star B will emit most of its light at a wavelength longer than yellow
 - b. Star B will emit most of its light at a wavelength shorter than yellow
 - c. Star B will emit most of its light at the same wavelength as Star A
 - d. more information is required to answer this question
144. A and Star B have the same parallax. If the apparent magnitude of Star A is 2 and the apparent magnitude of Star B is 3, then
- A. Star A appears fainter than Star B.
 - B. Star A is less luminous than Star B.
 - C. Star A is more luminous than Star B.
 - D. Star A is closer than Star B.
 - E. Star A is farther than Star B.
145. The star Alderamin has an apparent magnitude of 2.4 and an absolute magnitude of 1.4. From this information (assuming that the starlight has not been dimmed by interstellar clouds) we can say for sure that
- A) Alderamin is less than 10 parsecs away.
 - B) Alderamin is less than 10 light-years away.
 - C) Alderamin is more than 10 light-years away.
 - D) Alderamin is more than 10 parsecs away
146. Imagine standing at the Earth's South Pole for a 24 hour period in *late December* (not a particularly pleasant prospect!). How would the position of the Sun change during that period?
- A) The Sun would never rise above the horizon
 - B) The Sun would turn around the sky, always about 23° above the horizon
 - C) The Sun would rise for a short period of time, remaining very close to the horizon
 - D) The Sun would be up for about 12 hours, reaching a maximum elevation of about 23°
 - E) The Sun would not appear to move at all in the sky
147. Which of the following statements correctly describes the rotation of our galaxy?
- A. The disk rotates like a solid object (objects at all distances take the same time to complete an orbit), and the halo objects have random orbits with no net rotation of the halo about the center of the galaxy.

- B. Objects in the disk have random orbits with no net rotation of the disk about the center of the galaxy, and the halo rotates differentially (objects further from the center take longer to complete an orbit than objects closer to the center).
 - C. The disk rotates differentially (objects further from the center take longer to complete an orbit than objects closer to the center), and the halo objects have random orbits with no net rotation of the halo about the center of the galaxy.
 - D. The disk rotates differentially (objects further from the center take longer to complete an orbit than objects closer to the center), and the halo rotates differentially (objects further from the center take longer to complete an orbit than objects closer to the center) of objects?
148. What is the relation between the apparent magnitude of a star and its color?
- A the apparent magnitude of a star is a direct indicator of its color.
 - B the apparent magnitude of a star is not an indicator of its color.
 - C the answer depends on what time of night the star is observed.
 - D the relationship is not fully known.
149. The magnification of a given telescope can be changed
- A by putting a shade on the objective to change its effective diameter.
 - B only by changing the objective lens or mirror.
 - C by reducing resolving power.
 - D by using spectroscopy selectively.
 - E by changing eyepieces
150. Imagine you observe the red shifts of two galaxies, galaxy a at 15,000 km/sec and galaxy b at 60,000 km/sec. you can conclude that
- A galaxy a is twice as far away as galaxy b.
 - B galaxy b is twice as far away as galaxy a.
 - C galaxy a is four times as far away as galaxy b.
 - D galaxy b is four times as far away as galaxy a

Esai

1. Jika alam semesta ini dianggap berbentuk bola dan radius yang bisa diamati adalah 15 milyar tahun cahaya. Apabila jarak rata-rata antar galaksi adalah 2 juta tahun cahaya, berapa jumlah galaksi yang mengisi alam semesta yang diamati tersebut ?
2. Para Astronom menemukan di seluruh galaksi Bimasakti terdapat 220 buah sisa Supernova (SN). Diketahui bahwa di Bimasakti setiap abad terjadi 2 SN. Berapa umur galaksi Bimasakti berdasarkan sisa SN yang ditemukan? Apabila umur galaksi Bimasakti adalah 10 milyar tahun, berapakah seharusnya sisa SN yang bisa ditemukan? Menurut anda berapa sisa SN yang belum ditemukan?

3. Seseorang akan merayakan ulang tahunnya ke-20 di atas sebuah kapal pesiar yang akan melintasi garis tanggal internasional. Andaikan saat itu tanggal 8 Agustus pukul 23:36, dan kapal berada pada zona -12 (bujur $180^{\circ} \pm 7,5'$). Perhatikan bahwa orang tersebut dapat merayakan ulang tahunnya yang ke-20 sebanyak dua kali bila dia melintas garis tanggal internasional!
4. Pada tanggal 8 Juni 2004 terjadi peristiwa transit planet Venus. Periode orbit Bumi adalah 365 hari dan periode orbit Venus adalah 225 hari. Jika orbit Bumi dan orbit Venus tepat sebidang dan berbentuk lingkaran sempurna, maka peristiwa transit Venus akan terjadi secara tepat periodik. Berdasarkan asumsi di atas turunkanlah rumus umum untuk menentukan periode terjadinya transit Venus, kemudian hitunglah kapan terjadi transit yang berikutnya!
5. Apabila Bulan diletakkan pada jarak 10 kali lebih jauh dari jarak sekarang, apakah gerhana Bulan total dan gerhana Matahari total masih akan terjadi? Jelaskan! Diketahui jarak rata-rata Bumi-Bulan 384.400 km, jarak rata-rata Bumi-Matahari 150 juta km, jari-jari Bumi 6.400 km, jari-jari Matahari 700.000 km, dan jari-jari Bulan 1.740 km.
6. Sebuah kapal yang sedang dalam perjalanan dari Jakarta ke Kobe, Jepang, mengalami kecelakaan pada tanggal 19 Desember 2020 dan karam. Seorang awak kapal yang berhasil menyelamatkan diri dengan menggunakan sekoci, setelah 3 hari terombang ambing di laut, terdampar di sebuah pulau kecil kosong. Kemudian ia berusaha meminta bantuan dengan menggunakan telepon genggam satelit. Agar penyelamatan dapat berhasil dengan cepat, awak kapal itu perlu menyampaikan koordinat tempat ia berada saat itu. Untuk itu ia menancapkan dayung sekoci di pasir pantai yang datar, kemudian mengamati panjang bayangannya. Setiap beberapa menit ia memberi tanda ujung bayangan dayung di permukaan tanah dan mencatat waktu dibuatnya tanda itu dari arlojinya yang masih menggunakan Waktu Indonesia Barat (WIB). Ternyata panjang bayangan terpendek sama dengan panjang bagian dayung yang berada di atas tanah dan keadaan bayangan terpendek itu terjadi pada pukul 10.30. Tentukanlah koordinat geografis tempat awak itu terdampar!
7. Bayangan sebuah tugu setinggi 5 m yang terletak di kota Pontianak diamati pada tanggal 21 Maret 2004 jam 8 pagi. Hitunglah kecepatan gerak bayangan ujung tugu yang jatuh di tanah saat itu karena gerak semu Matahari. Jawaban boleh menggunakan pendekatan.
8. Bumi mengelilingi Matahari dengan periode 365,25 hari. Makhluk angkasa luar yang tinggal di tata surya lain mengamati gerak Bumi mengelilingi Matahari. Jika tata surya lain tersebut bergerak menjauhi Matahari dengan kecepatan tetap 2000 km/detik.
 - a. Jelaskan dengan gambar mengapa menurut makhluk angkasa luar tersebut periode orbit Bumi tidak 365,25 hari!

- b. berapa harikah periode orbit Bumi yang teramati oleh mahluk angkasa luar tersebut ?
9. Suppose you are an astronaut taking a space walk to fix your spacecraft with a hammer. Your life-line breaks and the jets on your backpack are out of fuel. How would you return to your craft safely (without the help of someone else!) ?
10. Let's assume you discover a new star and you measure an apparent visual magnitude of 7.66, a color index of (B-V) of 2.2, a parallax of 0.26 arcsec and a recessional velocity of 50 km/sec (it moves away from us with 50 km/sec). The spectrum reveals that it is a M0 V star.
- What is its distance in km?
 - What is its distance modulus?
 - What is its redshift?
 - Assuming that there is interstellar extinction of 1 magnitude, what is its absolute magnitude?
 - What fraction of the flux is blocked from the star?
 - What color index do you expect this star to have? How does it differ from the measured color index and why?
 - Estimate the temperature of that star. Explain how you arrive at your answer.
 - Calculate the diameter of that star in solar units

Sumber :

1. Bahan pelatihan olimpiade astronomi tingkat nasional dan internasional
2. Internet
3. Microsoft Encarta
4. Starry night pro 4.5

Penulis :

Hans Gunawan

Dibantu oleh : Ivan Hadinata

© 2005 - 2006

Untuk kalangan sendiri

SMAK I BPK Penabur

*Astronomy Club
SMAK I BPK Penabur Jakarta*