



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

<b>Nama</b> .....	<b>Provinsi</b> .....	<b>Tanggal Lahir</b> .....
<b>Kelas &amp; Sekolah</b> .....	<b>Kabupaten/Kota</b> .....	<b>Tanda Tangan</b> .....

Dalam naskah ini ada 20 soal pilihan berganda, 5 soal essay, daftar konstanta, dan data astronomi.

**Pilihan Berganda**

1. Rhorom melakukan eksperimen optik. Dia menyiapkan sistem optik yang terdiri atas dua lensa konvergen, lensa pertama memiliki panjang titik api 20 cm, dan yang lainnya memiliki panjang titik api 5 cm. Kedua lensa ini terpisah sejauh 50 cm. Rhorom meletakkan foto sebuah komet sejauh 40 cm dari lensa pertama. Bagaimanakah bayangan foto komet tersebut terbentuk dari lensa kedua? Berapa jauh bayangan tersebut dari lensa kedua sehingga tampak tajam?
  - A. Tegak dan nyata, 10 cm
  - B. Terbalik dan nyata, 40 cm
  - C. Tegak dan maya, 10 cm
  - D. Terbalik dan maya, 5 cm
  - E. Tegak dan nyata, 40 cm
  
2. Diketahui lebar garis H $\alpha$  ( $\lambda = 6562,81 \text{ \AA}$ ) pada sebuah bintang Deret Utama seukuran Matahari adalah sebesar 4,4  $\text{\AA}$ . Jika lebar garis ini diakibatkan oleh rotasi di wilayah ekuator dan pengamatan dilakukan pada arah tegak lurus garis ekuator bintang, maka kecepatan rotasi dan periode rotasi di ekuator bintang adalah sebesar
  - A. 201,2 km/s dan 6 jam
  - B. 201,2 km/s dan 12 jam
  - C. 100,6 km/s dan 6 jam
  - D. 100,6 km/s dan 12 jam
  - E. 100,6 km/s dan 24 jam

3. Dari survei *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* (WMAP) diperoleh konstanta Hubble saat ini adalah  $H_0 = 69,3 \text{ km/s/Mpc}$ . Berapa umur alam semesta sekarang untuk model alam semesta datar (*flat*) dan dominan materi?
- 11,7 milyar tahun
  - 9,4 milyar tahun
  - 7,9 milyar tahun
  - 5,6 milyar tahun
  - 3,1 milyar tahun

4. Raymon Davis, Jr. earned Nobel Prize for Physics in 2002 as his dedication in neutrino physics, particularly solar neutrino. In his lecture, he stated

*"...The Sun derives its energy from fusion reactions in which hydrogen is transformed into helium. Every time four protons are turned into a helium nucleus, two neutrinos are produced. These neutrinos take only two seconds to reach the surface of the Sun and another eight minutes or so to reach the Earth. Thus, neutrinos tell us what happened in the center of the Sun eight minutes ago. The Sun produces a lot of neutrinos,  $1.8 \times 10^{39}$  per second: even at the Earth, 150 million kilometers from the Sun, about 100 billion pass through an average fingernail ( $1 \text{ cm}^2$ ) every second. They pass through the Earth as if it weren't there and the atoms in the human body capture a neutrino about every seventy years, or once in a lifetime..."*

There should be a correction from those statements. What correction is the most appropriate for it?

- The Sun derives its energy from fission reactions in which hydrogen is transformed into helium.*
  - Every time two protons are turned into a helium nucleus, two neutrino is produced.*
  - The Sun produced a lot of neutrinos,  $1.8 \times 10^{38}$  per second...*
  - ...about 100 million pass through an average fingernail ( $1 \text{ cm}^2$ ) every second.*
  - ...the human body captures a neutrino about every seventy hours, or once in three days...*
5. Perhatikan persamaan Frank Drake berikut ini

$$N = R' F_1 F_2 F_3$$

dalam hal ini

$N$  = persentase planet luar Tatasurya dengan kehidupan cerdas yang mungkin ada dalam galaksi Bimasakti,

$R'$  = persentase bintang serupa Matahari yang terbentuk di galaksi Bimasakti setiap tahun,

$F_1$  = persentase planet yang terbentuk bersama-sama bintang serupa Matahari yang mengemban kehidupan di dalam kawasan layak huni (disebut *habitable zone*),

$F_2$  = persentase planet pengemban kehidupan yang telah berevolusi menjadi cerdas,

$F_3$  = persentase kehidupan cerdas yang telah menyatakan keberadaannya dengan menunjukkan tanda-tanda ke planet Bumi.

Dengan memperhatikan berbagai faktor dalam persamaan Drake, manakah yang mempunyai keabsahan lebih besar berdasarkan hasil pengamatan sejauh ini?

- A. Laju kelahiran bintang-bintang serupa Matahari di dalam galaksi Bimasakti
  - B. Jumlah planet-planet yang kondusif mengemban kehidupan dalam *habitable zone*
  - C. Jumlah planet yang telah berevolusi lanjut mengemban kehidupan cerdas di *habitable zone*
  - D. Jumlah kehidupan cerdas yang telah memperlihatkan tanda-tanda kehadirannya dalam berbagai gejala penampakan ke planet Bumi
  - E. Semua memenuhi.
6. Pada saat diamati, koordinat keempat bintang yang membentuk rasi Salib Selatan yang sering dipakai sebagai penunjuk arah Kutub Selatan langit adalah

Nama bintang	Asensiorekta	Deklinasi
$\alpha_1$ Crucis	$12^h 27^m$	$-63^\circ 06'$
$\beta$ Crucis	$12^h 48^m$	$-59^\circ 41'$
$\gamma$ Crucis	$12^h 31^m$	$-57^\circ 07'$
$\delta$ Crucis	$12^h 15^m$	$-58^\circ 45'$

Berapakah lintang geografis paling utara yang masih bisa melihat rasi bintang ini sebagai rasi bintang sirkumpolar? Anggap pembiasan atmosfer dapat membuat perbedaan koordinat bintang maksimum sebesar  $35'$ .

- A.  $-34^\circ 54'$
  - B.  $-33^\circ 28'$
  - C.  $-32^\circ 18'$
  - D.  $-27^\circ 29'$
  - E.  $-26^\circ 19'$
7. Pada suatu sistem bintang ganda gerhana, diketahui komponen yang terang adalah bintang kelas spektrum A1V ( $T_{\text{eff}} = 9400 \text{ K}$ ,  $R = 1,9 R_\odot$ ) dengan magnitudo semu 10,72. Komponen yang lebih redup memiliki  $T_{\text{eff}} = 13000 \text{ K}$  dan magnitudo semu 17,49. Berapakah radius bintang yang lebih redup ini dan berada pada tahap evolusi apa?
- A.  $0,25 R_\odot$ ; Cabang Raksasa
  - B.  $0,25 R_\odot$ ; Deret Utama
  - C.  $0,044 R_\odot$ ; Calon Bintang
  - D.  $0,044 R_\odot$ ; Katai
  - E.  $0,05 R_\odot$ ; Subraksasa

8. Sebuah bintang bermassa  $15 M_{\odot}$ , berada di kelas spektrum B di Deret Utama, dan mempunyai laju kehilangan massa sebesar  $10^{-6} M_{\odot}/\text{tahun}$ . Di antara pernyataan di bawah ini, yang BUKAN merupakan karakteristik untuk bintang seperti ini adalah
- bintang akan meledakkan dirinya sebagai supernova
  - karena temperatur efektif yang tinggi, lapisan konveksi berada di dekat permukaan bintang
  - total kehilangan massa selama evolusinya ( $10^7$  tahun) adalah  $10 M_{\odot}$
  - massa yang hilang akan memperkaya materi antar bintang
  - karena massa yang hilang cukup besar, efek kehilangan massa selama evolusi bintang tidak dapat diabaikan
9. Peredupan cahaya bintang akibat serapan oleh debu antar bintang sering diukur dalam magnitudo per kiloparsek (mag/kpc). Jika diketahui bahwa intensitas cahaya sebuah bintang yang berada pada jarak 1500 pc dilemahkan sebesar 20 kali intensitas semula (di luar efek hukum pengurangan intensitas terhadap pertambahan jarak), maka serapan rata-rata sepanjang garis pandang adalah
- 1,0 mag/kpc
  - 1,2 mag/kpc
  - 2,0 mag/kpc
  - 2,2 mag/kpc
  - 2,5 mag/kpc
10. Kesalahan sebesar 10% dalam penentuan magnitudo semu sebuah bintang akan menyebabkan kesalahan penentuan jarak sekitar
- 105%
  - 75%
  - 25%
  - 15%
  - 5%
11. Pada tahun 1985 *International Astronomical Union* (IAU) merekomendasikan nilai  $R_0 = 8,5$  kpc untuk jarak Matahari dari pusat Galaksi dan  $v_0 = 220$  km/s untuk laju Matahari mengitari pusat Galaksi. Anggap Matahari terbentuk 5 milyar tahun yang lalu. Dengan menggunakan nilai-nilai yang direkomendasikan IAU dan dengan mendefinisikan “tahun Galaksi” sebagai waktu yang diperlukan Matahari untuk satu kali mengorbit pusat Galaksi, maka umur Matahari mendekati
- 237 tahun Galaksi
  - 246 tahun Galaksi
  - 21 tahun Galaksi
  - 20 tahun Galaksi
  - 25 tahun Galaksi

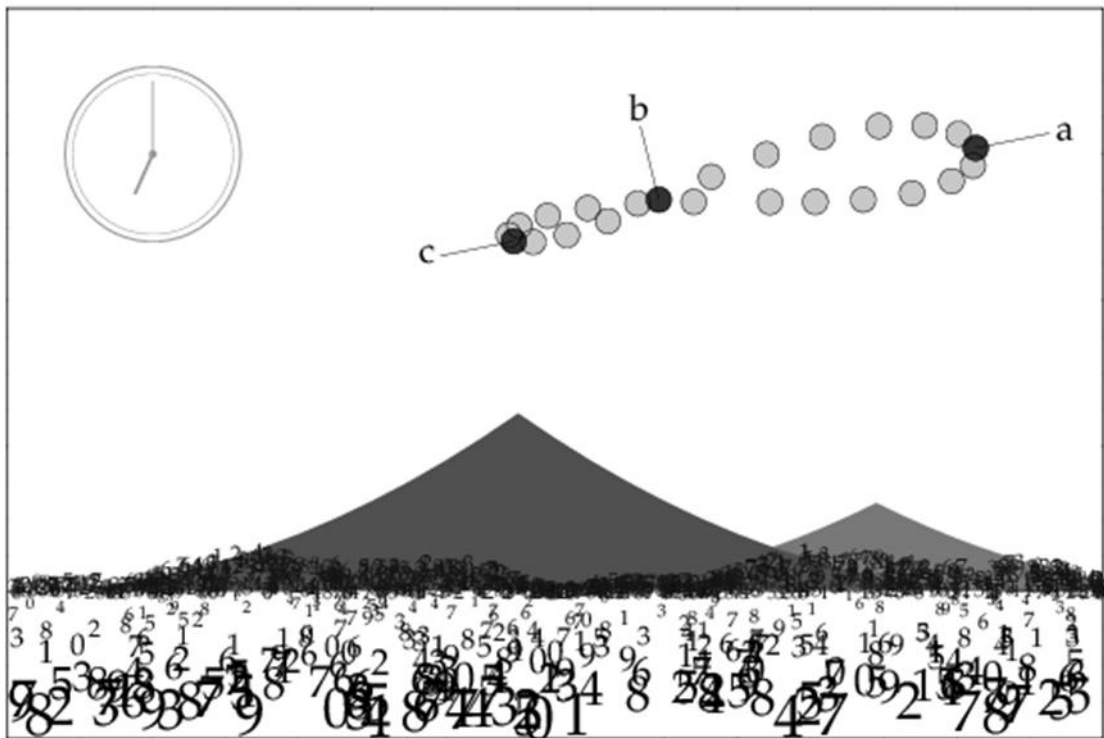
12. Pilih mana yang BENAR
- A. Aberasi kromatik hanya terjadi pada teleskop tipe reflektor.
  - B. Aberasi sferis hanya terjadi pada teleskop tipe refraktor.
  - C. Aberasi kromatik dan aberasi sferis bisa terjadi bersama-sama pada teleskop tipe refraktor maupun reflektor.
  - D. Teleskop tipe Schmidt adalah teleskop yang memiliki medan pandang luas.
  - E. Teleskop dengan sistem fokus Newtonian memiliki medan pandang luas.
13. Bidang ekuator Galaktik didefinisikan sebagai lingkaran besar yang nyaris berimpit dengan bidang Galaksi dan mempunyai inklinasi  $62^{\circ} 36'$  terhadap ekuator langit. Maka Kutub Utara Galaksi mempunyai deklinasi
- A.  $-27^{\circ} 24'$
  - B.  $+27^{\circ} 24'$
  - C.  $-62^{\circ} 36'$
  - D.  $+62^{\circ} 36'$
  - E.  $+35^{\circ} 12'$
14. Sebuah asteroid memasuki atmosfer planet Bumi dan meledak sekitar 23 km di atas kawasan pegunungan Ural, Rusia pada 15 Februari 2013 pukul 03:20 UT. Asteroid tersebut diperkirakan mempunyai diameter dalam rentang 17–20 m, massa 10000 ton, dan kecepatan asteroid mendekat Bumi sebesar 18,6 km/s. Diketahui energi bom atom yang dijatuhkan di Nagasaki dan Hiroshima pada masa Perang Dunia II adalah sekitar 15–20 kiloton TNT (TNT = trinitrotoluene). Nilai 1 megaton TNT setara dengan  $4,2 \times 10^{15}$  Joule. Berapa kalikah energi ledakan asteroid tersebut dibandingkan dengan energi bom atom yang dijatuhkan di Nagasaki dan Hiroshima?
- A. 50–75 kali lebih besar
  - B. 5–15 kali lebih besar
  - C. 100–200 kali lebih besar
  - D. sama besar
  - E. kurang dari 15 kiloton TNT
15. Bulan Oktober diperingati sebagai *World Space Week*. Salah satu pertimbangannya adalah awal manusia mengeksplorasi ruang angkasa dengan berhasilnya satelit Rusia, Sputnik I, mengorbit Bumi pada bulan Oktober 1957. Bila diketahui orbit Sputnik I mempunyai ketinggian minimum dan maksimum masing-masing 228 km dan 947 km dari permukaan Bumi, maka periode orbit Sputnik I adalah
- A. 96 menit
  - B. 218 menit
  - C. 89 menit
  - D. 104 menit
  - E. 142 menit

16. Sebuah satelit dengan massa 500 kg mengorbit Bumi pada ketinggian 36000 km dari pusat Bumi. Perbandingan energi kinetik terhadap energi potensial gravitasi satelit tersebut adalah
- A.  $-\frac{1}{2}$
  - B. 2
  - C.  $+\frac{1}{2}$
  - D. 5
  - E. -2
17. Sebuah komet periode panjang diduga baru lepas dari sarang komet (yang dikenal sebagai Awan Oort). Diperkirakan jarak Awan Oort dari Matahari sekitar 10000 au. Jika jarak tersebut dianggap sebagai setengah sumbu panjang elips orbit komet dengan eksentrisitas  $e = 0,9999$ , maka rentang kecepatan lepas komet dari Tatasurya adalah
- A.  $0,3 \text{ km/s} \leq v \leq 42 \text{ km/s}$
  - B.  $0,1 \text{ km/s} \leq v \leq 10 \text{ km/s}$
  - C.  $0,9 \text{ km/s} \leq v \leq 90 \text{ km/s}$
  - D.  $10 \text{ km/s} \leq v \leq 90 \text{ km/s}$
  - E.  $1 \text{ km/s} \leq v \leq 42 \text{ km/s}$

### Pilihan Berganda Bersyarat

Untuk soal nomor 18–20, 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
18. Gambar berikut ini merupakan gabungan foto panorama yang diambil seorang pengamat pada pukul 07:00 setiap kurang lebih 15 hari sekali. Lingkaran berwarna abu-abu adalah piringan Matahari dengan posisi semu yang berubah sepanjang tahun, membentuk pola unik yang disebut sebagai *analemma*. Fenomena ini terjadi sebagai akibat dari orbit Bumi yang elips serta kemiringan sumbu rotasi Bumi.



Bila diketahui bahwa Bumi mencapai perihelion pada bulan Januari, maka di antara pernyataan berikut yang BENAR adalah

1. Pengamat berada di sebelah barat Greenwich.
2. Huruf a dan c pada gambar di atas menandakan posisi semu Matahari saat titik balik selatan dan utara.
3. Huruf b pada gambar di atas menandakan posisi semu Matahari awal bulan Januari.
4. Gambar merepresentasikan daerah di belahan Bumi selatan.

19. Daerah H II adalah awan gas hidrogen dengan kerapatan rendah yang terionisasi sebagian karena berada di sekitar bintang yang panas. Berikut ini pernyataan yang BENAR adalah

1. Untuk dapat mengionisasi atom hidrogen, foton harus membawa energi lebih dari  $21,76 \times 10^{-12}$  erg.
2. Foton dengan panjang gelombang 96,23 nm dapat mengionisasi atom hidrogen.
3. Bintang di sekitarnya harus memiliki temperatur minimum 31907 K, agar foton pada panjang gelombang puncak kurva radiasi benda hitamnya dapat mengionisasi atom hidrogen.
4. Bintang dengan kelas spektrum F sering dijumpai dalam daerah H II.

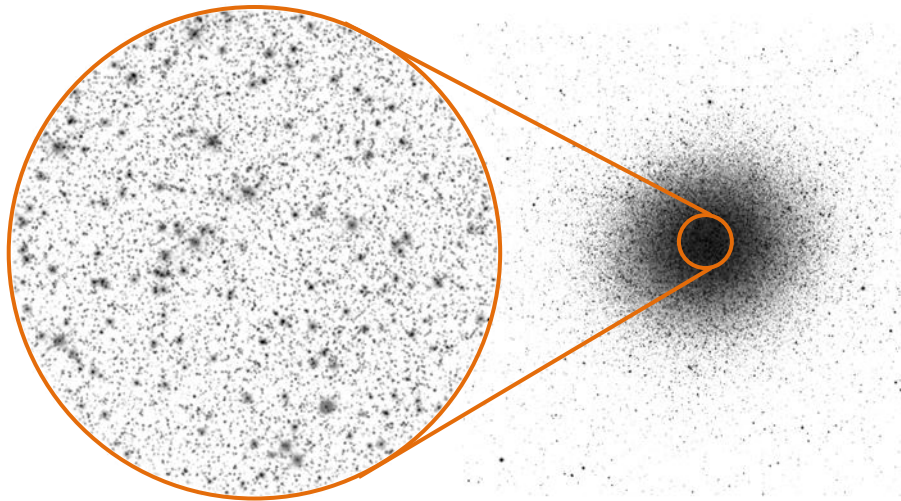
20. Sgr A\* merupakan sebuah pemancar radio yang kuat di pusat Galaksi, dan diduga merupakan lokasi dari *supermassive black hole* (SMBH) bermassa  $3,6 \times 10^6 M_{\odot}$ . Kesimpulan yang mendukung keberadaan SMBH di pusat Galaksi diperoleh dari pengamatan terhadap bintang-bintang di sekitar Sgr A\* berikut ini:
1. Bintang-bintang tersebut adalah bintang-bintang muda.
  2. Bintang-bintang tersebut bergerak dengan kecepatan sangat tinggi.
  3. Bintang-bintang tersebut bermassa besar.
  4. Bintang-bintang tersebut mengorbit Sgr A\* pada jarak yang sangat dekat (puluhan miliparsek).

## Essay

1. Sebuah pesawat antariksa yang massa totalnya 10 ton sedang mengorbit Bumi di ketinggian 250 km dalam orbit lingkaran. Kemudian roket itu dinyalakan dengan kecepatan semburan 10 km/s untuk transfer orbit ke orbit yang lebih tinggi. Jika jumlah bahan bakar hydrogen cair yang dihabiskan selama roket dinyalakan itu adalah 100 kg. Hitunglah setengah sumbu panjang orbit dan ketinggian pesawat saat berada di apogee (titik terjauh dari Bumi) setelah transfer orbit! Diketahui massa atom H adalah 1 sma (satuan massa atom) dan oksigen 16 sma.
2. Koefisien ekstingsi atmosfer didefinisikan sebagai perubahan magnitudo bintang tiap perubahan satuan harga  $X$ , sedangkan  $X = \sec z$  didefinisikan sebagai massa udara yang bergantung pada jarak zenith  $z$ . Pada suatu malam seorang pengamat mengukur kecerlangan bintang dengan menggunakan filter  $V$ , ketika jarak zenith bintang itu  $10^\circ$  magnitudonya 4,3 menurut instrumen yang digunakan, sedangkan ketika diamati beberapa jam kemudian, saat jarak zenithnya  $50^\circ$ , magnitudonya 5,5. Berdasarkan data itu, hitung koefisien ekstingsi atmosfer di tempat pengamatan saat itu!
3. *International Astronomy Olympiad* (IAO) ke-18 diselenggarakan tanggal 6–14 September 2013 di Vilnius ( $54^\circ 41'$  LU dan  $25^\circ 17'$  BT), Lithuania. Bila kamu menjadi salah seorang peserta IAO yang akan berangkat dari Jakarta ( $6^\circ 12'$  LS dan  $106^\circ 48'$  BT) ke Vilnius pada tanggal 4 September 2013 pukul 23:30 WIB,
  - a. Hitung perbedaan zona waktu astronomis antara Jakarta dan Vilnius! Anggaplah tidak ada *daylight saving time*.
  - b. Hitung jarak terdekat antara Jakarta dan Vilnius (dalam km) jika dianggap Bumi berbentuk bulat sempurna!
  - c. Pada pukul dan tanggal berapa kamu akan tiba di Vilnius (waktu lokal) bila menggunakan pesawat yang terbang langsung dari Jakarta ke Vilnius dan menempuh jarak terdekatnya dengan kecepatan 800 km/jam?
  - d. Pada pukul berapa pesawatmu melintas garis khatulistiwa?

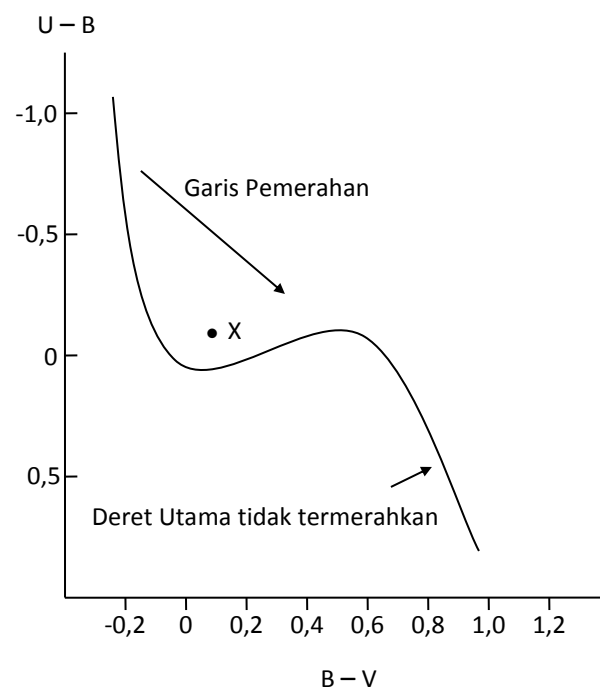


4. Perhatikan gambar berikut:



Gambar di sebelah kanan adalah citra gugus bola Omega Centauri (NGC 5139) yang memiliki diameter sudut 36 menit busur dan berada pada jarak 16000 ly dari Bumi. Gambar di sebelah kiri adalah citra bagian pusat gugus tersebut (medan pandang 3 menit busur), diamati dengan Hubble Space Telescope. Bila jumlah bintang yang ada pada citra sebelah kiri adalah  $5,0 \times 10^4$  bintang, perkirakan jumlah total bintang dalam Omega Centauri! Anggap bintang dalam gugus memiliki kerapatan ruang yang seragam.

5. Gambar di bawah adalah diagram Dua-Warna,  $(U-B)$  vs  $(B-V)$ .



Kurva menunjukkan tempat kedudukan bintang-bintang dari berbagai kelas spektrum yang tidak mengalami pemerahan. Diberikan juga garis pemerahan. Dari pengamatan dalam magnitudo  $U$ ,  $B$ , dan  $V$ , diperoleh posisi bintang Deret Utama X seperti pada gambar di atas.

- a. Dengan menggunakan skala pada kedua sumbu, taksir berapa besar eksese warna  $E(U-B)$  dan  $E(B-V)$ ! Urutkan caranya secara sistematis!
- b. Perkirakan kelas spektrum bintang X!

## Daftar Konstanta dan Data Astronomi

Nama konstanta	Simbol	Harga
Kecepatan cahaya	$c$	$2,997925 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Konstanta gravitasi	$G$	$6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
Konstanta Planck	$h$	$6,6256 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Konstanta Boltzmann	$k$	$1,3805 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Konstanta kerapatan radiasi	$a$	$7,5643 \times 10^{-16} \text{ J m}^{-3} \text{ K}^{-4}$
Konstanta Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$5,6693 \times 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
Muatan elektron	$e$	$1,6021 \times 10^{-19} \text{ C}$
Massa elektron	$m_e$	$9,1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Massa proton	$m_p$	$1,6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa neutron	$m_n$	$1,6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa atom ${}_1\text{H}^1$	$m_{\text{H}}$	$1,6734 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa atom ${}_2\text{He}^4$	$m_{\text{He}}$	$6,6459 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Konstanta gas	$R$	$8,3143 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Nama besaran	Notasi	Harga
Satuan astronomi	$au$	$1,49597870 \times 10^{11} \text{ m}$
Parsek	$pc$	$3,0857 \times 10^{16} \text{ m}$
Tahun cahaya	$ly$	$0,9461 \times 10^{16} \text{ m}$
Joule		$10^7 \text{ erg}$
Tahun sideris		365,2564 hari
Tahun tropik		365,2422 hari
Tahun Gregorian		365,2425 hari
Tahun Julian		365,2500 hari
Bulan sinodis ( <i>synodic month</i> )		29,5306 hari
Bulan sideris ( <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> )		$23^j 56^m 4^d,09$
Massa Matahari	$M_{\odot}$	$1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$
Jejari Matahari	$R_{\odot}$	$6,96 \times 10^8 \text{ m}$
Temperatur efektif Matahari	$T_{\text{eff},\odot}$	5.785 K
Luminositas Matahari	$L_{\odot}$	$3,9 \times 10^{26} \text{ J s}^{-1}$
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 bolometrik Matahari	$M_{\text{bol}}$	4,72
<b>Nama besaran</b>	<b>Notasi</b>	<b>Harga</b>
Massa Bulan	$M_{\text{J}}$	$7,35 \times 10^{22}$ kg
Jejari Bulan	$R_{\text{J}}$	1738 km
Jarak rerata Bumi–Bulan		384399 km
Konstanta Hubble	$H_0$	69,3 km/s/Mpc

Objek	Massa (kg)	Jejari (km)	Periode Rotasi	Periode Sideris (hari)	Periode Sinodis (hari)
Merkurius	$3,30 \times 10^{23}$	2439	58,6 hari	87,97	115,9
Venus	$4,87 \times 10^{24}$	6052	243,0 hari	244,70	583,9
Bumi	$5,98 \times 10^{24}$	6378	$23^{\text{j}} 56^{\text{m}} 4^{\text{d}},1$	365,25	-
Mars	$6,42 \times 10^{23}$	3397	$24^{\text{j}} 37^{\text{m}} 22^{\text{d}},7$	687,02	779,9
Jupiter	$1,90 \times 10^{27}$	71398	$9^{\text{j}} 55^{\text{m}} 30^{\text{d}}$	4333	398,9
Saturnus	$5,69 \times 10^{26}$	60000	$10^{\text{j}} 30^{\text{m}}$	10743	378,1
Uranus	$8,70 \times 10^{25}$	26320	$17^{\text{j}} 14^{\text{m}}$	30700	369,7
Neptunus	$1,03 \times 10^{26}$	24300	$18^{\text{j}}$	60280	367,5