

## Soal Olimpiade Astronomi Tingkat Provinsi 2011 (Rev. 1)

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>

### Pilihan Berganda, 20 Soal

1. Jika jarak rata-rata planet Mars adalah 1,52 SA dari Matahari, maka periode orbit planet Mars mengelilingi Matahari adalah
  - a. Sekitar 321,75 hari lebih panjang dari periode sideris orbit planet Bumi
  - b. Sekitar 414,75 hari lebih panjang dari periode sideris orbit planet Bumi
  - c. Sekitar 321,75 hari lebih panjang dari periode sinodis orbit planet Bumi
  - d. Sekitar 414,75 hari lebih panjang dari periode anomalistik orbit planet Bumi
  - e. Jawaban a, b, c, dan d salah semua

JAWAB : E

Periode planet ada beberapa istilah :

- 1) Periode Sideris, adalah waktu yang diperlukan planet untuk mengelilingi Matahari 1 putaran penuh atau dalam sudut tempuh tepat  $360^\circ$ . Contoh: Periode sideris Bumi adalah 1 tahun atau 365,25 hari (tepatnya secara rata-rata : 365,256363051 hari = 365 hari 6 jam 9 menit 9,7676 detik)
- 2) Periode Sinodis, adalah waktu yang diperlukan planet untuk kembali ke fase planet yang sama jika dilihat dari bumi
- 3) Periode anomalistik, adalah waktu yang diperlukan planet untuk menempuh titik terjauh (aphelion) atau titik terdekat (perihelion) secara berurutan. Sudut tempuhnya belum tentu  $360^\circ$ , karena ada pergeseran (rotasi) dari setengah sumbu panjang orbitnya. Untuk mengetahui panjang periode anomalistik harus mengetahui dulu berapa besar pergeseran setengah sumbu panjangnya dan arahnya kemana. Contohnya pergeseran setengah sumbu panjang Bumi adalah 11,25" tiap tahun dengan arah yang searah revolusi Bumi, sehingga tahun anomalistik Bumi lebih besar dari tahun siderisnya

Yang ditanyakan di soal adalah periode orbit planet Mars mengelilingi Matahari, maka yang dimaksud tentu periode sideris Mars.

Hitung periode sideris Mars melalui hukum Kepler III (setengah sumbu panjang Mars =  $a = 1,52$  SA) :  $T^2 = a^3 \rightarrow T_{\text{Mars}} = 1,87 \text{ tahun} \times 365,25 = 683,02$  hari. Selisih dengan periode sideris Bumi adalah :  $683,02 - 365,25 = 317,77$  hari.

1. Layaknya seperti manusia, bintang termasuk Matahari juga mengalami fase kehidupan - lahir dan akhirnya mati. Diantara pernyataan berikut ini, manakah yang dapat menggambarkan evolusi Matahari dari awal sampai akhir tersebut?
  - a. Katai putih, raksasa merah, deret utama, *protostar*
  - b. Raksasa merah, deret utama, katai putih, *protostar*
  - c. *Protostar*, deret utama, raksasa merah, katai putih
  - d. *Protostar*, raksasa merah, deret utama, katai putih
  - e. *Protostar*, deret utama, katai putih, raksasa merah

JAWAB : C

Pembahasan lebih detail mengenai garis besar evolusi bintang dari lahir sampai akhirnya ada di pembahasan OSK 2011.

Karena Matahari adalah bintang dengan massa diantara  $0,5 - 6 M_{\odot}$ , maka Matahari akan menjadi raksasa merah, kemudian menjadi planetary nebula yang akan meninggalkan bintang katai putih di pusatnya.

1. Selama evolusinya, reaksi nuklir di pusat bintang-bintang seperti Matahari tidak dapat menghasilkan unsur besi, hal ini disebabkan
  - a. Semua unsur besi dilontarkan ketika bintang menjadi *planetary nebula*
  - b. Semua besi yang terbentuk dari reaksi nuklir diubah menjadi uranium
  - c. Unsur besi tersimpan di atmosfer akibat adanya medan magnet yang kuat dari bintang-bintang tersebut
  - d. Temperatur di pusat bintang tidak cukup tinggi untuk memicu terjadinya reaksi nuklir menjadi besi
  - e. Semua pernyataan di atas salah

JAWAB : D

Unsur besi hanya dihasilkan oleh bintang dengan massa di atas  $10 M_{\odot}$ , karena tekanan gravitasi bintang yang masif ini masih sanggup untuk menahan tekanan radiasi nuklir dari pusat bintang itu. Hal ini menyebabkan inti bintang mengalami berbagai macam reaksi nuklir sehingga inti menjadi kaya dengan berbagai unsur hasil reaksi nuklir sbb. : Hidrogen  $\rightarrow$  Helium  $\rightarrow$  Karbon  $\rightarrow$  Oksigen  $\rightarrow$  Neon  $\rightarrow$  Magnesium  $\rightarrow$  Silikon  $\rightarrow$  Besi. Unsur-unsur tersebut masing-masing mengalami reaksi nuklir sehingga menghasilkan unsur berikutnya dan semakin berat unsurnya maka semakin tinggi suhu yang diperlukannya untuk bereaksi.

Pada bintang bermassa kecil, tekanan gravitasi tidak sanggup menahan tekanan radiasi dari pusat bintang sehingga suatu saat selubung luar bintang akan terhembuskan keluar dan menjadi planetary nebula dan inti yang panas tersingkap yang disebut dengan katai putih

Unsur terakhir yang sanggup dihasilkan inti bintang adalah besi, karena reaksi inti besi akan terurai menghasilkan helium. Proses ini menyerap energi dan akan meledakkan bintang.

1. Ketika Matahari berevolusi menjadi rakasa merah, pusatnya akan...
  - a. Mengembang dan memanans
  - b. Mengembang dan mendingin
  - c. Mengerut dan memanans
  - d. Mengerut dan mendingin
  - e. Mengembang dengan temperatur tetap seperti sebelumnya

JAWAB : C

Ketika bintang ada di deret utama, pembakaran hidrogen (reaksi proton-proton) adalah reaksi yang utama di pusatnya. Reaksi ini menghasilkan helium, dan ketika helium sudah bertumpuk di pusat bintang dan telah mencapai 10% - 20% massa bintang (disebut batas Schonberg Chandrasekar) maka yang terjadi adalah pusat Helium runtuh dengan cepat karena tekanan dari radiasi pembakaran hidrogen tidak dapat lagi menahan tekanan gravitasi ke dalam. Keruntuhan pusat helium menyebabkan terjadinya reaksi triple alpha yang membakar helium menjadi karbon (disebut helium flash, yang terjadi dengan sangat cepat - dalam orde jam). Bagian luar bintang mengembang keluar dan karena itu temperatur permukaan mendingin dan gelombang cahaya yang dipancarkannya bergeser ke arah merah, disebut bintang raksasa merah atau maharaksasa merah.

1. Kala hidup bintang di deret utama yang massanya 4 kali lebih besar dari massa Matahari dan luminositasnya 100 kali lebih besar dari luminositas Matahari adalah
  - a. 4 kali lebih lama daripada Matahari
  - b. 400 kali lebih lama daripada Matahari
  - c. 4 kali lebih singkat daripada Matahari
  - d. 100 kali lebih singkat daripada Matahari
  - e. 25 kali lebih singkat daripada Matahari

**JAWAB :**

Rumus untuk menentukan usia bintang adalah :

$t = \text{Massa} \times \text{Luminositas} \times 10 \text{ milyar tahun} =$

Massa dan Luminositas dalam satuan Matahari. Karena usia Matahari adalah 10 milyar tahun, maka rumus tersebut dapat disederhanakan menjadi :

$t = \text{Massa} \times \text{Luminositas} \times \text{usia Matahari}$

Jadi usia bintang di soal adalah:

$t = 4100 \times \text{usia Maathari} = 125 \times \text{usia Matahari}$

Jadi kala hidupnya 25 kali lebih cepat dari Matahari.

Catatan : Untuk bintang-bintang yang normal, maka ada hubungan antara Luminositas dan Massa sbb. :  $L = (M)^p$ , dengan besar p diantara 3 dan 4. Bintang massif dengan  $M > 30 M_{\odot}$ , nilai  $p = 3$ , untuk bintang dengan  $M < 10 M_{\odot}$  maka nilai p adalah 4. Bintang dengan massa diantara  $10 M_{\odot} - 30 M_{\odot}$  nilai p diantara 3 dan 4. Jadi dengan mengetahui hanya massanya saja, kita dapat menaksir umur bintang tersebut.

1. Sebuah bintang raksasa mempunya luminositas yang sama dengan luminositas bintang di deret utama. Karena bintang raksasa tersebut lebih besar ukurannya, maka \_\_\_\_\_ daripada bintang deret utama.
  - a. Sudut paralaksnya lebih kecil
  - b. Sudut paralaksnya lebih besar
  - c. Temperaturnya lebih rendah
  - d. Temperaturnya lebih tinggi
  - e. Tidak ada pernyataan yang benar

**JAWAB : C**

Menurut Hukum Radiasi Stefan Boltzman :  $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma \cdot T^4$ , jika luminositas sama tetapi R lebih besar, maka tentu temperaturnya akan lebih rendah.

1. Bintang A mempunyai ukuran yang sama dengan bintang B. Jika luminositas bintang A tersebut makin besar, maka \_\_\_\_\_ daripada bintang B.
  - a. Sudut paralaksnya lebih kecil
  - b. Sudut paralaksnya lebih besar
  - c. Temperaturnya lebih rendah
  - d. Temperaturnya lebih tinggi

- e. Tidak ada pernyataan yang benar karena besaran fisis kedua bintang akan selalu sama

JAWAB : D

Menurut Hukum Radiasi Stefan Boltzman :  $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma \cdot T^4$ , jika ukurannya sama tetapi Luminositas lebih besar, maka tentu temperaturnya akan lebih tinggi.

1. Ketika terjadi pembakaran hidrogen di selubung, lapisan luar bintang menjadi panas. Ini menyebabkan lapisan terluar bintang \_\_\_\_\_ serta temperaturnya \_\_\_\_\_ dan luminositas \_\_\_\_\_. Setelah itu bintang akan berevolusi menuju tahap Raksasa Merah.
  - a. mengerut; bertambah; bertambah
  - b. mengerut; bertambah; berkurang
  - c. mengembang; menurun; bertambah
  - d. mengembang; menurun; berkurang
  - e. mengembang; tetap sama; tetap sama

JAWAB :

Pembakaran hidrogen sudah tidak di pusat bintang, tetapi di selubung, artinya tekanan gravitasi dari luar selubung hidrogen bukan berasal dari massa keseluruhan bintang, jadi tekanan gravitasi lebih kecil dari tekanan radiasi sehingga selubung bintang akan mengembang, karena mengembang, maka temperaturnya menurun, tetapi luminositas akan bertambah besar karena pengembangan jari-jari jauh lebih besar daripada penurunan suhu (sesuai hukum Stefan-Boltzman).

1. Bagaimana kita melakukan pengamatan untuk menentukan gerak diri bintang, tanpa dipengaruhi oleh efek paralaks trigonometri?
  - a. Kita lakukan pengamatan paralaks trigonometri secara terpisah, kemudian hasil pengamatan gerak diri dikoreksi terhadap paralaks yang diamati secara terpisah.
  - b. Kita hanya cukup mengamati bintang tersebut pada tanggal yang sama selama bertahun-tahun untuk memperoleh data gerak diri.
  - c. Kita hitung jarak bintang dengan menggunakan metode sekunder, diperoleh paralaks yang akan menjadi faktor koreksi pengamatan gerak diri.
  - d. Butuh informasi kecepatan radial bintang agar kecepatan tangensial, dalam hal ini gerak diri, dapat kita tentukan secara terpisah dari paralaks.

- e. Tidak mungkin mengamati gerak diri terpisah dari efek paralaks trigonometri bintang.

JAWAB : B

Cara termudah untuk mengoreksi gerak diri bintang dari paralaks trigonometrinya adalah dengan memotret bintang itu minimal dalam selang waktu setahun pada tanggal yang sama, karena menurut geometri dari paralaks trigonometri, pada tanggal yang sama maka bintang terlihat pada posisi yang sama (pergeseran paralaksnya nol) sehingga pergeseran bintang hanya dari gerak dirinya saja. Pengamatan yang lebih teliti untuk gerak diri tentu harus memotret bintang pada tanggal yang sama secara berulang-ulang

1. Apa yang dapat kamu simpulkan dari sebuah bintang dengan kelas temperatur M3 Ib?
  - a. Bintang temperatur tinggi
  - b. Bintang M deret utama
  - c. Anggota populasi I
  - d. Anggota populasi II
  - e. Bintang cabang horizontal raksasa

JAWAB : D

Kelas M adalah bintang dengan suhu yang rendah (temperaturnya lebih kecil dari 3500 K) dari pembagian kelas spektrum Miss Annie J. Cannon, angka 3 menyatakan pembagian subkelas dari kelas M (dari angka 0 sampai 9, semakin besar angkanya semakin kecil suhunya).

Ib menyatakan kelas Maha Raksasa yang kurang terang dari pembagian kelas Jari-jari dan Luminositas dari Morgan-Keenan.

Artinya, bintang M3 Ib adalah bintang Maha Raksasa Merah yang pasti sudah dalam tahapan evolusi lanjut (anggota bintang Populasi II).

Untuk penjelasan kelas bintang dan populasi bintang ada di pembahasan OSK 2011.

1. Tujuh buah bintang masing-masing dari kelas temperatur A, B, F, G, K, M dan O. Manakah dari pernyataan tentang bintang-bintang tersebut berikut ini yang BENAR:



- a. Bintang kelas A dan B memiliki tempertar permukaan yang lebih rendah dari bintang kelas M dan O
- b. Urutan kelas temperatur A, B, A, F, G, K, M dan O menunjukkan urutan semakin rendahnya temperatur permukaan bintang
- c. Bintang-bintang kelas temperatur G dan K lebih panjang kala hidupnya dibandingkan kelas temperatur A dan B
- d. Urutan kelas temperatur A, B, F, G, K, M, O menunjukkan urutan semakin besarnya radius bintang
- e. Bintang-bintang kelas temperatur O adalah yang paling panjang usia hidupnya

JAWAB : C

Urutan kelas spektrum dari suhu tinggi ke suhu rendah adalah : O B A F G K M. Biasanya, semakin tinggi suhu, maka semakin tinggi luminositas, dan semakin tinggi luminositas maka massanya akan semakin besar sehingga usianya akan semakin pendek (lihat pembahasan soal no. 5).

1. Galaksi Andromeda diamati memiliki pergeseran biru, bukan pergeseran merah. Berkaitan dengan ini, manakah pernyataan yang BENAR:
  - a. Andromeda diamati memiliki pergeseran biru karena efek pengamatan. Jika dikoreksi dengan gerak diri Bima Sakti, sebenarnya Andromeda mengalami pergeseran merah.
  - b. Tipe-tipe morfologi tertentu mengalami pergeseran biru, bukan pergeseran merah. Andromeda adalah salah satu tipe galaksi yang mengalami pergeseran biru.
  - c. Untuk galaksi spiral raksasa seperti Andromeda, perlu berbagai koreksi internal gerak bintang di dalamnya. Jika semua koreksi internal bintang dalam Andromeda dilakukan, akan dideteksi bahwa Andromeda mengalami pergeseran merah
  - d. Jarak Andromeda terlalu dekat ke Bima Sakti sehingga efek pengembangan alam semesta tidak teramati, dan yang teramati dominan adalah gerak dirinya dalam ruang, yang arahnya menuju ke Bima Sakti.
  - e. Ketidakakuratan detektor menyebabkan pergeseran merah terdeteksi sebagai pergeseran biru. Jika menggunakan peralatan yang lebih teliti, akan diperoleh ternyata Andromeda mengalami pergeseran merah.

JAWAB : D

Galaksi Andromeda adalah galaksi yang terdekat dari galaksi Bima Sakti dengan jarak sekitar 2,2 tahun cahaya, karena itu efek pengembangan alam

semesta untuk galaksi Bima Sakti dan galaksi Andromeda tidak terlalu berbeda jauh (Ingat Hukum Hubble :  $v = H \cdot d$ ), maka gerak diri galaksi Andromeda dalam ruang yang lebih besar efeknya dari pengamatan di Bumi.

Pergeseran biru (menurut efek Doppler) artinya benda langit sedang menuju ke arah pengamat di Bumi, karena itu panjang gelombangnya memendek atau bergeser ke arah biru. Pergeseran merah artinya benda langit sedang menjauh dari pengamat di Bumi, karena itu panjang gelombangnya memanjang atau bergeser ke arah merah.

1. Bintang-bintang biasa dikategorikan dalam Populasi I, Populasi II dan Populasi II (yang masih intensif dicari). Pilih pernyataan yang SALAH:
- a. Populasi I memiliki kandungan metal yang lebih tinggi dibandingkan Populasi II
  - b. Gugus-gugus bola berisi bintang Populasi II
  - c. Gugus terbuka beranggotakan bintang Populasi I
  - d. Lengan spiral berisi bintang-bintang Populasi I
  - e. Bintang-bintang Populasi I lebih tua dari bintang-bintang Populasi II

JAWAB : E

Perhatikan tabel di bawah ini untuk ciri-ciri bintang populasi I dan II :

Ciri-ciri Populasi I	Ciri-ciri Populasi II
Kelompok bintang muda	Kelompok bintang tua
Bintang maharaksasa biru dan bintang-bintang muda	Bintang raksasa merah dan bintang-bintang tua lainnya
Kelompok bintang yang bergerak cepat	Kelompok bintang yang bergerak lambat
Garis spektrum logam kuat/banyak elemen berat	Garis spektrum logam lebih sedikit /sedikit elemen berat
Berasal dari materi antar bintang yang kaya akan unsur berat, asalnya dari daerah yang dihuni bintang populasi II yang menghembuskan materinya (lewat angin bintang, nova atau supernova)	Berasal dari materi antar bintang yang bersih dari unsur berat
Kebanyakan letaknya di daerah piringan/lengan galaksi	Kebanyakan letaknya di halo galaksi atau di pusat galaksi
Biasanya membentuk gugus galaksi	Biasanya membentuk gugus bola



1. Diantara nebula-nebula berikut : *Planetary nebula*, *Dark nebula*, *Supernova remnant*, *H II region*, manakah yang termasuk sisa bintang yang mati:
  - a. *Planetary nebula* dan *Supernova remnant*
  - b. *Supernova remnant* dan *Dark nebula*
  - c. *Dark nebula* dan *H II region*
  - d. *H II region* dan *Planetary nebula*
  - e. *Planetary nebula*, *Dark nebula*, *Supernova remnant*, *H II region*

**JAWAB : A**

Daerah yang termasuk sisa bintang mati memiliki keistimewaan yaitu melimpah dengan unsur-unsur berat yang berasal dari reaksi inti di dalam bintang asalnya.

*Planetary Nebula* teramati sebagai sebuah lingkaran atau selubung gas yang di pusatnya terdapat bintang katai putih. Gas ini bergerak dengan kecepatan yang tinggi sebagai tanda bahwa gas ini dilontarkan oleh bintang katai putih yang ada di pusatnya, yang mana bintang katai putih ini adalah evolusi akhir suatu bintang.

*Dark Nebula* adalah kumpulan besar debu yang menghalangi cahaya bintang di belakangnya, seperti *horsehead nebulae*. Jadi bukan sisa bintang yang mati.

*Supernova remnant* adalah sisa ledakan supernova dari sebuah bintang yang bermassa di atas  $10 M_{\odot}$ , contohnya nebula kepiting.

*HII Region* adalah daerah awan molekul raksasa yang komposisinya terdiri dari 90% hidrogen dan 10 % Helium (unsur lain sangat kecil jumlahnya). Hidrogen yang ada terionisasi karena biasanya di dalamnya ada bintang-bintang kelas O atau B yang energi sanggup mengionisasi daerah sekitarnya. Daerah ini juga merupakan daerah pembentukan bintang-bintang baru, jadi bukan sisa dari bintang yang mati. Contohnya : Nebula Orion.

1. Pusat galaksi Bima Sakti sulit diamati karena banyaknya kandungan debu antar bintang. Untuk mengamatinya, dilakukan pengamatan pada panjang gelombang
  - a. Cahaya tampak, ultraviolet, dan sinar-X
  - b. Sinar gamma, sinar-X, inframerah dan radio
  - c. Ultraviolet, sinar-X, dan sinar gamma
  - d. Cahaya tampak, radio dan sinar gamma

e. Infra merah, ultraviolet dan sinar-X

JAWAB : B

Pengamatan pada panjang gelombang tampak tidak terlalu banyak memberikan informasi tentang bagian pusat galaksi, hal ini disebabkan pengamatan dari Bumi harus menembus materi antar bintang yang sangat rapat di piringan galaksi untuk dapat mencapai pusat galaksi. Seperti diketahui, materi antar bintang menghalangi, menyerap dan menghamburkan cahaya bintang di belakangnya.

Karena itu pengamatan dialihkan pada panjang gelombang lain, yaitu panjang gelombang inframerah dan radio (karena lebih panjang dari gelombang tampak sehingga efek hamburan dapat berkurang) dan juga pada panjang gelombang sinar X atau sinar gamma (karena energinya sangat tinggi).

Pengamatan pada keempat panjang gelombang yang lain tersebut memberikan sangat banyak informasi berharga untuk menganalisis pusat galaksi Bima Sakti.

1. Okultasi sebuah bintang oleh planet dapat digunakan untuk
  - a. Menentukan temperatur planet
  - b. Menentukan kerapatan cincin dari planet
  - c. Menentukan materi pembangun planet
  - d. Menentukan massa planet
  - e. Menentukan rotasi planet

JAWAB : B

Okultasi adalah lewatnya benda langit di depan benda langit yang lain (gerhana bulan atau gerhana matahari adalah kasus khusus dari okultasi). Misalnya Venus lewat di depan Matahari, atau planet lewat di depan sebuah bintang.

Melalui pengamatan okultasi sebuah bintang oleh planet, kita dapat mengetahui ketebalan atmosfer planet tersebut atau menganalisis keberadaan cincin planet dari analisis perubahan kuat cahaya bintang yang tentu akan berubah ketika melewati cincin atau atmosfer planet tersebut.

1. Jika sebuah komet pada jarak yang paling dekatnya dengan Bumi, misalnya 0,9 Satuan Astronomi, mempunyai koma berdiameter 1.500.000 km, maka ia akan tampak dengan diameter sudut
  - a. 3"
  - b. 6"

- c. 36"
- d. 3'
- e. 6'

**JAWAB : ???**

**Gunakan rumus diameter sudut :**

$\delta = \text{Diameter sebenarnya} \times \text{jarak ke pengamat} \times 206265''$

$\delta = 15000000,9 \times 1,496.108 \times 206265 = 2297,96'' = 38.3'$

**Hasilnya lebih besar dari diameter sudut Bulan atau Matahari ???**

1. Bagaimana gugus bintang terdistribusi di langit?
  - 1) Gugus bintang terbuka tersebar sepanjang Bima sakti, dimana kerapatan bintang tinggi.
  - 2) Gugus bola tersebar sepanjang Bima Sakti, dimana kerapatan bintang tinggi.
  - 3) Setengah dari gugus bola yang ada di Galaksi kita terletak di sekitar konstelasi Sagitarius
  - 4) Setengah dari gugus bintang terbuka yang ada di Galaksi kita terletak di sekitar konstelasi Sagitarius
- a. Pernyataan 1, 2 dan 3 benar
- b. Pernyataan 1 dan 3 benar
- c. Pernyataan 2 dan 4 benar
- d. Hanya pernyataan 4 yang benar
- e. Semua pernyataan benar

**JAWAB : B**

Persamaan gugus bola dan gugus galaksi adalah bintang-bintang di dalamnya :

- berikatan secara gravitasi
- berjarak sama dari bumi, sehingga mudah untuk menentukan magnitudo mutlak setiap bintang jika jaraknya diketahui
- Berasal dari awan nebula yang sama sehingga komposisi kimia setiap bintang sama, maka pembedanya hanya massanya sehingga penelitian tentang evolusi bintang menjadi lebih mudah

- Terbentuk pada saat yang sama sehingga usia gugus bisa ditentukan melalui analisis diagram HR gugus (untuk gugus bola masih ada perdebatan apakah terbentuk bersama-sama atau tidak)

Perbedaan Gugus Bola dan gugus galaksi

	Gugus Galaksi/gugus Terbuka	Gugus Bola
Jumlah bintang	Mencapai ribuan buah	Mencapai ratusan ribu buah
Bentuk	Tidak beraturan	Beraturan, biasanya berbentuk bola
Usia	Objek muda	Objek tua
Ikatan gravitasi	Lebih lemah dan lebih terbuka sehingga kerapatan bintangnya rendah, juga dapat menarik bintang luar yang lain menjadi anggotanya	Lebih kuat, tidak mudah tercerai sehingga kerapatan bintangnya tinggi
Komposisi kimia	Kaya logam (anggota populasi I)	Miskin logam (anggota populasi II)
Letak	Di daerah spiral/piringan galaksi	Di halo galaksi

Analisis setiap option :

- 1) Gugus bintang terbuka tersebar sepanjang Bima sakti, dimana kerapatan bintang tinggi → Benar, karena daerah piringan galaksi adalah daerah yang kerapatan bintangnya tinggi.
- 2) Gugus bola tersebar sepanjang Bima Sakti, dimana kerapatan bintang tinggi.
  - Salah, karena gugus bola ada di halo galaksi, dimana daerah kerapatan bintangnya rendah
- 3) Setengah dari gugus bola yang ada di Galasi kita terletak di sekitar konstelasi Sagitarius → Benar, karena banyak gugus bola berada di halo yang terdapat di dekat daerah pusat galaksi, yang jika dilihat dari Bumi berada di daerah rasi Sagitarius
- 4) Setengah dari gugus bintang terbuka yang ada di Galasi kita terletak di sekitar konstelasi Sagitarius → Salah, lihat penjelasan 1)

1. Pilih pernyataan yang SALAH.

- a. Kalau kita mengamati galaksi, kita melihat pergeseran merah dalam spektrumnya. Ini berarti jagat raya mengembang.
- b. Terdapat hubungan linier antara kecepatan menjauh dari galaksi dengan jaraknya dari kita.

- c. Beberapa Quasar memiliki pergeseran merah yang paling besar yang berarti bahwa Quasar ini adalah objek yang paling jauh yang bisa kita amati.
- d. Model jagat raya terbuka (*open universe*) mengatakan bahwa jagat raya akan terus berkembang.
- e. Pengamatan menunjukkan bahwa galaksi yang jauh semuanya menjauhi kita. Dapat disimpulkan bahwa Galaksi Bima Sakti kita merupakan pusat keseluruhan jagat raya.

JAWAB :

Analisis setiap option :

- a. Kalau kita mengamati galaksi, kita melihat pergeseran merah dalam spektrumnya. Ini berarti jagat raya mengembang. → Kurang tepat, pergeseran merah terjadi pada semua galaksi jauh, tetapi untuk galaksi dekat, gerak diri galaksi memiliki pengaruh yang cukup besar, sehingga bisa saja galaksi dekat memiliki pergeseran biru (lihat soal no. 12)
- b. Terdapat hubungan linier antara kecepatan menjauh dari galaksi dengan jaraknya dari kita. ▪ Pernyataan ini benar untuk galaksi-galaksi jauh, karena berlaku hukum Hubble, tetapi untuk galaksi dekat harus dikoreksi dengan gerak diri. Jika ditinjau dari ekspansi alam semesta, kecepatan menjauh galaksi ternyata tidak bertambah besar meskipun jarak galaksi itu semakin menjauh dari pengamat, tetapi nilainya selalu tetap terhadap pusat alam semesta
- c. Beberapa Quasar memiliki pergeseran merah yang paling besar yang berarti bahwa Quasar ini adalah objek yang paling jauh yang bisa kita amati → Quasar adalah objek yang tampaknya mirip bintang tetapi merupakan pemancar gelombang radio yang sangat kuat, sehingga diberi nama *quasi stellar radio source* (sumber gelombang radio yang mirip bintang, disingkat: Quasar). Pergeseran merah yang sangat besar menyatakan Quasar bergerak dengan kecepatan yang sangat tinggi dan juga jaraknya yang sangat jauh dari kita. Meskipun sangat jauh, tetapi tetap cemerlang dalam panjang gelombang optik, artinya kecerlangannya mencapai 50 - 100 kali lebih cerlang dari galaksi Bima Sakti! Saat ini ribuan Quasar sudah ditemukan, tetapi yang memiliki pergeseran merah terbesar bukanlah Quasar, tetapi pada saat ini ditemukan galaksi yang sangat jauh dengan pergeseran merah mencapai 10,3 yang setara dengan jarak 13,2 milyar tahun cahaya dari analisis foto Hubble Ultra Deep Field. Pernyataan ini salah
- d. Model jagat raya terbuka (*open universe*) mengatakan bahwa jagat raya akan terus berkembang. ▪ Ini pernyataan yang tepat.

- e. Pengamatan menunjukkan bahwa galaksi yang jauh semuanya menjauhi kita. Dapat disimpulkan bahwa Galaksi Bima Sakti kita merupakan pusat keseluruhan jagat raya. ▪ Salah. Dalam pandangan kosmologi, alam semesta tidak memiliki pusat di ruang alam semesta itu sendiri, karena pusat alam semesta berada di daerah yang berdimensi empat, dimana jarak setiap titik dalam ruang di alam semesta adalah sama terhadap pusat alam semesta itu.
1. Sebuah teleskop dengan diameter 0,76 meter dapat mengumpulkan sejumlah cahaya dalam 1 jam. Beberapa lama waktu yang diperlukan sebuah teleskop dengan diameter 4,5 meter untuk mengumpulkan jumlah cahaya yang sama?
- 0,17 menit
  - 1,7 menit
  - 17 menit
  - 7,1 menit
  - 0,71 menit

**JAWAB : B**

Waktu teleskop mengumpulkan cahaya berbanding terbalik dengan kuadrat diameter lensa objektif, jadi :

$$t_2 t_1 = D_1^2 D_2^2$$

$$t_2 1 \text{ jam} = 0,76^2 4,5^2$$

$$t = 0,0285 \text{ jam} = 1,71 \text{ menit}$$

## ESSAY, 5 SOAL

1. Bagi seorang pengamat di  $78^\circ 15'$  LU, pada tanggal berapakah dia dapat mengamati Matahari yang begitu terbenam separuh langsung terbit kembali? Gambarkan sketsa untuk mendukung jawabanmu! Abaikan efek refraksi! Tanggal berapakah dapat terjadi, Matahari begitu terbenam separuh langsung terbit lagi, diamati oleh seorang pengamat di  $78^\circ 15'$  LU? Gambarkan sketsa untuk mendukung jawabanmu!





	Matahari ( $\alpha \blacksquare$ )	
21 Maret	0	$0^\circ$ (Matahari berimpit dengan ekuator)
22 Juni	6 h	$+ 23,45^\circ$ (Matahari di titik balik utara)
23 September	12 h	$0^\circ$ (Matahari berimpit dengan ekuator)
22 Desember	18 h	$- 23,45^\circ$ (Matahari di titik balik selatan)

Cara menghitung deklinasi Matahari ( $\delta \blacksquare$ ) adalah dengan mengingat bahwa dalam setahun (365,25 hari) Matahari beredar secara periodik naik-turun di sekitar garis ekuator bumi/langit dengan amplitudo  $23,45^\circ$  (jarak sudut ke ekuator adalah acuan untuk menghitung deklinasi) :

Jadi secara praktis, jika kita menganggap Bumi mengelilingi Matahari dalam lingkaran sempurna dengan kecepatan yang tetap, maka dapat dilihat bahwa selama setahun Matahari menempuh lintasan sudut sejauh  $23,45^\circ \times 4 = 93,8^\circ$ , maka selama sehari perubahan deklinasi matahari adalah  $93,8^\circ / 365,25 \text{ hari} = 0,2568^\circ \approx \frac{1}{4}^\circ / \text{hari}$ , dengan demikian deklinasi Matahari setiap hari dapat dicari meskipun nilai sebenarnya tidak tepat karena sebenarnya lintasan Bumi adalah elips dan kecepatan orbit Bumi tidak sama setiap hari.

Dari tabel tersebut, deklinasi Matahari sebesar  $11^\circ 45'$  artinya selisih pergerakan Matahari dari deklinasi  $0^\circ$  adalah :

$$11045'0,25680/\text{hari} = 45,76 \text{ hari} \approx 46 \text{ hari}$$

Maka deklinasi matahari  $11^\circ 45'$  adalah kira-kira pada saat :

- ➔ 46 hari setelah tanggal 21 Maret, yaitu sekitar tanggal 6 Mei, dan
- ➔ 46 hari sebelum tanggal 23 September, yaitu sekitar tanggal 8 Agustus

1. Pada tahun 2020 sebuah pesawat antariksa berawak dikirim dari Bumi ke Jupiter. Kemudian pesawat ditempatkan pada orbit yang tetap mengelilingi Jupiter untuk melakukan pengamatan Jupiter dari dekat.
  - a. Berapa ketinggian orbit pesawat itu dari permukaan Jupiter dan berapa hari (Bumi) periode orbitnya agar astronot di dalam pesawat merasakan medan gravitasi yang sama dengan di permukaan Bulan? (Tuliskan hasilnya dengan ketidakpastian 1000 km dan anggap gravitasi permukaan Bulan adalah  $1/6$  kali gravitasi Bumi dan periode siderisnya 27,3 hari dan jarak rata-ratanya dari Bumi 384400 km).
  - b. Apakah pada saat itu awak pesawat dapat berdiri tegak di dalam pesawat dengan perasaan yang sama dengan berdiri di permukaan Bulan? Jika ya, ke arah manakah arah zenith awak pada saat berdiri tegak? Jika tidak,

jelaskan mengapa demikian! Anggap jejari Jupiter 138000 km dan massanya 318 kali massa Bumi.

JAWAB :

Diketahui :

Gravitasi Bulan :  $g_{\text{bulan}} = 1/6 g_{\text{bumi}}$  ( $g_{\text{bumi}}$  adalah gravitasi di permukaan Bumi)

Periode sideris Bulan = 27,3 hari

Jarak rata-rata Bumi-Bulan :  $r_{\text{BB}} = 384.400 \text{ km}$

Massa Jupiter :  $M_J = 318 M_B$

Jari-jari Jupiter :  $R_J = 138.000 \text{ km}$

Jari-jari Bumi :  $R_B = 6371 \text{ km} \rightarrow$  data ini ada di daftar konstanta dan terpakai pada perhitungan

Massa Bumi :  $M_B = 5,9736 \times 10^{24} \text{ kg}$  ▪ data ini ada di daftar konstanta dan terpakai pada perhitungan

Ditanya :

- a) Ketinggian pesawat dari permukaan Jupiter ( $h$ ) dan periode orbitnya ( $T$ ) supaya gravitasi yang dirasakannya ( $g_J$ ) sama dengan gravitasi di permukaan Bulan ( $g_{\text{bulan}}$ ) !

JAWAB :

Karena ada data jarak Bumi-Bulan, maka pengaruh dari gravitasi Bumi juga harus diperhitungkan

$$g_J = g_{\text{bulan}}$$

$$g_J = 1/6 g_{\text{bumi}}$$

$$G.M_J/(R_J+h)^2 = 1/6 G.M_B/R_B^2$$

Karena  $M_J = 318 M_B$ , maka  $G$  dan  $M_B$  bisa dicoret, sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$318(R_J+h)^2 = 16.R_B^2$$

Masukkan data  $R_J$  dan  $R_B$ , maka diperoleh :

$$318(138000+h)^2 = 16.63712$$

$$h = 140.289,48 \text{ km} \approx 140.000 \text{ km (ambil ketelitian 1000 km)}$$

Untuk mencari periode pesawat, gunakan Hukum Kepler III :

$$T^2 r^3 = 4\pi^2 GM$$

$$T^2(140.000.000+138.000.000)^3 = 4\pi^2 6,67 \times 10^{-11} 318.5,9736.1024$$

$$T = 81818,69 \text{ s} = 22 \text{ j } 43 \text{ m } 39 \text{ s}$$

b) Perasaan astronot ketika berdiri tentu dipengaruhi oleh arah gravitasi. Jika gravitasi mengarah ke bawah astronot (dari arah kepala ke kaki) maka tentu astronot akan merasa berdiri seperti biasa. Jadi dengan gravitasi yang sama dengan di permukaan bulan, maka perasaan astronotpun akan sama seperti berdiri di permukaan Bulan, dan arah zenith astronot harus mengarah radial keluar dari pusat planet Jupiter

1. Dua satelit mikro A dan B bergerak mengelilingi Bumi. Perbandingan massa kedua satelit  $M_A = 2M_B$ . Kedua satelit ini kemudian bertumbukan. Kecepatan sebelum tumbukan dalam m/s adalah

$$V_A = 15i + 30j - 10k \text{ m/s}, V_B = -10i + 5j + 8k \text{ m/s}$$

Kecepatan satelit A setelah terjadi tumbukan adalah  $V_A' = -5i + 20j - 8k \text{ m/s}$

- a. Berapa persen energi kinetik yang hilang setelah terjadi tumbukan?
- b. Gambarkan vektor kecepatan kedua satelit mikro ini sebelum dan sesudah tumbukan

**JAWAB :**

Pertama cari dulu kecepatan satelit B setelah tumbukan, gunakan hukum kekekalan momentum :

$$M_A V_A + M_B V_B = M_A V_A' + M_B V_B'$$

$$2M_B \cdot 15i + 30j - 10k + M_B \cdot (-10i + 5j + 8k) = 2M_B \cdot (-5i + 20j - 8k) + M_B \cdot V_B'$$

$$V_B' = 30i - 25j + 4k \text{ m/s}$$

Kecepatan skalar masing-masing benda adalah sbb. :

$$|V_A| = \sqrt{15^2 + 30^2 + (-10)^2} = 1225 \text{ m/s}$$

$$|V_B| = \sqrt{(-10)^2 + 5^2 + 8^2} = 189 \text{ m/s}$$

$$|V_A'| = \sqrt{(-5)^2 + 20^2 + (-8)^2} = 489 \text{ m/s}$$

$$|V_B'| = \sqrt{30^2 + (-25)^2 + 4^2} = 1541 \text{ m/s}$$

- a. **Persentase Energi kinetik yang hilang selama tumbukan adalah :**

$$\%E_{\text{Kilang}} = \frac{E_{\text{Kawal}} - E_{\text{Kakhir}}}{E_{\text{Kawal}}} \times 100\%$$

$$\%E_{\text{Kilang}} = \frac{12M_A V_A^2 + 12M_B V_B^2 - 12M_A V_A'^2 - 12M_B V_B'^2}{12M_A V_A^2 + 12M_B V_B^2} \times 100\%$$

$$\%E_{\text{Kilang}} = \frac{122M_B 1225^2 + 12M_B 189^2 - 122M_B 489^2 - 12M_B 1541^2}{122M_B 1225^2 + 12M_B 189^2} \times 100\%$$

$$\%E_{\text{Kilang}} = 4,55 \%$$

1. Sebuah asteroid berbentuk bola dengan jejari 2,5 km berada dalam keadaan setimbang termal dengan alam sekitarnya. Asteroid itu ternyata menyerap

daya sebesar  $10^9$  watt. Asteroid mempunyai albedo  $a = 0,2$ . Berapakah temperatur asteroid tersebut?

**JAWAB :**

Dari rumus Albedo :

$$E_{out} = \text{Albedo} \times E_{in}$$

$$\sigma \cdot 4\pi R^2 \cdot T^4 = \text{Albedo} \cdot 10^9$$

$$5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 4\pi \cdot (2,5 \times 1000)^2 \cdot T^4 = 0,2 \cdot 10^9$$

$$T = 81,86 \text{ Kelvin}$$

2. Diketahui pada tahun 2011 akan berlangsung 2 gerhana Bulan. Kedua gerhana Bulan tahun 2011 adalah Gerhana Bulan Total (GBT) akan berlangsung pada tanggal 15-16 Juni 2011 dan yang kedua pada tanggal 10 Desember 2011.

Informasi tambahan untuk dua gerhana Bulan 2011 :

Pertama : Gerhana Bulan Total 15-16 Juni 2011 merupakan gerhana Bulan ke 34 dari 72 gerhana Bulan dalam Seri Saros 130. Bulan Purnama bertepatan dengan tanggal 16 Juni 2011 jam 03.15 WIB. Momen gerhana Umbra pada tanggal 16 Juni 2011 antara jam 01:22 - 05.03 WIB, momen gerhana Bulan Total antara jam 02:22 - 04:03 WIB.

Kedua : Gerhana Bulan Total 10 Desember 2011 merupakan gerhana Bulan ke 23 dari 71 gerhana Bulan dalam seri saros 135. Bulan Purnama bertepatan dengan tanggal 10 Desember 2011 jam 21:37 WIB. Momen gerhana Umbra pada tanggal 10 Desember 2011 antara jam 19:45 - 23:18 WIB, momen gerhana Bulan Total antara jam 21:05 - 21:58 WIB.

Pertanyaan :

- Tentukan rasi bintang di arah lokasi Bulan pada saat gerhana Bulan Total tahun 2011 berlangsung. Tentukan pula rasi bintang di arah lokasi Matahari pada saat gerhana Bulan Total tersebut berlangsung.
- Bandingkan lama mengamati GBT bagi pengamat di Kutub Utara dan pengamat di Kutub Selatan

**JAWAB :**

Prinsipnya ketika terjadi gerhana bulan adalah :

$$\rightarrow \text{asensio rekta matahari} = 360^\circ - \text{asensio rekta bulan}$$

$$\rightarrow \text{deklinasi matahari} = - \text{deklinasi bulan}$$

Karena terjadi garis lurus Matahari - Bumi - Bulan, maka Bulan pasti berada pada garis ekliptika juga, yang pada saat ini melalui 13 rasi bintang yang disebut zodiak. Karena letak Matahari dan Bulan yang berlawanan (oposisi) dari Bumi, maka rasi bintang (zodiak) yang ada di belakang Matahari akan berselisih tepat 6 bulan dengan rasi bintang (zodiak) yang ada di belakang Bulan.

Gerhana Bulan Total 15-16 Juni 2011 ▪ Zodiak tanggal 15-16 Juni adalah Taurus, jadi rasi di belakang Matahari adalah rasi Taurus dan rasi di belakang bulan tentu sama dengan rasi 6 bulan setelah 15-16 Juni, yaitu sekitar tanggal 15-16 Desember, yaitu rasi Ophiucus

Gerhana Bulan Total 10 Juni 2011 ➔ Zodiak tanggal 10 Desember adalah Ophiucus, jadi rasi di belakang Matahari adalah rasi Ophiucus, dan tentu rasi di belakang bulan saat itu adalah zodiak 6 bulan kemudian, atau zodiak pada tanggal 10 Juni, yaitu Taurus.

Untuk lebih jelasnya perhatikan penanggalan ke-13 zodiak ini (Dari wikipedia):

Nama	Simbol	<u>IAU constellation</u> boundaries (2011)	Lama hari	Bintang paling terang
<u>Aries</u>	♈	19 April – 14 Mei	25.5 hari	<u>Hamal</u>
<u>Taurus</u>	♉	14 Mei – 21 Juni	38.2 hari	<u>Aldebaran</u>
<u>Gemini</u>	♊	21 Juni – 21 Juli	29.3 hari	<u>Pollux</u>
<u>Cancer</u>	♋	21 Juli – 11 Agustus	21.1 hari	<u>Al Tarf</u>
<u>Leo</u>	♌	11 Agustus – 17 September	36.9 hari	<u>Regulus</u>
<u>Virgo</u>	♍	17 September – 31 Oktober	44.5 hari	<u>Spica</u>
<u>Libra</u>	♎	31 Oktober – 21 November	21.1 hari	<u>Zubeneschamali</u>
<u>Scorpio</u>	♏	21 November – 30 November	8.4 hari	<u>Antares</u>
<u>Ophiuchus</u>	♐	30 November – 18 Desember	18.4 hari	<u>Rasalhague</u> / Alpha Ophiuchi
<u>Sagittarius</u>	♑	18 Desember – 21 Januari	33.6 hari	<u>Kaus Australis</u>



<u>Capricorn</u>	♑	21 Januari – 17 Februari	27.4 hari	<u>Deneb Algedi</u>
<u>Aquarius</u>	♒	17 Februari – 12 Maret	23.9 hari	<u>Sadalsuud</u>
<u>Pisces</u>	♓	12 Maret – 19 April	37.7 hari	<u>Eta Piscium</u>

GBT yang terjadi pada tanggal 16 Juni sangat dekat dengan tanggal 22 Juni, dimana Matahari berada pada titik garis balik utara (deklinasi matahari +23,5°). Dengan menggunakan cara di pembahasan soal no. 1 essay, maka kita bisa mengira-ngira deklinasi Matahari pada tanggal 16 Juni, yaitu sekitar 22°, jadi Bulan sedang berada di titik garis balik selatan atau deklinasinya sekitar - 22° (dan juga inklinasi bulan terhadap ekliptika adalah 0° pada saat gerhana). Tentu pengamat di sekitar lintang yang lebih besar dari 90°-22° = +68° tidak akan bisa menyaksikan peristiwa gerhana ini karena bulan tidak terbit pada tanggal tersebut (termasuk di Kutub Utara), berbeda dengan daerah kutub Selatan dimana bulan selalu berada di atas horizon pada tanggal tersebut, tentu peristiwa gerhana bulan 16 Juni bisa teramati dengan tuntas.

GBT yang terjadi tanggal 10 Desember sangat dekat dengan tanggal 22 Desember, dimana Matahari berada pada titik garis balik selatan (deklinasi Matahari -23,5°). Dengan cara yang sama, kita bisa mengira-ngira deklinasi Matahari pada tanggal 10 Desember, yaitu sekitar - 20,5°, maka deklinasi bulan tentu +20,5°. Jadi kebalikan dengan GBT tanggal 16 Juni, pengamat di Kutub Utara dengan leluasa bisa menikmati GBT 10 Desember dengan tuntas, tetapi di Kutub Selatan Pengamat sama sekali tidak bisa melihat bulan.