

## SOLUSI & PEMBAHASAN SOAL OLIMPADE ASTRONOMI NASIONAL 2011

Typed and Solved by Mariano N.

Mohon saya dikontak jika ada yang perlu direvisi

[mariano.nathanael@gmail.com](mailto:mariano.nathanael@gmail.com)

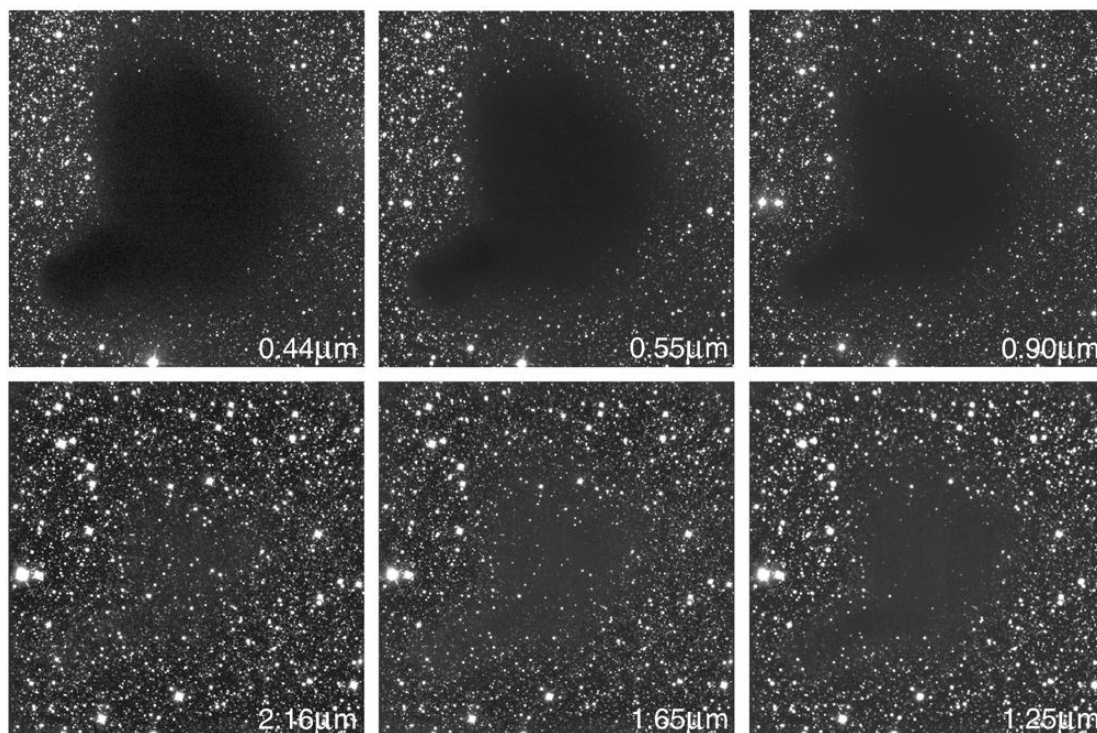
<http://soal-olim-astro.blogspot.com>

### SOAL MULTIPLE CHOICE

1. Cahaya apakah yang tampak dari bintang-bintang yang berada di belakang nebula gelap (*dark nebula*)?
  - a. Infra merah
  - b. Cahaya biru
  - c. Radio
  - d. Ultraviolet
  - e. Cahaya gelap

JAWAB : A

Nebula gelap artinya tidak ada bintang yang terlihat di balik nebula ini melalui teleskop optik. Tetapi jika menggunakan filter inframerah, baru mulai tampak bintang-bintang yang tertutup oleh nebula gelap ini. Sebagai contoh, nebula yang disebut Barnard 68 pada foto dari ESO di bawah ini :



The Dark Cloud B68 at Different Wavelengths (NTT + SOFI)

ESO PR Photo 29b/99 ( 2 July 1999 )

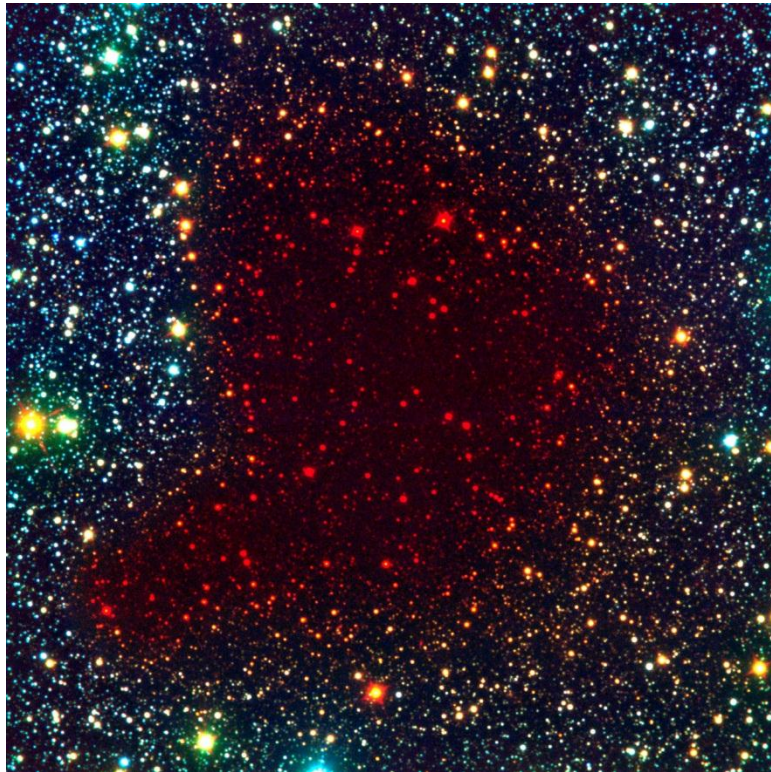
© European Southern Observatory



Nebula ini diambil dari beberapa panjang gelombang. Pada panjang gelombang tampak, yaitu sekitar  $0,4 < \lambda < 0,7 \mu\text{m}$  (ada 2 foto), nebula ini tampak gelap tanpa satupun cahaya bintang di belakangnya. Tetapi pada panjang gelombang inframerah ( $\lambda > 0,7\mu\text{m}$ ), cahaya

<http://soal-olim-astro.blogspot.com>

bintang-bintang di belakangnya mulai terkuak, sehingga ketika foto-foto tersebut digabungkan diperoleh gambar foto nebula Barnard 68 seperti di bawah ini (kredit : ESO) – Warna yang tampak di sebut *false colour* (bukan warna sebenarnya).



2. Ketika protobintang menjadi bintang deret utama, darimanakah energinya berasal?
  - a. Reaksi fusi Hidrogen
  - b. Kontraksi gravitasi
  - c. Aliran konveksi
  - d. Gelombang kejut dari supernova
  - e. Reaksi fisi hidrogen

JAWAB : A

Sumber energi bintang sesuai tahapan evolusinya :

1) Protobintang

Energi berasal dari kontraksi/pengerutan gravitasi (dijelaskan melalui teorema virial). Jika massa protobintang  $< 0,075M_{\odot}$ , maka tidak akan berlanjut menjadi bintang deret utama, tetapi akan pelan-pelan mendingin, disebut katai coklat.

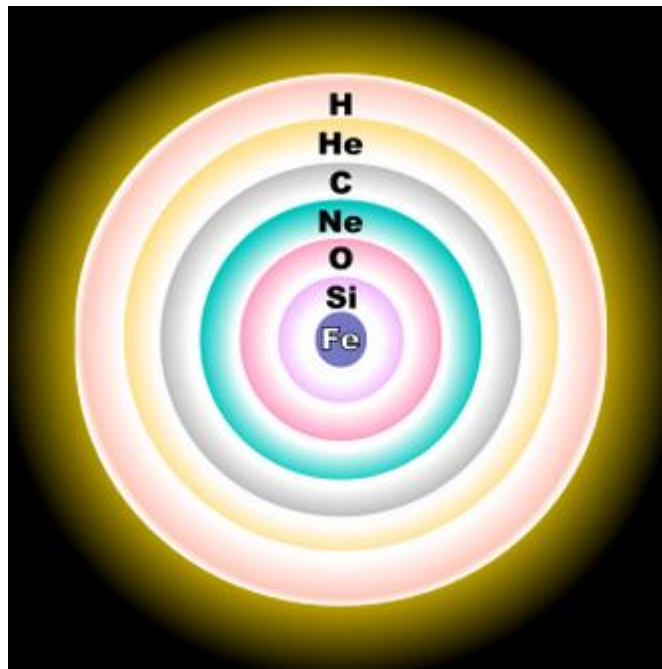
2) Bintang deret utama

Sumber energi berasal dari reaksi fusi (atau reaksi proton-proton), yang menggabungkan 4 hidrogen menjadi Helium dan terjadi di pusat/inti bintang

3) Bintang evolusi lanjut :

⇒ Untuk bintang bermassa kecil ( $M < 0,5M_{\odot}$ ) – disebut katai merah, setelah hidrogen di pusat bintang habis maka akan mendingin secara perlahan-lahan (dalam orde miliaran tahun) karena tidak lagi mempunyai sumber energi dan setelah mati (dalam orde triliunan tahun kemudian) menjadi katai gelap

- ⇒ Bintang bermassa dibawah  $6 M_{\odot}$  akan mengalami pembakaran Helium di pusatnya (di kulit pusat tetap terjadi pembakaran Hidrogen), tetapi tidak sanggup membakar karbon atau oksigen, akan berubah menjadi bintang yang tidak stabil, mengalami denyutan yang sangat kuat yang melontarkan massa bintang itu dan menyingkapkan intinya yang panas, yang disebut katai putih. Pelontaran massa teramati sebagai planetary nebula dengan bintang katai putih berada di tengahnya. Bintang katai putih akan memancarkan radiasinya selama milyaran tahun lalu menjadi katai gelap.
- ⇒ Bintang bermassa diantara  $6 M_{\odot}$  -  $10 M_{\odot}$  akan mengalami pembakaran Karbon yang sangat eksplosif sehingga bintang akan meledak dan menjadi hancur berantakan.
- ⇒ Bintang bermassa diatas  $10 M_{\odot}$  akan mencapai inti besi di pusatnya dan lapisan-lapisan dari unsur-unsur yang tetap mengalami reaksi fusi di bagian atasnya sehingga menjadi seperti lapisan bawang - perhatikan gambar di bawah dari Wikipedia - (Besi, Silikon, Oksigen, Neon, Carbon, Helium, Hidrogen).



- ⇒ Inti besi ini tidak akan terbakar, tetapi mengalami reaksi fisi, berubah menjadi inti Helium yang reaksinya menyerap energi. Hal ini akan menyebabkan ledakan yang maha dahsyat karena tekanan di pusat menjadi hilang dan kulit-kulit inti semua runtuh ke dalam inti yang suhunya sangat tinggi sehingga reaksi inti yang harus terjadi dalam puluhan juta tahun dipercepat sehingga terjadi hanya dalam orde detik dan ini menghasilkan ledakan sangat dahsyat (disebut supernova tipe II) dan inti bintang yang masih tersisa akan menjadi pulsar atau bintang neutron. Jika setelah ledakan, bintang masih bermassa  $3 M_{\odot}$  menurut perhitungan akan berubah menjadi *black hole*.
  - ⇒ Pada soal yang ditanyakan adalah sumber energi pada saat protobintang menjadi bintang deret utama, artinya sumber energi bintang deret utama, yaitu fusi hidrogen
3. Periode bintang ganda WDS 04403-5857 adalah  $P = 360,36$  tahun dan setengah sumbu panjang orbitnya  $a = 3,051$  detik busur. Apabila jumlah massa bintang primer dan sekunder 1,46 massa Matahari, berapakah jarak bintang tersebut?
- a. 12 parsek
  - b. 19 parsek
  - c. 36 parsek



- d. 123 parsek
- e. 35 parsek

JAWAB : B

Gunakan Hukum Kepler 3 yang dimodifikasi untuk bintang ganda :

$$\left(\frac{\alpha}{p}\right)^3 = (M_1 + M_2) \cdot T^2$$

$\alpha$  = sudut setengah sumbu panjang orbit (dalam detik busur),  $p$  = sudut paralaks (dalam detik busur),  $M_1$  dan  $M_2$  = massa kedua bintang (dalam massa Matahari),  $T$  = periode orbit (dalam tahun).

Jadi masukkan nilai-nilai yang diketahui :

$$\left(\frac{3,051}{p}\right)^3 = (1,46) \cdot (360,36)^2$$

$$p = 0,0531''$$

Rumus paralaks :

$$d = \frac{1}{p} = \frac{1}{0,0531} = 18,829 \text{ Pc}$$

4. Ketika sebuah protobintang menjadi bintang deret utama, ukuran dan temperaturnya masing-masing akan
  - a. Menurun
  - b. Bertambah dan menurun
  - c. Tidak berubah
  - d. Menurun dan bertambah
  - e. Bertambah

JAWAB : D

Untuk dapat mencapai bintang deret utama, maka suhu bintang (terutama suhu pusatnya) harus terus meningkat sehingga mencapai persyaratan untuk membakar hidrogen, yaitu suhu di pusat sekitar 16 juta Kelvin dan tekanan mencapai 71 juta atm.

Peningkatan suhu ini dapat dicapai dari pengerutan gravitasi atau bintangnya mengerut, jadi dibandingkan kondisi awal protobintang, kondisi setelah mencapai deret utama adalah suhunya meningkat tetapi ukurannya mengecil.

5. Yang menyebabkan warna merah pada nebula emisi adalah
  - a. Gelombang kejut dari supernova yang berada di dekatnya
  - b. Cahaya bintang yang dihamburkan
  - c. Elektron dari nebula emisi yang bergerak ke tingkat energi yang lebih rendah
  - d. Cahaya bintang yang terhalangi oleh awan gas dan debu

e. Ledakan bintang yang sedang mengakhiri hidupnya sebagai planetary nebula

JAWAB : C

Nebula Emisi adalah nebula yang memancarkan cahaya sendiri. Hal ini disebabkan karena di dekatnya ada bintang-bintang yang panas atau bintang yang baru lahir. Jenis bintang tersebut sanggup untuk mengionisasi gas hidrogen yang ada di sekitarnya sehingga terionisasi dan membentuk daerah yang disebut daerah H II (H II artinya hidrogen yang terionisasi).

Secara kimia, unsur terbesar dari daerah H II adalah atom hidrogen yang mencapai 90%. Atom hidrogen dapat mengemisikan gelombang elektromagnetik yang berasal dari pancaran foton jika elektron pindah kulit dari kulit luar ke kulit dalam (atau pindah dari tingkat energi lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah).

Ada empat warna dalam panjang gelombang tampak yang dapat dipancarkan atom hidrogen, yaitu : (dikenal dengan deret Balmer)

- 1) Panjang gelombang 410,2 nm yang berwarna ungu, disebabkan perpindahan elektron dari kulit ke-6 ke kulit ke-2
- 2) Panjang gelombang 434,1 nm yang berwarna biru, disebabkan perpindahan elektron dari kulit ke-5 ke kulit ke-2
- 3) Panjang gelombang 486,1 nm yang berwarna cyan, disebabkan perpindahan elektron dari kulit ke-4 ke kulit ke-2
- 4) Panjang gelombang 656,3 nm yang berwarna merah, disebabkan perpindahan elektron dari kulit ke-3 ke kulit ke-2

Dari keempat warna tersebut, warna merah adalah yang paling kuat dipancarkan sehingga karakteristik utama dari nebula emisi dalam daerah H II adalah warnanya yang merah

6. Pada tanggal 31 Juli 2011, banyak orang berusaha mengamati hilal (*thin waxing crescent*). Hilal adalah penampakan pertama sabit bulan setelah bulan baru. Waktu konjungsi Bulan adalah tanggal 31 Juli 2011 jam 01:39 WIB. Pengamatan dilakukan setelah Matahari terbenam. Jika diketahui bahwa koordinat Matahari pada jam 00 UT tanggal tersebut adalah  $\alpha = 8\text{jam } 38\text{menit}$ ;  $\delta = +18^{\circ} 28'$  dan koordinat Bulan  $\alpha = 8\text{jam } 31\text{menit}$ ;  $\delta = +15^{\circ} 16'$ , lokasi mana yang lebih besar kemungkinan untuk bisa berhasil mengamati hilal, Bangkalan (Madura) atau Banda Aceh? (anggap kondisi atmosfer di kedua lokasi sama cerahnya, sama-sama melihat Matahari terbenam di pantai, koordinat geografis Banda Aceh ( $95^{\circ} 19' \text{ BT}$  ;  $5^{\circ} 33' \text{ LU}$  dan Bangkalan:  $112^{\circ} 47' \text{ BT}$  ;  $6^{\circ} 59' \text{ LS}$ )

- a. Banda Aceh, karena di Bangkalan Matahari terbenam lebih awal sehingga jarak sudut Matahari-Bulan lebih besar di Banda Aceh dibandingkan Bangkalan
- b. Banda Aceh, karena Banda Aceh berada di belahan Bumi Utara, Matahari dan Bulan juga di belahan langit Utara
- c. Bangkalan, karena Bangkalan berada di belahan Bumi Selatan dan lebih timur daripada Banda Aceh
- d. Bangkalan, karena pada saat Matahari terbenam, sudut yang dibentuk arah Bulan-Matahari dengan horizon lebih tegak di Bangkalan daripada di Banda Aceh

- e. Sama baiknya, posisi Bulan sama tingginya pada waktu Matahari terbenam, hanya beda waktu terbenamnya saja

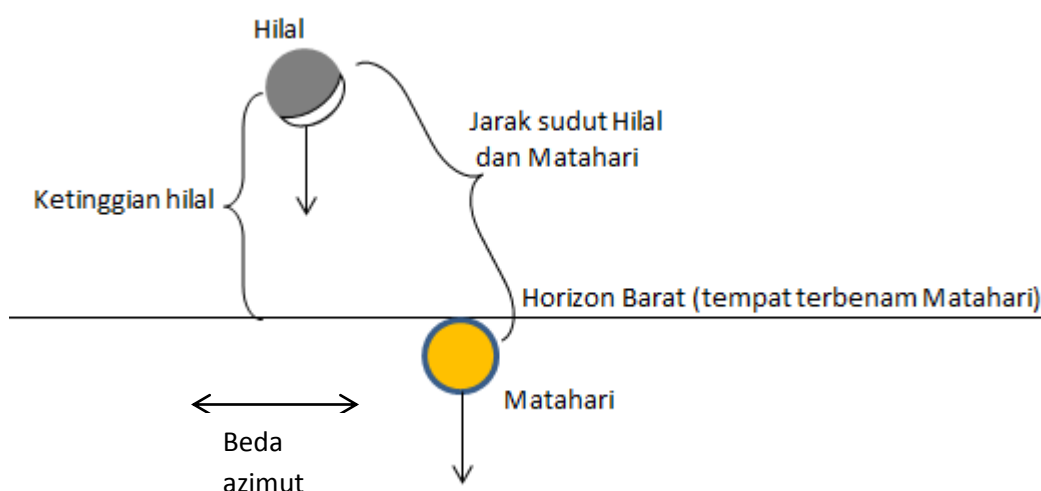
JAWAB : A

⇒ Soal ini bisa kita kerjakan tanpa harus menghitung, terapkan saja prinsip-prinsip :

- Pergerakan Matahari dan Bulan di langit
- Posisi Matahari dan Bulan pada saat Bulan Baru
- Persyaratan untuk dapat melihat hilal
- Lokasi di permukaan Bumi dalam hubungannya dengan terbenamnya Matahari

⇒ Di langit, Matahari dan Bulan bergerak dari Timur ke Barat, tetapi Matahari bergerak lebih cepat dari Bulan, sehingga jika keduanya berimpit (saat gerhana Matahari), maka terlihat Matahari bergerak 'meninggalkan' Bulan atau keduanya terlihat akan saling menjauh

⇒ Bulan Baru adalah posisi Matahari, Bumi dan Bulan segaris (sebenarnya tidak tepat segaris karena ada inklinasi Bulan), lebih tepatnya memiliki bujur ekliptika yang sama. Bisa juga dikatakan Bulan Baru adalah saat jarak Bulan ke Matahari yang paling dekat sehingga keduanya terlihat bergerak bersama di langit di siang hari, tetapi karena Matahari bergerak lebih cepat, maka Matahari akan terbenam lebih dulu lalu disusul oleh Bulan beberapa saat kemudian (karena posisinya dekat). Perhatikan gambar di bawah ini :



- ⇒ Hilal adalah sabit bulan yang terlihat setelah Bulan Baru dan menjadi penanda bergantinya bulan pada sistem penanggalan Komariyah. Jika sabit bulan terlihat sebelum bulan terbenam, maka malam itu masuk pada tanggal 1 di bulan yang baru
- ⇒ Sabit hilal ini masih sangat tipis, sehingga untuk melihatnya harus terjadi ketika matahari tepat terbenam sampai sekitar senja nautikal
- ⇒ Persyaratan yang harus dipenuhi untuk dapat melihat hilal (disebut : visibilitas hilal) menurut perhitungan astronomis yaitu :
- 1) Ketinggian Bulan harus diatas ketinggian kritis yang tertentu pada saat Matahari terbenam
  - 2) Jarak sudut Bulan dan Matahari harus lebih besar dari jarak kritis tertentu
  - 3) Beda azimuth Bulan dan Matahari harus lebih besar dari jarak kritis tertentu

- ⇒ Persyaratan di atas memiliki nilai yang berbeda-beda tergantung yang menentukan persyaratannya, contoh :
- 1) Danjon (1932, 1936, di dalam Schaefer, 1991) menyatakan hilal akan terlihat dengan mata telanjang jika jarak sudut Bulan dan Matahari lebih besar dari  $7^{\circ}$  (disebut limit Danjon).
  - 2) Ilyas (1988) memberikan persyaratan visibilitas hilal dengan beda tinggi minimal  $4^{\circ}$  untuk beda azimut yang besar dan  $10,4^{\circ}$  untuk beda azimut  $0^{\circ}$ .
  - 3) Caldwell dan Laney (2001) memisahkan pengamatan mata telanjang dan yang memakai bantuan alat optik. Kriterianya adalah minimum tinggi  $4^{\circ}$  untuk semua cara pengamatan pada beda azimut yang besar dan beda tinggi  $6,5^{\circ}$  untuk beda azimut  $0^{\circ}$  untuk pengamatan dengan alat optik
  - 4) Kriteria Wujudul Hilal memiliki persyaratan bahwa Ijtima (Konjungsi /Bulan Baru) telah terjadi sebelum Matahari terbenam dan Bulan terbenam setelah Matahari terbenam
  - 5) Imkanur Rukyat MABIMS (Musyawarah Menteri-Menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia dan Singapura) memberi persyaratan :
    - ➔ Pada saat Matahari terbenam, ketinggian Bulan di atas cakrawala minimum  $2^{\circ}$  dan sudut antara Bulan dan Matahari minimum  $3^{\circ}$ , atau
    - ➔ Pada saat Bulan terbenam, usia Bulan minimum 8 jam dihitung dari konjungsi
  - 6) Kriteria IICP (*International Islamic Calendar Programme*)
    - ➔ Ketinggian hilal minimal  $4^{\circ}$  dengan syarat beda azimut lebih besar dari  $45^{\circ}$  dan Ketinggian hilal minimal  $10,5^{\circ}$  dengan syarat beda azimut  $0^{\circ}$ .
    - ➔ Hilal dapat diamati jika waktu terbenamnya minimal 40 menit lebih lambat daripada matahari (di lintang rendah). Untuk lintang tinggi lebih besar lagi.
    - ➔ Umur hilal lebih dari 16 jam untuk pengamat di daerah tropis dan lebih dari 20 jam untuk pengamat di lintang tinggi
  - 7) Kriteria LAPAN, oleh Thomas Djamaluddin (2000) yang meneliti data hilal di Indonesia sejak tahun 1962-1997 memberikan kriteria :
    - ➔ Umur hilal lebih besar dari 8 jam
    - ➔ Jarak sudut Bulan dan Matahari lebih besar dari  $5,6^{\circ}$
    - ➔ Beda tinggi lebih besar dari  $3^{\circ}$  (tinggi hilal  $2^{\circ}$ ) untuk beda azimuth sekitar  $6^{\circ}$ , tetapi jika lebih kecil dari  $6^{\circ}$ , perlu beda tinggi yang lebih besar lagi
    - ➔ Untuk beda azimut  $0^{\circ}$ , beda tingginya harus di atas  $9^{\circ}$ .
- ⇒ Selain ketiga persyaratan utama tadi, faktor ketebalan atmosfer juga kekeruhan atmosfer oleh molekul atau debu juga harus diperhitungkan karena cahaya hilal yang tipis akan dengan mudah diserap oleh atmosfer Bumi
- ⇒ Setelah memahami penjelasan tadi, kita dapat kembali ke soal. Hilal yang sama ingin diamati dari dua tempat yang berbeda pada daerah di khatulistiwa (lintang rendah), maka faktor yang dipengaruhi lokasi adalah ketinggian hilal dan jarak hilal dari Matahari
- ⇒ Pada prinsipnya, semakin tinggi hilal pada saat Matahari terbenam dan semakin jauh jarak Bulan dan Matahari, maka semakin mungkin untuk melihat hilal

- ⇒ Dimanakah Matahari lebih dulu terbenam? Di Bangkalan atau di Banda Aceh? Tentu jawabannya adalah di Bangkalan karena Bangkalan berada lebih Timur dari Banda Aceh.
- ⇒ Hal ini menyebabkan masih ada waktu sisa bagi Bulan untuk menjauh dari Matahari sebelum Matahari terbenam di Banda Aceh.
- ⇒ Waktu sisa ini akan membuat hilal lebih tinggi dan membuat hilal lebih jauh dari Matahari sehingga ditinjau dari segi kemungkinan, Banda Aceh lebih mungkin melihat hilal daripada Bangkalan
- ⇒ Atau bisa diperluas bahwa daerah yang lebih Barat akan lebih mungkin melihat hilal daripada daerah yang lebih Timur pada lintang yang kira-kira sama.

Catatan :

Menghitung ketinggian hilal sebenarnya bisa dilakukan dengan rumus-rumus segitiga bola, tetapi pada data di atas tidak diberitahu nilai deklinasi bulan pada saat matahari terbenam (yang ada nilai deklinasi Bulan pada pukul 00.00 UT. Nilai ini tidak bisa dipakai karena deklinasi bulan sudah berubah pada saat bulan terbenam di tanggal 31 Juli 2011).

7. Supernova yang luminositasnya 1 milyar kali lebih terang dari Matahari digunakan sebagai lilin penentu jarak (*standard candle*) untuk menentukan jarak sebuah galaksi. Dilihat dari Bumi, supernova tersebut tampak secerlang Matahari jika berada pada jarak 10 kpc. Maka jarak supernova tersebut ke galaksi adalah
  - a. 200 Megaparsek
  - b. 316 Megaparsek
  - c. 400 Megaparsek
  - d. 350 Megaparsek
  - e. 215 Megaparsek

JAWAB : B

Karena supernova tampak secerlang matahari pada jarak 10 kpc, maka :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{supernova}} &= E_{\odot} \text{ di jarak } 10 \text{ kpc} \\
 \frac{L_{\text{supernova}}}{4 \cdot \pi \cdot (d_{\text{supernova}})^2} &= \frac{L_{\odot}}{4 \cdot \pi \cdot (10 \text{ kpc})^2} \\
 \frac{10^9 \cdot L_{\odot}}{4 \cdot \pi \cdot (d_{\text{supernova}})^2} &= \frac{L_{\odot}}{4 \cdot \pi \cdot (10 \text{ kpc})^2} \\
 d_{\text{supernova}} &= 3,16 \times 10^5 \text{ kpc} = 316 \text{ Mpc}
 \end{aligned}$$

8. Jika kita tinggal di Planet Mars dan Bumi, maka jarak satu parsek menjadi
  - a. 206265 SA (SA = Satuan Astronomi = Jarak Bumi-Matahari)
  - b. 412530 SA
  - c. 3,26 tahun cahaya



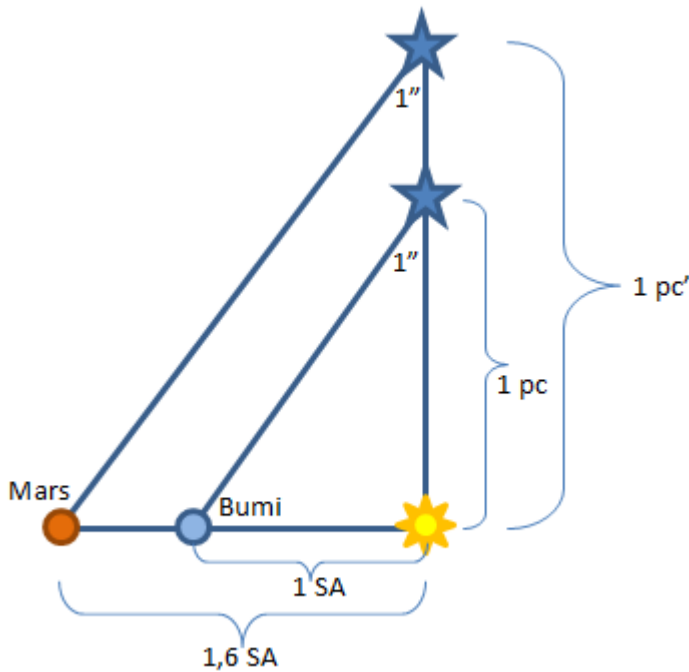
- d. 4,97 tahun cahaya
- e.  $3,09 \times 10^{13}$  km

JAWAB : D

- ⇒ Satu parsek adalah jarak bintang ke Matahari jika jarak sudut paralaksnya 1 detik busur jika diamati dari Bumi (yang jarak Bumi ke Matahari adalah 1 SA).
- ⇒ Karena 1 detik busur adalah  $1/206265$  radian, maka jika diambil 1 parsek adalah 206265 SA maka rumus paralaks menjadi sederhana, yaitu  $d = 1/p$  dengan d dalam SA dan p dalam detik busur, sementara 1 adalah 1 SA.
- ⇒ Jika pengamat ada di Mars dan tinggal di Mars, maka jarak satu parsek (sebut saja 1 pc') akan menjadi berbeda karena jarak Mars ke Matahari adalah 1,52 SA.
- ⇒ TIPS : Jarak planet ke Matahari sebaiknya dihafalkan karena beberapa soal OSN dan OSP tidak lagi diberitahu jarak planet, peserta dianggap sudah hafal, gunakan bantuan Hukum Titius Bode untuk mengingat tetapi jangan memakai nilai dari Hukum Titius Bode) :

Planet	Merk	Ven	Bumi	Mars	Ceres	Jup	Sat	Ura	Nep
Titius Bode	0,4	0,7	1	1,6	2,8	5,2	10	19,6	38,8
Sebenarnya	0,39	0,72	1	1,52	2,77	5,20	9,54	19,19	30,06

- ⇒ Perhatikan gambar di bawah ini :



- ⇒ Dari segitiga di atas yang sebangun, dapat diperoleh perbandingan :

$$\frac{1 \text{ SA}}{1,52 \text{ SA}} = \frac{1 \text{ pc}}{1 \text{ pc'}}$$

$$1 \text{ pc'} = 1,52 \text{ pc} = 1,52 \times 206265 = 313522,8 \text{ SA} = 4,69 \times 10^{13} \text{ km} = 4,96 \text{ tc}$$

9. Pilih mana yang BENAR

- a. Dengan jarak Matahari ke Pusat Galaksi 25.000 tahun cahaya dan kecepatan rotasi Matahari mengelilingi Pusat Galaksi 230 km/detik, maka satu tahun kosmik adalah 325 juta tahun

- b. Fakta bahwa kecepatan rotasi tidak menurun dengan bertambah jauhnya jarak dari Pusat Galaksi menunjukkan bahwa sebagian besar massa Galaksi memang terkonsentrasi di sekitar Pusat Galaksi
- c. Sumber kompak SgrA\* yang dianggap sebagai pusat gravitasi dan dinamika Galaksi, diamati dengan VLBI mempunyai ukuran 0,002". Dengan jarak ke Pusat Galaksi 8,5 kpc. Maka diameter liniernya adalah 5 SA
- d. Menurut teori, dalam Galaksi seharusnya sekitar 1.000 bintang lahir setiap tahunnya, tetapi pada kenyataannya jauh lebih kecil dari angka ini, yaitu 3 bintang saja. Salah satu penyebabnya adalah rotasi Galaksi itu sendiri
- e. Gerakan orbit yang cepat dari obyek-obyek sekeliling Pusat Galaksi tidak merupakan bukti bahwa Pusat Galaksi kita berujung sebuah Supermassive Black Hole.

JAWAB : D

- a. Gunakan rumus kecepatan orbit :

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v_{orb}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (25.000 \times 3 \cdot 10^5)}{230} = 205 \text{ juta tahun}$$

Pernyataan a tidak benar!

- b. Fakta bahwa kecepatan rotasi tidak menurun dengan bertambah jauhnya jarak dari Pusat Galaksi menunjukkan bahwa ada kumpulan massa yang sangat besar di bagian halo atau korona galaksi yang tidak tampak oleh pengamatan (disebut materi gelap) yang jumlahnya mencapai 90% dari massa total galaksi

Pernyataan b tidak benar!

- c. Gunakan rumus diameter sudut :

$$D = \frac{\delta \cdot r}{206265} = \frac{0,002 \times 8500}{206265} = 8,24 \text{ pc} = 17 \text{ SA}$$

Pernyataan c tidak benar!

- d. Menurut teori evolusi bintang, bintang-bintang lahir di dalam sebuah awan molekul raksasa (*Giant Molecular Cloud* – GMC). Pengamatan menunjukkan bahwa GMC dapat memiliki massa yang sedemikian besar sehingga laju pembentukan bintang dalam galaksi Bima Sakti dapat mencapai 1000 bintang berukuran Matahari dalam satu tahun, tetapi pengamatan hanya menunjukkan laju 3 bintang saja per tahun.

Faktor-faktor yang dapat menghentikan laju GMC melahirkan bintang adalah rotasi GMC, medan magnet GMC dan temperatur GMC. Tetapi pengamatan menunjukkan bahwa ketiga aspek tersebut sangat kecil untuk dapat menahan laju pembentukan bintang yang cepat sehingga harus ada mekanisme lain yang dapat menahan laju pembentukan bintang ini.

Faktor yang tersisa adalah gerakan acak tiap molekul awan atau gerakan turbulensi yang mana gerakannya dapat mencapai kecepatan suara (supersonik) dan pengamatan menunjang faktor ini (teramati melalui pelebaran Dopler yang dihasilkan).

Darimanakah sumber energi gerak turbulen molekul dalam awan ini yang harus terjadi secara terus-menerus? Satu skenario menyatakan bahwa energi ini berasal dari rotasi Galaksi itu sendiri, yang juga ditunjang oleh keberadaan materi gelap yang

tidak memperlambat gerak rotasi galaksi meskipun berada di pinggir galaksi. Energi rotasi ini dapat diubah oleh GMC menjadi gerak turbulen yang dapat menahan laju pembentukan bintang di dalam GMC itu.

Pernyataan d benar !

- e. Gerakan orbit yang cepat dari obyek-obyek sekeliling Pusat Galaksi artinya ada obyek yang sangat massif di pusat galaksi dan merupakan satu bukti yang sangat penting yang menyatakan bahwa Pusat Galaksi kita berujung sebuah Supermassive Black Hole.

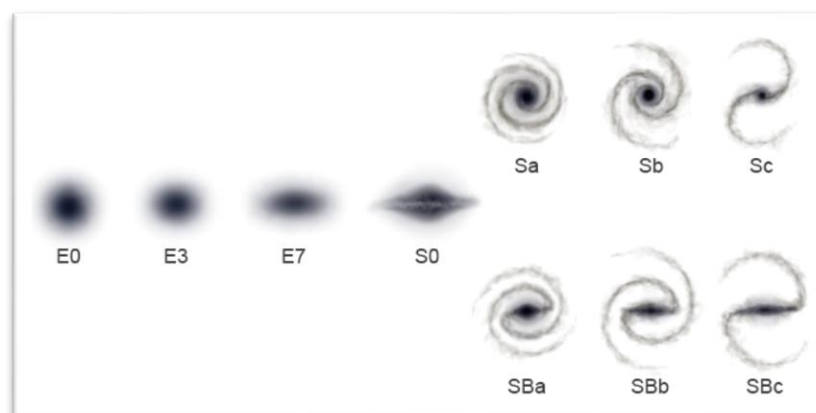
Pernyataan e tidak benar!

#### 10. Pilih mana yang BENAR

- Skema garputala klasifikasi Hubble adalah sistem klasifikasi galaksi berdasar penampilan morfologi dengan klasifikasi utama: eliptis, spiral, dan tak beraturan. Klasifikasi ini juga mencerminkan evolusi dari galaksi.
- Hukum Hubble adalah hubungan antara pergeseran merah dalam spektrum galaksi yang jauh, dengan jaraknya. Tetapi kecepatan menjauh galaksi tersebut tidak langsung berbanding lurus dengan jaraknya.
- Waktu Hubble adalah waktu yang diperlukan galaksi untuk bergerak ke jaraknya sekarang, berarti juga umur jagat raya sekarang.
- Materi gelap adalah materi yang tidak memancarkan radiasi yang dapat dideteksi tetapi memberi pengaruh gravitasi pada lingkungannya walaupun tidak merupakan fraksi yang besar dalam galaksi atau jagat raya secara keseluruhan
- Lilin penentu jarak bukan merupakan cara penentuan jarak dalam astronomi

#### JAWAB : C

- a. Skema garputala klasifikasi Hubble adalah sistem klasifikasi galaksi berdasar penampilan morfologi dengan klasifikasi utama: eliptis, spiral, dan tak beraturan, tetapi skema ini tidak menunjukkan evolusi galaksi, hal ini dibuktikan dengan ditemukannya bintang-bintang yang sangat tua yang umurnya sama di dalam semua tipe galaksi, yaitu bintang yang berusia sekitar 13 miliar tahun.



Pernyataan a tidak benar !

- b. Hukum Hubble adalah hubungan antara pergeseran merah dalam spektrum galaksi yang jauh, dengan jaraknya, yaitu dengan rumus  $v = H \cdot d$ , sehingga kecepatan menjauh

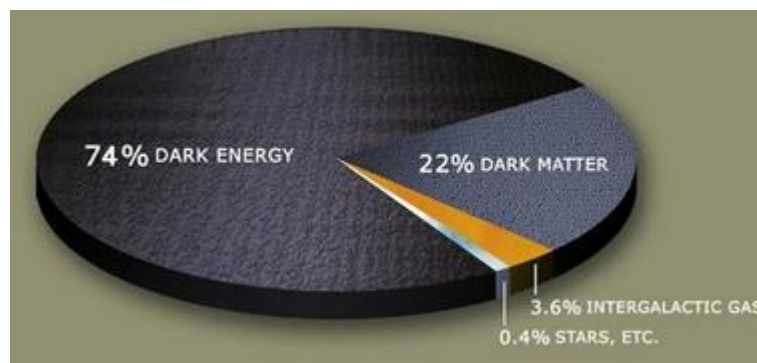
galaksi tersebut langsung berbanding lurus dengan jaraknya. Sebenarnya kecepatan galaksi jauh sama dengan kecepatan pengembangan ruang alam semesta ini.

Pernyataan b tidak benar !

- c. Waktu Hubble adalah waktu yang diperlukan galaksi untuk bergerak ke jaraknya sekarang, berarti juga umur jagat raya sekarang. Nilai ini diperoleh dari hukum Hubble dan didapatkan :  $T = 1/H$ .

Pernyataan c benar !

- d. Materi gelap adalah materi yang tidak memancarkan radiasi yang dapat dideteksi tetapi memberi pengaruh gravitasi pada lingkungannya, dibuktikan salah satunya dengan tidak menurunnya kurva rotasi galaksi pada daerah yang jauh dari pusat galaksi (harusnya menurut hukum Kepler semakin jauh dari pusat maka kecepatan semakin kecil). Jumlah materi gelap di dalam galaksi menurut perhitungan mencapai 90% dari massa total galaksi, juga ditaksir mencapai 22% isi jagat raya sekarang, sementara objek tampak hanya mengisi sekitar 4% dari keseluruhan jagat raya dan sisanya 74% adalah energi gelap. Lihat gambar (kredit : Wikipedia)



Pernyataan d tidak benar!

- e. Lilin penentu jarak (*standard candle*) adalah cara menentukan jarak dalam astronomi, terutama jarak yang sangat jauh. Cara ini memanfaatkan bintang yang digolongkan sebagai variabel cepheid yang merupakan bintang yang cahayanya berubah secara periodik disebabkan bintang itu berdenyut dengan periode sekitar 1 sampai 50 hari. Cepheid dapat diamati meskipun jaraknya sangat jauh karena cahaya bintang ini sangat kuat. Hal yang istimewa dari cepheid adalah periode perubahan cahayanya berhubungan dengan magnitudo mutlak bintang itu, karena magnitudo semunya bisa diukur dari pengamatan, maka modulus jarak ( $m-M$ ) dapat dihitung dan jarakpun bisa diketahui. Cara ini dipakai oleh Edwin Hubble untuk menentukan jarak galaksi-galaksi jauh dan mengeluarkan Hukum Hubble.

Pernyataan e tidak benar !

## 11. Pilih mana yang SALAH

- Yang menentukan tipe morfologi sebuah galaksi adalah besarnya momentum sudut yang dikandung dan laju pembentukan bintang dalam galaksi tersebut.
- Jika besarnya momentum sudut keseluruhan kecil, dan proses pembentukan bintang berlangsung dengan cepat, akhir dari proses ini adalah galaksi spiral dengan usia muda dan mengandung banyak gas.

- c. Jika besarnya momentum sudut keseluruhan kecil, dan proses pembentukan bintang berlangsung cepat, akhir dari proses ini adalah galaksi eliptis yang didominasi oleh bintang usia lanjut dengan kandungan gas yang kecil.
- d. Jika momentum sudut besar dan harga pembentukan bintang relatif rendah, akhir dari proses ini adalah galaksi spiral dengan generasi bintang pertama berlokasi dalam sistem sferoid sementara generasi berikutnya beserta gas terdistribusi pada piringan.
- e. Pada tabrakan antara dua galaksi, bintang-bintangnya sendiri secara individual tidak akan saling berabrakan.

#### JAWAB : B

- a. Ada tiga kelompok tipe galaksi yang dikenal, yaitu elips, spiral dan tidak beraturan. Bentuk ketiga kelompok itu sangat ditentukan oleh kecepatan random tiap bintang, kecepatan rotasi galaksi (ditentukan oleh massa pusat galaksi) dan laju pembentukan bintang-bintang baru (ditentukan oleh jumlah gas dan debu).

Jika kecepatan random  $>$  kecepatan rotasi (artinya momentum sudut keseluruhan kecil) dan laju pembentukan bintang lambat, maka akan terbentuk galaksi elips

Jika kecepatan random  $<$  kecepatan rotasi (artinya momentum sudut keseluruhan besar) dan laju pembentukan bintang cepat, maka akan terbentuk galaksi spiral

Jika kecepatan random  $\gg$  kecepatan rotasi (artinya momentum sudut keseluruhan kecil) dan laju pembentukan bintang cepat, maka akan terbentuk galaksi elips atau galaksi tidak beraturan.

Jika kecepatan random  $\ll$  kecepatan rotasi (artinya momentum sudut keseluruhan besar) dan laju pembentukan bintang lambat, maka akan terbentuk galaksi spiral yang lebih pipih.

Selain hal tersebut di atas, bentuk galaksi bisa juga disebabkan karena penggabungan dua buah galaksi (atau tumbukan antar galaksi) atau bisa juga karena proses 'kanibalisme' galaksi yang akan menghasilkan bentuk galaksi beraturan tetapi juga tidak beraturan sehingga bentuknya menjadi aneh disebabkan bentuk asalnya yang sudah terdistorsi

Pernyataan a benar !

- b. Jika besarnya momentum sudut keseluruhan kecil, dan proses pembentukan bintang berlangsung dengan cepat, akhir dari proses ini adalah galaksi spiral dengan usia muda dan mengandung banyak gas.

Pernyataan b tidak benar ! Galaksi spiral akan terbentuk jika momentum sudut total besar. Dengan kondisi di atas kemungkinan terbentuk galaksi elips atau galaksi tidak beraturan.

- c. Jika besarnya momentum sudut keseluruhan kecil, dan proses pembentukan bintang berlangsung cepat, akhir dari proses ini adalah galaksi eliptis yang didominasi oleh bintang usia lanjut dengan kandungan gas yang kecil.

Pernyataan c benar ! Salah satu kemungkinan dari kondisi di atas adalah galaksi elips, juga bisa membentuk galaksi tidak beraturan.



- d. Jika momentum sudut besar dan harga pembentukan bintang relatif rendah, akhir dari proses ini adalah galaksi spiral dengan generasi bintang pertama berlokasi dalam sistem sferoid sementara generasi berikutnya beserta gas terdistribusi pada piringan.

Pernyataan d benar ! Sistem sferoid galaksi adalah daerah halo galaksi. Pada galaksi Bima Sakti, halo galaksi banyak diisi oleh gugus bola yang merupakan bintang populasi 2, yaitu bintang-bintang yang tua.

- e. Pada tabrakan antara dua galaksi, bintang-bintangnya sendiri secara individual tidak akan saling berabrakan.

Ukuran rata-rata galaksi adalah 100 kpc sementara jarak antar galaksi rata-rata kurang dari 1 Mpc sehingga perbandingannya adalah :

$$\frac{\text{ukuran}}{\text{jarak pisah}} > 0,1$$

Sementara ukuran rata-rata bintang dibandingkan dengan jarak pisah antar bintang di dalam galaksi sekitar  $10^{-7}$ .

Artinya galaksi di alam semesta lebih sering bertabrakan dibandingkan tabrakan antar bintang-bintang di dalam galaksi!

Jadi meskipun dua galaksi bertabrakan, kemungkinan tubrukan antar bintang sangat kecil sekali, tetapi tentu saja orbit bintang di dalam galaksi akan berubah jika dua galaksi bertabrakan.

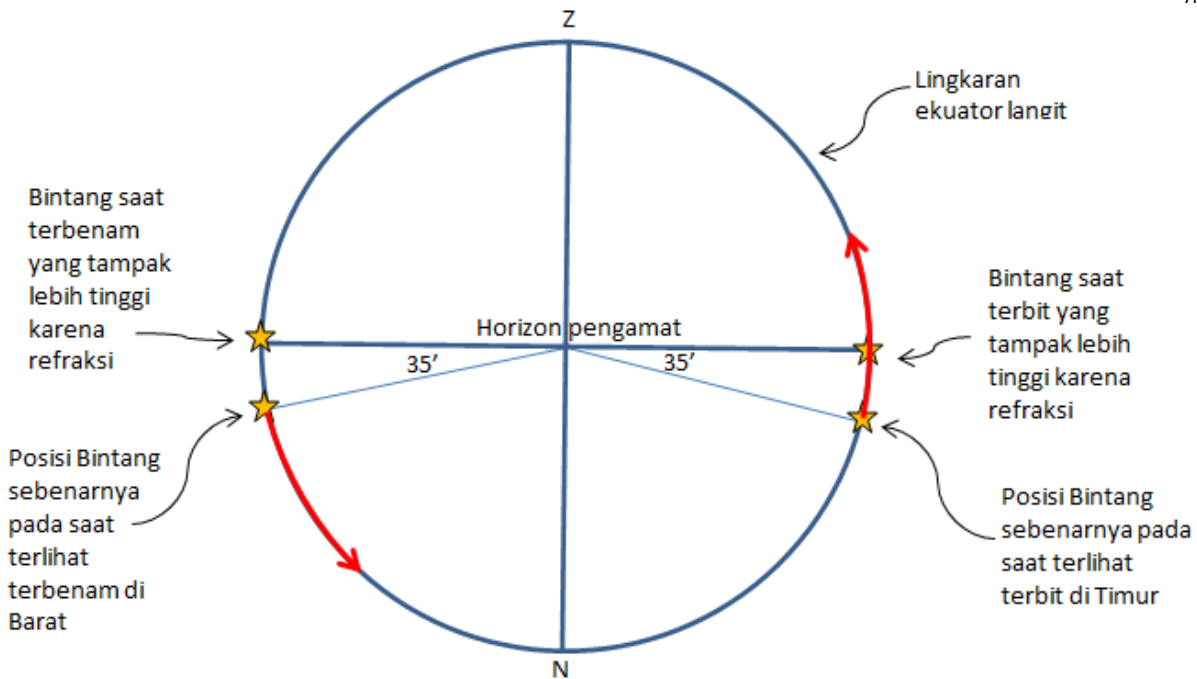
Pernyataan e benar !

12. Seseorang di sebuah pulau kecil yang tepat berada di garis khatulistiwa Bumi melihat sebuah bintang terbit tepat di titik Timur pada jam 18:01:22 waktu lokal. Dengan memperhitungkan bahwa refraksi atmosfer membuat sebuah bintang di horizon nampak lebih tinggi 35 menit busur, pada jam berapakah bintang akan terbenam? (hitung sampai ketelitian detik)? Anggap periode revolusi Bumi mengelilingi Matahari 365,25 hari.

- a. Jam 06:03:42
- b. Jam 05:59:02
- c. Jam 06:04:04
- d. Jam 05:57:18
- e. Tidak ada yang benar

JAWAB : C

- ⇒ Pengamat ada di khatulistiwa, artinya semua benda langit terbit dan terbenam tegak lurus terhadap horizon
- ⇒ Bintang terbit tepat di titik Timur, artinya bintang berada tepat di garis ekuator langit dan pergerakan bintang di langit di atas horizon sejak terbit sampai terbenam tepat  $180^\circ$
- ⇒ Karena ada efek refraksi di horizon sebesar  $35'$ , maka waktu tempuh bintang di langit di atas horizon yaitu :  $180^\circ + 35' + 35' = 181^\circ 10'$ . Pelajari gambar di bawah ini :



⇒ Periode pergerakan harian bintang di langit tiap hari (pergerakan  $360^\circ$  di langit) disebut waktu sideris yang nilainya secara rata-rata adalah 23j 56m 4,091s (nilai ini ada di daftar konstata di halaman belakang soal)

⇒ Waktu untuk menempuh  $181^\circ 10'$  adalah :

$$23j\ 56m\ 4,091s \times \frac{181^\circ 10'}{360^\circ} = 12j\ 2m\ 41,28s$$

⇒ Maka waktu bintang terbenam adalah :

$$18j\ 01m\ 22s + 12j\ 2m\ 41,28s = 30j\ 4m\ 3,28s = 6j\ 4m\ 3,28s$$

13. Satu tahun sideris adalah

- Selang waktu dua kali transit Bumi secara berurutan melewati equinoks
- Selang waktu dua kali transit Matahari rata-rata melewati titik perihelion
- Selang waktu dua kali transit Bumi secara berurutan melewati ekuinoks rata-rata
- Bujur ekliptika rata-rata Matahari bertambah  $360^\circ$
- Matahari rata-rata tidak menempuh satu revolusi yang lengkap karena *vernal equinoks* bergerak *retrograde*

JAWAB : E

Satu tahun sideris adalah selang waktu Bumi berevolusi tepat  $360^\circ$  (Matahari kembali berada pada bintang latar belakang yang sama), yang lamanya adalah 365,2564 hari (ada di daftar konstanta).

Satu tahun tropis adalah selang waktu Matahari berimpit dengan titik Aries (ekuinoks) di langit (sudut pandang pengamat di Bumi), yang lamanya adalah 365,2422 hari (ada di daftar konstanta). Bisa juga dipandang sebagai perubahan bujur ekliptika Matahari sebesar  $360^\circ$ .

Satu tahun anomalis adalah selang waktu 2 kali Bumi berada di titik perihelion, atau selang waktu 2 kali Bumi berada di titik aphelion.

Jawaban a, b, c dan d tidak ada yang benar, maka pernyataan e yang benar, yaitu Matahari rata-rata tidak menempuh satu revolusi lengkap (satu revolusi lengkap adalah satu tahun

sideris) karena titik Aries mengalami pergerakan sebesar  $50,3''$  tiap tahun searah jarum jam (disebabkan presesi sumbu rotasi Bumi), sementara gerakan revolusi Bumi berlawanan jarum jam. Karena itu gerakan titik Aries ini dapat dianggap gerak retrograde (gerakan yang berlawanan dengan gerakan yang umum). Hal ini juga menyebabkan satu tahun tropis lebih pendek daripada satu tahun sideris, karena Bumi lebih dulu bertemu titik Aries sebelum menyelesaikan satu putaran penuh  $360^\circ$ .

14. Bila diketahui (waktu dalam UT) bahwa oposisi planet Saturnus adalah 31,9 Desember 2003 (Julian Date (JD) = 2453005,4), oposisi planet Jupiter adalah 2,4 Februari 2003 (JD = 2452672,9), dan oposisi Mars adalah 28,8 Agustus 2003 (JD = 2452880,3), maka pada tahun 2012

- Mars, Jupiter dan Saturnus tidak beroposisi
- Mars dan Jupiter beroposisi, Jupiter tidak beroposisi
- Mars dan Saturnus beroposisi, Jupiter tidak beroposisi
- Jupiter dan Saturnus beroposisi, Mars tidak beroposisi
- Mars, Jupiter dan Saturnus beroposisi

JAWAB : E

⇒ Untuk menghitung waktu oposisi hanya bisa dilakukan cara pendekatan dengan menganggap inklinasi orbit  $0^\circ$  dan bentuk orbit planet dan juga orbit Bumi berupa lingkaran :

⇒ Dengan tabel jarak di pembahasan soal no. 8 (harus dihafalkan ya...) :

Jarak Mars = 1,52 SA

Jarak Jupiter = 5,20 SA

Jarak Saturnus = 9,54 SA

⇒ Tentukan periode sideris masing-masing planet dengan Hukum Kepler 3 :  $T = \sqrt{\text{jarak}^3}$ , diperoleh :

Periode Mars = 1,87 tahun

Periode Jupiter = 11,86 tahun

Periode Saturnus = 29,47 tahun

⇒ Tentukan periode sinodis (dari fasa ke fasa) masing-masing planet dengan rumus :  $\frac{1}{T_{sin}} = 1 - \frac{1}{T_{sid}}$  maka akan diperoleh :

Periode sinodis Mars = 2,14 tahun = 783,16 hari

Periode sinodis Jupiter = 1,09 tahun = 398,89 hari

Periode sinodis Saturnus = 1,002 tahun = 378,08 hari

⇒ Periode sinodis tersebut adalah waktu untuk kembali ke fasa oposisi, maka kita harus mengalikan periode sinodis tersebut dengan suatu bilangan bulat tertentu dihitung dari data yang diberikan di tahun 2003, sehingga mencapai suatu tanggal yang ada di tahun 2012. Jika tidak ada bilangan bulat yang memenuhi, artinya tahun 2012 tidak terjadi oposisi dari planet tersebut.

- ⇒ Untuk menghitung hal yang seperti ini maka digunakan sistem Julian Date untuk memudahkan perhitungannya
- ⇒ Pertama-tama tentukan dulu rentang Julian Date di tahun 2012, yaitu harus menghitung JD dari 1 Januari 2012 sampai JD dari 1 Januari 2013
- ⇒ Caranya adalah ambil satu JD yang sudah diketahui sebagai patokan. Di soal diberikan 3 data JD, ambil salah satu, yang mana saja boleh. Pada perhitungan ini saya akan mengambil tanggal 2,4 Februari 2003 dengan JD = 2452672,9 sebagai patokan awal untuk mencari JD tanggal yang lain.
- ⇒ Catatan : tanggal 2,4 Februari artinya tanggal 2 Februari pada pukul :  $0,4 \times 24 = 9\text{ jam } 36\text{ menit}$ , dihitung dari tengah malam pukul 00.00, sementara JD dihitung dari tengah hari pukul 12.00 siang
- ⇒ Cari selisih dari 1 Januari 2012 ke 2,4 Februari 2003 adalah : 9 tahun dikurang 32,4 hari (selisih 1 Januari ke 2,4 Februari) ditambah 2 hari dari tahun kabisat (2004 dan 2008) =  $(9 \times 365) - 32,4 + 2 = 3254,6$  hari
- ⇒ Jadi 1 Januari 2012 memiliki besar JD =  $2452672,9 + 3254,6 = 2455927,5$  (desimalnya berarti jamnya, yaitu 0,5 hari dari pukul 12.00 siang, yaitu pukul 00.00)
- ⇒ Dengan cara yang sama, cari JD untuk 1 Januari 2013 :
- ⇒ Cari selisih dari 1 Januari 2013 ke 2,4 Februari 2003 adalah : 10 tahun dikurang 32,4 hari (selisih 1 Januari ke 2,4 Februari) ditambah 3 hari dari tahun kabisat (2004 dan 2008 dan 2012) =  $(10 \times 365) - 32,4 + 3 = 3620,6$  hari
- ⇒ Jadi 1 Januari 2013 memiliki besar JD =  $2452672,9 + 3620,6 = 2456293,5$
- ⇒ Maka rentang JD di tahun 2012 yaitu dari JD = 2455927,5 sampai JD = 2456293,5
- ⇒ Pilih nilai k bilangan bulat supaya nilai

$T = \text{JD oposisi planet awal} + k \cdot \text{Periode sinodis planet,}$   
berada diantara nilai  $2455927,5 < T < 2456293,5$  (atau ada di tahun 2012)

- ⇒ Untuk Mars :

$$T = 2452880,3 + k \cdot 783,16$$

diperoleh nilai  $k = 4$  dan nilai  $T = 2456012,94$ , artinya di tahun 2012 terjadi oposisi Mars!

➔  $\text{JD } 2456012,94 - \text{JD } 2455927,5 \text{ (1 Jan 2012)} = 85,44$  hari setelah 1 Jan 2012, atau oposisi Mars terjadi pada tanggal 26,44 Maret 2012

- ⇒ Untuk Jupiter :

$$T = 2452672,9 + k \cdot 398,89$$

diperoleh nilai  $k = 9$  dan nilai  $T = 2456262,91$ , artinya tahun 2012 terjadi oposisi Jupiter!

➔  $\text{JD } 2456262,91 - \text{JD } 2455927,5 \text{ (1 Jan 2012)} = 335,41$  hari setelah 1 Jan 2012, atau oposisi Jupiter terjadi pada tanggal 1,41 Desember 2012

- ⇒ Untuk Saturnus :

$$T = 2453005,4 + k \cdot 378,08$$

diperoleh nilai  $k = 8$  dan nilai  $T = 2456030,04$ , artinya tahun 2012 terjadi oposisi Saturnus!

→ JD 2456030,04 – JD 2455927,5 (1 Jan 2012) = 102,54 hari setelah 1 Jan 2012, atau oposisi Saturnus terjadi pada tanggal 12,54 Maret 2012

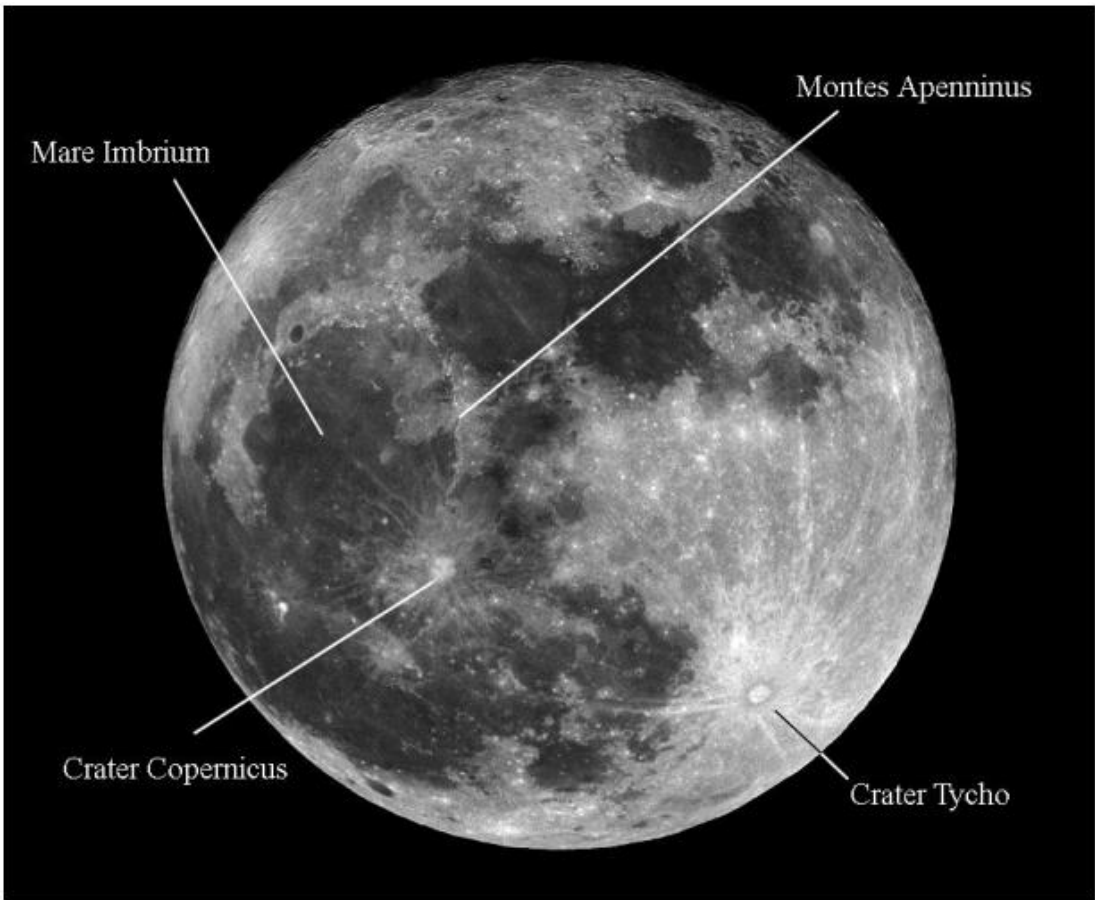
⇒ Bandingkan nilai hitungan tersebut dengan yang sebenarnya (dari iceinspace.com.au)

	Tanggal Hitungan	Tanggal sebenarnya
Oposisi Mars	26,44 Maret 2012	3 Maret 2012
Oposisi Jupiter	1,41 Desember 2012	3 Desember 2012
Oposisi Saturnus	12,54 Maret 2012	15 April 2012

⇒ Perbedaan ini disebabkan tidak diperhitungkannya inklinasi planet, bentuk orbit elips dari lintasan planet, presesi orbit planet, dll.

15.Foto berikut memperlihatkan bagian sisi permukaan Bulan yang menghadap Bumi. Empat bagian permukaan telah ditandai, yaitu Mare Imbrium, Crater Tycho, Crater Copernicus, dan Montes Apenninus. Gunakan prinsip sayatan melintang untuk menaksir umur keempat kawasan tersebut. Urutkan umur relatif mulai dari yang tua sampai yang muda!

(Prinsip sayatan melintang adalah asumsi bagian teratas dari suatu permukaan mempunyai umur yang lebih muda dari lapisan yang berada di bawahnya. Bagian yang muda lebih cemerlang, sebab belum banyak ditutupi oleh debu akibat tumbukan benda kecil tata surya ataupun lava yang disebarkan Bulan di masa lalu)



- a. Crater Copernicus > Montes Apenninus > Mare Imbrium > Crater Tycho
- b. Crater Tycho > Crater Copernicus > Mare Imbrium > Montes Apenninus
- c. Mare Imbrium > Montes Apenninus > Crater Copernicus > Crater Tycho
- d. Montes Apenninus > Crater Copernicus > Mare Imbrium > Crater Tycho
- e. Montes Apenninus > Mare Imbrium > Crater Copernicus > Crater Tycho



JAWAB : B

- ⇒ Sesuai keterangan di soal, bagian yang lebih muda memiliki warna yang lebih cemerlang, jadi dari yang paling tua ke yang paling muda caranya kita urutkan saja berdasarkan warnanya yang paling hitam ke yang paling putih, diperoleh :

Mare Imbrium > Montes Apenninus > Crater Copernicus > Crater Tycho

## SOAL ESSAY

1. Sebuah kamera CCD dipasang pada sebuah teropong refraktor berdiameter 20 cm dengan panjang fokus 200 cm, dipakai memotret sebuah gugus bintang dengan waktu pencahayaan 18 detik. Kemudian kamera CCD itu dipindahkan ke teropong lain yang diameternya 30 cm dan memotret gugus bintang yang sama. Hasilnya kedua citra sama persis sehingga orang tidak dapat membedakan mana yang diambil dengan teropong 20 cm mana yang diambil dengan teropong 30 cm. Hitunglah waktu pencahayaan dan panjang fokus teropong yang diameternya 30 cm!

JAWAB :

- ⇒ Karena hasil foto sama persis pada dua teropong yang berbeda, maka ada dua yang sama, yaitu energi yang dikumpulkan dan Skala Bayangan kedua teropong sama, kita akan tinjau satu-satu.

- ⇒ Energi yang dikumpulkan oleh teropong :

Gunakan hubungan energi yang dikumpulkan (B), waktu (t) dan diameter teleskop (D) :

$$B \sim \frac{1}{t} \sim D^2$$

Karena B sama, maka untuk dua teleskop berlaku :

$$\begin{aligned} D_1^2 \cdot t_1 &= D_2^2 \cdot t_2 \\ 20^2 \cdot 18 &= 30^2 \cdot t_2 \\ t_2 &= 0,267 \text{ detik} \end{aligned}$$

- ⇒ Skala Bayangan kedua teropong sama :

Rumus Skala Bayangan :

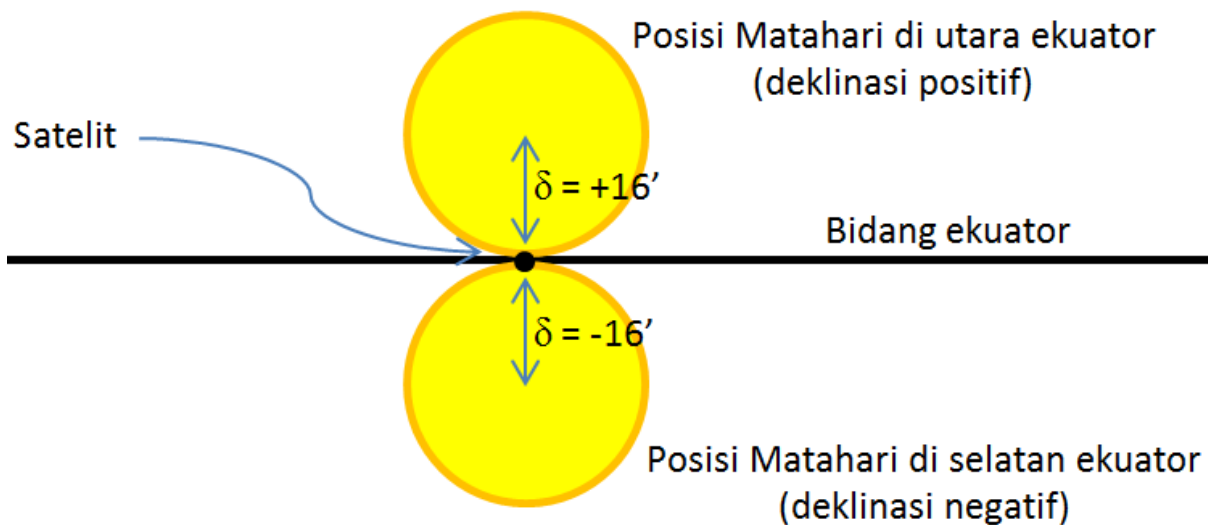
$$SB = \frac{206265}{f_{ob}}$$

Karena tidak ada faktor lain yang mempengaruhi SB, maka haruslah fokus kedua teleskop sama besar, yaitu :  $f = 200 \text{ cm}$ .

2. Periode orbit satelit buatan 3,42 hari. Jika satelit itu mengorbit Bumi dalam orbit yang hampir berupa lingkaran dan bidang orbitnya adalah bidang ekuator, berapakah deklinasi kritis Matahari (dalam koordinat ekuatorial geosentris) agar satelit itu tidak mengalami gerhana ?

JAWAB :

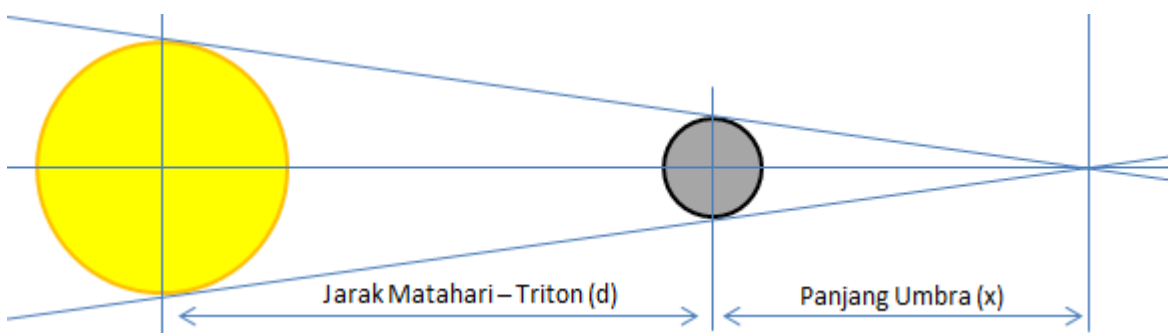
- ⇒ Satelit adalah benda yang sangat kecil sehingga tampak berupa titik
- ⇒ Satelit ada di lingkaran ekuator, maka posisi Matahari supaya tidak terjadi gerhana (lebih tepatnya transit) bisa dilihat dari gambar di bawah ini :



- ⇒ Jari-jari sudut matahari rata-rata adalah  $\pm 16'$
- ⇒ Deklinasi diukur dari ekuator
- ⇒ Jadi deklinasi minimum (deklinasi kritis) supaya tidak terjadi gerhana adalah  $\delta = \pm 16'$

3. Salah satu bulan Saturnus adalah Triton. Jarak rerata Saturnus ke Matahari 9,55 SA, sedangkan jejari Triton 1353 km dan jejari orbitnya 354759 km. Pertanyaannya :
- Berapakah panjang umbra yang dibentuk oleh Triton saat konjungsi dengan Saturnus
  - Apakah gerhana Matahari dan gerhana Triton dapat terjadi ?

JAWAB :



Jarak Matahari – Triton :

$$d = (\text{Jarak Matahari-Saturnus}) - (\text{Jarak Saturnus-Triton})$$

$$d = (9,55 \times 1,496 \cdot 10^8) - (354759) = 1,43 \cdot 10^9 \text{ km}$$

Dari perbandingan segitiga diperoleh :

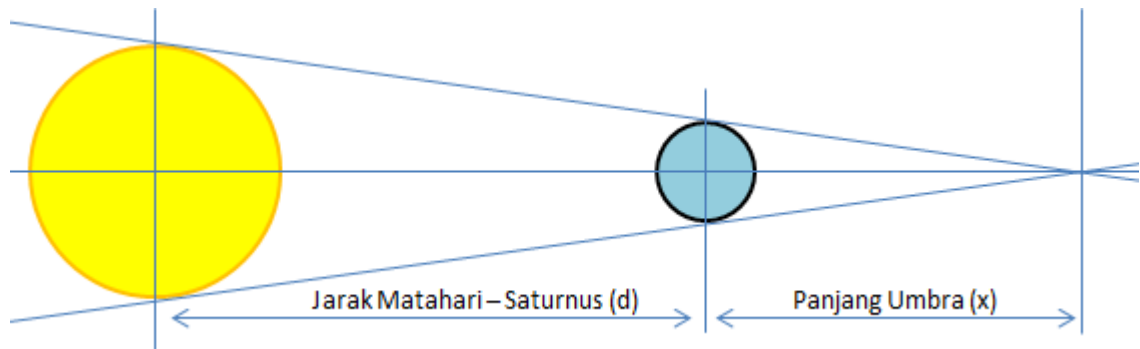
$$\frac{R_{\odot}}{d + x} = \frac{R_{\text{Triton}}}{x}$$

$$\frac{6,96 \cdot 10^5}{1,43 \cdot 10^9 + x} = \frac{1353}{x}$$

$$x = 2,79 \cdot 10^6 \text{ km (panjang umbra Triton)}$$

Karena panjang umbra lebih panjang daripada jarak Triton ke Saturnus, maka permukaan Saturnus akan dikenai bayangan umbra Triton, dengan kata lain dapat terjadi gerhana Matahari di permukaan Saturnus

Apakah dapat terjadi gerhana Triton? Gunakan cara yang sama!



Dengan jarak Matahari – Saturnus :

$$d = \text{Jarak Matahari-Saturnus}$$

$$d = 9,55 \times 1,496.10^8 = 1,43.10^9 \text{ km}$$

Jarak Matahari – Saturnus :

$$d = (\text{Jarak Matahari-Saturnus}) - (\text{Jarak Saturnus-Triton})$$

$$d = (9,55 \times 1,496.10^8) - (354759) = 1,43.10^9 \text{ km}$$

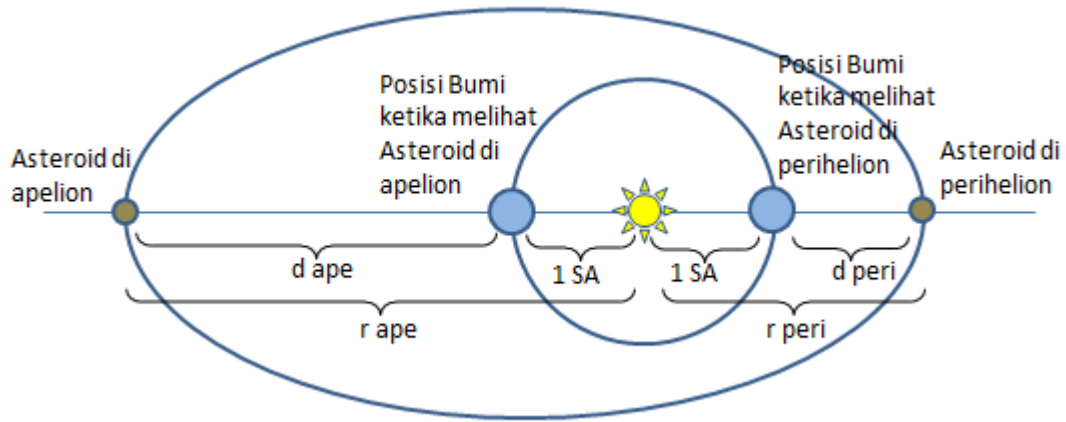
Jarak ini sama saja dengan jarak Matahari-Triton. Karena jari-jari Saturnus lebih besar daripada jari-jari Triton, maka tentu saja panjang umbranya jauh lebih panjang dari umbra Triton (karena tidak ada data jari-jari Saturnus maka panjang umbra Saturnus tidak bisa dihitung).

Oleh sebab itu Triton pasti berada dalam Umbra Saturnus ketika terjadi fase oposisi (jika tidak memperhitungkan inklinasi Triton) dengan kata lain terjadi juga gerhana Triton yang dapat diamati dari permukaan Saturnus.

4. Sebuah asteroid dengan eksentrisitas  $e = 0,2$  mempunyai albedo  $A = 0,7$  ketika dia berada di aphelion. Diketahui pula albedonya pada saat berada di perihelion adalah  $A = 0,6$  dan magnitudonya  $m_p = 20$ . Jarak perihelionnya  $r_p = 40 \text{ SA}$ . Berapakah magnitudo asteroid itu ketika berada di aphelion? Asteroid tersebut diamati pada tengah malam di dekat meridian ketika dia berada di aphelion dan perihelion.

JAWAB :

- ⇒ Asteroid diamati di tengah malam di dekat meridian, artinya fase asteroid pasti sedang dalam fase oposisi
- ⇒ Karena eksentrisitas Bumi tidak diberitahu, maka Bumi dianggap bergerak lingkaran mengelilingi matahari



Di soal diketahui  $r_{\text{peri}} = 40 \text{ SA}$ , maka  $d_{\text{peri}} = 39 \text{ SA}$

Dengan rumus elips :

$$r_{\text{peri}} = a \cdot (1 - e)$$

$$40 = a \cdot (1 - 0,2)$$

$$a = 50 \text{ SA}$$

Maka  $r_{\text{ape}}$  bisa diperoleh sbb. :

$$r_{\text{ape}} = a \cdot (1 + e)$$

$$r_{\text{ape}} = 50 \cdot (1 + 0,2)$$

$$r_{\text{ape}} = 60 \text{ SA}$$

dengan demikian  $d_{\text{ape}} = 59 \text{ SA}$

Energi yang diterima oleh asteroid di perihelion adalah fluks matahari :

$$E_{\text{peri}} = \frac{L_{\odot}}{4 \cdot \pi \cdot r_{\text{peri}}^2}$$

Energi ini dipancarkan kembali sesuai albedo asteroid, yaitu :

$$E_{\text{dipancarkan di perihelion}} = \text{Albedo} \times \frac{L_{\odot}}{4 \cdot \pi \cdot r_{\text{peri}}^2}$$

Demikian juga energi yang dipancarkan di apelion :

$$E_{\text{dipancarkan di apelion}} = \text{Albedo} \times \frac{L_{\odot}}{4 \cdot \pi \cdot r_{\text{ape}}^2}$$

Energi yang dipancarkan ini diterima oleh Bumi dengan fluks :

$$\text{Fluks diterima dari perihelion} = \frac{\left( \text{Albedo} \times \frac{L_{\odot}}{4 \cdot \pi \cdot r_{\text{peri}}^2} \right)}{4 \cdot \pi \cdot d_{\text{peri}}^2}$$

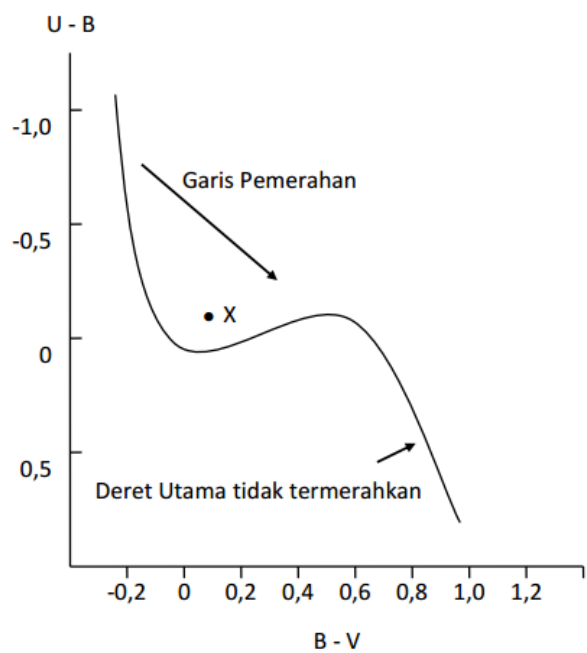
$$\text{Fluks diterima dari apelion} = \frac{\left( \text{Albedo} \times \frac{L_{\odot}}{4 \cdot \pi \cdot r_{\text{ape}}^2} \right)}{4 \cdot \pi \cdot d_{\text{ape}}^2}$$

Gunakan rumus Pogson :

$$m_{\text{peri}} - m_{\text{ape}} = -2,5 \cdot \log \frac{\text{Fluks diterima dari perihelion}}{\text{Fluks diterima dari apelion}}$$

$$m_{peri} - m_{ape} = -2,5 \cdot \log \frac{\left( \frac{Albedo \times \frac{L_{\odot}}{4 \cdot \pi \cdot r_{peri}^2}}{4 \cdot \pi \cdot d_{peri}^2} \right)}{\left( \frac{Albedo \times \frac{L_{\odot}}{4 \cdot \pi \cdot r_{ape}^2}}{4 \cdot \pi \cdot d_{ape}^2} \right)}$$
$$m_{peri} - m_{ape} = -2,5 \cdot \log \frac{r_{ape}^2 \cdot d_{ape}^2}{r_{peri}^2 \cdot d_{peri}^2}$$
$$20 - m_{ape} = -2,5 \cdot \log \frac{60^2 \cdot 59^2}{40^2 \cdot 39^2}$$
$$m_{ape} = 21,78$$

5. Gambar di bawah adalah Diagram Dua Warna, (U-B) vs (B-V).



Kurva menunjukkan tempat kedudukan bintang-bintang dari berbagai kelas spektrum yang tidak mengalami pemerahan. Diberikan juga garis pemerahan. Dari pengamatan dalam magnitudo U, B, dan V, diperoleh posisi bintang X seperti pada gambar di atas.

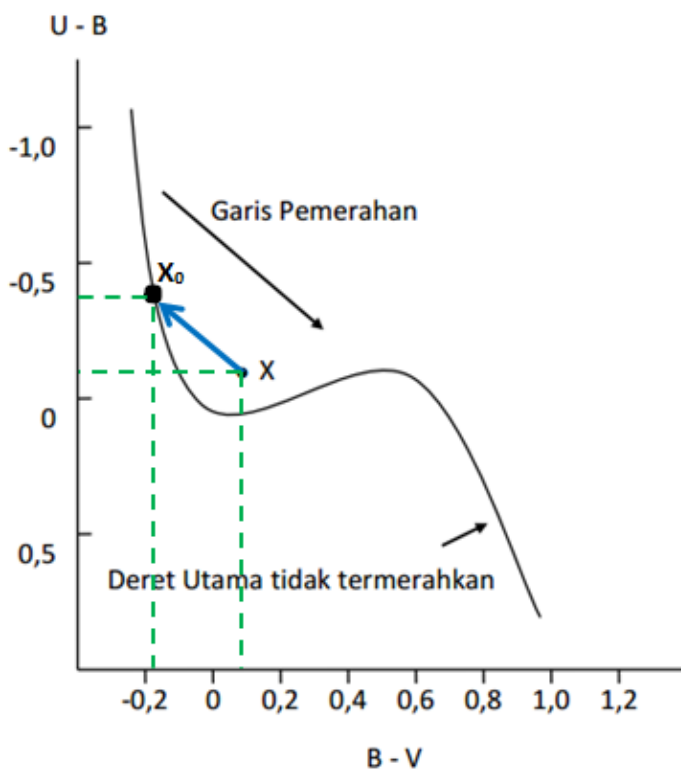
- a. Dengan menggunakan skala pada kedua sumbu, taksirlah berapa besar eksese warna E(U-B) dan E(B-V) yang dialami oleh bintang X. Urutkan caranya secara sistematis.
- b. Dapatkah Diagram Dua Warna ini digunakan untuk mengklasifikasi spektrum bintang? Jika dapat, perkirakan kelas spektrum bintang X.

JAWAB :

- ⇒ Posisi bintang X berada di luar kurva, artinya bintang X mengalami pemerahan
- ⇒ B, V dan U adalah magnitudo yang masing-masing diambil pada panjang gelombang biru (B), magnitudo visual (V) dan magnitudo ungu (U).



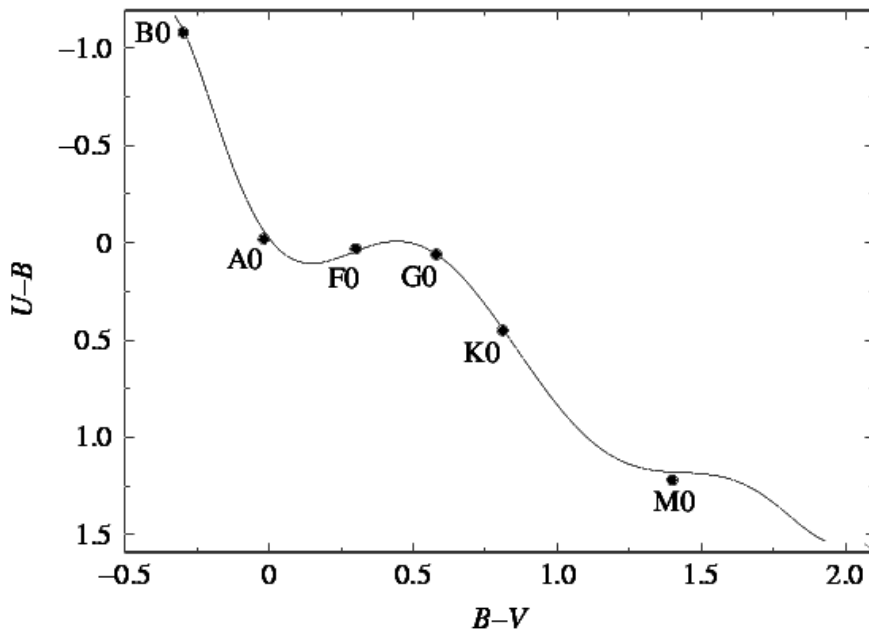
- ⇒ Diagram dua warna ini sangat penting karena dapat menunjukkan besarnya penyerapan dari materi antar bintang (MAB), dan dengan demikian rumus modulus jarak bisa diberi koreksi penyerapan oleh MAB sehingga jarak bintang sebenarnya dapat diperhitungkan dengan lebih akurat
- ⇒ Pemerahan adalah absorpsi cahaya bintang oleh materi antar bintang yang terletak diantara bintang dan pengamat. Absorpsi ini membuat magnitudo bintang yang terukur bukanlah magnitudo bintang yang sebenarnya. Disebut pemerahan karena ketika cahaya bintang melalui debu antar bintang, bagian yang lebih banyak diserap oleh debu adalah panjang gelombang yang lebih pendek atau daerah biru ungu. Ini mengakibatkan cahaya yang lewat kehilangan banyak warna biru dan ungu sehingga cahaya yang ditangkap di Bumi menjadi lebih merah dari yang seharusnya, ini disebut efek pemerahan atau *reddening*
- ⇒ Pada kurva sudah ada arah pemerahan, artinya kalau titik X ditarik garis dengan arah yang berlawanan dengan arah pemerahan sampai menyentuh kurva yang tidak mengalami pemerahan, maka kita akan menemukan lokasi sebenarnya bintang X atau magnitudo bintang sebenarnya ( $X_0$ ) sebelum dimerahkan (disebut magnitudo intrinsik)



- ⇒ Dari estimasi skala pada grafik, nilai-nilai pada kedua sumbu adalah :  
 Untuk bintang X  $\rightarrow (B - V)_X = 0,1$  dan  $(U - B)_X = -0,1$   
 Untuk bintang  $X_0 \rightarrow (B - V)_{X_0} = -0,15$  dan  $(U - B)_{X_0} = -0,35$
- ⇒ Rumus Ekses Warna :  

$$E(B - V) = (B - V) - (B - V)_0 = 0,1 - (-0,15) = 0,25$$

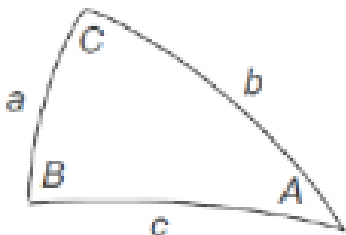
$$E(U - B) = (U - B) - (U - B)_0 = -0,1 - (-0,35) = 0,25$$
- ⇒ Dengan mengetahui letak bintang sebenarnya pada kurva, dapat diketahui kelas spektrumnya karena kurva tersebut sudah terkalibrasi juga dengan kelas spektrum bintang sbb. (sumber : <http://burro.astr.cwru.edu>)



⇒ Jadi kira-kira bintang X tersebut berada pada kelas spektrum B5

Daftar Konstanta

Besaran	Harga
Satuan Astronomi	149.597.870,691 km
Tahun Cahaya	$9,4605 \times 10^{12}$ km = 63.240 SA
Parseks (pc)	$3,0860 \times 10^{13}$ km = 206.265 SA
Tahun Sideris	365,2564 hari
Tahun Tropik	365,2422 hari
Tahun Gregorian	365,2425 hari
Bulan Sideris ( <i>Sidereal month</i> )	27,3217 hari
Bulan Sinodis ( <i>Synodic month</i> )	29,5306 hari
Hari sideris rata-rata ( <i>Mean sidereal day</i> )	$23^h 56^m 4^s,091$ dari waktu matahari rata-rata
Hari matahari rata-rata ( <i>Mean solar day</i> )	$24^h 3^m 56^s,555$ dari waktu sideris
Jarak rata-rata Bumi - Bulan	384.399 km
Massa Bumi	$5,9736 \times 10^{24}$ kg
Jejari Bumi	6371 km
Massa Bulan	$7,3490 \times 10^{22}$ kg
Jejari Bulan	1738 km
Massa Matahari	$1,9891 \times 10^{30}$ kg
Jejari Matahari ( $R_{\odot}$ )	$6,96 \times 10^5$ km
Luminositas Matahari ( $L_{\odot}$ )	$3,86 \times 10^{26}$ J dt <sup>-1</sup>
Konstanta Matahari ( $E_{\odot}$ )	$1,368 \times 10^3$ J m <sup>-2</sup>
Temperatur efektif Matahari ( $T_{eff,\odot}$ )	5800 K
Magnitudo semu Matahari ( $m_{\odot}$ )	-26,8
Magnitudo semu bolometrik Matahari	-26,79
Magnitudo mutlak Matahari	4,82
Magnitudo mutlak bolometrik Matahari ( $M_{bol,\odot}$ )	4,72
Kecepatan cahaya (c)	$2,9979 \times 10^8$ km/s
Konstanta Gravitasi (G)	$6,67 \times 10^{-11}$ N m <sup>2</sup> kg <sup>-2</sup> [N = Newton]
Konstanta Boltzmann (k)	$1,3807 \times 10^{-23}$ m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
Konstanta Steffan-Boltzmann ( $\sigma$ )	$5,67 \times 10^{-8}$ J s <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> K <sup>-4</sup>
Konstanta Planck (h)	$6,626 \times 10^{-34}$ m <sup>2</sup> kg s <sup>-1</sup>
Koordinat kutub ekliptik utara J2000,0 ( $\alpha_E, \delta_E$ )	$18^h 00^m 00^s$ ; $66^{\circ} 33,6'$
Koordinat kutub utara galaktik J2000,0 ( $\alpha_G, \delta_G$ )	$12^h 51^m$ ; $27^{\circ} 08'$
steradian	$(180^{\circ} / \pi)^2$ derajat persegi



Persamaan-persamaan dasar pada segitiga Bola

$\sin a \sin B = \sin b \sin A$

$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$

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

Ekses sudut bola,  $E(^{\circ})=(\angle A + \angle B + \angle C - 180^{\circ})$

Luas segitiga bola,  $S_{ABC} = \frac{E(^{\circ})}{180^{\circ}} \times \pi$  steradian