

## OLIMPIADE ASTRONOMI

### Tingkat Provinsi - 2015

---

Copyright (c) 2015 Ridlo W. Wibowo (ridlo.w.wibowo@gmail.com)  
Sulistiyowati (sulis.astro08@gmail.com)

Solusi ini dibuat tanpa jaminan kesesuaian dengan solusi resmi dari juri olimpiade sains bidang Astronomi. Pengguna boleh menyebarluaskan dan/atau memodifikasi solusi ini dengan mencantumkan sumber asli. Hak cipta soal ada pada Kemendiknas dan dilindungi undang-undang.

---

#### Soal Pilihan Berganda

1. Sistem bintang ganda Albireo terdiri atas dua buah bintang dengan magnitudo masing-masing komponen adalah 3,35 dan 5,9. Seorang pengamat mengamati sistem bintang ganda Albireo ini dengan mata telanjang. Terang sistem bintang yang terlihat adalah

- A. 2,55
- B. 3,25
- C. 4,63
- D. 5,90
- E. 9,25

Jawaban: B

$$m_1 = 3,35 \text{ dan } m_2 = 5,9$$

$$\begin{aligned} m_1 - m_2 &= -2,5 \log \frac{E_1}{E_2} \\ \frac{E_1}{E_2} &= 10^{\frac{m_2 - m_1}{2,5}} \\ \frac{E_1}{E_2} &= 10,47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{tot} - m_2 &= -2,5 \log \frac{E_1 + E_2}{E_2} \\ m_{tot} - m_2 &= -2,5 \log \left( 1 + \frac{E_1}{E_2} \right) \\ m_{tot} &= 3,25 \end{aligned}$$

2. Pada film "Mars Needs Mom", seorang wanita Mars bernama Qi mengendarai pesawat bermassa 10 ton yang meluncur lepas landas dari permukaan Mars untuk membantu makhluk Bumi pulang. Pesawat tersebut menggunakan energi hasil reaksi daur ulang sampah botol plastik. Setiap proses reaksi akan menghasilkan energi sebesar 100 kJ. Reaksi daur ulang botol ini mempunyai efisiensi yang cukup tinggi sehingga setiap reaksi hanya membutuhkan dua botol plastik. Jumlah botol plastik yang harus tersedia agar pesawat bisa lepas dari gravitasi Mars adalah

- A.  $126 \times 10^4$
- B.  $125 \times 10^4$
- C.  $252 \times 10^4$
- D.  $326 \times 10^4$
- E.  $1 \times 10^6$

Jawaban: C

$$\text{Massa pesawat } (m) = 10 \text{ ton} = 10^4 \text{ kg}$$

$$\text{Massa Mars } (M) = 6,42 \times 10^{23} \text{ kg}$$

$$\text{Radius Mars } (R) = 3397 \text{ km}$$

Energi yang dihasilkan per botol plastik ( $E_b$ ) = 100 kJ/2 botol plastik = 50 kJ/botol plastik. Energi kinetik untuk lepas dari gravitasi Mars sama besarnya dengan energi potensial gravitasi di titik itu,

$$\begin{aligned} E &= \frac{GMm}{R} \\ &= 1,26 \times 10^{11} \text{ J} \\ &= 1,26 \times 10^8 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Jumlah botol plastik yang diperlukan

$$\frac{E}{E_b} = 2521130,41 = 252 \times 10^4 \text{ buah}$$

3. Setiap detik di dalam inti sebuah bintang terjadi perubahan  $4 \times 10^9$  kg materi menjadi radiasi. Pada jarak 0,5 au dari bintang, alien memasang sebuah fotosel dengan luas  $100 \text{ m}^2$  dan mempunyai efisiensi 50%. Berapakah daya yang dihasilkan oleh fotosel tersebut?

- A. sekitar 250 kiloWatt
- B. sekitar 125 kiloWatt
- C. sekitar 500 kiloWatt
- D. sekitar 1 megaWatt
- E. sekitar 2 megaWatt

*Jawaban: A*

Konversi materi menjadi radiasi,

$$E = \Delta mc^2 = 3,6 \times 10^{26} \text{ Joule}$$

Energi ini dihasilkan tiap detik sehingga merepresentasikan luminositas bintang ( $L$ )

Fluks yang diterima alien ( $d = 7,48 \times 10^{10} \text{ m}$ ),

$$E = \frac{L}{4\pi d^2} = 5120,23 \text{ Watt/m}^2$$

Daya fotosel dengan luas  $A = 100 \text{ m}^2$  dan efisiensi 50%:

$$\begin{aligned} P &= 50\% \cdot E \cdot A = 256011,48 \text{ Watt} \\ &= 256 \text{ kiloWatt} \\ &\approx 250 \text{ kiloWatt} \end{aligned}$$

4. Sebuah bintang deret utama diamati dengan sebuah teleskop pada jarak 30 pc. Saat memasuki raksasa, temperatur bintang turun menjadi 4 kali lebih rendah dan radiusnya menjadi 100 kali lebih besar. Letak bintang juga tidak lagi di posisi yang sama saat masih di tahap deret utama. Bila terang bintang raksasa ini seterang saat di tahap deret utama, jarak bintang adalah

- A. 187,5 pc
- B. 188 pc
- C. 188,5 pc

D. 189 pc

E. 200 pc

*Jawaban: A*

$$T_R = \frac{1}{4}T_{DU}, R_R = 100R_{DU}, d_{DU} = 30 \text{ pc}, E_R = E_{DU},$$

$$d_R = \dots?$$

(Indeks  $R$  untuk raksasa dan indeks  $DU$  untuk deret utama)

$$\begin{aligned} E_R &= E_{DU} \\ \frac{L_R}{4\pi d_R^2} &= \frac{L_{DU}}{4\pi d_{DU}^2} \\ \frac{4\pi R_R^2 \sigma T_R^4}{4\pi d_R^2} &= \frac{4\pi R_{DU}^2 \sigma T_{DU}^4}{4\pi d_{DU}^2} \\ \left(\frac{d_R}{d_{DU}}\right)^2 &= \left(\frac{R_R}{R_{DU}}\right)^2 \left(\frac{T_R}{T_{DU}}\right)^4 \\ \left(\frac{d_R}{d_{DU}}\right)^2 &= 100^2 \left(\frac{1}{4}\right)^4 \\ \frac{d_R}{d_{DU}} &= 100 \left(\frac{1}{4}\right)^2 \\ d_R &= 6,25 \cdot d_{DU} \\ d_R &= 187,5 \text{ pc} \end{aligned}$$

5. Teleskop Bimasakti yang ada di Observatorium Bosscha memiliki cermin dengan diameter 71 cm dan lensa koreksi berdiameter 51 cm serta *focal ratio*  $f/2,5$ . Berapa persenkah cahaya yang diterima oleh cermin utama dibandingkan dengan jika cermin utama itu dipakai tanpa lensa koreksi dan tanpa tabung?

A. 10%

B. 20%

C. 27%

D. 52%

E. 100%

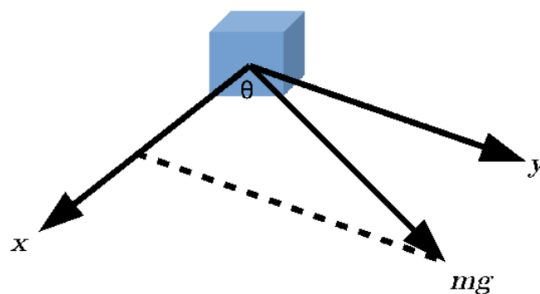
*Jawaban: D*

Jumlah cahaya yang diterima sebanding dengan luas kolektor penerima cahaya  $\rightarrow$  luas lingkaran cermin utama.

Perbandingan cahaya yang diterima jika dengan tabung vs jika tanpa tabung,

$$\frac{51^2}{71^2} = 0,5160 = 51,60\% \approx 52\%$$

6. Sebuah satelit bermassa  $m$  mengalami gaya gravitasi Bumi. Diagram gaya benda tersebut digambarkan seperti gambar berikut.  $x - y$  merupakan sistem koordinat kartesian yang saling tegak lurus. Jika besar gaya dalam arah  $x$  dinyatakan sebagai  $F_x = mg \cos \theta$ , maka besar gaya dalam arah  $z$ ,  $F_z$ , adalah



- A.  $mg \cos \theta \sin \theta$
- B.  $mg \cos \theta \sin 2\theta$
- C.  $mg \cos \theta \sin \theta$
- D.  $mg$
- E. 0

*Jawaban: E*

Tidak ada komponen gaya pada arah  $z$ .

7. Manakah di antara materi di bawah ini yang BUKAN merupakan pengurai cahaya?

- A. kisi
- B. prisma
- C. titik air di udara
- D. filter
- E. CD/DVD

*Jawaban: D*

Filter berperan untuk mentransmisikan cahaya pada rentang energi tertentu saja, bukan menguraikan cahaya.

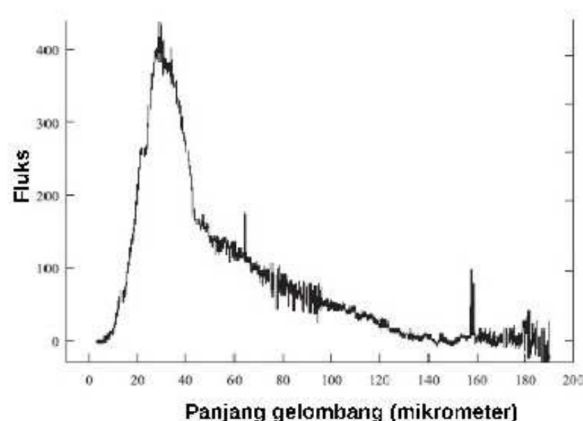
8. Mengapa mencari komet baik dilakukan dengan binokuler?

- A. Komet adalah sumber titik, dan binokuler memiliki medan pandang sempit.
- B. Komet adalah sumber membentang, dan binokuler memiliki medan pandang luas.
- C. Komet tampak hanya sekejap, dan binokuler memiliki medan pandang sempit.
- D. Komet adalah sumber membentang, dan binokuler memiliki magnifikasi tinggi.
- E. Komet tampak lama di langit, dan binokuler memiliki magnifikasi tinggi.

*Jawaban: B*

Komet merupakan objek membentang sehingga dibutuhkan medan pandang yang cukup luas untuk dapat melihat bagian besar/keseluruhan komet. Komet dilangit berjalan cukup lambat, dapat terlihat dalam rentang beberapa hari.

9. Gambar di bawah menunjukkan spektrum awan debu di sekitar bintang (*circumstellar dust*). Taksiran terbaik untuk temperatur awan debu tersebut adalah



- A. 120 Kelvin
- B. 60 Kelvin
- C. 40 Kelvin
- D. 20 Kelvin
- E. 10 Kelvin

Jawaban: A

Tren profil spektrum mewakili kurva Planck suatu objek dengan temperatur efektif tertentu. Puncak fluks bersesuaian dengan energi pada panjang gelombang sekitar  $\lambda_{\max} = 25$  mikrometer = 0,000025 m (hati-hati banyak garis emisi).

Dengan memanfaatkan Hukum Wien

$$T_{\text{eff}} = \frac{0,002898}{\lambda_{\max}}$$

$$T_{\text{eff}} = \frac{0,002898}{0,000025} = 115,92$$

$$\approx 120 \text{ Kelvin}$$

10. Para astronom meyakini bahwa *exoplanet* serupa Bumi yang mungkin mengemban kehidupan dapat dicari jika peralatan interferometer ditempatkan di angkasa luar. Jika hal itu terjadi, empat garis serapan dalam panjang gelombang kasatmata dan inframerah dapat dideteksi dalam spektrum *exoplanet*, dengan kemungkinan karakteristik sebagai berikut:
  - I. Terdapat pita serapan Ozon ( $\text{O}_3$ ) dalam spektrum yang memperlihatkan kelimpahan oksigen, yang mungkin dihasilkan oleh jasad kehidupan.
  - II. Profil spektrum, yang menandakan temperatur *exoplanet*, sesuai dengan syarat agar air berada dalam fase cair.
  - III. Terdapat pita serapan  $\text{CO}_2$  yang sangat kuat dan menunjukkan keberadaan atmosfer.
  - IV. Terdapat tanda-tanda serapan  $\text{H}_2\text{O}$  di berbagai rentang spektrum yang menunjukkan kelimpahan air yang besar sebagai pertanda keberadaan lautan.

Urutan prioritas keutamaan indikator-indikator di atas, yang diacu orang saat ini, bagi pencarian *exoplanet* serupa Bumi adalah:

- A. I-II-III-IV
- B. II-I-IV-III

- C. II-III-I-IV
- D. IV-I-III-II
- E. III-II-IV-I

*Jawaban: C*

Urutan berdasarkan prioritas pencarian, dari yang umum ke khusus atau dari yang mudah ke yang lebih susah.

- II : Apakah temperaturnya menunjang air dalam wujud cair?  
Cukup dari profil spektrum (mencari puncaknya; hukum Wien), untuk mencari apakah berpeluang “ada” air dalam bentuk cair (belum sampai tahap kelimpahan/jumlah air).
- III : Apakah planetnya memiliki atmosfer?  
Dari pita serapan  $\text{CO}_2$  yang biasanya melimpah di planet kebumihan, tanpa atmosfer kehidupan akan susah terbentuk, bombardir partikel dan radiasi akan sampai ke permukaan planet tanpa adanya atmosfer.
- I : Apakah ada oksigen? Dari pita serapan Ozon ( $\text{O}_3$ ).
- IV : Apakah ada lautan? Berapa jumlah air dalam bentuk cair atau gas?  
Dari serapan  $\text{H}_2\text{O}$  di berbagai rentang spektrum.

11. Kalender Cina merupakan sistem lunisolar di mana setiap hari libur Imlek bertepatan dengan konjungsi Bulan dengan menggunakan waktu UT+8 jam. Dalam kalender nasional, tanggal 19 Februari 2015 merupakan hari libur tahun baru Imlek 2566, dan konjungsi Bulan terjadi pada tanggal 19 Februari 2015 jam 07:48 WITA. Hari libur Imlek lainnya, hari libur tahun baru Imlek 2565 bertepatan dengan 31 Januari 2014 dan hari libur Imlek 2564 bertepatan dengan 10 Februari 2013. Satu tahun kalender Cina terdiri dari 354 hari, 355 hari, 384 hari, atau 385 hari. Dengan demikian, dalam rentang tahun baru Imlek 2551 dan tahun baru Imlek 2570, jumlah tahun baru Imlek dengan jumlah hari 384 atau 385 hari adalah

- A. 2
- B. 5
- C. 7
- D. 9
- E. 10

*Jawaban: C*

- Kalender Cina adalah kalender lunisolar yang awal tahunnya (tahun baru) ditentukan berdasarkan hari yang merupakan “bulan baru kedua setelah *winter solstice*”, sehingga tahun baru Cina hanya mungkin terjadi antara 21 Januari hingga 20 Februari. Kalender lunisolar merupakan kalender yang menggabungkan fenomena revolusi Bumi mengelilingi Matahari dan revolusi Bulan mengelilingi Bumi.
- Dalam satu tahun tropis, Bulan akan mengalami 12,37 kali periode sinodis (bulan baru kembali ke bulan baru). Hal ini menyebabkan
  - Tahun hijriah selalu maju  $\sim 11$  hari terhadap kalender masehi.
  - Satu tahun dalam kalender lunisolar bisa berjumlah 12 bulan (basit) atau 13 bulan (kabisat). Contoh kalender lunisolar: Hebrew (Yahudi), Buddhist, Hindu, Kurdish, Bengali, Tibet, Chinese, Japanese, Vietnamese, Mongolian, Korean calendars, Babylonian, dll.
  - dlsb

- Meton ( $\sim 440$  BC) mendapati bahwa 235 kali periode sinodis Bulan hampir bertepatan dengan 19 tahun tropis. Hal ini menyebabkan siklus 19 tahun merupakan siklus yang paling banyak digunakan dalam kalender lunisolar.

$$\begin{aligned} 19 \text{ tahun} &= 19 \cdot \frac{365,2422}{29,5306} \\ &= 234,997 \text{ periode sinodis bulan.} \end{aligned}$$

Dalam 19 tahun dibutuhkan  $235 - (19 \times 12) = 7$  bulan tambahan untuk menyinkronkan siklus. Tambahan ini (berupa bulan ke-13) biasa ditambahkan pada tahun-tahun berikut: 3, 5, 8, 11, 13, 16, dan 19, dalam satu siklus 19 tahunan yang kemudian disebut siklus *Metonic*.

- Dalam rentang 2551 sampai 2570 (19 tahun) berapa jumlah tahun yang panjangnya 384 atau 385 hari?  $\rightarrow 7 \odot$
- Cara sederhana lain bisa dilakukan, setiap tahun kita tahu kalender lunar (contoh: hijriah) bergeser setiap  $365 - 354 = 11$  hari, maka selisih hari ini akan melebihi satu periode sinodis Bulan setiap  $\frac{30}{11} = 2,7 \approx 3$  kali. Setiap 2 sampai 3 tahun, kalender lunisolar harus digeser  $\rightarrow$  ditambah 1 bulan sehingga panjangnya menjadi 384 hari. Oleh sebab itu, dalam  $2570 - 2551 = 19$  tahun akan ada tahun yang lamanya 13 bulan tersebut sejumlah  $\frac{19}{2,7} = 7$  kali  $\odot$

12. Jika pengamat di kota Bandung (lintang geografis  $-6^\circ 57'$  LS dan bujur geografis  $107^\circ 34'$  BT) mengamati Matahari terbenam pada tanggal 21 Juni pukul 17:43 WIB, maka pengamat di Manado (lintang geografis  $+1^\circ 29'$  LU dan bujur geografis  $124^\circ 52'$  BT) akan mengamati Matahari terbenam di tanggal yang sama pada pukul

- A. 16:13 WIB
- B. 16:25 WIB
- C. 16:48 WIB
- D. 17:07 WIB
- E. 17:13 WIB

*Jawaban: C*

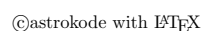
Rumus umum untuk mencari sudut jam ( $HA$ ) suatu benda yang tenggelam, diamati seseorang di lintang tertentu, dapat diturunkan dari segitiga bola  $KLU - Z - \text{objek}$  (lihat gambar di bawah).

Rumus *cosinus* pada segitiga bola

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

dapat diterapkan pada segitiga ini

$$\begin{aligned} \cos 90^\circ &= \cos (90^\circ - \phi) \cos (90^\circ - \delta) + \sin (90^\circ - \phi) \sin (90^\circ - \delta) \cos HA \\ 0 &= \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos HA \\ \cos HA &= -\frac{\sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} \\ \cos HA &= -\tan \phi \tan \delta \end{aligned}$$



Di Bandung ( $\phi_B = -6,95^\circ$ ;  $\lambda_B = 107,57^\circ$  BT),  $HA$  Matahari ketika tenggelam adalah

Jika Matahari tenggelam pukul 17:43 WIB, maka ia berada di kulminasi atas pada pukul 11:55 \*. Di Manado ( $\phi_M = +1,483^\circ$ ;  $\lambda_M = 124,87^\circ$  BT) Matahari akan di kulminasi atas pada pukul

Di Manado,  $HA$  Matahari ketika tenggelam adalah

bertepatan dengan pukul 10:46 WIB +  $6^j 2^m 35^d = 16:48$  WIB.

\* Ketika Matahari berada di kulminasi atas bisa saja tidak tepat dengan jam 12:00 waktu lokal dikarenakan orbit elips dari Bumi. Kecepatan orbit Matahari di langit berubah karena kecepatan revolusi Bumi yang berubah. Selisih antara  $HA$  Matahari sebenarnya dan  $HA$  Matahari rata-rata (*mean solar*) disebut *equation of time* ( $\xi$ ).

$$\xi = HA_{\odot} - HA_{MS}$$



13. Kelompok siswa di Yogyakarta (BT 110,24; LS 7,48) merencanakan mengamati *Milky Way*. Kelompok siswa tersebut memperoleh informasi posisi koordinat ekuatorial (saat pengamatan) asensiorekta dan deklinasi arah pusat Galaksi  $17^h45^m37,224^s$  dan  $-28^\circ56'10,23''$ . Bila pengamatan dilakukan malam hari tanggal 20 Mei maka diharapkan kelompok siswa tersebut akan mengamati pusat Galaksi berkulminasi atas pada jam
- 1 jam 37 m setelah jam 24:00 WIB
  - 1 jam 37 m sebelum jam 24:00 WIB
  - tepat jam 24:00 WIB
  - 2 jam 46 menit sebelum jam 24:00 WIB
  - 2 jam 46 menit setelah jam 24:00 WIB

*Jawaban: A*

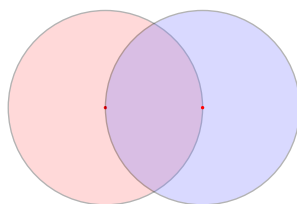
Pada tanggal 20 Mei,  $RA_\odot \sim 4^h$ .

Pusat galaksi yang berkulminasi atas artinya memiliki  $HA_G = 0^h$ .

$$\begin{aligned} LST &= HA_\odot + RA_\odot = HA_G + RA_G \\ HA_\odot + 4^h &= 0^h + 17^h45^m37,224^s \\ HA_\odot &= 13^h45^m37,224^s \end{aligned}$$

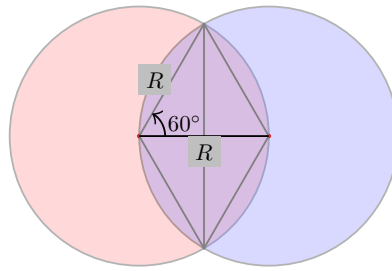
Saat  $HA_\odot = 13^h45^m37,224^s$ , artinya waktu lokal di tempat tersebut adalah pukul  $\sim 01:45$ . Selisih dengan waktu sipil (*zone time / civil time*)  $= (110,24^\circ - 105^\circ)/15^\circ = 0,34933^h = 21^m$ . Sehingga jam dinding di sana menunjukkan waktu  $01:45 - 21^m \sim 01:24$  WIB.

14. Gerhana Matahari terjadi ketika piringan Bulan menutupi piringan Matahari. Misalkan piringan Bulan dan Matahari tampak dengan diameter sudut yang sama ( $D$ ) dan kedua titik pusat piringan objek terpisah oleh jarak  $D/2$ . Dari gambar di bawah ini, berapakah rasio piringan Matahari yang tertutup piringan Bulan?



- 0,3
- 0,4
- 0,5
- 0,6
- 0,7

*Jawaban: B*



Perhatikan gambar di atas, luas piringan Matahari yang tertutup oleh piringan bulan adalah luas 2 tembereng.

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \cdot \text{Luas tembereng} \\
 &= 2 \cdot (\text{Luas juring} - \text{Luas segitiga}) \\
 &= 2 \cdot \text{Luas juring} - 2 \cdot \text{Luas segitiga sama sisi} \\
 &= 2 \cdot \frac{1}{3} \pi R^2 - 2 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot R \cdot \frac{1}{2} \sqrt{3} R \right) \\
 &= \frac{2}{3} \pi R^2 - \frac{1}{2} \sqrt{3} R^2
 \end{aligned}$$

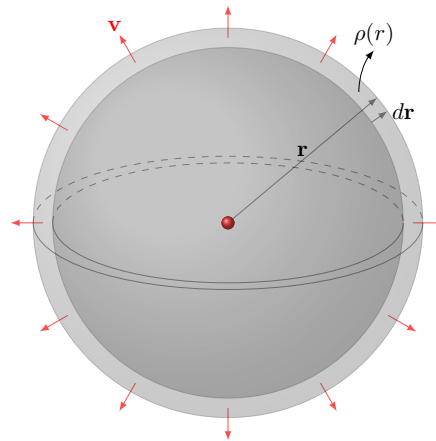
Rasio terhadap luas piringan Matahari

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio} &= \frac{\frac{2}{3} \pi R^2 - \frac{1}{2} \sqrt{3} R^2}{\pi R^2} \\
 &= \frac{2}{3} - \frac{\sqrt{3}}{2\pi} = 0,391 \approx 0,4
 \end{aligned}$$

15. Pada jarak  $d$ , partikel angin Matahari memiliki kerapatan  $\rho$  serta kecepatan  $v$ . Bila ketiga variabel tersebut diketahui, maka laju kehilangan massa Matahari (kg/detik) dapat dihitung dengan persamaan

- A.  $\dot{M} = \rho v$
- B.  $\dot{M} = 2\pi d \rho v$
- C.  $\dot{M} = 4\pi d^2 \rho v$
- D.  $\dot{M} = \frac{4\pi}{3} d^3 \rho$
- E.  $\dot{M} = \frac{5\pi}{2} d^3 \rho v$

Jawaban: C



Kita dapat mencari terlebih dahulu elemen massa angin Matahari yang berjalan  $dM$ . Pada jarak  $r = d$  dari Matahari, besarnya elemen massa ini dapat digambarkan sebagai kulit bola dengan tebal  $dr$  dan kerapatan  $\rho(r)$ .

$$\begin{aligned} dM &= \rho(r) \cdot dV(r) \\ dM &= \rho(r) \cdot 4\pi r^2 dr \end{aligned}$$

Elemen massa ini bergerak pada arah radial keluar dengan kecepatan  $v$ , sehingga laju kehilangan massa dapat ditulis menjadi

$$\begin{aligned} \frac{dM}{dt} &= \frac{4\pi r^2 \rho dr}{dt} \\ \frac{dM}{dt} &= 4\pi r^2 \rho \frac{dr}{dt} \\ \dot{M} &= 4\pi r^2 \rho v = 4\pi d^2 \rho v \end{aligned}$$

Cara sedikit putus asa, tetapi mungkin yang diminta oleh juri/pembuat soal:

Kita dapat mencari pilihan yang benar dengan analisis dimensi (di soal sudah diberikan petunjuk berupa satuan “kg/s”), kebetulan hanya satu pilihan jawaban yang benar.

16. Sebuah koloni di Mars mengalami peningkatan populasi sehingga kebutuhan komunikasi jarak jauh mutlak dibutuhkan. Untuk itu, NASA meluncurkan satelit komunikasi stasioner terhadap Mars. Seperti satelit geostasioner, satelit tersebut memiliki periode orbit sama dengan periode rotasi planet Mars sehingga satelit berada pada bujur geografis yang tetap. Diukur dari pusat Mars, radius orbit satelit tersebut yang lebih dekat pada nilai yang benar adalah

- A. 16000 km
- B. 16600 km
- C. 18000 km
- D. 20000 km
- E. 22000 km

Jawaban: D

Massa Mars ( $M$ ) =  $6,42 \times 10^{23}$  kg

Periode orbit satelit “Mars-stasioner” = periode rotasi Mars ( $T$ ) =  $24^h 37^m 22^s,6$   
 Menggunakan hukum Kepler III

$$\begin{aligned}\frac{a^3}{T^2} &= \frac{GM}{4\pi^2} \\ a &= \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} \\ a &= \sqrt[3]{\frac{6,67 \times 10^{-11} \cdot 6,42 \times 10^{23} \cdot 88642,6^2}{4\pi^2}} \\ a &= 20426566,2 \text{ m} \\ a &= 204265,66 \approx 20000 \text{ km}\end{aligned}$$

### Soal Pilihan Ganda Bersyarat

Untuk dua soal berikut ini, jawablah

- A. jika 1, 2, dan 3 benar
- B. jika 1 dan 3 benar
- C. jika 2 dan 4 benar
- D. jika 4 saja benar
- E. jika semua benar

17. Pilihlah pernyataan yang benar.

1. Semakin tinggi temperatur suatu planet, maka semakin mudah planet tersebut kehilangan atmosfer.
2. Atmosfer planet dalam tersusun atas partikel yang relatif lebih ringan dibandingkan dengan atmosfer planet luar.
3. Planet luar dapat mempertahankan atmosfernya karena massanya yang besar dan jaraknya yang jauh dari Matahari.
4. Semakin besar planet, semakin mudah planet tersebut kehilangan atmosfer.

*Jawaban: B*

Penjelasan untuk masing-masing pernyataan:

1. Temperatur tinggi meningkatkan energi kinetik partikel penyusun atmosfer planet, sehingga partikel-partikel tersebut lebih mudah membebaskan diri dari ikatan gravitasi planet. (Pernyataan 1 BENAR)
2. Paparan radiasi memberi tambahan energi kinetik pada partikel penyusun atmosfer. Atmosfer planet dalam terpapar energi lebih tinggi daripada planet luar. Paparan energi itu dikonversi menjadi energi kinetik:  $\frac{1}{2}mv^2$ . Partikel bermassa kecil mendapat laju  $v$  lebih besar sehingga lebih mudah lepas dari planet. Dengan demikian, partikel-partikel bermassa beratlah yang dapat bertahan terikat oleh planet dalam. (Pernyataan 2 SALAH)
3. Semakin jauh jarak planet dari Matahari semakin rendah fluks radiasi yang diterima (temperatur rendah), sehingga energi kinetik partikel penyusun atmosfer relatif rendah. Massa besar artinya gravitasi kuat sehingga kemampuan mengikat atmosfer tinggi. (Pernyataan 3 BENAR)
4. Makin besar planet, gravitasi makin kuat, atmosfer makin sulit lepas. (Pernyataan 4 SALAH)

18. Di antara pernyataan di bawah ini, manakah yang BENAR?

1. Unsur yang lebih berat dari besi (Fe) dihasilkan saat ledakan Supernova.
2. Bintang deret utama melawan pengerutan gravitasi dengan tekanan elektron terdegenerasi.
3. Bintang dengan massa yang cukup besar mampu melakukan reaksi fusi di inti yang menghasilkan unsur yang lebih berat dari besi (Fe).
4. Pada reaksi fusi hidrogen, empat inti hidrogen membentuk satu inti helium. Total massa satu inti helium lebih kecil daripada total massa empat inti hidrogen.

*Jawaban: Tidak ada*

Penjelasan untuk masing-masing pernyataan:

1. Inti atom paling berat yang dapat dibentuk melalui nukleosintesis di pusat bintang yakni inti besi (Fe). Pembentukan inti lebih berat dari besi salah satunya melibatkan proses penangkapan neutron dalam proses cepat (*r-process/rapid process*). Proses ini terjadi ketika supernova. Saat supernova terjadi, banyak neutron bebas muncul sebagai pecahan dari inti-inti atom (karena energi tinggi, inti atom bisa pecah). Lingkungan supernova sangat rapat sehingga neutron-neutron yang bertebaran dapat segera ditangkap oleh inti atom, sebelum neutron-neutron tersebut meluruh. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa supernova merupakan salah satu proses yang dapat menghasilkan inti-inti atom yang lebih berat daripada besi. (Pernyataan 1 BENAR)
2. Bintang deret utama melawan pengerutan gravitasi dengan tekanan gas dan tekanan radiasi. (Pernyataan 2 SALAH)
3. Nukleosintesis di pusat bintang tidak mampu menghasilkan inti atom lebih berat dari besi (Fe). (Pernyataan 3 SALAH)
4. Pembentukan satu inti Helium memerlukan empat inti Hidrogen melalui reaksi fusi. Massa satu inti Helium kurang dari total massa empat inti Hidrogen pembentuknya. Selisih massa  $\Delta m$  ini yang dinamakan *mass defect*, yang mewakili energi yang dilepas ketika inti baru terbentuk, sebesar  $E = \Delta mc^2$ . (Pernyataan 4 BENAR)

### Soal Pilihan Ganda Sebab-Akibat

Gunakan petunjuk ini untuk menjawab soal-soal berikut: A. Pernyataan pertama dan kedua benar serta memiliki hubungan sebab-akibat.

B. Pernyataan pertama dan kedua benar, tetapi tidak memiliki hubungan sebab-akibat.

C. Pernyataan pertama benar, sedangkan pernyataan kedua salah.

D. Pernyataan pertama salah, sedangkan pernyataan kedua benar

E. Kedua pernyataan salah.

19. Hasil penelitian astronom pada tahun 1998 tentang energi gelap menunjukkan bahwa alam semesta kita sekarang sedang mengalami pengembangan yang diperlambat.

### SEBAB

Gaya gravitasi yang selalu bersifat tarik menarik paling mendominasi dalam skala besar.

*Jawaban: E*

Hasil penelitian astronom pada tahun 1998 tentang energi gelap menunjukkan bahwa alam semesta kita sekarang sedang mengalami pengembangan yang *dipercepat*. (Pernyataan pertama SALAH)

Pada skala besar, energi gelap (*dark energy*) mendominasi, menyebabkan alam semesta mengembang dipercepat. (Pernyataan kedua SALAH)

20. Materi antar bintang membuat nilai magnitudo bintang yang kita lihat mengecil.

SEBAB

Partikel materi antar bintang menyerap cahaya bintang yang berada di belakangnya.

*Jawaban: D*

Materi antar bintang membuat kecerlangan bintang yang kita lihat mengecil, nilai magnitudo membesar. (Pernyataan pertama SALAH)

Partikel materi antar bintang menyerap cahaya bintang yang berada di belakangnya. (Pernyataan kedua BENAR)

### Soal Essay Pendek

21. Diketahui diameter pupil mata adalah 5 mm. Dengan menggunakan kriteria Rayleigh,
- hitunglah limit resolusi sudut mata manusia pada panjang gelombang 550 nm,
  - hitunglah perbandingan jawabanmu ini dengan diameter sudut Bulan dan planet Jupiter (saat oposisi).
  - Jelaskan, apakah mata telanjang kita mampu memisahkan ciri-ciri pada piringan Bulan dan piringan Jupiter?

*Jawaban:*

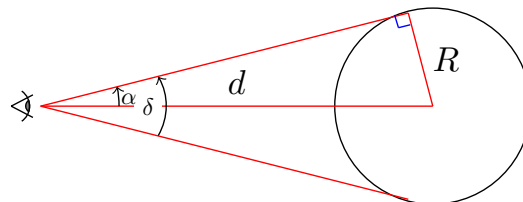
- (a) Sudut terkecil yang masih dapat dipisahkan (limit resolusi sudut):

$$\theta_{res} = \frac{1,22\lambda}{D} \quad (rad)$$

untuk mata manusia

$$\begin{aligned} \theta_{res} &= \frac{1,22 \cdot 550 \times 10^{-6}}{5} = 1,342 \times 10^{-4} \text{ rad} \\ &= 27,68'' \end{aligned}$$

- (b) Diameter sudut



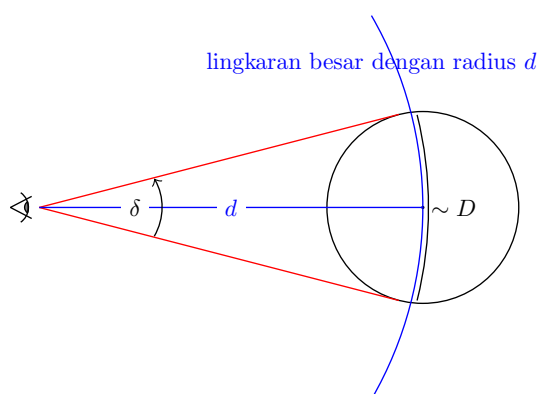
Bulan

$$\begin{aligned}\sin \alpha_{\zeta} &= \frac{R_{\zeta}}{d_{\oplus \zeta}} = \frac{1738}{384399} \\ \alpha_{\zeta} &= 0,259^{\circ} \\ \delta_{\zeta} &= 0,518^{\circ} = 1865,2'' \\ \frac{\theta_{res}}{\delta_{\zeta}} &= 0,01484\end{aligned}$$

Jupiter saat oposisi,

jaraknya dari Bumi adalah  $d_{\oplus \jmath} = d_{\odot \jmath} - d_{\odot \oplus}$ 

$$\begin{aligned}\sin \alpha_{\jmath} &= \frac{R_{\jmath}}{d_{\oplus \jmath}} = \frac{71492}{6,2873 \times 10^8} \\ \alpha_{\jmath} &= 6,515 \times 10^{-3}^{\circ} \\ \delta_{\jmath} &= 0,013^{\circ} = 46,9'' \\ \frac{\theta_{res}}{\delta_{\jmath}} &= 0,59\end{aligned}$$

Cara lain menghitung diameter sudut (saat  $d \gg D$ ):

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{D}{d} \quad (rad) \\ \delta &= \frac{206265 \cdot D}{d} \quad (")\end{aligned}$$

dengan  $D$  adalah diameter objek dan  $d$  adalah jarak dari pengamat ke objek.

- (c) Diameter sudut kedua objek lebih besar dari limit sudut resolusi, sehingga keduanya akan tampak sebagai piringan atau *extended object*. Untuk dapat memisahkan ciri-ciri/*feature* dari piringan kedua objek, semisal kawah di Bulan atau bintang merah di Jupiter, maka haruslah diameter sudut dari *feature* tersebut lebih besar dari limit sudut resolusi mata.

22. Dari hasil astrofotografi, diketahui ukuran Nebula Kepiting (M1) adalah  $6'$ . Objek tersebut berada pada jarak 100 pc. Dari hasil pengukuran efek Doppler, kecepatan pengembangan nebula diketahui sebesar 1400 km/detik. Anggaplah usia Nebula Kepiting pada waktu tertentu adalah waktu yang diperlukan untuk Nebula Kepiting dari sebuah titik hingga mencapai ukuran pada waktu itu.

- (a) Hitunglah radius linear Nebula Kepiting!  
(b) Hitung pula usia Nebula Kepiting!

*Jawaban:*

- (a) Identik dengan soal sebelumnya, radius linier M1 dapat ditentukan dari ukuran ben-

tangan di langit dan jaraknya.

$$\begin{aligned}
 D &= \delta \cdot d \\
 &= 1,74533 \times 10^{-3}(\text{rad}) \cdot 100(\text{pc}) \\
 &= 0,17453 \text{ pc} \\
 R &= 0,08726 \text{ pc} = 2,6926 \times 10^{12} \text{ km}
 \end{aligned}$$

- (b) Usia “ledakan” nebula Kepiting dapat ditentukan dari ukuran sekarang dan kecepatan pengembangannya. Dengan menganggap tidak ada perubahan kecepatan pengembangan, ukuran bintang sebelum meledak jauh lebih kecil dari ukuran nebula (dianggap titik), serta ledakannya adalah simetri bola, maka

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{R}{v} \\
 &= \frac{2,6926 \times 10^{12}}{1400} \\
 &= 1,92327 \times 10^9 \text{ detik} \\
 &= 60,945 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

23. Sebuah teleskop digunakan untuk melihat Bulan yang memiliki diameter sudut 30 menit busur. Medan pandang teleskop sama dengan diameter sudut Bulan dan teleskop tidak dilengkapi motor. Dalam waktu berapa lamakah Bulan sepenuhnya akan hilang dari medan pandang teleskop?

*Jawaban:*

Saat digunakan untuk melihat Bulan, diasumsikan Bulan sepusat dengan medan pandang teleskop. Jika teleskop tidak *tracking* atau bergerak mengikuti langit, maka Bulan perlahan-lahan akan menghilang dari medan pandang teleskop disebabkan gerak semunya di langit. Gerak semu Bulan di langit diakibatkan oleh rotasi Bumi (gerak semu harian) dan revolusi Bulan.

Diameter sudut Bulan =  $30' = 0,5^\circ$

Kecepatan sudut Bulan di langit

$$\begin{aligned}
 \omega_{\text{relatif}} &= \omega_{\text{rotasi}} - \omega_{\text{rev}\mathbb{Q}} \\
 &= \frac{360^\circ}{23,56 \text{ md}} - \frac{360^\circ}{27,3217 \text{ hari}} \\
 &= 4,178 \times 10^{-3} \text{ }^\circ/\text{detik} - 1,525 \times 10^{-4} \text{ }^\circ/\text{detik} \\
 &= 4,0255 \times 10^{-3} \text{ }^\circ/\text{detik}
 \end{aligned}$$

dengan asumsi Bulan berada di ekuator langit (deklinasi nol), maka waktu yang diperlukan oleh Bulan untuk bergeser dari tengah medan pandang sampai seluruh piringannya hilang adalah

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{0,5^\circ}{4,0255 \times 10^{-3} \text{ }^\circ/\text{detik}} \\
 &= 124,2 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

Catatan:

- Jika yang ditanyakan adalah waktu maksimum Bulan berada di dalam medan pandang teleskop, maka butuh waktu 248,4 detik (Bulan mulai masuk medan pandang hingga keluar).



- Jika deklinasi Bulan tidak nol, maka durasinya dapat lebih lama.

24. Analisis spektrum bintang ganda spektroskopik bergaris ganda yang juga merupakan bintang ganda gerhana dengan periode orbit  $P = 8,6$  tahun menunjukkan pergeseran Doppler maksimum dari garis Balmer hidrogen  $H_\alpha$  (656,281 nm), untuk komponen sekunder adalah  $\lambda_s = 0,072$  nm dan untuk komponen primer  $\lambda_p = 0,0068$  nm. Adapun bentuk kurva kecepatan radialnya adalah sinusoidal. Hitunglah setengah sumbu panjang sistem bintang ganda ini dinyatakan dalam satuan astronomi (au)!

*Jawaban:*

Dapat diasumsikan bahwa inklinasi orbit bintang ganda  $\sim 90^\circ$  (“bintang ganda gerhana”) dan orbit lingkaran (“sinusoidal”). Sehingga, dari pengamatan spektrumnya dapat langsung diperoleh kecepatan orbit masing-masing bintang terhadap pusat massa (karena merupakan kecepatan radial maksimum).

Menggunakan Efek Doppler

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v_{\text{radial}}}{c}$$

diperoleh

$$v_1 = \frac{0,0068}{656,281} \cdot 3 \times 10^5 = 3,1 \text{ km/s} \quad \text{dan} \quad v_2 = \frac{0,072}{656,281} \cdot 3 \times 10^5 = 32,9 \text{ km/s}$$

Kecepatan untuk orbit lingkaran adalah

$$v = \frac{2\pi r}{P},$$

sehingga,

$$\begin{aligned} a &= r_1 + r_2 \\ &= \frac{v_1 P}{2\pi} + \frac{v_2 P}{2\pi} = 1,339 \times 10^8 + 1,421 \times 10^9 \\ &= 1,555 \times 10^9 \text{ km} \\ &= 10,39 \text{ au} \end{aligned}$$

25. Perhatikanlah sebuah teropong yang menemukan sebuah protogalaksi pada *redshift*  $z = 12$  misalnya teropong yang dimiliki Yale University di Kitt Peak berdiameter 3,5 meter (optikal). Cahaya dari protogalaksi memuat garis emisi  $H_\alpha$  (semacam *tracer* dari laju pembentukan bintang). Panjang gelombang yang tertinggal dari garis  $H_\alpha$  adalah 0,656 mikron di bagian optikal merah pada spektrumnya.

- Untuk protogalaksi ini, berapakah panjang gelombang  $H_\alpha$  yang teramati?
- Jika teropong mampu mengamati gelombang dalam rentang 0,3-2,2 mikron, dapatkan sebuah teropong inframerah-optikal di permukaan Bumi (semacam teropong yang disebutkan dalam soal) mengamati garis  $H_\alpha$ ?
- Carilah kerapatan rata-rata dari materi yang berkaitan dengan  $z = 12$ . Di sini diambil asumsi bahwa dalam alam semesta saat (hari) ini memiliki kerapatan materi sebesar  $2,4 \times 10^{-27} \text{ kgm}^{-3}$ .

*Jawaban:*

- (a) Notasi  $z$  untuk *redshift* sering digunakan dalam kosmologi, dengan

$$\begin{aligned} z &= \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \\ \lambda &= \lambda_0(z + 1) \\ \lambda &= 8,528 \text{ mikron} \end{aligned}$$

- (b) Tidak bisa karena panjang gelombang yang teramati ( $\lambda$ ) berada di luar rentang kemampuan teleskop.  
 (c) Dalam kosmologi terdapat faktor skala  $a(t)$  yang didefinisikan sebagai

$$r(t) = a(t)r_0$$

dengan  $r(t)$  dan  $a(t)$  adalah jarak antar dua titik (*proper distance*) dan faktor skala saat  $t$ , sedangkan  $r_0$  adalah jarak antar dua titik tersebut saat  $t_0$  (sekarang), sehingga menurut definisi ini  $a(t_0) = 1$ . Hubungan *redshift* ( $z$ ) dan faktor skala ( $a$ ) adalah

$$1 + z(t_{obs}) = \frac{a(t_{obs})}{a(t_{em})}$$

Pengamat ada dalam epoch alam semesta saat ini ( $t_{obs} = t_0$ ), sehingga  $a(t_{obs}) = 1$ .

$$1 + z = \frac{1}{a}$$

Semakin besar ukuran alam semesta, semakin kecil kerapatan materi (total “massa”nya tetap). Kerapatan materi alam semesta akan berbanding terbalik dengan pangkat tiga faktor skala

$$\rho \sim \frac{1}{a^3},$$

sehingga,

$$\begin{aligned} \rho &\sim (1 + z)^3 \\ \frac{\rho}{\rho_0} &= \left( \frac{1 + z}{1 + z_0} \right)^3 = \left( \frac{1 + z}{1} \right)^3 \\ \rho &= \rho_0(1 + z)^3 = 5,273 \times 10^{-24} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

26. Salah satu metode penentuan jarak galaksi spiral adalah relasi Tully-Fisher yakni luminositas sebanding dengan kecepatan rotasi maksimum pangkat empat. Diamati sebuah galaksi spiral  $A$  (yang mirip dengan Bimasakti) dengan radius 30 kpc dan memiliki 200 milyar bintang serupa Matahari. Diperoleh magnitudo galaksi tersebut adalah  $m_B = 11$  dan kecepatan rotasi maksimum sebesar 250 km/detik. Jika kecepatan rotasi maksimum Bimasakti sebesar 220 km/detik, maka

- (a) berapakah jarak galaksi  $A$  tersebut?  
 (b) Berapakah diameter sudut galaksi  $A$  tersebut?  
 (c) Taksirlah berapa magnitudo Bimasakti jika dilihat dari galaksi  $A$ !

*Jawaban:*

- (a) Asumsi semua bintang di galaksi A berkontribusi dalam kecerlangannya. Magnitudo mutlak bintang serupa Matahari ( $M_B$ ) adalah 5,48 sehingga

$$\begin{aligned} M_{gal} - M &= -2,5 \log \frac{200 \times 10^9 L_{\odot}}{L_{\odot}} \\ M_{gal} &= -22,773, \end{aligned}$$

selanjutnya dengan asumsi tidak ada serapan,

$$\begin{aligned} m - M &= -5 + 5 \log d \\ 11 + 22,773 &= -5 + 5 \log d \\ d &= 56,822 \text{ Mpc} \end{aligned}$$

- (b) Diameter sudut galaksi dapat ditentukan

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{D}{d} \\ &= \frac{60}{56822} \\ &= 1,056 \times 10^{-3} \text{ rad} \\ &= 3,63 \text{ menit busur} \end{aligned}$$

- (c) Karena jaraknya sama, maka

$$m_{\text{Bima Sakti}} - m_{\text{gal A}} = -2,5 \log \frac{L_{\text{Bima Sakti}}}{L_{\text{gal A}}}$$

menggunakan metode Tully-Fisher

$$\begin{aligned} m_{\text{Bima Sakti}} - m_{\text{gal A}} &= -2,5 \log \left( \frac{v_{\text{Bima Sakti}}}{v_{\text{gal A}}} \right)^4 \\ m_{\text{Bima Sakti}} - 11 &= -2,5 \log \left( \frac{220}{250} \right)^4 \\ m_{\text{Bima Sakti}} &= 11,55 \end{aligned}$$

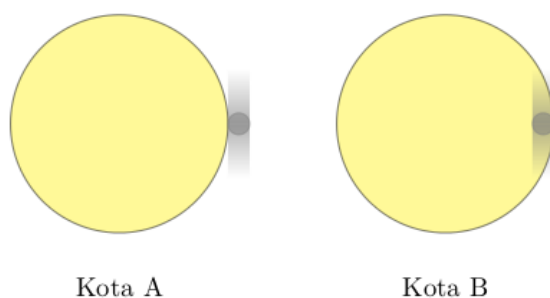
Jadi magnitudo galaksi Bima Sakti di filter B ( $m_B$ ) = 11,55.

27. Pada suatu saat, okultasi planet Jupiter oleh Bulan terjadi pada pukul 21:00 ketika ketinggian Jupiter  $45^\circ$  di atas horizon timur. Seorang pengamat di kota A tidak dapat melihat Jupiter tertutup penuh oleh Bulan di saat puncak okultasi. Melalui teropong, ia hanya melihat lingkaran Bulan bersinggungan luar dengan Jupiter. Sementara itu, pengamat di kota B melihat Jupiter tertutup penuh oleh piringan Bulan. Namun dalam waktu yang sangat singkat, Jupiter muncul kembali.

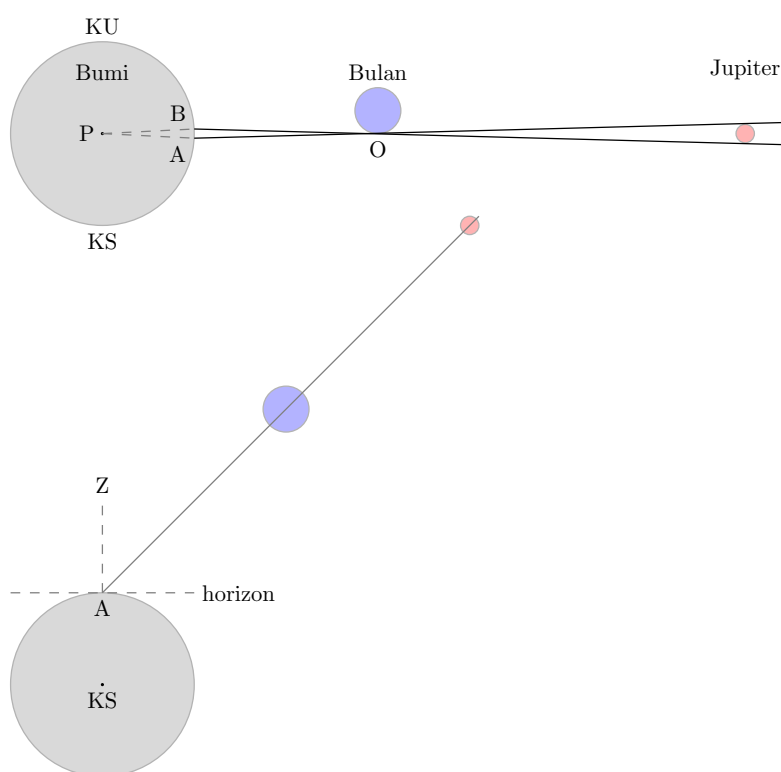
- (a) Gambarkanlah geometri dari peristiwa itu!  
 (b) Berapakah jarak antara kota A dan kota B?

*Jawaban:*

- (a) Sketsa geometri peristiwa



Dengan syarat: (1) kota A dan kota B melihat peristiwa ini bersamaan, (2) jalur Jupiter seperti di atas, geometri paling sederhana yang masih mungkin adalah sebagai berikut:



- (b) Dari jam pengamatan (21:00) dan ketinggian ( $45^\circ$  di atas horizon timur) dapat diketahui bahwa Jupiter dan Bulan sedang dalam posisi “dekat” oposisi.

Diameter sudut Jupiter dilihat dari  $O$  akan sama dengan  $\angle AOB$ . Jarak  $O$  ke Jupiter ( $J$ ) dapat diperkirakan karena Bulan dan Jupiter keduanya dalam posisi oposisi dari Matahari.

$$\begin{aligned}
 \angle AOB &= \delta_J = \frac{D}{d_{OJ}} \\
 &= \frac{2 \cdot 71492}{7,7833 \times 10^8 - 1,496 \times 10^8 - 3,844 \times 10^5} \\
 &= 0,0002275563 \text{ rad} \\
 &= 0,013038^\circ
 \end{aligned}$$

dengan  $D$  adalah diameter Jupiter.

Dengan asumsi sederhana bahwa  $\triangle AOB$  adalah segitiga sama kaki, maka dapat di hitung  $\angle APB$

$$\begin{aligned}
 AB &= AB \\
 R_{\oplus}^2 + R_{\oplus}^2 - 2R_{\oplus}^2 \cos \angle APB &= d^2 + d^2 - 2d^2 \cos \angle AOB \\
 2R_{\oplus}^2(1 - \cos \angle APB) &= 2d^2(1 - \cos \angle AOB) \\
 \cos \angle APB &= 1 - \left(\frac{d}{R_{\oplus}}\right)^2 (1 - \cos \angle AOB) \\
 \angle APB &= 0,7858^\circ
 \end{aligned}$$

dengan  $d \approx d_{\oplus\zeta}$ . Selanjutnya jarak A dan B dapat dicari dengan

$$\frac{0,7858^\circ}{360^\circ} \times 2\pi 6378 = 87,47 \text{ km}$$

Catatan:

- Lintasan Jupiter akan dekat dengan ekliptika langit.
- Titik  $O$  tidak berada dipermukaan Bulan; jarak  $O$  ke Jupiter dan  $O$  ke Bumi didekati seolah-olah  $O$  adalah Bulan itu sendiri.
- Jika  $OA$  dan  $OB$  tidak sama kaki, maka perhitungan menjadi lebih rumit karena harus memasukkan faktor *paralaks horizon* (berpengaruh besar pada penentuan jarak kota A dan B).

## Daftar Konstanta

Nama Besaran	Notasi	Harga
Satuan astronomi	au	$1,49597870 \times 10^{11}$ m
Parsek	pc	$3,0857 \times 10^{16}$ m
Tahun Cahaya	ly	$0,9461 \times 10^{16}$ m
Tahun Sideris		365,2564 hari
Tahun Tropik		365,2422 hari
Tahun Gregorian		365,2425 hari
Tahun Julian		365,2500 hari
Periode sinodis Bulan ( <i>synodic month</i> )		29,5306 hari
Periode sideris Bulan ( <i>sidereal month</i> )		27,3217 hari
Hari Matahari rerata ( <i>mean solar day</i> )		$24^j 3^m 56^d,56$
Hari sideris rerata ( <i>mean sidereal day</i> )		$23^j 56^m 4^d,00$
Massa Matahari	$M_{\odot}$	$1,989 \times 10^{30}$ kg
Jejari Matahari	$R_{\odot}$	$6,96 \times 10^8$ m
Temperatur efektif Matahari	$T_{\text{eff}\odot}$	5785 K
Luminositas Matahari	$L_{\odot}$	$3,9 \times 10^{26}$ W
Magnitudo semu visual Matahari	$V$	-26,78
Indeks warna Matahari	$B - V$	0,62
	$U - B$	0,10
Magnitudo mutlak visual Matahari	$M_V$	4,79
Magnitudo mutlak biru Matahari	$M_B$	5,48
Magnitudo mutlak bolometrik Matahari	$M_{bol}$	4,72
Massa Bulan	$M_{\zeta}$	$7,348 \times 10^{22}$ kg
Jejari Bulan	$R_{\zeta}$	1738000 m
Jarak rerata Bumi-Bulan		384399000 m
Konstanta Hubble	$H_0$	69,3 km/s/Mpc

Objek	Massa (kg)	Jejari ekuatorial (km)	$P_{\text{rotasi}}$	$P_{\text{sideris}}$ (hari)	Jarak rerata ke Matahari ( $10^3$ km)
Merkurius	$3,3 \times 10^{23}$	2440	58,646 hari	87,9522	57910
Venus	$4,87 \times 10^{24}$	6052	243,019 hari	224,701	108200
Bumi	$5,97 \times 10^{24}$	6378	$23^j 56^m 4^d,1$	365,25	149600
Mars	$6,42 \times 10^{23}$	3397	$24^j 37^m 22^d,6$	686,9257	227940
Jupiter	$1,90 \times 10^{27}$	71492	$9^j 55^m 30^d$	4330,5866	778330
Saturnus	$5,69 \times 10^{26}$	60268	$10^j 39^m 22^d$	10746,9334	1429400
Uranus	$8,66 \times 10^{25}$	25559	$17^j 14^m 24^d$	30588,5918	2870990
Neptunus	$1,03 \times 10^{26}$	24764	$16^j 6^m 36^d$	59799,8258	4504300

Nama konstanta	Simbol	Harga
Kecepatan cahaya	$c$	$2,99792458 \times 10^8$ m/s
Konstanta gravitasi	$G$	$6,673 \times 10^{-11}$ m <sup>3</sup> /kg/s <sup>2</sup>
Konstanta Planck	$h$	$6,6261 \times 10^{-34}$ Js
Konstanta Boltzmann	$k$	$1,3807 \times 10^{-23}$ J/K
Konstanta kerapatan radiasi	$a$	$7,5659 \times 10^{-16}$ J/m <sup>3</sup> /K <sup>4</sup>
Konstanta Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$5,6705 \times 10^{-8}$ Watt/m <sup>2</sup> /K <sup>4</sup>
Muatan elektron	$e$	$1,6022 \times 10^{-19}$ C
Massa elektron	$m_e$	$9,1094 \times 10^{-31}$ kg
Massa proton	$m_p$	$1,6726 \times 10^{-27}$ kg
Massa neutron	$m_n$	$1,6749 \times 10^{-27}$ kg
Massa atom ${}_1H^1$	$m_H$	$1,6735 \times 10^{-27}$ kg
Massa atom ${}_2He^4$	$m_{He}$	$6,6465 \times 10^{-27}$ kg
Massa inti ${}_2He^4$		$6,6430 \times 10^{-27}$ kg
Konstanta gas	$R$	8,3145 J/K/mol

