

2019

SMA
ASTRONOMI



085223273373

PAKET 7

VII. TATA SURYA

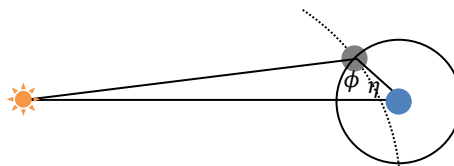
A. Sistem Bumi, Bulan, Matahari

Bumi mengorbit Matahari sedangkan Bulan mengorbit Bumi. Lintasan mereka berbentuk elips yang dekat sekali dengan lingkaran. Matahari, Bumi, dan Bulan berotasi terhadap sumbu mereka masing-masing. Matahari yang berupa gas panas berputar mengikuti profil rotasi diferensial dengan kecepatan di ekuator lebih cepat daripada di kutub. Bumi berotasi seperti benda tegar dengan periode rotasi satu hari sideris. Karena pengaruh gravitasi, periode rotasi Bulan sama dengan periode revolusinya sehingga secara praktis, wajah Bulan yang menghadap Bumi senantiasa sama.

Seiring Bulan mengelilingi Bumi, Bulan menunjukkan perubahan fase yang berbeda-beda. Fase Bulan (q) didefinisikan sebagai perbandingan antara luas bagian piringan Bulan yang tersinari terhadap luas keseluruhan piringan Bulan (ingat piringan, Bulan dipandang sebagai lingkaran) dan bisa dinyatakan dalam persamaan:

$$q = \frac{L_{\text{sinar}}}{L_{\text{piringan}}} = \frac{1}{2}(1 + \phi)$$

dengan ϕ menyatakan sudut fase. Sudut fase adalah sudut separasi Bumi dan Matahari jika dilihat dari Bulan (berlaku pula untuk planet), bisa dilihat ilustrasinya dalam Gambar A.1 di bawah ini.



Gambar A.1: Ilustrasi lintasan Bulan (lingkaran abu-abu) mengorbit Bumi (lingkaran biru) yang tengah mengorbit Matahari (warna oranye). ϕ dan η menggambarkan sudut fase dan sudut elongasi.

Waktu yang diperlukan Bulan dari satu fase ke fase itu kembali disebut periode sinodis Bulan. Ide penurunan periode sinodis Bulan mirip dengan penurunan panjang hari solar.

B. Anggota Lain Tata Surya

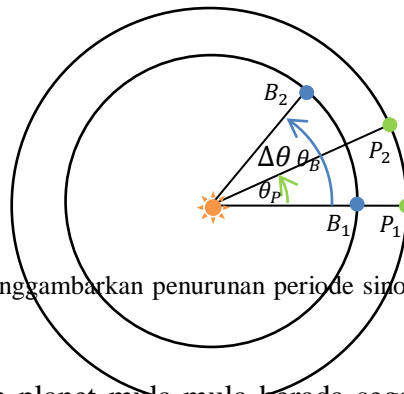
Tata surya kita beranggotakan delapan planet (saat ini), satelit planet-planet, planet kerdil, asteroid, komet, meteoroid dengan dinamikanya didominasi oleh gravitasi Matahari yang memiliki kontribusi massa paling besar. Anggota tata surya bisa membentuk konfigurasi dengan Bumi serupa dengan Gambar A.1. Sudut separasi antara planet atau anggota tata

surya lain dengan Matahari jika dilihat dari Bumi dinamakan sudut elongasi. Terdapat beberapa posisi terhadap Bumi dengan istilah khusus untuk anggota tata surya:

Tabel B.1: Konfigurasi anggota tata surya dengan istilah khusus

| Posisi | Sudut elongasi | Sudut fase |
|--------------------|----------------|---|
| Oposisi | 180° | 0° |
| Kuadratur | 90° | $\tan^{-1} \frac{\text{jarak Bumi – Matahari}}{\text{jarak Bumi – planet}}$ |
| Konjungsi inferior | 0° | 180° |
| Konjungsi superior | 0° | 0° |

Sama seperti Bulan, planet-planet di tata surya dan asteroid juga memiliki periode sinodis yang nilainya bisa dihitung berdasarkan karakteristik geometri seperti yang diilustrasikan oleh Gambar B.1 berikut ini.



Gambar B.1: Ilustrasi untuk menggambarkan penurunan periode sinodis planet. *B* dan *P* merepresentasikan Bumi dan planet.

Pada Gambar B.1, Bumi dan planet mula-mula berada segaris dari Matahari pada posisi 1. Setelah selang waktu t Bumi bergerak ke B_1 dan karena planet yang digambarkan merupakan planet luar, maka ia bergerak lebih lambat daripada Bumi dan dalam selang waktu tersebut baru mencapai P_1 . Bumi telah menempuh sudut sapuan θ_B sedangkan planet menempuh sudut θ_P dalam selang waktu itu. Selisih sudut yang disapu Bumi dan planet bisa dituliskan:

$$\Delta\theta = \theta_B - \theta_P$$

$$\Delta\theta = \omega_B t - \omega_P t$$

$$\frac{\Delta\theta}{t} = \frac{2\pi}{P_B} - \frac{2\pi}{P_P}$$

P_B dan P_P menyatakan periode sideris Bumi dan planet. Ketika $\Delta\theta$ bernilai 2π radian, maka Bumi dan planet segaris kembali dari Matahari, dengan kata lain, planet tampak ke fase semula. Selang waktu t yang diperlukan untuk menempuh $\Delta\theta$ sebesar 2π radian ini dinamakan periode sinodis planet P_S .

$\frac{2\pi}{P_S} = \frac{2\pi}{P_B} - \frac{2\pi}{P_P}$ menjadi $\frac{1}{P_S} = \frac{1}{P_B} - \frac{1}{P_P}$. Ide yang sama bisa digunakan untuk menurunkan periode sinodis planet dalam, dalam contoh di atas dipilih planet luar sebagai ilustrasi.

C. Sistem Keplanetan Luar Surya

Planet yang mengorbit bintang selain Matahari dikenal sebagai eksoplanet (akronim dari ekstra solar planet). Hingga saat ini, ribuan sistem keplanetan telah ditemukan di luar tata surya kita. Metode-metode yang digunakan untuk mendeteksi eksoplanet antara lain:

1. *Direct imaging* → mencari eksoplanet dengan memotret sistemnya secara langsung.
2. Metode transit → menghitung penurunan kecerlangan bintang pusat ketika suatu planet transit terhadap (melintas di hadapan) bintang pusatnya pada arah pandang kita. Metode ini pada dasarnya memanfaatkan kurva cahaya bintang.
3. Teknik Doppler → mendeteksi sedikit pergeseran spektrum sebagai akibat *wobble*/goyangan bintang yang disebabkan oleh interaksinya dengan eksoplanet.
4. Kurva cahaya → mengukur naik turunnya kecerlangan bintang secara periodik.
5. Mikrolensing → keberadaan planet akan menyebabkan munculnya pelensaan gravitasi cahaya bintang jauh dalam skala mikro, di samping pelensaan gravitasi yang disebabkan oleh bintang pusat sistem keplanetan.

Tidak semua radiasi dari bintang pusat diserap oleh planet (tentu saja, hanya benda hitam saja yang menyerap seluruh radiasi yang datang padanya). Jumlah cahaya yang diserap dan dipantulkan oleh suatu planet digambarkan oleh parameter albedo A yang bergantung pada material penyusun planet.

$$A = \frac{E_{pantul}}{E_{datang}}$$

E menyatakan fluks. Dengan mengetahui albedo, temperatur suatu planet pengorbit bintang induk dengan temperatur efektif T_* pada jarak d bisa diestimasi. Dengan menganggap temperatur planet hanya merupakan konsekuensi dari radiasi yang diserap dari bintang pusat saja, berlaku hubungan:

$$P_{serap} = P_{untuk\ temperatur}$$

Luasan planet yang digunakan untuk menyerap radiasi didekati dengan penampang lingkaran planet. P dalam persamaan di atas menyatakan daya.

$$Luas\ penampang \times fluks\ yang\ diserap = P_{untuk\ temperatur}$$

$$\pi R_p^2 (1 - A) E_{datang} = 4\pi R_p^2 \sigma T_p^4$$

$$\sigma T_p^4 = \frac{1 - A}{4} \frac{L_*}{4\pi d^2}$$

$$\sigma T_p^4 = \frac{1 - A}{4} \frac{4\pi R_*^2 \sigma T_*^4}{4\pi d^2}$$

$$T_p = T_* \sqrt{\frac{R_*}{d}} \left(\frac{1 - A}{4} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Catatan: baca berbagai sumber untuk memperoleh parameter fisis dan karakteristik masing-masing anggota tata surya kita, termasuk mengenai penemuan sistem keplanetan baru di luar tata surya. ☺

SOAL

1. Why is Venus sometimes referred to as Earth's twin?
 - a. They have similar mass and size.
 - b. Venus orbited Earth at one time.
 - c. Both have a single natural satellite.
 - d. Both have similar temperatures.
 - e. Both have similar color when observed from the space.
2. The planets in our solar system was formed
 - a. out of a flattened disk of gas and dust.
 - b. in outer space and were later captured by our Sun.
 - c. as another star collided with our Sun.
 - d. a few million years ago.
 - e. closer to the Sun but were flung outward by a passing star.
3. What keeps the Moon in a stable orbit rather than falling straight to Earth?
 - a. It is weightless.
 - b. It has inertia.
 - c. The Moon's force of gravity on Earth keeps them separated.
 - d. Both Moon and Earth have the same charge so they repel.
 - e. The Moon's magnetism is opposite to that of the Earth.
4. Sebagian besar cahaya ultraviolet dari Matahari tidak bisa masuk permukaan Bumi karena dicegah oleh
 - a. medan magnetik Bumi
 - b. uap air di atmosfer Bumi
 - c. lapisan ozon di stratosfer
 - d. gravitasi Bumi
 - e. airglow
5. Mengapa permukaan Venus lebih panas daripada Merkurius?
 - a. Venus berotasi lebih lambat sehingga permukaan Venus terpanasi radiasi Matahari lebih banyak.
 - b. Awan di atmosfer Merkurius memantulkan sinar Matahari sehingga permukaan Merkurius tetap relatif dingin.
 - c. Karbondioksida di atmosfer Venus memerangkap panas dari dalam planet Venus sendiri secara efisien.
 - d. Venus lebih dekat ke Matahari.
 - e. Rotasi Venus yang sangat cepat menghasilkan badai yang memanaskan permukaan Venus melalui gaya gesek.

6. Bayangkan kamu tertidur saat sedang mengerjakan latihan soal ini. Ketika bangun, kamu kaget dan tidak sempat melihat jam. Langit di luar sudah gelap dan Bulan purnama pada ketinggian kurang lebih 30° dari horizon timur. Perkirakan pukul berapa saat itu?
 - a. Sekitar pukul 4 dini hari.
 - b. Sekitar pukul 2 dini hari.
 - c. Sekitar tengah malam.
 - d. Sekitar pukul 10 malam.
 - e. Sekitar pukul 8 malam.
7. Planet terrestrial ... dibanding planet jovian.
 - a. lebih masif, lebih besar, lebih renggang
 - b. lebih masif, lebih besar, lebih rapat
 - c. lebih masif, lebih kecil, lebih rapat
 - d. kurang masif, lebih kecil, lebih rapat
 - e. kurang masif, lebih kecil, lebih renggang
8. Astronom meyakini bahwa dulunya ada air di permukaan Mars berdasarkan
 - a. hasil pengamatan teleskop sinar-X mengungkap keberadaan deposit air di bawah permukaan Mars dalam jumlah besar
 - b. selama musim panas di Mars, danau-danau besar teramati seiring mencairnya es di kutub Mars
 - c. deteksi 30% kandungan uap air di awan-awan Mars
 - d. ditemukannya batuan dan mineral di permukaan Mars yang hanya bisa terbentuk di dalam air
 - e. vegetasi gelap teramati tumbuh di sepanjang kanal-kanal di Mars
9. Fase Venus saat elongasi maksimum adalah (Diberikan jarak Venus ke Matahari 0,7 sa.)
 - a. 0
 - b. 0,3
 - c. 0,5
 - d. 0,7
 - e. 1
10. Planet Vulcan mengorbit bintang pusatnya dengan jarak semi mayor 2,5 sa dan eksentrisitas 0,6. Perbandingan temperatur rata-rata planet Vulcan di jarak terjauh dan terdekatnya adalah (Anggap temperatur planet hanya berasal dari kontribusi radiasi bintang pusat saja.)
 - a. $\frac{1}{16}$
 - b. $\frac{1}{4}$
 - c. $\frac{2}{5}$

- d. $\frac{1}{2}$
- e. $\frac{3}{5}$

11. Periode rotasi Bumi 23^h56^m . Sebuah satelit buatan mengorbit Bumi pada ketinggian 1000 km mulanya tepat berada di atas zenith Andi di Pontianak pada pukul 20.00 WIB. Satelit buatan itu mengorbit Bumi sebidang dengan ekuator pada arah berlawanan arah rotasi Bumi. Pukul berapa Andi akan melihat satelit itu transit lagi di atas zenithnya? ($M_{\oplus} = 6 \times 10^{24}$ kg, $R_{\oplus} = 6400$ km)
- a. 20.38 WIB
 - b. 20.53 WITA
 - c. 21.38 WITA
 - d. 21.53 WITA
 - e. 22.38 WITA
12. Venus dikenal sebagai bintang kejora yang tampak di langit dekat horizon timur saat berada dalam posisi
- a. elongasi timur
 - b. elongasi barat
 - c. konjungsi superior
 - d. konjungsi inferior
 - e. oposisi
13. Dengan menganggap urutan perubahan fase Bumi dilihat dari Bulan sama seperti perubahan fase Bulan dilihat dari Bumi (Bulan/Bumi baru, sabit muda, kuartir awal, dan seterusnya), maka fase Bumi yang teramati oleh pengamat di Bulan ketika pengamat di Bumi melihat fase Bulan *waning gibbous* (benjol pasca purnama) adalah
- a. sabit muda
 - b. sabit tua
 - c. *waxing gibbous*
 - d. *waning gibbous*
 - e. Bumi baru
14. Perhatikan bisa pernyataan-pernyataan berikut ini. Mana yang merupakan tantangan bagi deteksi eksoplanet dengan metode *direct imaging*?
- 1. Mencari eksoplanet di samping bintang pusatnya serupa dengan mencari kunang-kunang dengan yang dekat sekali dengan lampu mercusuar.
 - 2. Orientasi orbit eksoplanet terhadap pengamat bisa jadi tidak memungkinkan planet tampak melintas di depan bintang pusatnya.
 - 3. *Seeing* atmosfer Bumi menyebabkan distorsi pada sinyal yang ditangkap oleh detektor.
 - 4. Massa kandidat eksoplanet umumnya jauh lebih kecil dibanding massa bintang pusatnya.

- a. Pernyataan 1, 2, 3 benar
 - b. Pernyataan 1 dan 3 benar
 - c. Pernyataan 2 dan 4 benar
 - d. Pernyataan 4 saja yang benar
 - e. Semua pernyataan benar
15. Bintang Kepler 13-A dikelilingi oleh sebuah planet mirip Jupiter (Kepler 13-Ab). Periode revolusi planet ini sama dengan periode rotasinya. Analisis terhadap atmosfer planet mengindikasikan keberadaan molekul titanium oksida (TiO), komponen penting penyusun tabir surya untuk kulit. Berdasarkan titik didih TiO, astronom memperkirakan temperatur Kepler 13-Ab 3000 Kelvin. Berapa radius orbit Kepler13-Ab jika temperatur permukaan Kepler 13-A 7560 Kelvin, albedo 0,3 dan radiusnya $1,71 R_{\odot}$?
- a. 12,07 sa
 - b. $12,07 R_{\odot}$
 - c. 1,5 sa
 - d. 4,54 sa
 - e. $4,54 R_{\odot}$
16. Tanggal 28 Juli 2018 lalu Mars mengalami oposisi. Kuadratur timur terdekat Mars setelah oposisi itu adalah
- a. Awal tahun 2020
 - b. Dekat vernal equinox 2020
 - c. Dekat summer solstice 2020
 - d. Dekat autumnal equinox 2020
 - e. Dekat winter solstice 2020
17. Komet periode pendek terbentuk di sabuk Kuiper sedangkan komet periode panjang berasal dari awan Oort. Sebuah komet *X* terbentuk di batas tengah awan Oort pada jarak 50.000 sa dari Matahari. Lintasan komet itu sangat elips dengan perihelion dan aphelion masing-masing 1 sa dan 99.999 sa. Rasio waktu yang dihabiskan oleh komet *X* di dalam terhadap di luar awan Oort selama mengorbit Matahari adalah sebesar
- a. 0,82
 - b. 0,52
 - c. 0,50
 - d. 0,32
 - e. 0,22
18. Ganymede adalah satelit terbesar Jupiter yang mengorbit dengan periode 172 jam. Jupiter sendiri merupakan planet terbesar di tata surya kita yang menyelesaikan lintasannya mengelilingi Matahari dalam waktu kurang lebih 12 tahun. Jika massa Jupiter sekitar seperseribu massa Matahari dan $M_{\odot} = 2 \times 10^{30}$ kg, maka lebar pergeseran bolak-balik spektrum Ganymede sebagai efek revolusinya mengelilingi Jupiter jika diamati pada

rentang panjang gelombang visual ($\lambda = 5500$ angstrom) adalah ... angstrom. (Anggap pengamatan selalu dilakukan di dekat oposisi Jupiter, Ganymede mengorbit dalam lintasan lingkaran, dan kecepatan maksimum serta minimumnya terproyeksi seutuhnya ke garis pandang pengamat.)

- a. 0,5
 - b. 0,4
 - c. 0,3
 - d. 0,2
 - e. 0,1
19. Sebuah meteor sedang berada di atas ekuator pada ketinggian 150 km saat Luffy yang tinggal di 6° lintang selatan melihatnya tepat di arah langit utara. Jari-jari Bumi 6400 km. Hitung elevasi meteor itu menurut Luffy!
- a. 0°
 - b. $6,5^\circ$
 - c. $9,5^\circ$
 - d. $10,5^\circ$
 - e. $11,5^\circ$
20. Sebuah planet berbentuk bola mengorbit bintang deret utama kelas F dengan luminositas $1,5 \times 10^{34}$ erg/sekon ($1 \text{ erg} = 10^{-27}$ Joule). Orbit planet lingkaran dengan jarak 2 sa ($1 \text{ sa} = 1,496 \times 10^8 \text{ km}$) dari bintang pusatnya. Anggap planet berotasi cepat sehingga panas yang datang ke planet langsung terdistribusi merata. Planet tersebut memiliki atmosfer dan memantulkan 20% cahaya yang jatuh padanya, serta dalam kondisi tersebut meradiasikan seluruh panas yang diserap. Profil spektrum kontinu planet bisa didekati dengan benda hitam. Panjang gelombang yang dipancarkan planet itu ada dalam rentang (Diberikan nilai konstanta Stefan-Boltzmann $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$ dalam SI.)
- a. Inframerah
 - b. Gelombang mikro
 - c. Gelombang radio
 - d. Cahaya tampak
 - e. UV