

PEMBAHASAN SOAL OLIMPIADE ASTRONOMI TINGKAT PROVINSI 2010

Typed and Solved by Mariano N.
Mohon saya dikontak jika ada yang perlu direvisi
mariano.nathanael@gmail.com
<http://soal-olim-astro.blogspot.com>

1. Tinggi pasang air laut saat Bulan Baru (konjungsi) dibandingkan pada Bulan kuartir;

- a. Lebih besar
- b. Lebih kecil
- c. Sama dengan
- d. Sama saja/tidak berubah
- e. Tidak tentu

JAWAB : A

⇒ Air pasang akan setinggi-tinggi pada saat bulan baru dan bulan purnama dan akan serendah-rendahnya pada saat bulan kuartir awal maupun kuartir akhir

2. Planet A dan planet B mempunyai rapat massa yang sama. Jika radius planet A dua kali radius planet B, dan bila percepatan gravitasi planet B (g_B), maka percepatan gravitasi planet A (g_A) adalah

- a. $g_A = g_B$
- b. $g_A = 2g_B$
- c. $g_A = g_B/2$
- d. $g_A = g_B/4$
- e. $g_A = 4g_B$

JAWAB : B

⇒ Hubungan percepatan gravitasi ($g = GM/R^2$) dan rapat massa planet ($\rho = M/V$) adalah (coba temukan hubungan ini sendiri) :

$$g = \frac{4}{3}\pi G \cdot R \cdot \rho$$

⇒ Maka bisa diperoleh rumus perbandingan sbb. :

$$\frac{g_A}{g_B} = \frac{R_A \cdot \rho_A}{R_B \cdot \rho_B} = \frac{2R_B \cdot \rho_B}{R_B \cdot \rho_B} = 2$$

3. Bumi menerima radiasi Matahari maksimum pada saat

- a. Berada di perihelion
- b. Berada di aphelion
- c. Pada tanggal 21 Maret
- d. Pada saat deklinasi Matahari $23^{\circ},5$

e. Pada saat deklinasi $-23^{\circ},5$

JAWAB : A

⇒ Radiasi maksimum yang diterima Bumi tentu akan maksimum jika Bumi mencapai jarak terdekatnya dengan Matahari, atau pada saat Bumi di Perihelion

4. Pada tahun 2010 terdapat 12 bulan purnama tersebar pada setiap bulan dalam kalender Gregorian, dimulai tanggal 30 Januari jam 06:18 UT dan diakhir dengan 21 Desember jam 08-14 UT. Tim ekspedisi yang berada selama setahun pada tahun 2010 di kutub Utara bisa menyaksikan bulan purnama sebanyak

- a. 12 kali
- b. 8 kali
- c. 6 kali
- d. 0 kali
- e. 10 kali

JAWAB : C

⇒ Di kutub Utara maupun selatan tidak dikenal yang namanya hari, karena selama 6 bulan Matahari berada terus-menerus di atas horizon dan 6 bulan kemudian matahari ada terus-menerus di bawah horizon.

⇒ Jika dalam setahun ada 12 bulan Purnama, maka di Kutub Utara akan terjadi 6 kali bulan Purnama, karena selama 6 bulan mengalami malam sedangkan bulan purnama terjadi sebulan sekali.

5. Salah satu kemungkinan penyebab pemanasan global (global warming) adalah

- a. Planet-planet sejajar
- b. Jarak Bumi semakin dekat ke Matahari
- c. Matahari sedang berevolusi menjadi bintang raksasa
- d. Ulah manusia yang tidak ramah lingkungan
- e. Tata surya sedang mendekati pusat galaksi

JAWAB : D

⇒ Global warming adalah menghangatnya suhu bumi disebabkan semakin banyaknya energi matahari yang terhalang oleh gas-gas tertentu yang seharusnya energi tersebut di pantulkan ke ruang angkasa.

⇒ Penyebab global warming bukanlah gejala astronomis, melainkan ulah manusia yang sendiri yang dengan ceroboh membuang/melepas gas-gas misalnya CO_2 atau CH_4 ke atmosfer bumi sehingga konsentrasinya semakin bertambah besar. Gas-gas tersebut yang

fungsinnya di atmosfer adalah untuk menjaga kehangatan Bumi akhirnya malah memanaskan Bumi

6. Pilih pernyataan yang benar

- a. Bintang kelas O menunjukkan garis Helium terionisasi dan pita molekul Titanium Oksida
- b. Dalam kelas spektrum yang sama, garis spektrum bintang dengan kelas luminositas katai lebih lebar daripada kelas luminositas maharaksasa
- c. Dalam kelas spektrum yang sama garis spektrum bintang dengan kelas luminositas katai lebih sempit daripada kelas luminositas maharaksasa
- d. Penampakan spektrum hanya bergantung kepada kelimpahan elemen
- e. Penampakan spektrum hanya bergantung kepada temperatur permukaan bintang

JAWAB : B

⇒ Analisis setiap option :

- A. Garis Helium terionisasi hanya ada pada suhu yang sangat tinggi, yang hanya dimiliki oleh bintang kelas O (suhu tertinggi, $T > 30.000\text{K}$), dan pita molekul titanium oksida (TiO) hanya ada pada suhu yang rendah, dan hanya dimiliki oleh bintang kelas M (suhu terendah $T < 3000\text{ K}$) → pernyataan salah
- B. Dalam kelas spektrum yang sama, semakin sempit garis spektrum menunjukkan semakin terang bintang itu atau semakin besar radius bintang itu, maka tentu saja bintang katai yang jauh lebih kecil dari maha raksasa memiliki garis spektrum yang lebih lebar → Pernyataan benar
- C. Sama dengan penjelasan B → Pernyataan salah
- D. Penampakan spektrum tergantung dari dua hal, yaitu kelimpahan elemen dan suhu bintang → pernyataan salah
- E. Temperatur permukaan bintang sangat mempengaruhi spektrum bintang itu → pernyataan salah

7. Untuk pengamat di Bumi konjungsi inferior hanya dapat terjadi pada planet:

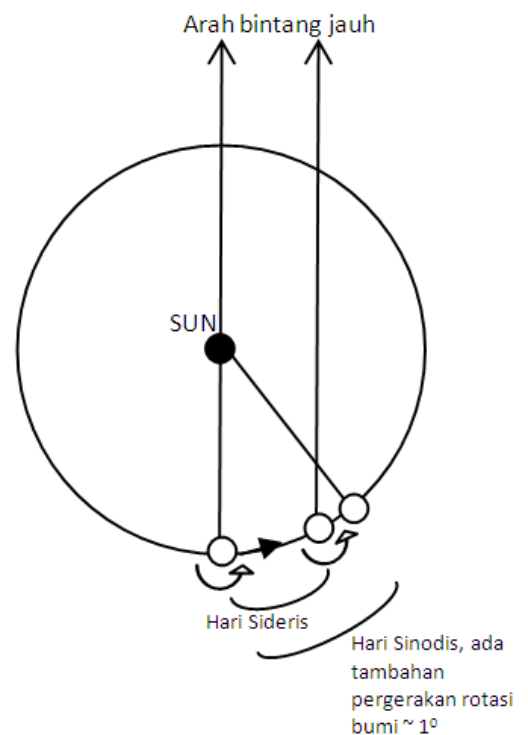
- a. Venus dan Merkurius
- b. Venus dan Mars
- c. Venus dan Jupiter
- d. Saturnus dan Merkurius
- e. Uranus dan Merkurius

JAWAB : A

- ⇒ Konjungsi inferior hanya dapat terjadi di planet inferior saja (dan juga fase konjungsi superior), yaitu hanya pada planet Merkurius dan Venus
 - ⇒ Konjungsi superior adalah terjadi garis lurus : Planet – Matahari – Bumi, (planet berada pada titik terjauhnya dari Bumi)
 - ⇒ Konjungsi inferior adalah terjadi garis lurus : Matahari – Planet – Bumi, (planet berada pada titik terdekatnya dengan Bumi)
 - ⇒ Untuk planet luar fase yang terjadi adalah fase konjungsi dan fase oposisi
8. Perbedaan antara panjang hari matahari dan sideris disebabkan oleh
- a. Presesi equinox
 - b. Gangguan Bulan pada orbit Bumi
 - c. Gangguan Bumi pada orbit Bulan
 - d. Pelambatan rotasi Bumi
 - e. Gerak rotasi dan revolusi Bumi

JAWAB : E

- ⇒ Perhatikan gambar di samping, hari sideris adalah hari berdasarkan letak bintang-bintang jauh mengalami tepat satu kali perputaran harian, lamanya 23j 56m 4s, nilai ini adalah waktu tepat bumi berotasi satu kali pada porosnya
- ⇒ Hari Sinodis adalah tepat satu kali perputaran harian Matahari, lamanya tepat 24 jam, lebih lama sekitar 4 menit dari hari sideris karena membutuhkan rotasi tambahan supaya matahari tepat kembali berada di atas kepala



9. Ada sebuah asteroid melintas dekat Bumi. Pada suatu saat (sebutlah saat t) jarak Bumi-Asteroid, Asteroid-Bulan dan Bumi-Bulan membentuk segitiga siku-siku yang panjang sisi-sisinya membentuk suatu barisan aritmetika. Maka perbandingan ketiga sisi segitiga tersebut adalah
- a. 1:2:3
 - b. 2:3:4
 - c. 3:4:5
 - d. 4:5:6
 - e. 2:4:5

JAWAB : C

⇒ Satu-satunya nilai panjang sisi-sisi segitiga siku-siku yang dapat membentuk deret aritmetika adalah sisi-sisi dengan kelipatan 3, 4 dan 5 saja.

10. Tinggi Polaris kira-kira sama dengan

- a. Asensiorekta Polaris
- b. Deklinasi Polaris
- c. Lintang pengamat
- d. Bujur timur pengamat
- e. Bujur barat pengamat

JAWAB : C

⇒ Polaris adalah bintang yang hampir tepat berada di Kutub Utara Langit, karena letak titik Kutub Utara Langit adalah sama dengan lintang pengamat, maka letak Polaris pun sama dengan lintang pengamat

11. Dilihat dari tempat dengan lintang 41° Lintang Utara, semua bintang sirkumpolar mempunyai

- a. Deklinasi lebih kecil dari +49
- b. Deklinasi lebih besar +49
- c. Asensiorekta lebih besar dari 14^h
- d. Deklinasi lebih kecil dari +41
- e. Deklinasi lebih besar +41

JAWAB : B

⇒ Bintang sirkumpolar adalah bintang yang tidak pernah terbit dan tidak pernah tenggelam di langit, selalu berada di atas horizon pengamat.

⇒ Untuk pengamat di belahan bumi utara, deklinasi bintang (δ) sirkumpolar haruslah memenuhi hubungan : $\delta \geq 90^\circ - \text{Lintang pengamat}$

⇒ Untuk pengamat di belahan bumi selatan, deklinasi bintang (δ) sirkumpolar haruslah memenuhi hubungan : $\delta \leq -90^\circ + |\text{Lintang pengamat}|$

⇒ Jadi deklinasi bintang sirkumpolar di 41° Lintang Utara adalah : $\delta \geq 90^\circ - 41^\circ \geq +49^\circ$

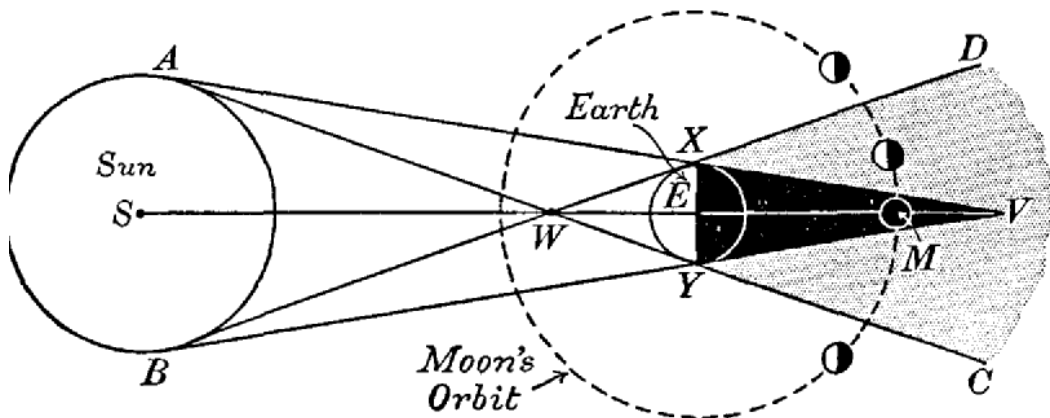
12. Gerhana bulan total dapat diamati

- a. Dari suatu jalur sempit pada permukaan Bumi
- b. Pada setengah permukaan Bumi
- c. Hanya sekitar waktu Bulan Baru
- d. Hanya dekat meridian tengah malam

e. Hanya kalau Matahari tepat di atas ekuator

JAWAB : B

⇒ Perhatikan geometri gerhana bulan total berikut ini :



⇒ Maka seluruh pengamat yang berada pada wilayah malam (setengah permukaan bumi) dapat melihat gerhana bulan total yang terjadi ketika fase bulan purnama

13. Pilih mana yang benar

- a. Besar absorpsi oleh materi antar bintang sama untuk semua daerah panjang gelombang
- b. Absorpsi pada panjang gelombang biru lebih besar daripada absorpsi pada panjang gelombang merah
- c. Absorpsi pada panjang gelombang merah lebih besar daripada absorpsi pada panjang gelombang biru
- d. Cahaya bintang tidak mengalami serapan oleh materi antar bintang
- e. Profil (pola) garis spektrum bintang sangat dipengaruhi materi antar bintang

JAWAB : B

⇒ Materi antar bintang dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu debu antar bintang dan gas antar bintang (ukuran molekul gas jauh lebih kecil daripada ukuran debu).

⇒ Debu antar bintang tersusun dari partikel-partikel es, karbon atau silikon, yang ukuran partikelnya besar (berorde 10^{-6} m) sehingga dapat menyerap (mengabsorpsi) dan menghamburkan cahaya yang lewat padanya, terbagi empat efek :

- 1) Nebula gelap → kumpulan besar debu yang menghalangi cahaya bintang di belakangnya, disebut *nebula gelap* seperti *horsehead nebulae*.
- 2) Efek redupan → kumpulan kecil debu yang menghalangi cahaya bintang, menyebabkan meredupnya cahaya bintang sekitar 1 magnitudo tiap 1 kiloparsec. Tanpa memperhitungkan efek ini, maka pengukuran jarak bintang akan memiliki kesalahan yang besar.

- 3) Efek pemerahan → Terjadi karena cahaya yang terhambur. Karena ukuran partikel debu yang kecil, maka hanya panjang gelombang yang pendek yang lebih terkena efek penghamburan ini (cahaya biru-ungu). Akibatnya cahaya yang sampai ke bumi kekurangan biru dan ungu dan tampak lebih merah dari seharusnya.
- 4) Nebula Pantulan → Hamburan cahaya biru oleh debu akan menerangi daerah sekitarnya sehingga awan debu akan tampak berwarna biru. Contoh : gugus Pleiades di Taurus, Trifid Nebula di Sagitarius.

- ⇒ Dari option A, B, C dan D → yang benar adalah option B (lebih tepatnya lagi adalah penghamburan)
- ⇒ Option E → Yang sangat mempengaruhi garis pektrum bintang adalah komposisi bintang itu serta suhunya, sementara absorpsi oleh materi antar bintang hanya menyerap beberapa garis warna saja

14. Planet A dan planet B bergerak dengan orbit lingkaran mengelilingi sebuah bintang. Jika kecepatan planet A = 0,5 kali kecepatan planet B. Maka radius orbit planet B (R_B) dinyatakan dalam radius orbit planet A (R_A)

- a. $R_A = 4R_B$
- b. $R_A = 3R_B$
- c. $R_A = 2R_B$
- d. $R_A = R_B$
- e. $R_A = 0,5R_B$

JAWAB : A

- ⇒ Dengan rumus kecepatan orbit : $v_{orb} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, maka dengan membandingkan kecepatan orbit planet A dan B diperoleh :

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{\sqrt{\frac{GM}{r_A}}}{\sqrt{\frac{GM}{r_B}}} = \sqrt{\frac{r_B}{r_A}} \rightarrow \frac{r_B}{r_A} = \left(\frac{v_A}{v_B}\right)^2 = \left(\frac{0,5 \cdot v_B}{v_B}\right)^2 \rightarrow r_B = \frac{1}{4}r_A$$

15. Kurva cahaya (grafik terang bintang terhadap waktu) sebuah bintang variabel memenuhi hubungan

$$f(t+1) + f(t-1) = \sqrt{2}f(t)$$

Maka terang bintang itu (f) berubah-ubah dengan periode

- a. 2
- b. 4
- c. 6
- d. 7
- e. 8

JAWAB : E

- ⇒ Kurva cahaya sebuah bintang variabel mirip dengan fungsi sinus/kosinus, sehingga persamaan fungsinya terhadap waktu bisa didekati dengan :

$$f(t) = A \sin (\omega t + \varphi)$$

A adalah Amplitudo

ω adalah frekuensi sudut fungsi ($\omega = \frac{2\pi}{T}$, dengan T adalah periode dari fungsi)

φ adalah sudut fase awal fungsi

- ⇒ Jika ingin mencari periode, maka kita bisa menempatkan sudut fase awal $\varphi = 0$, sehingga fungsinya menjadi :

$$f(t) = A \sin \omega t$$

- ⇒ Masukkan fungsi ini ke dalam rumus yang ada di soal :

$$f(t+1) + f(t-1) = \sqrt{2}f(t)$$

$$A \sin \omega(t+1) + A \sin \omega(t-1) = \sqrt{2}.A \sin \omega t$$

- ⇒ A bisa dicoret, lalu masukkan rumus penjumlahan sinus :

$$\sin A + \sin B = 2.\sin \frac{A+B}{2} . \cos \frac{A-B}{2}$$

$$2.\sin \frac{\omega(t+1) + \omega(t-1)}{2} . \cos \frac{\omega(t+1) - \omega(t-1)}{2} = \sqrt{2} \sin \omega t$$

$$2.\sin \omega t . \cos \omega = \sqrt{2} \sin \omega t$$

$$\cos \omega = \frac{1}{2}\sqrt{2}$$

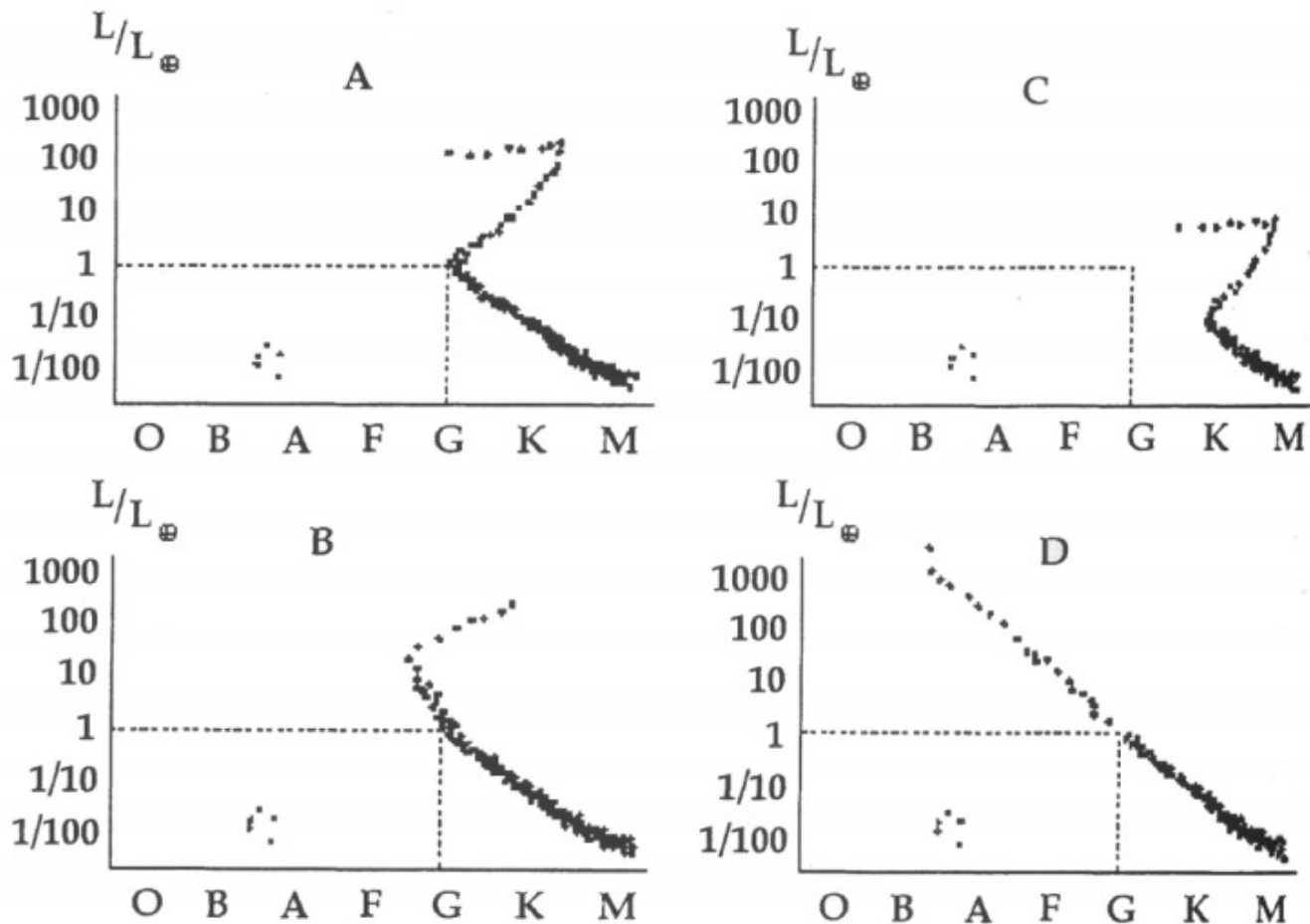
$$\omega = \frac{1}{4}\pi \text{ radian}$$

- ⇒ Jadi periode adalah :

$$\omega = \frac{1}{4}\pi = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = 8 \text{ satuan waktu}$$

16. Gambar ini adalah plot diagram Hertzsprung-Russel (HR) dari 4 buah gugus bintang. Garis putus-putus adalah posisi bintang seperti Matahari kita. Pernyataan di bawah ini adalah kesimpulan yang dapat diambil dari

analisa ke-empat diagram HR dibawah adalah



- 1) D-A-B-C adalah urutan diagram HR gugus berdasarkan umurnya dari yang paling muda hingga ke paling tua
 - 2) Bintang bermassa rendah lebih banyak dari bintang bermassa besar
 - 3) Bintang sekelas Matahari pada diagram B sama umurnya dengan bintang sekelas Matahari pada diagram D
 - 4) Umur gugus bintang pada diagram A sama dengan kala hidup Matahari di deret utama
- a. Pernyataan 1, 2 dan 3 benar
b. Pernyataan 2 dan 4 benar
c. Pernyataan 1 dan 3 benar
d. Pernyataan 4 benar
e. Semua pernyataan di atas benar

JAWAB : B

- ⇒ Dalam diagram Hertzsprung Russel, ada beberapa prinsip sbb. :
- ➔ Sumbu X biasanya dinyatakan dalam : kelas spektrum, atau suhu efektif, atau B-V
 - ➔ Sumbu Y biasanya dinyatakan dalam : Luminositas atau magnitudo bolometrik atau magnitudo mutlak
 - ➔ Sebagian besar bintang berada di deret utama (sekitar 90%) yang merupakan kurva diagonal, dengan sumber utama energi berasal dari pembakaran Hidrogen menjadi Helium

- Setelah bintang berevolusi lanjut (sumber energi utama bukan pembakaran hidrogen) maka posisi bintang di diagram HR akan berpindah ke daerah atas deret utama (jari-jari membesar)
- Dari bintang-bintang yang telah memasuki evolusi akhir (bintang katai putih, bintang neutron dan black hole), hanya katai putih yang masih terletak dalam diagram HR, yaitu di daerah pojok kiri bawah
- Semakin besar massa bintang, maka semakin cepat bintang itu ber-evolusi (semakin cepat keluar dari deret utama)
- Bintang bermassa besar akan semakin besar pula luminositasnya sehingga letaknya dalam diagram HR di deret utama berada di daerah atas
- Bintang-bintang dalam satu gugus dianggap lahir pada waktu yang bersamaan
- Jika bintang-bintang dalam satu gugus dipetakan dalam diagram HR, maka akan terlihat cabang yang berbelok, artinya bintang-bintang bermassa besar sudah masuk dalam tahap evolusi lanjut. Semakin bawah titik beloknya berarti semakin tua gugus tersebut.

⇒ Berdasarkan prinsip-prinsip di atas, kita akan meninjau setiap option

- 1) Urutan usia tiap gugus dapat dilihat dari seberapa bawah titik beloknya. Semakin bawah berarti semakin tua. Maka urutan usia dari yang paling muda ke paling tua adalah : D – B – A – C → Pernyataan salah
- 2) Dengan memperhatikan diagram HR, maka lebih banyak bintang menumpuk di lokasi bawah (massanya kecil) dibandingkan di daerah atas (massanya besar) , jadi lebih banyak bintang bermassa kecil → Pernyataan benar
- 3) Bintang sekelas matahari yang berada pada setiap diagram HR dari berbagai gugus menyatakan kala hidupnya sama dengan matahari, tetapi usianya saat ini belum tentu sama dengan usia matahari karena tidak lahir pada saat yang sama. Dilihat dari titik beloknya, maka diagram B lebih tua dari diagram D, jadi umur bintang sekelas mataharipun tentu berbeda → Pernyataan salah
- 4) Karena titik belok diagram A berada tepat pada bintang sekelas matahari, maka umur gugus tersebut tentu sama dengan umur matahari → Pernyataan benar

17. Dua buah stasiun angkasa luar yang sebelumnya terpisah dengan jarak 20 km bergerak saling mendekati dengan kecepatan konstan 10 km/jam. Seorang astronot yang melakukan perbaikan yang semula berada di bagian depan stasiun yang satu terbang ke bagian depan stasiun lainnya, dan kembali lagi ke posisi awalnya, yaitu di bagian depan stasiun pertama. Hal ini dilakukannya terus menerus hingga

kedua stasiun tadi bertubrukan. Jika astronot itu terbang dengan kecepatan konstan 20 km/jam, berapakah jarak total yang ditempuh oleh astronot tersebut hingga kedua benda bertubrukan?

- a. 10 km
- b. 15 km
- c. 20 km
- d. 30 km
- e. 35 km

JAWAB : C

- ⇒ Kecepatan resultan kedua stasiun yang saling mendekat : $V_R = V_A + V_B = 10 + 10 = 20 \text{ km/jam}$ (salah satu stasiun dianggap diam)
- ⇒ Nilai ini sama dengan kecepatan astronot, jadi jarak yang ditempuh oleh astronot yang bolak balik di antara dua stasiun adalah sama dengan jarak yang ditempuh oleh astronot dalam selang waktu tabrakan
- ⇒ Waktu kedua stasiun bertabrakan adalah : $t = s/V_R = 20/20 = 1 \text{ jam}$
- ⇒ Maka jarak tempuh astronot adalah : $x = V_{AS} \cdot t = 20 \cdot 1 = 20 \text{ km}$

18.Supernova tipe Ia yang berasal dari bintang ganda yang salah satu komponennya bintang katai putih, dapat ditentukan jaraknya dari Bumi dengan cara :

- a. Diukur kecepatan gerak dirinya (proper motion) dari Bumi. Selanjutnya besaran ini dibandingkan dengan kecepatan gerak obyek-obyek lain yang lebih jauh
- b. Diukur jangka waktu terjadinya ledakan. Semakin lama ledakan terjadi semakin jauh jarak supernova itu
- c. Diukur kecerlangan semu maksimumnya. Dari perbedaan terhadap magnitudo mutlaknya maka jarak dapat ditentukan dengan rumus modulus jarak.
- d. Diukur dari kecepatan penurunan kecerlangan. Semakin cepat supernova meredup artinya jaraknya semakin jauh
- e. Diukur dari warna cahaya ledakan. Semakin biru warnanya jaraknya semakin dekat

JAWAB : C

- ⇒ Menentukan jarak bintang/galaksi bisa dilakukan dengan beberapa cara :
 - 1) Cara paralaks
 - Paralaks bintang → hanya untuk bintang-bintang dekat
 - Paralaks rata-rata pada kelompok bintang yang sejenis
 - Paralaks gerak gugus bintang

- Paralaks dinamika pada bintang ganda
- 2) Cara modulus jarak ($m - M = -5 + 5 \log d$), intinya adalah dapat menentukan nilai magnitudo mutlak, maka jarak bintang bisa ditentukan (dengan memperhitungkan juga serapan oleh Materi Antar Bintang). Untuk mencari magnitudo mutlak dapat digunakan beberapa cara :
- Mencari besaran-besaran dasar bintang, misalnya: temperatur efektif, koreksi bolometrik, massa, luminositas, diameter, dll sehingga bisa diketahui magnitudo mutlaknya
 - Dari peristiwa supernova tipe I (bintang ganda yang pasangannya bintang katai putih), dapat diketahui magnitudo mutlak
 - Dari perioda chepeid (bintang berdenyut) tipe I atau II, juga bisa diketahui magnitudo mutlak karena ditemukan hubungan periode dan luminositasnya.
 - Hubungan Tully-Fisher, dimana luminositas sebanding dengan kecepatan pangkat 4 → untuk mengukur jarak galaksi, luminositas diperoleh maka magnitudo mutlak diperoleh dan dengan modulus jarak, jaraknya bisa ditentukan
 - dll.
- 3) Cara membandingkan luminositas gugus pada bintang-bintang di deret utama (main sequences fitting)
- 4) Cara pergeseran merah → mengukur pergeseran merah dari spektrum galaksi-galaksi yang jauh lalu menggunakan hukum Hubble untuk menentukan jaraknya

⇒ Jadi jawaban yang tepat C

19. Pada tanggal 21 Desember 2010 di wilayah Indonesia berlangsung gerhana bulan total mulai pukul 20:34 WIB, maka koordinat equatorial, yaitu asensiorekta dan deklinasi Bulan adalah

- a. $05^h 57^m$ dan $+23^{\circ}45'$
- b. $03^h 50^m$ dan $+18^{\circ}25'$
- c. $05^h 57^m$ dan $-23^{\circ}45'$
- d. $03^h 50^m$ dan $-18^{\circ}25'$
- e. $10^h 38^m$ dan $+28^{\circ}44'$

JAWAB : A

⇒ Gerhana Bulan Total terjadi ketika Bulan berada pada fase oposisi. Pada fase oposisi yang terjadi gerhana Bulan Total (Bulan-Bumi – Matahari segaris lurus), maka kita dapat menentukan koordinat Bulan karena berhubungan dengan koordinat Matahari, yaitu :

$$\alpha_{\text{bulan}} = |\alpha_{\text{M}} - 12h|$$

$$\delta_{\text{bulan}} = -\delta_{\text{M}}$$

Catatan : Belum tentu setiap kali Bulan berada pada fase oposisi (Purnama) terjadi Gerhana karena bulan memiliki inklinasi orbit sebesar $5,1^{\circ}$ terhadap ekliptika, maka rumus deklinasi di atas tidak berlaku untuk fase non-gerhana, tetapi rumus asensio rekta tetap berlaku.

⇒ Cara mencari asensio rekta Matahari ($\alpha \blacksquare$) :

$$\alpha \odot = (\text{selisih hari dengan 21 Maret}) \times \frac{24h}{365,25}$$
$$= (\text{selisih hari dengan 21 Maret}) \times 3^m56^s$$

Perlu diperhatikan bahwa acuan diambil pada saat 21 Maret, yaitu ketika Matahari tepat berimpit dengan titik Aries, dan setiap hari Matahari bergeser sejauh (terlambat) sekitar 3^m56^s terhadap titik Aries sehingga α -nya positif (ingat bahwa menghitung asensio rekta ke arah ‘belakang’ titik Aries), dan juga ini hanya nilai rata-rata saja karena kecepatan Bumi ketika mengelilingi Matahari berbeda karena lintasan orbit Bumi yang elips, sehingga ‘lebih aman’ jika mengambil ketelitian sampai satuan menit saja (perubahan $\alpha \blacksquare = 4$ menit/hari) .

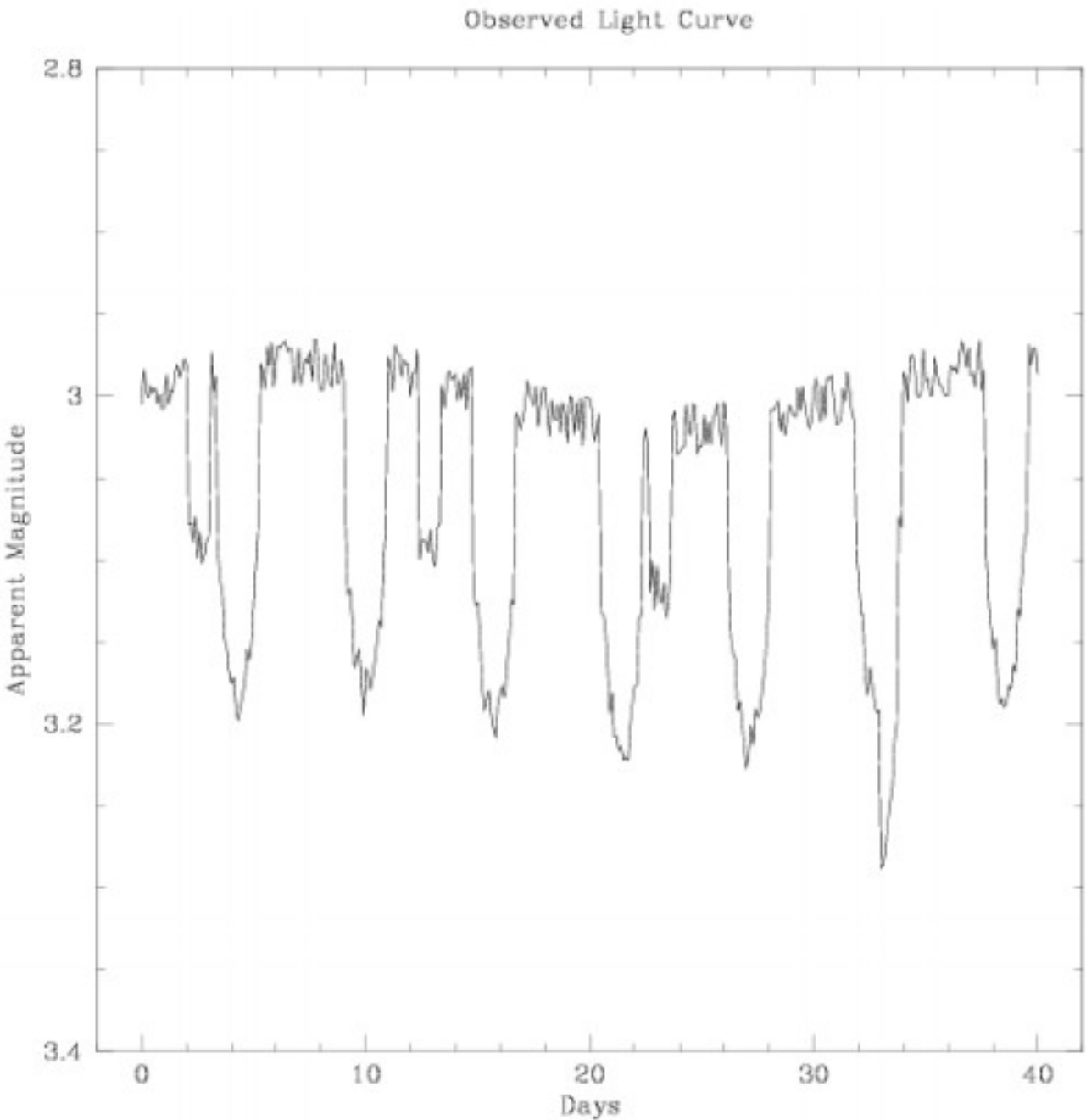
⇒ Cara menghitung deklinasi Matahari ($\delta \blacksquare$) adalah dengan mengingat bahwa Matahari beredar secara periodik naik-turun di sekitar garis ekuator bumi/langit dengan amplitudo $23,45^{\circ}$ (jarak sudut ke ekuator adalah acuan untuk menghitung deklinasi), maka kita bisa menggunakan tabel berikut :

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

Jika kita mau menghitung $\delta \blacksquare$ secara praktis, maka dapat dilihat bahwa selama setahun Matahari menempuh lintasan sudut sejauh $23,45^{\circ} \times 4 = 93,8^{\circ}$, jadi selama sehari perubahan deklinasi matahari adalah $93,8^{\circ}/365,25 \text{ hari} = 0,2568^{\circ} \approx \frac{1}{4}^{\circ} / \text{hari}$, maka secara praktis, kita dapat menentukan deklinasi Matahari setiap hari meskipun nilai sebenarnya tidak tepat karena alasan yang sama dengan cara menghitung $\alpha \blacksquare$.

⇒ Kembali ke soal, pada tanggal 21 Desember pukul 20.30 (hanya $\sim 3,5$ jam menuju tanggal 22 Desember), maka $(\alpha \blacksquare, \delta \blacksquare) = (18h, -23,45^{\circ})$, dengan demikian kita dapat menentukan koordinat bulan, yaitu $(6h, +23,45^{\circ})$

20. Gambar ini adalah kurva cahaya dari sebuah bintang yang mengalami transit oleh dua buah planetnya yang diamati dalam rentang waktu 40 hari. Pernyataan di bawah ini adalah kesimpulan yang dapat diambil dari analisis kurva cahaya di bawah.



- 1) Periode kedua buah planet adalah 8 hari dan 12 hari
 - 2) Setengah sumbu panjang masing-masing planet adalah 0,5 SA dan 1 SA
 - 3) Bintang yang diamati adalah bintang yang lebih masif dari Matahari kita yang magnitudonya bervariasi dalam periode 20 hari
 - 4) Planet yang lebih besar memiliki periode orbit yang lebih cepat
- a. Pernyataan 1, 2 dan 3 benar
 - b. Pernyataan 2 dan 4 benar
 - c. Pernyataan 1 dan 3 benar
 - d. Pernyataan 4 benar
 - e. Semua pernyataan di atas benar

JAWAB : D

- ⇒ Dari kedua planet, tentu saja planet yang besar akan menggerhanai/menutup piringan bintang lebih banyak sehingga kuat cahayanya turun lebih banyak. Jadi planet kecil ditandai pada kurva cahaya yang turun lebih sedikit dan planet besar yang turun lebih banyak
- ⇒ Jarak antar turunnya kurva cahaya menyatakan periode planet tersebut, dari pengukuran kurva di atas kita bisa memperoleh periode planet yang besar 6 hari dan periode planet yang kecil 10 hari.
- ⇒ Dengan menerapkan hukum Kepler III, diperoleh : perbandingan jarak planet kecil/planet besar $\rightarrow \frac{r_K}{r_B} = \left(\frac{T_K}{T_B}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{6}{10}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,71$, untuk jarak planet sebenarnya tidak bisa ditentukan, minimal harus diketahui dulu massa bintang induknya
- ⇒ Dengan melihat kurva cahaya yang bergelombang, bintang induknya pun adalah bintang variabel yang magnitudonya berubah dengan periode sekitar 28 - 30 hari

ESSAY

1. Pada suatu hari, dua hari setelah purnama, Bulan melintas Pleiades. Saat itu asensiorekta Matahari 14h30m. Jika periode sideris Bulan adalah 27,33 hari, berapa asensiorekta Pleiades?

JAWAB :

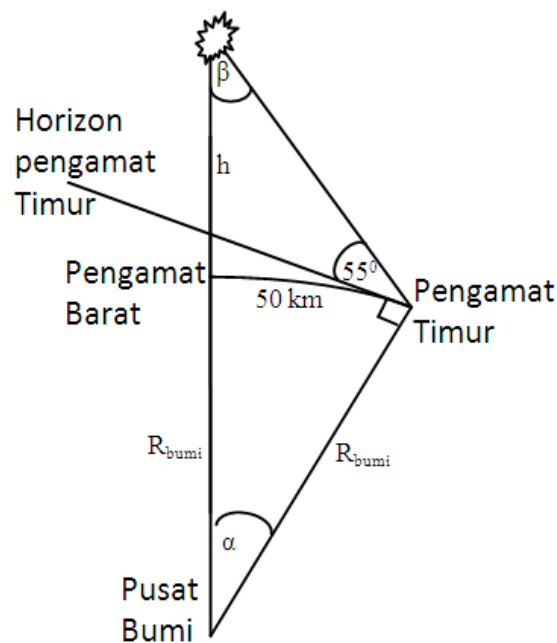
- ⇒ Dua hari setelah purnama, $\alpha \blacksquare = 14h\ 30m$, jadi dua hari sebelumnya, $\alpha \blacksquare = 14h\ 30m - (4' \times 2) = 14h\ 22m$. (Perubahan $\alpha \blacksquare$ matahari setiap hari adalah +4 menit). \rightarrow lihat penjelasan soal PG no. 19
- ⇒ Karena pada saat bulan purnama (BP), bulan berada pada fase oposisi, maka asensiorektanya berselisih 12 jam dengan matahari, jadi :
 $\alpha \text{ Bulan Purnama} = 14h\ 22m - 12h = 02h\ 22m$
- ⇒ Pergerakan bulan di langit setiap hari adalah : $24 \text{ jam} / 27,33 \text{ hari} = 52m\ 41s / \text{hari} \approx + 53 \text{ menit/hari}$ (ambil dalam ketelitian menit)
- ⇒ Pergerakan bulan setelah dua hari adalah $2 \times 53 \text{ menit} = 106 \text{ menit} = 1h\ 46m$
- ⇒ Jadi asensiorekta bulan dua hari setelah purnama = $\alpha = 02h\ 22m + 1h\ 46m = 04h\ 08m$
- ⇒ Nilai ini sama dengan asensiorekta Pleiades karena Bulan melintasi Pleiades

2. Dua kamera diletakkan 50 km terpisah sepanjang khatulistiwa pada arah Timur-Barat dan merekam citra sebuah satelit meledak pada saat yang bersamaan. Kamera di sebelah Barat mengamati ledakan di zenit, sementara kamera di sebelah Timur mengamati ledakan pada

ketinggian 55° dari horison Barat. Pada ketinggian berapakah dari permukaan Bumi satelit tersebut meledak?

JAWAB :

- ⇒ Perhatikan gambar di samping
 - ⇒ Sudut α bisa diperoleh dengan rumus : $\alpha = 50/R_{\text{Bumi}} = 50/6370 = 0,00785 \text{ rad} = 0,45^\circ$
 - ⇒ Dari segitiga besar, sudut $\beta = 180^\circ - (55^\circ + 90^\circ) - 0,45^\circ = 34,5^\circ$
 - ⇒ Gunakan aturan sinus :
- $$\frac{R_{\text{bumi}}}{\sin \beta} = \frac{R_{\text{bumi}} + h}{\sin(55 + 90)} \rightarrow h = 80,64 \text{ km}$$



3. Dari warnanya diketahui temperatur sebuah bintang 3000 K (bandingkan dengan temperatur matahari yang besarnya 6000 K), tapi luminositasnya 400 x luminositas Matahari.
- a. Berapa radiusnya?
 - b. Termasuk jenis apakah bintang ini?
 - c. Dalam panjang gelombang berapa ia memancarkan energi yang paling banyak?

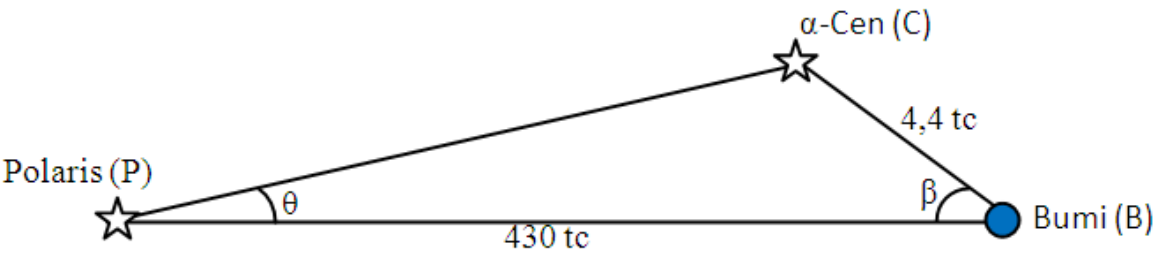
JAWAB :

- a. Dengan rumus energi radiasi Stefan Boltzman : $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma \cdot T^4$, buat rumus perbandingan bintang terhadap Matahari :
- $$\frac{L}{L_\odot} = \left(\frac{R}{R_\odot}\right)^2 \cdot \left(\frac{T}{T_\odot}\right)^4 \rightarrow 400 = \left(\frac{R}{R_\odot}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^4 \rightarrow R = 80 R_\odot$$
- b. Dengan radius sebesar itu, maka bintang ini termasuk jenis bintang raksasa merah
 - c. Gunakan Hukum Wien untuk mencari panjang gelombang yang energinya terbesar : $\lambda = k/T = 2,898 \times 10^{-3}/3000 = 9660 \text{ \AA}$ (panjang gelombang inframerah)

4. Koordinat α -Centaury adalah $\alpha = 14 \text{ jam } 40 \text{ menit}$, $\delta = 60^\circ 50'$ dan jaraknya 4,4 tahun cahaya. Hitung jarak sudut antara Matahari dan α -Centaury, dilihat dari Bintang Polaris yang berjarak 430 tahun cahaya dari Bumi.

JAWAB :

⇒ Gambar ketiga benda tersebut (α -Cen – Polaris – Bumi) :



⇒ Karena bintang Polaris berada di Kutub Langit Utara (90° terhadap ekuator atau $\delta_P = 90^\circ$), maka jarak sudut bintang α -Cen terhadap Polaris adalah : $\beta = \delta_P - \delta_{\alpha\text{-Cen}} = 90^\circ - 60^\circ 50' = 29^\circ 10' = 29,17^\circ$

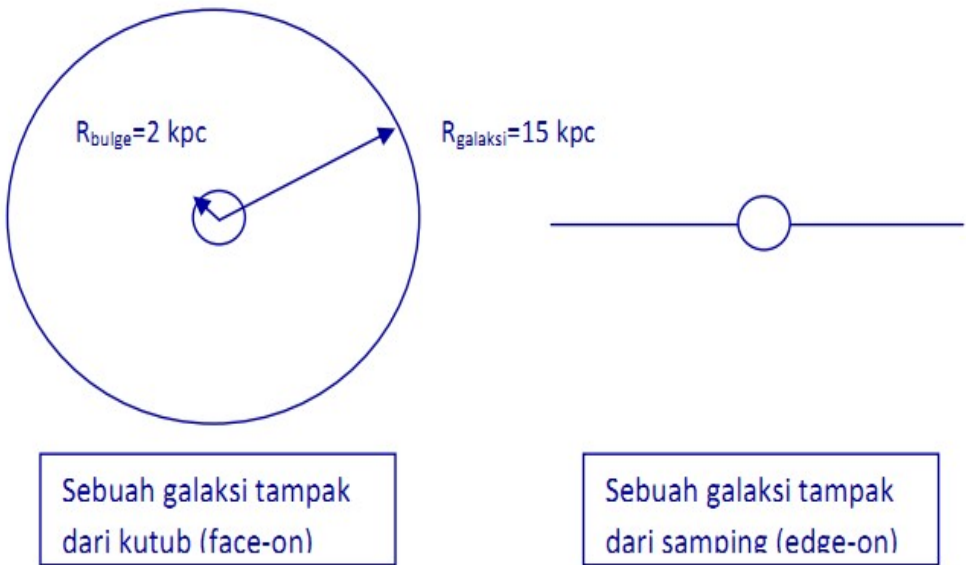
⇒ Jadi gunakan aturan cosinus untuk mendapatkan jarak PC :

$$PC^2 = 4,4^2 + 430^2 - 2 \cdot 4,4 \cdot 430 \cdot \cos 29,17 \rightarrow PC = 426,16 \text{ tc}$$

⇒ Gunakan aturan sinus untuk mendapatkan θ :

$$\frac{4,4}{\sin \theta} = \frac{430}{\sin 29,17} \rightarrow \sin \theta = 0,004987 \rightarrow \theta = 0,286^\circ \times 60 = 17,15 \text{ menit busur}$$

5. Sebuah galaksi spiral yang bermassa 10^{11} M_\odot dan radius 15 kpc memiliki dua komponen yaitu *bulge* (tonjolan pusat) dan piringan. *Bulge* galaksi berbentuk bola dengan radius 2 kpc dan memiliki massa 10% dari massa total galaksi. Piringan galaksi memiliki ketebalan yang dapat diabaikan dibandingkan dengan diameternya, dan massanya terdistribusi seragam. Jika terdapat sebuah bintang pada jarak 10 kpc dari pusat galaksi, hitung berapa massa yang mempengaruhi gerak bintang tersebut dan berapa kecepatan bintang tersebut mengelilingi galaksi?



JAWAB :

- ⇒ Massa yang mempengaruhi bintang tentu saja massa total galaksi yang ada di posisi sebelah dalam dari bintang
- ⇒ Jadi untuk bintang berjarak 10 kpc dari pusat, massanya adalah massa pusat galaksi (bulge) ditambah dengan massa piringan galaksi berbentuk donat tipis dengan jari-jari lingkaran luar 10 kpc
- ⇒ Massa piringan tersebut adalah bisa dicari dari rapat massanya (ρ) :

Rapat massa piringan 10 kpc = rapat massa piringan total (15 kpc)

$$\frac{M_{10 \text{ kpc}}}{\text{Luas piringan}_{10 \text{ kpc}}} = \frac{M_{15 \text{ kpc}}}{\text{Luas piringan}_{15 \text{ kpc}}}$$

$$\frac{M_{10 \text{ kpc}}}{\pi \cdot (10 \text{ kpc}^2 - 2 \text{ kpc}^2)} = \frac{90\% \cdot 10^{11} M_{\odot}}{\pi \cdot (15 \text{ kpc}^2 - 2 \text{ kpc}^2)}$$

$$M_{10 \text{ kpc}} = 3,91 \times 10^{10} M_{\odot}$$

⇒ Maka massa total pada jarak 10 kpc yang mempengaruhi bintang adalah :

$$M_{\text{bulge}} + M_{\text{piringan 10 kpc}} = 10\% \times 10^{11} M. + 3,91 \times 10^{10} M. = 4,91 \times 10^{10} M.$$

⇒ Anggap semua massa tersebut terpusat pada satu titik di pusat galaksi, maka untuk mencari kecepatan orbit bintang, gunakan rumus kecepatan orbit yang biasa (ubah semua satuan dalam SI) :

$$v_{\text{orb}} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}} = \sqrt{\frac{(6,67 \cdot 10^{-11}) \cdot (4,91 \cdot 10^{10} \times 1,99 \cdot 10^{30})}{(10 \times 1000 \times 3,1 \cdot 10^{16})}} = 144.993,77 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{orb}} = 145 \text{ km/s}$$

6. *Pecat sawed* (dalam bahasa Jawa) adalah saat posisi Matahari cukup tinggi (tinggi bintang, $h = 50$ derajat dari cakrawala timur) dan hari sudah terasa panas. Para petani di Jawa biasanya beristirahat dan melepaskan bajak dari leher kerbau (melepas bajak dari leher kerbau = *pecat sawed*). Jika para petani melihat gugus bintang Pleiades ($\alpha = 3^{\text{h}} 47^{\text{m}} 24^{\text{s}}$, $\delta = +24^{\circ} 7'$) berada pada posisi *pecat sawed* pada saat Matahari terbenam (sekitar pukul 18:30 waktu lokal), maka saat itu adalah waktu untuk menanam padi dimulai. Tentukan kapan waktu menanam padi dimulai (tanggal dan bulan)! Petunjuk : petani berada pada posisi lintang 7°LS dan bujur 110°BT .

JAWAB :

⇒ Diketahui :

Sudut jam Matahari (HA_{\odot}) → 06.30 (pukul 18.30 LT)

Sudut jam Pleiades (HA_P) → negatif (arah ke Timur)

Koordinat geografis petani = $(\theta, \varphi) = (+ 110^{\circ}, -7^{\circ})$

Koordinat ekuator Pleiades = $(\alpha, \delta) = (3^{\text{h}} 47^{\text{m}} 24^{\text{s}}, +24^{\circ} 7')$

Koordinat horizon Pleiades = $(A, h) = (A, 50^{\circ})$ → jarak zenit = $z = 90 - h = 40^{\circ}$

⇒ Sudut jam (HA) diukur dari meridian ke arah Barat

⇒ Yang harus dicari pertama kali adalah sudut jam Pleiades. Untuk itu gunakan rumus segitiga bola (transformasi koord. Ekuator ke koord. Horizon) untuk Pleiades :

$$\cos z = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos HA_P$$

$$\cos 40^{\circ} = \sin 24^{\circ} 7' \cdot \sin -7^{\circ} + \cos 24^{\circ} 7' \cdot \cos -7^{\circ} \cdot \cos HA_P$$

$HA_p = 25^0 46' / 15^0/\text{jam} = 1\text{j } 43\text{m } 4\text{s} \rightarrow$ Jangan lupa nilainya negatif karena arah Timur!

- ⇒ Kemudian gunakan hubungan LST (Local Siderial Time - Waktu Bintang) dengan asensiorekta bintang : $LST = HA + \alpha$. Terapkan persamaan ini untuk Matahari dan Pleiades :

$$LST = HA_{\odot} + \alpha_{\odot} = HA_p + \alpha_p$$

$$LST = 06.30 + \alpha_{\odot} = -01.43.04 + 03.47.24$$

Diperoleh $\alpha_{\odot} = -04.25.40 + 24\text{j} = 19\text{j } 34\text{m } 20\text{s}$ (α tidak bisa negatif)

- ⇒ Dengan tabel di pembahasan soal no. 19, maka nilai α_{\odot} ini pasti terjadi setelah 22 Desember ($\alpha_{\odot} = 18\text{j}$). Selisih α_{\odot} dengan bulan Desember adalah : $19\text{j } 34\text{m } 20\text{s} - 18\text{j} = 1\text{j } 34\text{m } 20\text{s}$.
- ⇒ Karena pergerakan α_{\odot} di langit adalah 3m 56s tiap hari, jadi selisih tersebut artinya sudah $1\text{j } 34\text{m } 20\text{s} / 3\text{m } 56\text{s} = 23,98 \text{ hari} \approx 24 \text{ hari}$ sejak tanggal 22 Desember, yang kalau dihitung adalah pada tanggal 15 Januari → posisi pecat sawed, waktu untuk menanam padi dimulai.