



Hak Cipta  
Dilindungi Undang-undang

**SOLUSI SOAL UJIAN  
SELEKSI CALON PESERTA OLIMPIADE SAINS NASIONAL 2014  
TINGKAT PROVINSI**



**ASTRONOMI**

Waktu : 180 menit

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN MENENGAH  
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH ATAS  
TAHUN 2014**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN MENENGAH**  
**DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH ATAS**

---

**Lembar Jawaban Pilihan Berganda**

1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E
7	A	B	C	D	E
8	A	B	C	D	E
9	A	B	C	D	E
10	A	B	C	D	E
11	A	B	C	D	E
12	A	B	C	D	E
13	A	B	C	D	E
14	A	B	C	D	E
15	A	B	C	D	E
16	A	B	C	D	E
17	A	B	C	D	E
18	A	B	C	D	E
19	A	B	C	D	E
20	A	B	C	D	E

## Lembar Jawaban Essay Pendek

21. [Kosmologi, YS] Dari definisi pergeseran merah (*redshift*,  $z$ ) dan hukum pergeseran Wien akan didapatkan hubungan temperatur dan *redshift*,  $T(z)$ . Saat ini temperatur radiasi latar belakang (*Cosmic Microwave Background*, CMB) yang teramati sebesar 2,7 K. Berapa temperatur CMB pada pergeseran merah,  $z=9$ ?

Definisi redshift

$$\Delta\lambda/\lambda_{\text{emitter}} = z$$

$$\lambda_{\text{obs}}/\lambda_{\text{emitter}} - 1 = z$$

[1,5 pt]

Hukum Wien

$$\lambda T = k \Rightarrow \lambda \propto 1/T$$

[1 pt]

Maka

$$T_{\text{em}}(z)/T_{\text{obs}}(z=0) = z + 1$$

[2,5 pt]

Pada saat ini temperatur CMB,  $T_{\text{obs}}(z=0) = 2,7$  K.

Maka pada  $z = 9$ , temperaturnya:  $T(z=9) = 2,7 \text{ K} (9+1) = 2,7 \text{ K} (10) = 27 \text{ K}$ .

[1 pt]

## Lembar Jawaban Essay Pendek

22. [Tata Surya, CK] Sebuah asteroid mengorbit Matahari tepat di bidang ekliptika, diantara orbit Mars dan Jupiter. Jejari orbitnya 2,6 satuan astronomi. Jika hari ini asteroid itu tepat berada di belakang Matahari, kapan asteroid itu akan di belakang Matahari lagi?

Gunakan Kepler untuk menghitung periode sideris:

$$\frac{a_a^3}{T_a^2} = \frac{a_b^3}{T_b^2}$$

$$\frac{2,6^3}{T_a^2} = \frac{1}{1}$$

$$T_a = 4,19237 \text{ tahun} \quad [3\text{pt}]$$

Cari periode sinodis asteroid

$$\frac{1}{T_{sa}} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_a}$$

$$\frac{1}{T_{sa}} = \frac{1}{1} - \frac{1}{4,19237}$$

$$T_{sa} = 479 \text{ hari} \quad [3\text{pt}]$$

## Lembar Jawaban Essay Pendek

23. [Fotometri, CK] Dilihat dari Bumi, sebuah eksoplanet transit di depan bintang induknya sehingga membuat bintang induk tampak meredup 0,0128 magnitudo. Jika cahaya pantulan dari planet dapat diabaikan, berapakah perbandingan jejari planet terhadap bintang induknya?

$$0,128 = -2,5 \log \left( \frac{f_2}{f_1} \right)$$

[2 pt]

$$-0,0512 = \log \left( \frac{r_1^2 - r_2^2}{r_1^2} \right)$$

[2 pt]

$$-0,0512 = \log \left( 1 - \frac{r_2^2}{r_1^2} \right)$$

Diperoleh  $r_2 : r_1 = 1 : 3$

[2 pt]

## Lembar Jawaban Essay Pendek

24. [Fisika Bintang, MIH] Setiap satu reaksi penggabungan nuklir di pusat Matahari melibatkan 6 proton yang akhirnya menghasilkan kembali 2 proton dan 1 inti helium ( ${}^4_2\text{He}$ ). Dengan mengabaikan massa nukleon lain (misal positron), hitunglah besar energi per detik yang dihasilkan jika jumlah reaksi per detik sebanyak  $10^{34}$ !

Massa pada reaksi penggabungan 6 proton adalah sebanyak:

$$6 m_p = 6 \times 1,6726 \times 10^{-27} \text{ kg} = 10,0356 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Massa produk akhir: 2 proton + 1 inti helium

$$(2 \times 1,6726 \times 10^{-27} + 6,643 \times 10^{-27}) \text{ kg} = 9,9882 \times 10^{-27} \text{ kg} \quad [1\text{pt}]$$

Selisih massa:

$$0,0474 \times 10^{-27} \text{ kg} \quad [1\text{pt}]$$

Energi :

$$0,0474 \times 10^{-27} \times (2,99792458 \times 10^8)^2 = 4,26 \times 10^{-12} \text{ Joule per reaksi} \quad [2\text{pt}]$$

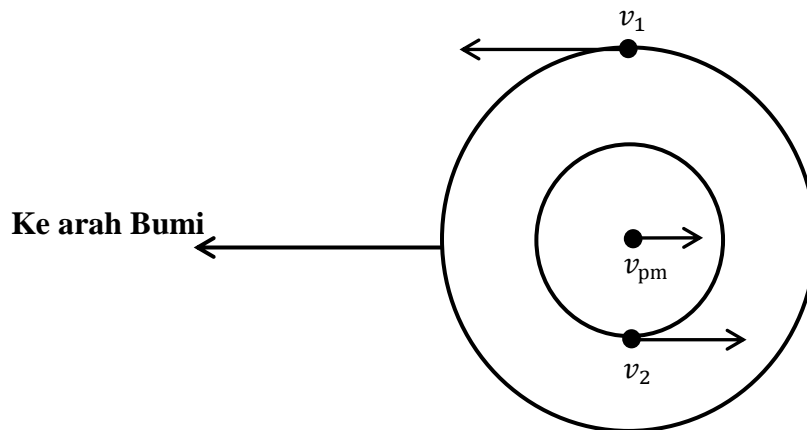
Energi per detik =

$$10^{34} \times 4,26 \times 10^{-12} = 4,26 \times 10^{22} \text{ Joule/detik} \quad [2\text{pt}]$$

## Lembar Jawaban Essay Pendek

25. [Bintang Ganda, HLM] Berdasarkan konfigurasi bintang ganda spektroskopi relatif terhadap pengamat yang sebidang dengan bidang orbit sistem bintang ganda, seperti di gambar bawah, buatlah kurva kecepatan radial (dalam km/s) terhadap fase orbit. Diketahui

- $M_1 = 1 M_{\odot}, M_2 = 2 M_{\odot}$
- Periode orbit,  $P = 30$  hari
- Kecepatan radial titik pusat massa,  $v_{pm} = +42 \text{ km s}^{-1}$



Untuk sistem bintang ganda maka  $M_1/M_2 = v_2/v_1$

[1.5 pt]

Menggunakan rumus (vice versa)

$v_1 = V_{pm} + K_1 \sin(2\pi t/P)$ , dimana  $t$  adalah waktu

[2pt]

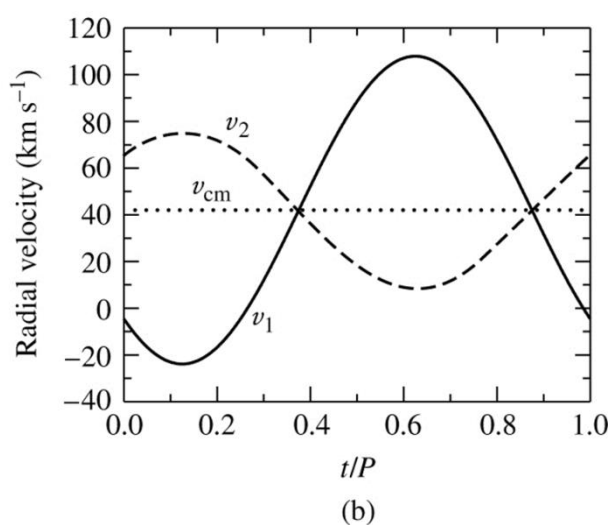
$v_2 = V_{pm} - K_2 \sin(2\pi t/P)$ ,

Buat tabulasi Waktu, Fase orbit,  $v_1$  dan  $v_2$ ,

Gambar kurva kecepatan radial

[2.5 pt]

Untuk kasus  $K_1 = 72 \text{ kms}^{-1}$  dan  $K_2 = 36 \text{ kms}^{-1}$ , maka



## Lembar Jawaban Soal Essay Panjang

Hak Cipta  
Dilindungi Undang-undang

26. [MBL, CK] Sebuah satelit geostasioner yang massanya 800 kg mengelilingi Bumi dalam orbit lingkaran. Tiba-tiba satelit itu ditabrak oleh sebuah meteoroid kecil yang massanya 120 kg. Dilihat dari Bumi, meteoroid itu bergerak di bidang langit dengan kecepatan 4,2 km/s, dengan arah mirip gerak satelit tapi membentuk sudut kira-kira 30° terhadap arah gerak satelit tersebut. Setelah tabrakan, meteoroid itu melesek ke dalam satelit tapi tidak menghancurkannya. Berapa kecepatan satelit sesaat setelah tumbukan dan kemana arahnya yang baru?

Jawab:

Hitung radius orbit satelit geostasioner dengan menggunakan hukum Kepler 3.

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM_{\oplus}}{4\pi^2} \quad [1 \text{ pt}]$$

$$r^3 = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{4\pi^2} (24 \times 60 \times 60)^2$$

$$\text{Radius orbit satelit : } r = 4,222691 \times 10^7 \text{ meter} \quad [1 \text{ pt}]$$

$$\text{Kecepatan orbit satelit } v_s = \frac{2\pi r}{T} = 3071 \text{ m/dt}$$

$$\text{Momentum satelit } p_s = 800 \times 3071 = 2456800 \text{ kgm/dt} \quad [1 \text{ pt}]$$

Gerak meteoroid di bidang langit berarti sebidang dengan satelit, maka masalah tumbukannya merupakan masalah dua dimensi



Untuk gambar [1 pt]

$$\text{Sudut } \theta = 30^\circ$$

Untuk menghitung besar dan kecepatan satelit setelah tumbukan, gunakan penjumlahan vektor. Mula-mula uraikan vektor kecepatan meteoroid menjadi ke arah gerak satelit dan ke arah tegak lurus arah satelit.

Komponen  $v_m$  yang searah gerak satelit (sebut saja arah  $x$ ):

$$v_{mx} = v_m \cos \theta = 3637 \text{ m/dt}$$

$$\text{Momentum meteoroid dalam arah } x : p_{mx} = 120 \times 3637 = 436440 \text{ kgm/dt}$$

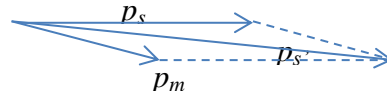
Komponen  $v_m$  yang tegak lurus gerak satelit (sebut saja arah  $y$ ) :

$$v_{my} = v_m \sin \theta = 2100 \text{ m/dt}$$



Momentum meteoroid dalam arah  $y$  :  $p_{my} = 120 \times 2100 = 252000 \text{ kgm/dt}$

[1 pt]



Terapkan hukum kekekalan momentum dalam arah  $x$

$$p_s + p_{mx} = (m_s + m_m)v'_{sx}$$

$$2456800 + 436440 = 920 v'_{sx}$$

$$v'_{sx} = 3145 \text{ m/s}$$

Terapkan hukum kekekalan momentum dalam arah  $y$

$$p_s + p_{my} = (m_s + m_m)v'_{sy}$$

$$0 + 252000 = 920 v'_{sy}$$

$$v'_{sy} = 274 \text{ m/s}$$

[1 pt]

Besarnya kecepatan satelit setelah tumbukan

$$v'_s = \sqrt{v'^2_{sx} + v'^2_{sy}} = 3157 \text{ m/s}$$

[1 pt]

Arah satelit yang baru  $\theta'$

$$\tan \theta' = \frac{274}{3154}$$

Maka  $\theta' \approx 5^\circ$ , artinya:

sekarang orbit satelit mempunyai inklinasi terhadap khatulistiwa sebesar  $5^\circ$

[1 pt]

## Lembar Jawaban Soal Essay Panjang

27. [Milkyway, MIA] Bintang Barnard adalah salah satu bintang dekat Matahari yang memiliki gerak diri terbesar ( $\mu = 10,34''/\text{tahun}$ ). Bintang tersebut memiliki kecepatan radial sebesar  $-108 \text{ km/s}$ , dan paralaks sebesar  $0,546''$ . Suatu saat di masa depan, bintang tersebut akan berpapasan dekat dengan Matahari. Gambarkanlah komponen kecepatan bintang Barnard terhadap Matahari! Hitunglah jarak terdekat bintang Barnard terhadap Matahari dan kapan saat itu terjadi?

Bintang Barnard,  $V_{\text{radial}} = -108 \text{ km/s}$ , gerak diri,  $\mu = 10,34''/\text{tahun}$  dan paralaks  $= 0,546''$ .

Jarak  $d = 1/\text{paralaks} = 1/0,546 = 1,83 \text{ pc}$

A. Kecepatan tangensial = kecepatan pada bidang langit  $= V_t = 4,74 \cdot \mu \cdot d$

$$= 4,74 \cdot 10,34 \cdot 1,83 = 89,7 \text{ km/s}$$

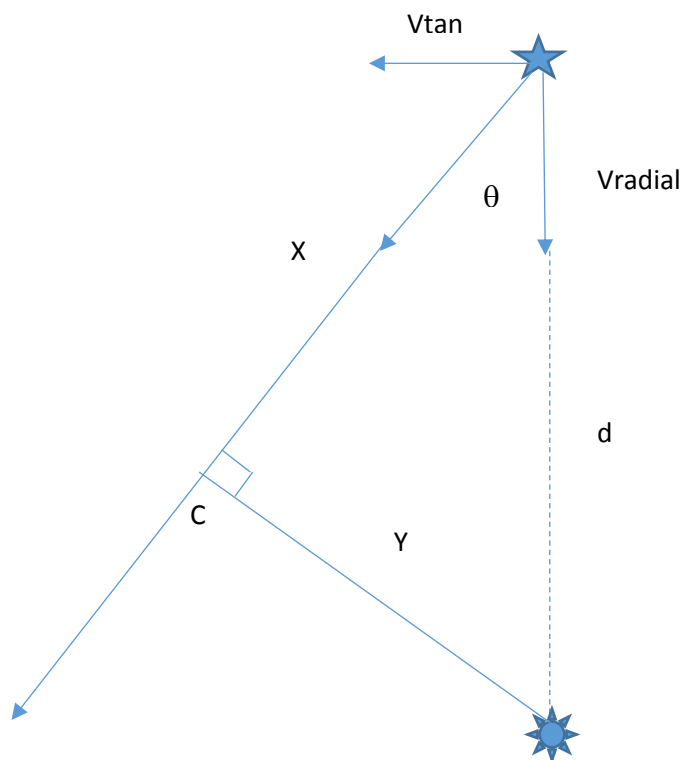
Kecepatan ruang  $V = (V_{\text{radial}}^2 + V_t^2)^{1/2} = ((-108)^2 + (89,7)^2)^{1/2} = 140 \text{ km/s}$  [1pt]

B. Sudut  $\tan(\theta) = V_t/V_{\text{radial}} \rightarrow \theta = \arctan(89,7/108) = 39,5^\circ \approx 40^\circ$  terhadap arah pandang

Atau :  $\cos(\theta) = V_{\text{radial}}/V = 108/140 \rightarrow \theta = \arccos(108/140) = 39,5^\circ \approx 40^\circ$

Titik C adalah titik terdekat bintang Barnard terhadap Matahari.

$$X = d \cdot \cos(\theta) = 1,83 \cdot \cos(40) = 1,83 \cdot 0,766 = 1,4 \text{ pc} = 4,3 \cdot 10^{13} \text{ km}$$



$$Y = d \cdot \sin(\theta) = 1,83 \cdot \sin(40) = 1,83 \cdot 0,643 = 1,17 \text{ pc}$$

[2pt]

C. X adalah jarak dari posisi bintang Barnard saat ini ke posisi saat terdekat ke Matahari di titik C. Y adalah jarak terdekat Matahari ke posisi bintang Barnard di titik C. Jarak Y lebih dekat dibanding jarak Matahari ke bintang Alpha Centauri saat ini (1,35 pc). [2pt]

D. Waktu yang diperlukan bintang Barnard dari posisi sekarang ke titik C adalah  $t = X/V(\text{kecepatan ruang}) = (4,3 \cdot 10^{13} \text{ km}) / (140 \text{ km/s}) = 3,1 \cdot 10^{11} \text{ detik} = 9790 \text{ tahun}$  [1pt]

E. Kerapatan =  $0,1/\text{pc}^3$ .

Jarak rata-rata =  $1/(\text{kerapatan})^{1/3} = 2.154 \text{ pc}$ .

Jarak bintang Barnard saat papasan dekat lebih dekat dibandingkan jarak rata-rata bintang di bidang Galaksi. [2pt]

## Lembar Jawaban Soal Essay Panjang

28. [Gugus Bintang, MIA] Dua buah gugus bintang, A dan B, yang terletak pada arah bujur galaksi  $\ell = 30^\circ$  memiliki kesamaan dalam jumlah bintang anggota, bentuk diagram Hertzsprung-Russel (HR), dan sebaran kecepatan. Gugus A tampak berdiameter  $1^\circ$ , berjarak 150 parsek, dan magnitudo semu bintang deret utama di titik belok diagram HR adalah  $m_V = 3,56$ . Gugus B tampak berdiameter  $6'$  dan magnitudo semu bintang deret utama di titik belok adalah  $m_V = 10,18$ . Hitung berapa absorpsi antar bintang pada arah  $\ell = 30^\circ$  dalam satuan magnitudo per kiloparsek!

Menghitung jari2 gugus A :  $\tan(1\text{deg}/2) = \text{jari2}/\text{jarak}$ .

$$\text{Jari-jari} = \text{jarak} * \tan(1/2) = 150 \text{ pc} * 0,00872687 = 1,31 \text{ pc} \quad \underline{[1 \text{ poin}]}$$

$$\text{Jarak gugus 2} \rightarrow \tan(1/2\theta_B) = \text{radius\_gugus}/\text{jarak\_B}$$

$$\text{Jarak gugus 2} = \text{radius\_gugus}/\tan(1/2\theta_B) = 1,31/\tan(3') = 1500 \text{ pc}$$

[1 poin]

$$\text{Rumus pogson gugus A: } V_A - M_{V_A} = -5 + 5 \log d_A + A_{V_A} \quad \underline{[1 \text{ poin}]}$$

$$\text{Rumus pogson gugus B: } V_B - M_{V_B} = -5 + 5 \log d_B + A_{V_B}$$

$$V_B - V_A = 5 \log (d_B/d_A) + (A_{V_B} - A_{V_A}) \quad \underline{[2 \text{ poin}]}$$

$$10,18 - 3,56 = 5 \log(1500/150) + \Delta A_V$$

$$\Delta A_V = 1,62 \text{ mag} \rightarrow \text{untuk rentang jarak } 1500 \text{ pc} - 150 \text{ pc} = 1350 \text{ pc} = 1,35 \text{ kpc} \quad \underline{[2 \text{ poin}]}$$

$$\text{Maka absorpsi antar bintang per kpc} = 1,62/1,35 = 1,2 \text{ mag/kpc} \quad \underline{[1 \text{ poin}]}$$

## Lembar Jawaban Soal Essay Panjang

29. [Evolusi Bintang, MIH] Diketahui periode rotasi Matahari di ekuatornya saat ini adalah 25 hari. Asumsikan massa Matahari kekal selama evolusinya. Jika Matahari berevolusi hingga akhirnya menjadi Katai Putih dengan kerapatan massa  $2,51 \times 10^9 \text{ kg/m}^3$ ,
- hitunglah jejari dan periode rotasi Katai Putih!
  - Bagi planet-planet di Tata Surya, apakah akan mengalami perubahan pada periode dan ukuran orbitnya? Jelaskan!

(a) Jejari katai putih:  $\rho_2 = 3M_{\text{sun}}/(4\pi r_2^3) = 2,51 \times 10^9 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $r_2 = 5740,2 \text{ km}$

[1pt]

Asumsikan kekekalan momentum sudut berlaku (dan massa kekal):

$$M_1 v_1 r_1 = M_1 v_2 r_2$$

$$v = \omega r$$

$$\omega = 2\pi/P$$

$$\frac{r_1^2}{P_1} = \frac{r_2^2}{P_2}$$

$r_2 = 5740,2 \text{ km}$ ,  $r_1 = 6,96 \times 10^5 \text{ km}$ ,  $P_1 = 25 \text{ hari}$

$$P_2 = P_1 \frac{r_2^2}{r_1^2} = 25 \times \left( \frac{5740,2}{6,96 \times 10^5} \right)^2 = 146,9 \text{ detik}$$

[3pt]

(b) Tidak ada perubahan pada ukuran dan periode orbit planet-planet luar di Tata Surya. Karena bila dibandingkan dengan jarak ke planet-planet, pengaruh gravitasi Matahari lebih kecil pengaruhnya pada planet-planet.

[4pt]

## Lembar Jawaban Soal Essay Panjang

30. [Spektroskopi, HLM] Apabila garam dipanaskan, cahaya kuning yang terdiri atas dua garis emisi yang terpisah cukup dekat, yakni pada panjang gelombang 588,997 nm dan 589,594 nm akan dipancarkan. Garis-garis ini disebut garis Natrium D (*Sodium D lines*) dan diamati oleh Fraunhofer dalam spektrum Matahari. Apabila cahaya ini jatuh pada sebuah kisi difraksi dengan 300 baris per milimeter, maka berapakah sudut antara spektrum orde kedua dari kedua panjang gelombang ini? Agar kedua garis emisi dapat dipisahkan, berapa baris per milimeter kisi yang diperlukan? (Diketahui  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ )

(a) Untuk kisi difraksi dengan 300 baris per millimeter, maka :

Jarak antara baris kisi  $d = 1/300 \text{ mm} = 3,33 \times 10^{-6} \text{ m}$

[1 pt]

Rumus kisi difraksi :  $d \sin \theta = n\lambda$ , dengan  $n=2$  (orde kedua), maka

[1,5 pt]

Untuk  $\lambda=588,997 \text{ nm}$  :  $\theta=20,695^\circ$

Untuk  $\lambda=589,594 \text{ nm}$  :  $\theta=20,717^\circ$

[1 pt]

Sudut antar spektrum orde ke-2 dari kedua garis  $\Delta\theta=0.0219^\circ$

[0,5 pt]

(b) Selang terkecil dalam panjang gelombang yang dapat dipisahkan oleh kisi difraksi yang bekerja pada orde ke- $n$  diberikan oleh rumus

$$\Delta\lambda = \lambda/nN$$

[2pt]

Dimana  $n$  = orde, dan  $N$  = jumlah baris kisi per mm

Untuk panjang gelombang rata-rata =  $(588,997+589,594)/2=589,296 \text{ nm}$  maka

$N=589,296/(2 \times 0.597)=494 \text{ baris / mm}$

[2pt]

Diperlukan kisi dengan 494 baris/mm untuk bisa memisahkan kedua garis Sodium D.