

1. Suatu *planetary nebula* adalah
  - a. Planet-planet yang mengelilingi bintang
  - b. Gas yang akan runtuh dan membentuk planet
  - c. Awan molekul raksasa yang sedang dalam tahap pembentukan bintang-bintang baru
  - d. Awan gas yang sangat mampat yang di dalamnya terdapat molekul organik
  - e. Gas yang dilontarkan oleh sebuah bintang yang akan menjadi katai putih

JAWAB : E

- 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
- Evolusi lanjut bintang (setelah pembakaran hidrogen di pusat bintang tidak lagi dominan dan bintang bergerak keluar dari deret utama di diagram H-R dan memasuki cabang raksasa) dan evolusi akhir bintang akan bergantung pada massanya, sbb :
  - 1) Bintang bermassa di bawah  $0,5 M_{\odot}$  tidak akan melanjutkan ke pembakaran Helium, Setelah hidrogennya menipis, bintang tidak lagi memiliki sumber energi dan akan menjadi gelap, disebut katai gelap
  - 2) Bintang bermassa dibawah  $6 M_{\odot}$  akan mengalami pembakaran Helium, tetapi tidak sanggup membakar karbon atau oksigen, akan berubah menjadi bintang yang tidak stabil, mengalami denyutan yang sangat kuat yang melontarkan massa bintang itu dan menyingkapkan intinya yang panas, yang disebut katai putih. Pelontaran massa teramati sebagai planetary nebula dengan bintang katai putih berada di tengahnya. Bintang katai putih akan memancarkan radiasinya selama milyaran tahun lalu menjadi katai gelap.
  - 3) Bintang bermassa diantara  $6 M_{\odot}$  -  $10 M_{\odot}$  akan mengalami pembakaran Karbon yang sangat eksplosif sehingga bintang akan meledak dan menjadi hancur berantakan.
  - 4) Bintang bermassa diatas  $10 M_{\odot}$  akan mencapai inti besi di pusatnya, inti besi ini tidak akan terbakar, tetapi berubah menjadi inti Helium yang reaksinya menyerap energi. Hal ini akan menyebabkan supernova (ledakan) yang dahsyat dan bintang akan menjadi pulsar atau bintang neutron. Jika setelah ledakan, bintang masih bermassa  $3 M_{\odot}$  menurut perhitungan akan berubah menjadi *black hole*.

2. Katai coklat adalah
  - a. Planet kecil berwarna coklat kemerahan seperti Mars
  - b. Bola gas hidrogen dan helium yang tidak mempunyai cukup massa untuk memulai reaksi nuklir di pusatnya
  - c. Planet gas raksasa seperti Jupiter dan Saturnus
  - d. Bintang yang besar massanya di antara massa katai putih dan lubang hitam
  - e. Katai putih yang mengalami pendinginan dan menjadi katai coklat

JAWAB : B

Untuk lebih jelasnya, perhatikan skema evolusi bintang berikut ini :

Awan molekul raksasa □ Bok Globule □ Proto star □ Bintang Deret Utama □ Bintang Evolusi Lanjut □ Bintang evolusi akhir

- Awan molekul raksasa □ Kerapatan  $10^4 - 10^6$  atom/cm<sup>3</sup>, ukuran 50-300 tc, massa  $10^4 M_{\odot}$ , suhu 10-30 K, Hidrogen merupakan atom yang dominan kelimpahannya.
- Bok Globule □ Terjadi sesuatu yang menyebabkan terpecahnya/termampatkannya awan molekul raksasa menjadi awan yang lebih mampat yang disebut bok globule,

- Proto star □ Bok Globule semakin mampat (karena gravitasi), panas (karena pengerutan) dan berotasi. Jika massa Bok globule melebihi batas massa Jeans (yang bergantung suhu, kerapatan dan berat jenis molekul) maka pengerutan gravitasi dapat terus berlangsung dan bok globule menjadi semakin panas dan berpijar, disebut proto star. Sumber utama panas yang dihasilkan adalah dari pengerutan gravitasi.
- Bintang deret utama □ Jika suhu pusat proto star mencapai lebih dari 10 juta K, maka akan terjadi pembakaran hidrogen dan bintang memasuki deret utama dalam diagram Hertzsprung Russel, disebut Zero Ages Main Sequences (ZAMS). Pembakaran Hidrogen adalah sumber utama energi bintang pada tahap ini. Helium yang dihasilkan perlahan-lahan akan menumpuk di inti bintang dan disebut pusat Helium. Tekanan pengerutan gravitasi ke dalam diimbangi oleh tekanan radiasi ledakan nuklir dipusat bintang. Bintang berada dalam keadaan setimbang hidrostatis.  
Jika massa protostar  $< 0,075 M_{\odot}$ , maka pembakaran hidrogen tidak akan pernah terjadi dan proto bintang mendingin secara perlahan-lahan (gagal menjadi bintang), disebut katai coklat. Contoh : Planet Jupiter.
- Bintang evolusi lanjut □ terjadi jika massa pusat Helium telah mencapai 10% - 20% massa bintang (disebut batas Schonberg Chandrasekar). Hal 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 menjadi bintang raksasa merah atau maharaksasa merah.  
Kemudian hal yang mirip terus terjadi dan di pusat bintang terbentuk bermacam-macam inti pusat hasil pembakaran sebelumnya, yaitu : Hidrogen □ Helium □ Karbon □ Oksigen □ Neon □ Magnesium □ Silikon □ Besi. Tidak semua bintang evolusi lanjut memiliki semua inti tersebut, karena inti pusat terakhir dari sebuah bintang sangat tergantung pada massanya (lihat penjelasan soal no. 1).

3. Sumber energi bintang-bintang cabang horizontal (horizontal branch) adalah ... di pusatnya
- a. Reaksi fusi karbon
  - b. Reaksi fusi hidrogen
  - c. Reaksi fusi helium
  - d. Jawaban (b) dan (c)
  - e. Jawaban (a) dan (c)

JAWAB : C

- Setelah memasuki tahap cabang horizontal, pembakaran hidrogen menjadi helium tidak lagi terjadi di pusat bintang, tetapi di kulitnya
- Di pusat bintang terjadi reaksi triple alpha yang mengubah helium menjadi karbon, sebuah reaksi yang sangat eksplosif

4. Manakah pernyataan berikut yang paling benar untuk menggambarkan reaksi yang terjadi di pusat Matahari?
- a. Reaksi hidrogen dan helium membentuk karbon.
  - b. Reaksi tiga atom hidrogen membentuk dua atom helium.
  - c. Reaksi helium dan karbon membentuk hidrogen.
  - d. Reaksi hidrogen dan karbon membentuk helium.
  - e. Tidak ada jawaban yang benar.

JAWAB : E

- Matahari saat ini sedang berada pada tahap deret utama (lihat penjelasan soal no. 2) dimana sumber energi utamanya berasal dari pusatnya yang terjadi ledakan nuklir berupa reaksi inti yang disebut siklus proton-proton.
  - Siklus proton-proton akan mengubah 4 inti hidrogen ( $4 \times 1,00813 \text{ sma}$ ) menjadi 1 inti helium ( $4,00386 \text{ sma}$ ) dan massa yang hilang ( $0,0286 \text{ sma}$ ) diubah menjadi energi dengan persamaan Einstein ( $E=m \cdot c^2$ ) yang setara dengan  $26,73 \text{ MeV}$ .
  - Siklus proton-proton yang terjadi di pusat matahari setiap detiknya akan mengubah sekitar 630 juta ton Hidrogen diubah menjadi 625,4 juta ton Helium. Sisa massa ( $4,6 \text{ juta ton}$ ) akan berubah menjadi energi dan menjadi Luminositas Matahari – energi total yang dipancarkan oleh matahari ke segala arah setiap detiknya.
  - Reaksi inti ini membutuhkan suhu dan tekanan yang amat tinggi, yaitu suhu inti sebesar  $16 \text{ juta derajat Celsius}$  dan tekanan  $71 \text{ juta atm}$ .
5. Manakah pernyataan di bawah ini yang benar
- a. Semua katai putih adalah bintang neutron
  - b. Semua pulsar adalah bintang neutron
  - c. Semua neutron adalah pulsar
  - d. Semua lubang hitam (black hole) adalah pulsar
  - e. Bintang neutron tidak berhubungan dengan pulsar

JAWAB : B

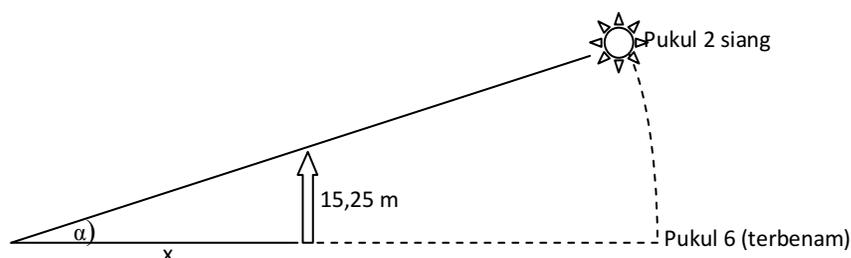
- Lihat penjelasan no. 1, bintang dengan massa awal lebih dari  $10M_{\odot}$  akan mencapai inti besi dipusatnya yang pada suhu sangat tinggi akan terurai menjadi helium. Reaksi penguraian ini tidak menghasilkan energi, tetapi menyerap energi, karena itu struktur bintang berubah total disebabkan energi yang diserap mengakibatkan tekanan menjadi hilang di pusat bintang (meskipun suhu masih sangat tinggi), akhirnya bintang runtuh dengan dahsyat oleh gaya gravitasi. Keruntuhan ini menyebabkan banyak unsur ‘terjebak’ dipusat bintang yang suhunya sangat tinggi, maka terjadilah reaksi inti yang sangat dipercepat oleh suhu tinggi (reaksi yang secara normal terjadi dalam orde jutaan tahun terjadi hanya dalam orde detik) . Akibatnya timbul ledakan nuklir yang sangat dahsyat di pusat bintang (supernova). Bagian luar bintang terlempar dengan kecepatan puluhan ribu km/s dan bagian pusatnya runtuh menjadi benda yang sangat mampat.
- Pusat bintang yang runtuh menjadi sangat mampat, elektron dipaksa untuk mendekat bahkan menembus inti atom sehingga menyatu dengan proton dan menghasilkan neutron. Tekanan neutron yang terdegenerasi sempurna akan menghentikan laju pemampatan bintang dan menghasilkan bintang yang kaya dengan gas neutron yang rapat massanya mencapai  $10^{15} \text{ gr/cm}^3$  (  $1 \text{ milyar ton tiap cm}^3$ !). Tidak ada atom, yang ada adalah hanyalah neutron dengan sedikit campuran elektron, proton dan inti berat. Bintang ini disebut bintang neutron yang berjari-jari hanya sekitar  $10 \text{ km}$  saja meskipun massanya setara dengan massa Matahari.
- Jika pusat bintang masih bermassa  $3M_{\odot}$ , maka tekanan neutron terdegenerasi tidak akan sanggup menghentikan pemampatan gravitasi dan bintang berubah menjadi lubang hitam (*black hole*)
- Pulsar (pulsating radio source – sumber radio yang berdenyut) adalah bintang neutron yang berputar dengan cepat. Medan magnet yang dihasilkan oleh kutub-kutub bintang neutron sangat besar ( $10^{12} - 10^{13} \text{ gauss}$ , bandingkan dengan medan magnet *sunspot* Matahari yang sekitar  $10^2 - 10^3 \text{ gauss}$ ). Besarnya medan magnet ini dihasilkan dari terjeratnya medan magnet oleh materi yang termampatkan karena keruntuhan gravitasi hingga kekuatannya menjadi berlipat kali ganda. Pemancaran gelombang radio dari kedua kutubnya disebabkan oleh pancaran energi elektron berkecepatan tinggi yang bergerak dengan tempuhan spiral dalam medan magnet (disebut pancaran synchrotron), hal ini menyebabkan kita bisa mendeteksi sinyal radio yang berulang dengan periode sangat cepat tetapi sangat teratur dengan orde dibawah satu detik. Contoh : Pulsar di tengah nebula kepiting memiliki periode

0,0033 detik. Hanya bintang neutron yang memenuhi syarat sebagai asal muasal pulsar di langit.

6. Katai putih mengimbangi gaya gravitasi dengan
- berputar secara cepat.
  - meledak.
  - reaksi fusi elemen-elemen berat menjadi besi.
  - tekanan dari materi terdegenerasi.
  - memancarkan energi ke angkasa.

JAWAB : D

- Jika bintang mengalami habis bahan bakar di pusatnya, maka tekanan gravitasi akan memampatkan bintang sehingga materi menjadi sangat mampat ( $\rho > 10^5 \text{ gr/cm}^3$ ) dan elektron yang berada pada keadaan tersebut disebut elektron terdegenerasi sempurna, yaitu kondisi ekstrim dimana elektron-elektron yang dimampatkan secara maksimum berada pada ruang yang sangat sempit tetapi pergerakannya ditahan/tidak boleh melanggar prinsip larangan Pauli (tidak ada dua elektron yang memiliki sifat-sifat yang sama). Prinsip ini akan memberikan tekanan balik yang dapat melawan tekanan pengerutan gravitasi lebih lanjut.
- Gravitasi dapat mengalahkan tekanan elektron terdegenerasi sempurna jika massa bintang katai putih melebihi massa kritis yang dihitung oleh Chandrasekar, yaitu  $1,44 M_{\odot}$ , bintang akan terus mengerut hingga menjadi bintang neutron atau lubang hitam.
- Elektron pada kondisi terdegenerasi sempurna dapat bergerak bebas (bersifat sebagai logam) dan dapat menahan tekanan yang sangat besar tanpa mengalami perubahan volume, juga tekanannya tidak dipengaruhi oleh temperatur.
- Inilah yang terjadi di bintang katai putih (lihat penjelasan soal no. 1)
7. Pada suatu hari di kota Pontianak seseorang mengamati bahwa pada saat tengah hari bayangan tugu Khatulistiwa hilang meskipun langit cerah. Jika tinggi tugu Khatulistiwa adalah 15,25 meter, berapa meter kira-kira panjang bayangan tugu di tanah datar pada saat langit cerah pukul 2 siang? Abaikan efek refraksi atmosfer.
- 5,7 meter
  - 8,8 meter
  - 11,5 meter
  - 15,25 meter
  - tidak ada bayangan



JAWAB : B

- Perhatikan gambar di samping
- Sudut  $\alpha$  sebesar 4 jam, karena  $1 \text{ jam} = 15^\circ$ , maka  $\alpha = 4 \text{ jam} = 60^\circ$
- Maka  $\tan 60^\circ = 15,25/x$  □  $x = 8,8 \text{ m}$

8. Pilih mana yang BENAR.
- Di Kutub Selatan dalam bulan Desember, Matahari berada di atas horizon paling singkat.
  - Di Kutub Utara pada tanggal 23 Desember, elevasi maksimum Matahari dari horizon adalah  $23,5^\circ$ .
  - Di daerah ekuator, lamanya siang sama dengan lamanya malam terjadi pada tanggal 21 Maret dan 23 September.
  - Di daerah ekuator, lamanya siang sama dengan lamanya malam terjadi pada tanggal 21 Maret saja.
  - Kalau kita berada di Kutub Utara, kita masih bisa melihat bintang Alpha Centauri.

JAWAB : C

- Analisis setiap option :
  - A. Bulan Desember adalah musim dingin di daerah utara, maka artinya musim panas di daerah selatan, jadi matahari banyak menyinari daerah selatan di bulan Desember, tentu matahari di atas horizon lebih lama dari biasanya, bahkan di daerah kutub selatan, matahari tidak pernah tenggelam
  - B. Tanggal 22 Desember Matahari tepat berada di garis balik selatan (titik musim dingin), atau deklinasi matahari adalah  $-23,5^{\circ}$ , maka di kutub utara matahari tidak terlihat sama sekali atau berada di bawah horizon, sehari sesudahnya pun (23 Des) deklinasi matahari hanya akan berubah sekitar  $\frac{1}{4}$  derajat dan tetap tidak akan terlihat di kutub Utara.
  - C. Di daerah ekuator, siang dan malam selalu sama setiap hari (yaitu masing-masing 12 jam), tidak hanya tanggal 21 Maret dan 23 September seperti yang terjadi di tempat lain.
  - D. Sama dengan analisis option C
  - E. Bintang Alpha Centauri adalah bintang yang ada di daerah selatan dengan deklinasi negatif ( $-60^{\circ}50'$ ), jadi tidak mungkin kita dapat melihatnya di daerah utara (hanya maksimum  $29^{\circ}$ LU saja), apalagi di daerah kutub
- Semua option yang ada memiliki pernyataan yang tidak tepat! Mungkin jawabannya C, karena jawabannya D ada kata 'saja' yang pasti salah.

9. Jika kita yang tinggal di daerah ekuator, memotret bintang dengan kamera statis (tidak mengikuti gerakan rotasi Bumi), dan kita biarkan rananya (diafragma) terbuka selama 12 menit, maka panjang jejak bayangan bintang adalah
- a.  $12^{\circ}$
  - b.  $1,2^{\circ}$
  - c.  $4^{\circ}$
  - d.  $3^{\circ}$
  - e.  $6^{\circ}$

JAWAB : D

- Gerakan bintang di langit bisa didekati kecepatannya dengan satu kali putaran (23j56m4s) adalah sama dengan  $360^{\circ}$ . Jadi dalam 4 menit bergerak sejauh kira-kira  $1^{\circ}$ . Maka selama 12 menit tentu bergerak sejauh  $3^{\circ}$ .

10. Deklinasi Alpha Centauri, bintang paling terang kedua, adalah  $-61^{\circ}$ . Lintang pengamat paling utara yang masih bisa melihat bintang ini adalah
- a.  $+29^{\circ}$
  - b.  $+53^{\circ}$
  - c.  $+47^{\circ}$
  - d.  $+23,5^{\circ}$
  - e.  $-47^{\circ}$

JAWAB : A

- Semua pengamat yang berada di lintang utara (Lintang positif) akan dapat melihat semua bintang di belahan langit utara (yang deklinasinya positif), demikian juga sebaliknya semua pengamat yang berada di lintang selatan (Lintang negatif) akan dapat melihat semua bintang di belahan langit selatan (yang deklinasinya negatif).
- Tidak semua bintang berdeklinasi negatif dapat dilihat di daerah utara (demikian juga sebaliknya). Daerah paling utara yang dapat melihat bintang berdeklinasi negatif ( $\delta$ ) dinyatakan oleh rumus :  $LU = 90^{\circ} - |\delta|$ , demikian juga lokasi pengamat yang paling selatan yang dapat melihat bintang berdeklinasi positif ( $\delta$ ) dinyatakan dengan rumus :  $LS = 90^{\circ} - \delta$ .
- Jadi :  $LU = 90^{\circ} - |-61^{\circ}| = 29^{\circ}$

11. Jika Bumi berotasi dalam arah yang berlawanan dari arah sekarang dan berevolusi tetap pada arah sekarang, maka panjang hari sideris adalah
- 24 jam 04 menit
  - 24 jam 00 menit
  - 23 jam 56 menit
  - 23 jam 52 menit
  - 23 jam 48 menit

JAWAB : C

- Hari sideris adalah waktu yang diperlukan oleh bintang untuk melakukan gerakan harian di satu titik di langit dan kembali lagi ke titik tersebut, lamanya adalah 23 jam 56 menit 4 detik (lebih cepat sekitar 4 menit dari hari Matahari rata-rata yang nilainya tepat 24 jam). Nilai ini adalah sama persis dengan panjang waktu yang diperlukan oleh Bumi untuk melakukan satu kali rotasi terhadap porosnya. Hari sideris tidak berhubungan dengan revolusi Bumi, tetapi dengan rotasi Bumi.
- Jadi, jika Bumi berotasi berlawanan arah dengan waktu rotasi yang sama, maka tentu saja hari sideris tetap tidak akan berubah, hanya bintang akan terbit di Barat dan terbenam di Timur.
- Yang berubah adalah hari Matahari, bukan lagi 24 jam, karena hari Matahari bergantung pada rotasi Bumi dan revolusi Bumi yang akan menjadi lebih cepat sekitar 4 menit dari hari sideris, yaitu menjadi 23 jam 52 menit.

12. Hanya sedikit orang di permukaan Bumi yang pernah melihat Gerhana Matahari Total (GMT) dibandingkan Gerhana Bulan Total (GBT), karena
- GMT terjadi siang hari dan GBT terjadi malam hari.
  - GMT menyapu lajur daerah yang sempit sedangkan GBT menutupi seluruh permukaan Bumi.
  - GMT hanya berlangsung beberapa menit sedangkan GBT beberapa jam.
  - GMT selalu terjadi di daerah ekuator dan GBT terjadi di seluruh lintang.
  - GMT menyebabkan langit gelap total sedangkan GBT tidak.

JAWAB : B

- Berdasarkan geometri umbra bulan pada bumi pada saat GMT, bayangan umbra hanyalah meliputi daerah yang kecil saja, jika dibandingkan dengan geometri gerhana bulan, tentu seluruh permukaan bumi (yang mengalami waktu malam hari tepat saat gerhana) akan melihat gerhana tersebut.

13. Jika seorang astronot berada di permukaan Bulan, dan ketika dia melihat ke atas, ia melihat Bumi dalam fase penuh, maka saat itu Bulan ada dalam fase
- Purnama.
  - Bulan baru.
  - Bulan kwartir pertama.
  - Bulan kwartir akhir.
  - Bulan fase cembung awal.

JAWAB : B

- Fase Bumi penuh dilihat dari Bulan, maka tentu Bumi berada pada fase oposisi, yaitu garis lurus : Matahari – Bulan – Bumi.
- Maka pengamat di Bumi tentu akan melihat bulan pada fase konjungsi, yaitu garis lurus : Matahari – Bulan – Bumi, fase ini adalah fase bulan baru atau bulan mati.

14. Jika Bulan dan Bumi berputar dalam rotasi sinkron sempurna, artinya Bulan selalu berada di atas suatu titik yang sama di permukaan Bumi, maka jumlah orbit Bulan dalam satu hari Bumi adalah

- a. 30 hari.
- b. 28 hari.
- c. 14 hari.
- d. 7 hari.
- e. 1 hari.

JAWAB : E

- Bulan selalu berada di atas suatu titik yang sama di permukaan Bumi, maka tentu revolusi Bulan akan sama dengan rotasi Bumi, yaitu 1 hari.

15. Pilih pernyataan yang BENAR.

- a. Diagram Dua Warna ((U-B) versus (B-V)) merupakan tempat kedudukan bintang-bintang dengan berbagai kelas spektrum, baik yang tidak mengalami pemerahan maupun yang mengalami pemerahan.
- b. Diagram Dua Warna ((U-B) versus (B-V)) merupakan tempat kedudukan bintang-bintang dengan berbagai kelas spektrum yang tidak mengalami pemerahan.
- c. Diagram Dua Warna ((U-B) versus (B-V)) bisa digunakan untuk menaksir besarnya pemerahan dari bintang tetapi tidak bisa digunakan untuk menentukan kelas spektrumnya.
- d. Bintang dengan harga  $(B-V) = +2,0$  warnanya lebih biru daripada bintang dengan  $(B-V) = +1,0$ .
- e. Bintang yang mempunyai magnitudo  $B = 7,0$  pasti temperaturnya lebih tinggi daripada bintang yang mempunyai magnitudo  $B = 9,0$ .

JAWAB : B

- U (Ungu) dan B (Biru) adalah magnitudo semu bintang yang diukur secara fotografi dengan filter Ungu ( $\lambda = 3500$  Angstrom) dan filter biru ( $\lambda = 4350$  Angstrom). Sedangkan V (Visual) adalah magnitudo semu yang diukur secara visual, dalam panjang gelombang kuning ( $\lambda = 5550$  Angstrom).
- $B - V$  disebut indeks warna bintang, berguna untuk menyatakan suhu bintang. Ingat bahwa warna biru (B) menyatakan suhu yang lebih panas dari warna kuning (V), dari hukum Wien. Magnitudo kecil artinya lebih terang dan magnitudo besar artinya lebih redup. Karena itu indeks warna semakin negatif berarti bintang itu semakin panas dan hal ini dapat menyatakan spektrum bintang tersebut.
- Pemerahan adalah peristiwa absorpsi cahaya bintang karena melewati materi antar bintang, sehingga magnitudo yang diukur dari bumi harus dikoreksi dulu untuk mendapatkan magnitudo yang sebenarnya. Nilai indeks warna sebenarnya disebut indeks warna intrinsic  $(B - V)_0$
- Diagram dua warna adalah diagram yang memetakan hubungan antara indeks warna  $(U - B)$  terhadap  $(B - V)$  untuk bintang-bintang yang diyakini tidak mengalami efek pemerahan, seperti bintang-bintang dekat di sekitar matahari yang dapat diabaikan efeknya atau bintang-bintang dalam lintang galaktik tinggi yang berada dalam daerah dimana jumlah materi antar bintang tidak terlalu banyak. Diagram dua warna akan menunjukkan bintang deret utama yang tidak mengalami pemerahan yang terdistribusi dalam sebuah kurva.
- Analisis setiap option :
  - A. Dari penjelasan di atas, maka diagram dua warna adalah diagram bintang-bintang tanpa efek pemerahan  SALAH
  - B. Sama dengan analisis option A  BENAR
  - C. Untuk menaksir besarnya pemerahan tidak cukup dari  $(U - B)$  maupun  $(B - V)$ , karena memerlukan pengetahuan tentang Absorpsi dari Materi Antar Bintang dan juga sistem dua warna ini dapat menyatakan kelas spektrum  SALAH
  - D. Semakin negatif  $(B - V)$  artinya bintang semakin panas atau semakin biru  SALAH

E. Magnitudo semu hanya menyatakan terang bintang saja, dan bukan terang bintang sesungguhnya, jadi tidak bisa dikaitkan dengan suhu bintang. ❑ SALAH

16. Pilih pernyataan yang BENAR.

- Kelas spektrum bintang menunjukkan temperatur bintang tetapi tidak mencerminkan warna bintang.
- Diagram dua warna adalah diagram yang menggambarkan hubungan antara magnitudo dalam daerah panjang gelombang biru dan magnitudo dalam panjang gelombang merah.
- Diagram Hertzsprung – Russell adalah diagram yang menggambarkan antara energi yang dipancarkan bintang dengan temperatur bintang.
- Dalam Diagram Hertzsprung – Russell, luminositas bintang kelas spektrum M selalu lebih tinggi daripada luminositas bintang kelas spektrum G.
- Dalam Diagram Hertzsprung – Russell, luminositas bintang kelas spektrum A selalu lebih rendah daripada bintang kelas spektrum G.

JAWAB : C

❑ Analisis setiap option

- Kelas spektrum menunjukkan komposisi kimia, temperatur dan juga warnanya ❑ SALAH
- Diagram dua warna (lihat penjelasan no. 15) menggambarkan hubungan magnitudo dalam panjang gelombang biru dan kuning (B – V) atau biru dan ungu (U – B) ❑ SALAH
- Diagram H-R menyatakan sumbu x dalam suhu bintang atau spektrum bintang atau indeks warna bintang, dan sumbu y dalam Luminositas (energi bintang) atau magnitudo bolometrik atau magnitudo mutlak ❑ BENAR
- Sesuai analisis option C ❑ SALAH
- Sesuai analisis option C ❑ SALAH

17. Pilih pernyataan yang SALAH.

- Spektrum bintang kelas O memperlihatkan kontinum ultraviolet yang kuat dan garis helium terionisasi satu kali.
- Garis hidrogen Balmer tampak kuat dalam spektrum bintang kelas A.
- Garis-garis metal tampak dalam bintang kelas F.
- Bintang-bintang kelas M memperlihatkan spektrum dari pita molekul.
- Dalam sebuah spektrum bintang bisa tampak garis helium terionisasi dan pita molekul titanium oksida.

JAWAB :E

❑ Pernyataan yang salah adalah option E, karena garis helium terionisasi mutlak hanya milik bintang kelas O yang memiliki suhu sangat tinggi ( $T > 30.000 \text{ K}$ ), lihat penjelasan di bawah ini.

❑ KELAS SPEKTRUM

Kelas spektrum bintang (menunjukkan suhunya dan komposisi kimianya), dari Miss Annie J. Cannon : O B A F G K M, dengan bintang kelas O adalah bintang yang paling panas ( $T > 30.000 \text{ K}$ ) dan bintang kelas M adalah bintang yang paling dingin ( $T < 3000 \text{ K}$ ). Setiap kelas juga dibagi lagi menjadi 10 sub kelas, mis : A0, A1, A2, ... A9, dengan angka semakin besar berarti temperatur semakin rendah. Ciri-ciri setiap kelas spektrum sbb. :

- Kelas Spektrum O ❑ Warnanya biru, suhu  $> 30\ 000 \text{ K}$ , Garis adsorpsi yang tampak sangat sedikit. Garis helium terionisasi. Garis nitrogen terionisasi dua kali, garis silikon terionisasi tiga kali dan garis atom lain yang terionisasi beberapa kali tampak, tapi lemah. Garis hidrogen juga tampak, tapi lemah. Contoh :Bintang 10 Lacerta dan Alnitak

2. Kelas Spektrum B □ Warna biru, suhu 11 000 – 30 000 K, Garis helium netral, garis silikon terionisasi satu kali dan dua kali serta garis oksigen terionisasi terlihat. Garis hidrogen lebih jelas daripada kelas O. Contoh : Rigel dan Spica
3. Kelas Spektrum A □ Warna putih kebiruan, suhu 7 500 – 11 000 K, Garis hidrogen tampak sangat kuat. Garis magnesium, silikon, besi, dan kalsium terionisasi satu kali mulai tampak. Garis logam netral tampak lemah. Contoh : Sirius dan Vega
4. Kelas Spektrum F □ Warna putih, suhu 6 000 – 7 500 K, Garis hidrogen tampak lebih lemah daripada kelas A, tapi masih jelas. Garis-garis kalsium, besi dan kromium terionisasi satu kali dan juga garis besi dan kromium netral serta garis-garis logam lainnya mulai terlihat. Contoh : Canopus dan Procyon
5. Kelas Spektrum G □ Warna putih kekuningan, suhu 5 000 – 6 000 K, Garis hidrogen lebih lemah daripada kelas F. Garis kalsium terionisasi terlihat. Garis-garis logam terionisasi dan logam netral tampak. Pita molekul CH (G-Band) tampak sangat kuat. Contoh : Matahari dan Capella
6. Kelas Spektrum K □ Warna jingga, suhu 3 500 – 5 000 K, Garis logam netral tampak mendominasi. Garis hidrogen lemah sekali. Pita molekul Titanium Oksida (TiO) mulai tampak. Contoh : Arcturus dan Aldebaran
7. Kelas Spektrum M □ Warna merah, suhu 2 500 – 3 000 K, Pita molekul TiO terlihat sangat mendominasi, garis logam netral juga tampak dengan jelas. Contoh : Betelgeuse dan Antares

#### □ KELAS LUMINOSITAS

Kelas luminositas adalah penggolongan bintang berdasarkan luminositas atau dayanya. Pada tahun 1913 Adams dan Kohlschutter di Observatorium Mount Wilson menunjukkan ketebalan beberapa garis spektrum dapat digunakan untuk menunjukkan luminositas bintang. Semakin tebal garis spektrum, maka luminositas semakin kuat, yang artinya radiusnya semakin besar. Pada tahun 1943 Morgan, Keenan dan beberapa rekannya di Observatorium Yerkes membagi bintang dalam kelas luminositas (disebut klasifikasi Morgan-Keenan – MK), yaitu:

- kelas Ia : maharaksasa yang sangat terang
- kelas Ib : maharaksasa yang kurang terang
- kelas II : raksasa yang terang
- kelas III : raksasa
- kelas IV : subraksasa
- kelas V : deret utama

- Klasifikasi kelas bintang sekarang adalah gabungan dari Miss Cannon dan Morgan-Keenan, contoh : bintang M2 V atau O9 Ia.

#### 18. Pilih pernyataan yang SALAH.

- a. Garis emisi yang tampak pada spektrum menunjukkan bahwa bintangnya memiliki selubung gas.
- b. Bintang Wolf-Rayet adalah bintang kelas O yang memiliki garis emisi lebar.
- c. Garis emisi yang lebar pada sebuah spektrum menunjukkan selubung gas asal dari garis emisi itu bergerak dengan kecepatan tinggi.
- d. Daerah H II (hidrogen terionisasi) memberikan spektrum emisi.
- e. Elektron yang berpindah tempat dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi menimbulkan garis emisi.

JAWAB : E

#### □ Analisis setiap option :

- A. Garis emisi dihasilkan oleh daerah H II (hidrogen terionisasi), yaitu nebula yang didalamnya ada bintang-bintang kelas O atau B yang bersuhu tinggi sehingga sanggup mengionisasi sekitarnya. Bisa juga garis emisi dihasilkan oleh bintang jenis Wolf Rayet,

yaitu bintang kelas O yang bersuhu 40.000 – 50.000 K yang menghembuskan materinya dengan kecepatan tinggi yang membentuk selubung bintang tersebut.  BENAR

B. Lihat analisis option A  BENAR

C. Garis emisi yang lebar menunjukkan bahwa selubung bintang yang terionisasi di bintang Wolf Rayet bergerak dengan kecepatan tinggi dan ada berbagai lapisan selubung yang kecepatannya berbeda-beda  BENAR

D. Lihat analisis option A  BENAR

E. Kulit elektron pada atom yang memiliki energi terendah adalah kulit K atau kulit pertama dengan energi – 13,6 eV. Kulit dengan energi terbesar ada pada kulit tak berhingga dengan besar energi 0 (pers energi kulit ke-n :  $E_n = - 13,6/n^2$ ). Jika elektron pindah dari kulit dalam ke kulit luar maka dia pindah dari energi rendah ke energi tinggi, tentu elektron perlu menyerap energi supaya bisa pindah ke kulit luar (garis absorpsi), dan memancarkan energi jika pindah dari kulit luar ke kulit dalam (garis emisi).  SALAH

19. Pilih pernyataan yang SALAH.

- Jika Matahari dipindahkan ke jarak 100 kali lebih jauh dari semula, maka terangnya akan menjadi 10000 kali lebih lemah.
- Jika bintang Alpha Centauri dipindahkan ke jarak 1/10 kali jarak semula maka terangnya akan menjadi 100 kali lebih kuat.
- Terang bintang bermagnitudo 2 sama dengan 2 kali terang bintang bermagnitudo 1.
- Magnitudo semu (atau magnitudo) didefinisikan sebagai ukuran terang bintang sebagaimana kita lihat.
- Magnitudo mutlak (absolut) didefinisikan sebagai ukuran terang bintang kalau bintang tersebut ditempatkan pada jarak 10 parsek.

JAWAB : C

Analisis setiap option :

A. Fluks bintang berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya, sehingga jika bintang dijauhkan 100 kali, maka fluksnya (terangnya) akan berkurang  $100^2$  kali (10.000 kali)  BENAR

B. Jika jaraknya mendekat 10 kali (1/10 jarak semula), maka terangnya menguat  $10^2$  kali (100 kali)  BENAR

C. Selisih magnitudo ( $\Delta m$ ) akan menyebabkan perbandingan terang bintang menjadi  $(2,512)^{\Delta m}$ , maka selisih satu magnitudo akan menyebabkan perbedaan terang sebesar 2,512 kali  SALAH

D. Magnitudo semu adalah terang bintang di langit sebagaimana terlihat dari Bumi  Benar

E. Magnitudo mutlak adalah terang bintang jika jaraknya 10 parsec dari Bumi  BENAR

20. Pilih pernyataan yang SALAH.

- Diagram H-R (Hertzprung-Russell) menunjukkan hubungan antara umur dengan temperatur bintang.
- Diagram H-R menunjukkan hubungan antara luminositas dengan temperatur bintang.
- Temperatur bintang dalam diagram H-R dapat juga dinyatakan dengan kelas spektrum atau harga warna bintang.
- Dalam Diagram H-R, sebagian besar (sekitar 90%) bintang terdistribusi pada pita yang disebut deret utama (*main sequence*).
- Bintang dengan kelas spektrum A dan kelas luminositas III mempunyai harga magnitudo mutlak yang lebih kecil dibanding bintang dengan kelas spektrum A dan kelas luminositas V.

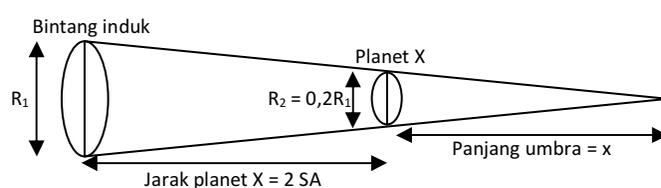
JAWAB : A

Analisis setiap option :

- A. Diagram H-R menyatakan sumbu x dalam suhu bintang atau spektrum bintang atau indeks wana bintang, dan sumbu y dalam Luminositas (energi bintang) atau magnitudo bolometrik atau magnitudo mutlak  SALAH
- B. Lihat analisis option A  BENAR
- C. Lihat analisis option A  BENAR
- D. BENAR
- E. Lihat penjelasan soal no. 17. Karena kelas spektrumnya sama (kelas A), maka kelas luminositas III (raksasa) lebih terang dari kelas luminositas V (deret utama), artinya bintang A III lebih terang dari bintang A V, jadi magnitudo mutlak A III lebih kecil daripada magnitudo mutlak A V  BENAR

21. Sebuah planet X mempunyai radius  $R_1$ , bintang induknya mempunyai radius  $R_2$ . Jika jarak planet X dari bintang induknya  $2 SA$  dan  $R_1 = 0,2R_2$  maka panjang bayangan umbra planet tersebut adalah

- a. 0,5 SA
- b. 1,0 SA
- c. 1,5 SA
- d. 2,0 SA
- e. 2,5 SA



JAWAB : A

Perhatikan gambar di samping ini :

Dengan perbandingan segitiga kecil dan besar, diperoleh :

$$\frac{R_1}{2+x} = \frac{0,2 R_1}{x} \quad \text{Jadi } x = 0,5 SA$$

22. Dua unsur utama dalam nebula Tata Surya adalah

- a. Hidrogen dan helium
- b. Hidrogen dan nitrogen
- c. Oksigen dan lithium
- d. Karbon dan hidrogen
- e. Helium dan lithium

JAWAB : A

Perhatikan penjelasan awan molekul raksasa (nebula) pada soal no. 2, nebula yang menghasilkan Tata Surya tentu mempunyai komponen yang sama, yaitu melimpahnya unsur-unsur ringan, terutama hidrogen dan helium

23. Materi antar bintang terdiri dari gas dan debu. Yang paling berpengaruh pada peredaman cahaya bintang adalah debu. Hal ini dikarenakan

- a. jumlah debu yang lebih berlimpah daripada jumlah gas.
- b. jumlah debu yang sama dengan jumlah gas.
- c. besar debu yang sama dengan besar gas.
- d. besar debu yang seukuran dengan panjang gelombang visual.
- e. temperatur debu lebih dingin daripada temperatur gas.

JAWAB : D

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 silikat, yang ukurannya besar (berorde  $10^{-6}$  m) sehingga dapat menyerap 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.
- Kemungkinan jawabannya D, meskipun sebenarnya ukuran debu ( $\sim 10^{-5}$  m) masih jauh lebih besar daripada panjang gelombang tampak ( $\sim 10^{-7}$  m), mungkin yang dimaksud adalah efek redupan karena terhalangnya cahaya oleh debu karena ukuran debu yang lebih besar.

24. Pilih mana yang BENAR.

- a. Bintang muda biru dan panas berlokasi di lengan spiral Galaksi.
- b. Bintang muda yang panas berlokasi di halo Galaksi.
- c. Gugus terbuka berlokasi di halo Galaksi.
- d. Matahari merupakan pusat Galaksi.
- e. Semua bintang dalam Galaksi dilahirkan pada saat yang sama.

JAWAB : A

- Pada galaksi Bima Sakti :
- 1) Pusat galaksi □ banyak ditemukan gugus bola, bintang variabel RR Lyrae, dan planetary nebulae, dipusatnya ada lubang hitam raksasa seukuran 2,6 juta  $M_{\odot}$
  - 2) Piringan/spiral □ Bintang-bintang muda yang panas, gas dan debu antar bintang, gugus terbuka
  - 3) Halo □ Banyak gugus bola, gas-gas antar bintang (lebih sedikit dibanding piringan) dan objek-objek yang sangat redup
  - 4) Korona □ Galaksi-galaksi satelit
- Jadi jawaban yang benar adalah option A

25. Pilih mana yang BENAR.

- a. Inti galaksi (*galactic nuclei*), gembungan galaksi (*galactic bulge*), piringan galaksi, lengan spiral, dan halo merupakan komponen-komponen galaksi.
- b. Umumnya umur gugus bola lebih muda dari gugus galaktik.
- c. Bintang Populasi I adalah bintang-bintang dengan umur tua.
- d. Bintang Populasi II adalah bintang-bintang muda yang berlokasi pada bidang Galaksi.
- e. Bintang Populasi II mengandung lebih banyak elemen berat daripada bintang Populasi I.

JAWAB : A

□ Analisis setiap option :

- A. Komponen galaksi adalah : Inti, bulge, piringan, halo dan korona □ BENAR
- B. Gugus bola lebih tua daripada gugus galaksi □ SALAH
- C, D dan E □ SALAH

Pada tahun 1944, W. Baade mengajukan adanya dua macam populasi bintang, yaitu :

Ciri-ciri Populasi I	Ciri-ciri Populasi II
Kelompok bintang muda	Kelompok bintang tua
Bintang maharaksasa biru dan bintang-bintang	Bintang raksasa merah dan bintang-

muda	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

26. Bukti pengamatan bahwa teori Ledakan Besar (*Big Bang*) itu benar adalah

- radiasi gelombang mikro dapat ditangkap dari semua arah di langit.
- temperatur rata-rata alam semesta adalah 2,7 K.
- kelimpahan unsur-unsur ringan yang sesuai prediksi.
- semua pernyataan di atas benar.
- semua pernyataan di atas salah.

JAWAB : D

□ Bukti dari teori Big Bang (George Gamow) adalah :

- Percobaan redshidt tahun 1929 oleh Edwin Hubble untuk galaksi-galaksi jauh yang menghasilkan kesimpulan bahwa semua galaksi jauh sedang bergerak menjauhi kita, artinya pada masa lalu jarak antar galaksi sangat berdekatan, bahkan pada suatu waktu semua galaksi bermula dari titik yang sama □ Big Bang
- Radiasi Kosmik Latar Belakang.
  - Ralph Alpher dan Robert Herman (mahasiswa Gamow) tahun 1949 mengajukan teori tentang suhu rata-rata alam semesta sejak Big Bang sampai sekarang berada pada kisaran 5 K
  - Arno Penzias dan Robert Wilson tahun 1964 secara tidak sengaja mendeteksi derau pada peralatan teleskop radio yang mereka gunakan, dan kemanapun dan kapanpun teleskop tersebut diarahkan, derau tersebut tetap sama, diambil kesimpulan bahwa itulah radiasi kosmik latarbelakang yang dideteksi pada panjang gelombang 7 cm.
  - Satelit COBE (1991) yang dikirim khusus untuk menghitung secara akurat radiasi kosmik latar belakang dan memperoleh nilai 2,726 K

27. Pilih mana yang SALAH.

- Aberasi kromatik terjadi karena lensa memfokuskan cahaya pada titik fokus yang berbeda untuk panjang gelombang yang berbeda.
- Aberasi kromatik menyebabkan panjang gelombang biru mempunyai panjang fokus yang lebih panjang daripada panjang gelombang merah.
- Aberasi kromatik tidak terjadi pada teleskop tipe reflektor.
- Aberasi sferis terjadi karena permukaan cermin dari teleskop reflektor tidak memantulkan cahaya yang datang menuju titik fokus yang sama.
- Aberasi sferis tidak terjadi pada teleskop refraktor.

JAWAB : B

□ Aberasi kromatik adalah cacat yang hanya terjadi pada lensa (refraktor), yaitu panjang gelombang biru difokuskan lebih pendek daripada panjang gelombang merah. Hasilnya adalah kita melihat bintang yang dikelilingi oleh lingkaran biru ketika fokus. Cacat ini tidak

terjadi pada cermin. Untuk mengatasinya harus menggabungkan dua lensa yang memiliki indeks bias berbeda, misalnya dari kaca korona dan kaca flinta.

- Aberasi sferis adalah cacat yang hanya terjadi pada cermin (reflektor), yaitu tidak fokusnya cahaya yang datang tidak sejajar sumbu utama karena bentuk kelengkungan bola dari permukaan cermin, sehingga bayangan yang terbentuk tidak bisa fokus. Cara mengatasinya adalah dengan menggunakan lensa koreksi khusus sehingga semua cahaya yang datang diarahkan sejajar sumbu utama atau dengan membuat kelengkungan cermin berupa parabola.

28. Pembesaran sebuah teleskop

- a. bergantung kepada diameter lensa.
- b. bergantung kepada panjang fokus lensa obyektif.
- c. bergantung kepada panjang fokus lensa okuler dan lensa obyektif.
- d. bergantung kepada panjang fokus lensa okuler.
- e. tidak ada yang benar.

JAWAB : C

- Pembesaran teleskop adalah :  $M = f_{ob}/f_{ok}$ , jadi bergantung pada panjang fokus lensa obyektif dan okuler

29. Kalau temperatur sebuah bintik Matahari (*sunspot*) adalah 4500 K, maka energi paling besar akan dipancarkan pada panjang gelombang

- a. 6422 Angstrom
- b. 5622 Angstrom
- c. 3642 Angstrom
- d. 4262 Angstrom
- e. 7644 Angstrom

JAWAB : A

- Dengan Hukum Wien :  $\lambda_{max} \cdot T = k$  ( $k = 2,898 \times 10^{-3} \text{ mK}$ ), jadi  $\lambda_{max} = 2,898 \times 10^{-3} / 4500 = 6,44 \times 10^{-7} \text{ m} = 6440 \text{ Angstrom}$

30. Pada suatu malam yang cerah, seorang astronom mengamati bintang, kemudian datanglah awan perlahan-lahan menutupi langit. Pada pukul 21, setengah ( $\frac{1}{2}$ ) bagian langit tertutup awan. Pada pukul 22, awan menutupi lagi  $\frac{1}{3}$  bagian yang sejam sebelumnya belum tertutup. Pada pukul 23, awan menutupi lagi  $\frac{1}{4}$  bagian dari yang sejam sebelumnya belum tertutup. Pada pukul 24, awan menutupi lagi  $\frac{1}{5}$  bagian langit yang sejam sebelumnya masih belum tertutup. Berapa bagian langit yang bintangnya masih dapat diamati pada jam 24?

- a.  $\frac{1}{5}$
- b.  $\frac{1}{6}$
- c.  $\frac{1}{8}$
- d.  $\frac{1}{10}$
- e.  $\frac{1}{12}$

JAWAB : A

- Pukul 21, sisa langit yang tidak tertutup awan adalah  $\frac{1}{2}$  bagian
- Pukul 22, tertutup  $\frac{1}{3}$ -nya lagi, maka yang tidak tertutup adalah  $\frac{1}{2} \times (1 - \frac{1}{3}) = \frac{1}{3}$  bagian
- Pukul 23 tertutup  $\frac{1}{4}$ -nya lagi, maka yang tidak tertutup adalah  $\frac{1}{3} \times (1 - \frac{1}{4}) = \frac{1}{4}$  bagian
- Pukul 24 tertutup  $\frac{1}{5}$ -nya lagi, maka yang tidak tertutup adalah  $\frac{1}{4} \times (1 - \frac{1}{5}) = \frac{1}{5}$  bagian

Mohon saya dikontak jika ada yang perlu direvisi  
[mariano.nathanael@gmail.com](mailto:mariano.nathanael@gmail.com)  
<http://soal-olim-astro.blogspot.com>