

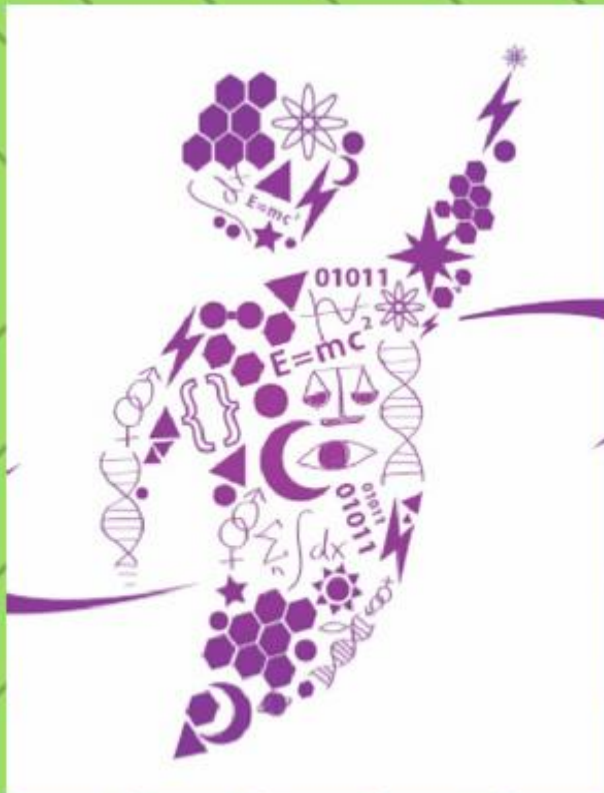
PAKET 13

PELATIHAN ONLINE

2019

**SMA
KEBUMIAN**

po.alcindonesia.co.id



WWW.ALCINDONESIA.CO.ID

@ALCINDONESIA

085223273373

ALAM SEMESTA, TATA SURYA, DAN MEKANIKA BENDA LANGIT

PEMBENTUKAN ALAM SEMESTA

Berdasarkan pada teori kosmologi modern, proses terbentuknya alam semesta dapat dikelompokkan menjadi tiga teori, yaitu:

1. Teori keadaan tetap (*steady state*)

Teori ini menyatakan bahwa alam semesta ini selalu berada dalam keadaan tetap, di manapun setiap saat. Teori yang sederhana ini tergoyahkan karena hasil penelitian menunjukkan bahwa pada dasarnya alam semesta ini cenderung mengembang dan tidak tetap. Pendukung teori ini antara lain Fred Hoyle dan Dennis Sciama. Fred Hoyle berpendapat bahwa semua ledakan yang ada bersifat menghancurkan sehingga apabila Big Bang benar-benar terjadi, maka alam semesta ini tidak mungkin dapat tersusun rapi. Tetapi Big Bang menunjukkan hal yang berkebalikan, yaitu materi dapat saling bergabung dan membentuk galaksi-galaksi. Dennis Sciama tidak mengatakan bahwa teori ini benar, tetapi ia berharap teori inilah yang benar. Pada akhirnya, setelah bukti-bukti akan keberadaan Big Bang terkumpul, ia memutuskan untuk membuang teori ini.

2. Teori osilasi

Teori ini menyatakan bahwa semua materi alam semesta ini bergerak saling menjauhi kemudian akan berhenti, lalu akan mengalami pemampatan, dan seterusnya secara periodik. Menurut teori ini saat ini alam semesta sedang dalam tahap mengembang karena sebelumnya telah terjadi penyusutan. Dalam proses tersebut, tidak ada materi yang hilang maupun tercipta, materi materi itu hanya dapat mampat dan merenggang. Teori ini mempertahankan bahwa alam semesta itu terhingga, bukan tak terhingga.

3. Teori dentuman besar (*Big Bang*)

Teori ini menyatakan bahwa seluruh materi dan energi dalam alam semesta ini pernah menyatu membentuk sebuah bola raksasa. Bola raksasa ini kemudian meledak dan seluruh materi mengembang karena energi ledakan yang sangat besar, ledakan inilah yang kemudian kita sebut sebagai Big Bang. Sampai saat ini alam semesta masih memuai dengan kecepatan lebih lambat dibanding saat setelah Big Bang terjadi. Menurut George Gamow, setelah Big Bang terjadi, seharusnya masih dapat ditemukan sisa radiasi ledakan itu dan radiasi ini harus tersebar merata di alam semesta. Tahun 1965, tanpa sengaja radiasi itu ditemukan oleh Robert Penzias dan Robert Nilson. Radiasi itu tidak berasal dari satu titik tetapi tersebar merata seperti yang telah disebutkan George Gamow. Radiasi ini dipercaya sebagai sisa Big Bang.

Pada akhir tahun 1950-an, para pembela teori lain sudah mulai mundur. Hal itu terjadi ketika para ahli astronomi mendeteksi adanya sumber gelombang radio jauh yang berasal dari Quasar dengan jarak sangat jauh. Hal ini sempat menjadi penemuan terbesar di saat itu. Keberadaan gelombang radio jauh tersebut adalah bukti langsung adanya Big Bang. Big Bang ini terjadi melalui beberapa tahapan, yaitu:

- a. Setelah terjadinya Big Bang, alam semesta mengembang dengan cepat sampai berukuran kira-kira 2000 kali matahari.
- b. Sebelum berusia 1 detik, semua partikel sudah berada dalam keadaan setimbang, dan 1 detik setelah Big Bang alam semesta membentuk partikel-partikel dasar, yaitu proton, elektron, neutron, dan neutrino pada suhu 10 milyar Kelvin.

- c. Kira-kira 500 ribu tahun sesudah Big Bang, lambat laun alam semesta menjadi dingin hingga mencapai suhu 3000 kelvin, dan partikel partikel dasar membentuk benih kehidupan alam semesta.
- d. Gas hidrogen dan helium membentuk kelompok kelompok gas rapat yang tidak teratur. Dalam kelompok tersebut mulai terbentuk protogalaksi.
- e. Antara 1 sampai 2 milyar tahun setelah Big Bang protogalaksi melahirkan bintang yang lambat laun berubah menjadi raksasa merah dan supernova yang merupakan awal terciptanya bintang-bintang baru dalam galaksi.
- f. Salah satu dari milyaran galaksi yang terbentuk adalah Galaksi Bimasakti, dimana tatasurya kita berada dengan matahari sebagai bintang yang terdekat dengan bumi.

PEMBENTUKAN TATA SURYA

Pembentukan tata surya adalah pokok pembahasan yang bertautan dengan teori mengenai asal mula tata surya. Dalam astronomi, kajian teoritis ini termasuk bagian dari Kosmogoni. Sampai saat ini, ada dua kelompok teori yang berbeda satu sama lain dalam memperkirakan cikal bakal penyebab terbentuknya tata surya, yaitu teori nebula (kabut) dan teori penghancuran (katastropik). Teori atau hipotesis asal mula tata surya yang sudah cukup dikenal antara lain:

1. Teori Nebula/Teori Kabut

Pertama kali dikemukakan pada tahun 1766 oleh Immanuel Kant dan Pierre de Laplace. Menurut mereka, tata surya pada awalnya berupa sebuah gumpalan nebula, yaitu awan gas berukuran raksasa, jauh lebih besar dari ukurannya sekarang. Dengan kekuatan gravitasi ke arah pusatnya terjadilah kontraksi sambil berotasi. Kontraksi berakibat mempercepat rotasi dan gaya sentrifugal yang ditimbulkannya membuat nebula itu memipih hingga menyerupai cakram. Kecepatan rotasi yang makin besar melemparkan gas paling luar menjadi cincin, yang diikuti oleh pembentukan cincin-cincin berikutnya hingga berlapis-lapis. Sebagian besar massa gas yang berada di pusatnya membentuk bola yang kemudian menjadi Matahari. Sementara itu, dalam proses mendingin, tiap lapisan cincin masing-masing membentuk gumpalan yang melahirkan planet-planet.

Sekilas teori ini menyiratkan masuk akal karena terutama dapat memperlihatkan kesesuaian rotasi Matahari dan peredaran semua planet seperti yang kita ketahui. Tetapi jika selanjutnya dihubungkan dengan kecepatan rotasi Matahari, revolusi dan rotasi planet-planet, terdapat ketidaksesuaian dengan kenyataan. Rotasi Matahari seharusnya jauh lebih cepat dari yang diketahui. Hal ini ditunjukkan oleh harga momentum sudut Matahari hanya 2 % sementara pada planet-planet dan benda lainnya 98 %. Kecuali itu, menurut teori fisika sulit dipercaya dari cincin gas akan terjadi kondensasi yang melahirkan sebuah planet karena akan terjadi pengaruh gaya pasang surut dari massa Matahari terhadap cincin. Pengaruh itu hanya memungkinkan terjadinya benda-benda kecil sepanjang cincin, sementara sebagian gas pada cincin itu akan 'menguap' ke ruang antarsa. Sehingga teori ini terbentur pada persoalan mekanika anggota tata surya dan diperlukan teori lain untuk menjelaskannya.

2. Teori Pasang Surut dan Teori Tumbukan

Kedua teori berlatar belakang sama, yaitu menganggap bahwa pada suatu waktu telah terjadi penjumlahan antara Matahari dengan sebuah bintang. Teori pasang surut mengemukakan bintang itu hanya berpapasan dengan Matahari. Terjadilah gaya tarik menarik yang kuat pada jarak antara keduanya terpendek, sehingga ada gas dari Matahari

yang tertarik menjulur ke arah bintang yang terus bergerak itu. Juluran gas itu berbentuk cerutu, ujung-ujungnya yang menyempit menggambarkan sebagian kecil gas ada yang terbawa bintang itu dan sebagian kecil pula ada yang jatuh kembali ke Matahari. Dalam gas yang tersisa terjadi gaya sentrifugal yang menyebabkannya terus mengelilingi Matahari. Planet-planet terbentuk sebagai akibat dari proses penggumpalan sepanjang jalur. Teori ini dikenal sebagai teori planetesimal (bintang kecil), yang dikemukakan oleh Forrest R. Moulton dan Thomas C. Chamberlain pada tahun 1900. Mereka beranggapan, bukan gas yang mengelilingi Matahari itu berukuran kecil dan planetesimal bersifat padat sejak awal terbentuknya. Hal ini kemudian dikoreksi oleh Sir James Janes dan Harold Jeffries yang menganggap massa gas itu lebih besar, agar dapat membentuk inti bakal planet yang dengan kekuatan gravitasinya akan menarik planetesimal di sekitarnya. Dengan demikian akan terbentuk planet-planet berukuran besar. Melalui teori ini, dicoba dijelaskan mengapa di bagian tengah tata surya terdapat planet-planet raksasa. Selanjutnya mereka menyatakan bahwa gas-gas ringan yang berasal dari Matahari terlepas ke ruang antariksa. Jeffries setelah itu mencoba mengemukakan teori tumbukan, yaitu bahwa bintang itu bertabrakan dengan Matahari. Ini memang salah satu hal lain yang masuk akal untuk menimbulkan belalai atau jalur gas semacam yang telah disebutkan. Tumbukan yang dimaksud bukan tumbukan frontal yang dapat membuat Matahari hancur, melainkan semacam senggolan dengan akibat selanjutnya terbentuk belalai gas serupa dengan yang dijelaskan oleh teori pasang surut.

Peristiwa tumbukan bintang menurut H.N. Russel dan R.A. Lyttleton, kemungkinan pernah terjadi, tetapi bukan dengan Matahari, melainkan dengan sebuah bintang yang menjadi pasangan Matahari. Sebagaimana diketahui, sebagian besar dalam galaksi kita berpasangan, membentuk bintang kembar atau bintang ganda. Jadi dalam hal ini, Matahari dianggap pernah berpasangan dengan sebuah bintang lain.

Tumbukan terhadap pasangan Matahari bisa diibaratkan antara dua bola biliard. Tumbukan menghamburkan keduanya, menghasilkan “pita” gas yang salah satu ujungnya bergerak mengikuti kedua bintang yang telah menyatu itu. Menurut perhitungannya, 94 % gas akan terbawa dalam lanjutan gerak kedua bintang dan sisanya 6 % terperangkap oleh gravitasi Matahari, bergerak mengedari Matahari. Dari sisa 6 % itulah planet-planet dan anggota tata surya yang lalu terbentuk. Hal inilah yang menjadi kelemahan teori ini karena kuantitas ini teramat kecil untuk melahirkan planet-planet sebagaimana yang ada sekarang.

Selain dari itu, statistik menunjukkan bahwa peristiwa tumbukan antara dua bintang sangatlah jarang terjadi walau kemungkinannya ada. Ini berarti kecil kemungkinan setelah kelahiran Matahari ada pengganggu yang pernah menyengolnya.

3. Teori turbulensi

Pada tahun 1945 muncul teori lain yang dikemukakan oleh F.C. van Weizsacker. Teori ini berangkat dari teori nebula Kant-Leplace. Matahari terbentuk dari sebuah nebula yang terus berkontraksi sambil berputar pada porosnya. Von Weizsacker beranggapan pada suatu saat Matahari dilingkupi oleh kabut gas yang membentuk piringan cakram di sepanjang ekuatornya. Kabut itu berotasi lebih lambat dari Matahari sendiri. Diameternya dinyatakan berukuran sama dengan tata surya sekarang. Massa total kabut yang mengelilingi Matahari itu kira-kira 100 kali massa tata surya sekarang dikurangi Matahari. Berati 0.1 massa Matahari. Materi gas dipenuhi oleh hidrogen dan helium (99

%) dan sisanya adalah unsur-unsur yang lebih berat. Tetapi dalam selang waktu 200 juta tahun, hidrogen dan helium itu terlepas ke ruang antariksa. Hal ini menyebabkan massa total gas itu berkurang jauh, dari semula 0.1 massa Matahari menjadi tinggal 0.001 kali, yaitu massa tata surya di luar Matahari sekarang ini. Akan tetapi, momentum sudut kabut tersebut tidak berubah. Dalam kurun waktu 200 juta tahun itu, perbedaan kecepatan rotasi antara bagian kabut yang dekat dengan Matahari (rotasi cepat) dan bagian yang jauh (rotasi lambat), menyebabkan di dalam kabut terbentuk gel-gel turbulensi. Sementara seluruh gel turbulensi itu bergerak mengelilingi Matahari seperti rotasi cakram sebelumnya, materi dalam tiap gel mengalir dengan arah gerak sesuai arah jarum jam. Menurut teori ini, planet-planet kemungkinan terbentuk pada tempat-tempat yang merupakan “persinggungan” tiga gel turbulensi. Di tempat-tempat itu, materi bisa “terperangkap” dan berpusar atau berotasi dengan arah berlawanan jarum jam. Materi dan gel-gel di sekelilingnya bisa terperangkap sehingga tempat-tempat itu berpotensi menghimpun banyak materi yang kemudian menjadi planet.

Akan tetapi sayangnya masih banyak fakta lain yang belum dijelaskan teori ini. Misalnya bagaimana proses pembentukan sebuah planet dari beberapa pusaran di jarak yang sama dengan Matahari. Mengapa Venus dan Uranus rotasinya berlawanan dengan yang lain. Bagaimana teori ini menjelaskan pembentukan satelit dsb.

4. Teori protoplanet

Pada tahun 1950, G.P. Kuiper mengusulkan teori baru, yang masih dapat dianggap berpijakkan sama dengan teori nebula Laplace, yaitu yang dikenal sebagai teori protoplanet. Menurut Kuiper, bola kabut raksa yang terdiri dari gas dan debu itu berukuran diameter hampir sama dengan orbit planet Pluto. Perputaran pada sumbunya menyebabkan adanya gaya sentrifugal yang selanjutnya bentuk bola berubah menjadi cakram. Dia meletakkan anggapan bahwa 95 % massa kabut itu terkonsentrasi di bagian pusatnya, yang 5 % lagi terdapat pada bidang cakram. Bagian pusat itulah yang kemudian menjadi Matahari. Planet-planet dan yang lainnya terbentuk dari gas pada bidang cakram.

Turbulensi berlangsung di setiap bagian cakram dan di sana-sini terjadi konsentrasi atau penggumpalan kabut. Gumpalan bisa bermunculan juga bisa hilang tergantung pada kekuatan gaya gravitasinya. Gumpalan-gumpalan yang bermassa besar, gaya gravitasi ke arah pusatnya juga besar, akan mampu menarik gas dan debu di sekeliling hingga ukurannya bertambah. Gumpalan seperti itulah yang disebut protoplanet, karena kemudian terlahir menjadi planet.

Sementara protoplanet terbentuk pada berbagai jarak dari proto Matahari, bagian pusat itu terus berkontraksi dan suhunya semakin tinggi. Suatu ketika suhu di pusat proto Matahari mencapai jutaan K yang membuat bagian intinya terdiri dari gas plasma, yaitu elektron-elektron dan inti hidrogen (proton). Ketika suatu saat sesudahnya, suhu di bagian inti itu mencapai belasan juta K maka reaksi proton-proton memunculkan helium dan sinar gamma. Sejak itu proto Matahari berubah menjadi bintang yang baru lahir dan disebut Matahari. Rambatan sinar gamma keluar dari Matahari selain menghasilkan sinar Matahari pada berbagai panjang gelombang, juga menimbulkan rambatan panas dan pancaran angin Matahari, yaitu pancaran partikel bermuatan listrik. Angin Matahari maupun gas pada bagian setiap protoplanet, yaitu gas ringan hidrogen dan helium, didorong ke ruang antariksa, sehingga yang tersisa pada protoplanet hanya sebagian kecil

saja. Protoplanet yang menjadi Bumi misalnya diperkirakan hanya menyisakan 0.1 % dari massanya. Protoplanet Jupiter melalui peristiwa ini menyisakan 5 % dari massanya.

Teori Kuiper menganggap pengaruh gaya gravitasi dan gaya sentrifugal yang terjadi pada setiap protoplanet dapat membentuk gumpalan protosatelit dengan cara yang sama pada pembentukan protoplanet. Teori ini menghubungkan pengaruh dari perkembangan Matahari (fisika Matahari) dalam kurun waktu 5 miliar tahun ini terhadap kejadian tata surya. Darinya banyak hal yang dicoba dijelaskan sesuai dengan fakta-fakta. Namun masih banyak pula yang tak dijelaskan misalnya mengenai pembentukan benda-benda yang lebih kecil, asteroid, komet, dan meteor. Oleh karena itu, penyempurnaan terhadap teori ini masih harus dilakukan. Misalnya masih harus dimasukkan berbagai kejadian pada galaksi kita di sekitar Matahari.

Proses Pembentukan Bumi

Berdasarkan teori Big Bang, proses terbentuknya bumi berawal dari puluhan milyar tahun yang lalu. Pada awalnya terdapat gumpalan kabut raksasa yang berputar pada porosnya. Putaran yang dilakukannya tersebut memungkinkan bagian-bagian kecil dan ringan terlempar ke luar dan bagian besar berkumpul di pusat, membentuk cakram raksasa. Suatu saat, gumpalan kabut raksasa itu meledak dengan dahsyat di luar angkasa yang kemudian membentuk galaksi dan nebula-nebula. Selama jangka waktu lebih kurang 4.6 milyar tahun, nebula-nebula tersebut membeku dan membentuk suatu galaksi yang disebut dengan nama Galaksi Bima Sakti, kemudian membentuk sistem tata surya. Sementara itu, bagian ringan yang terlempar ke luar tadi mengalami kondensasi sehingga membentuk gumpalan-gumpalan yang mendingin dan memadat. Kemudian, gumpalan-gumpalan itu membentuk planet-planet, termasuk planet bumi. Dalam perkembangannya, planet bumi terus mengalami proses secara bertahap hingga terbentuk seperti sekarang ini. Ada tiga tahap dalam proses pembentukan bumi, yaitu:

- Awalnya, bumi masih merupakan planet homogen dan belum mengalami perlapisan atau perbedaan unsur.
- Pembentukan perlapisan struktur bumi yang diawali dengan terjadinya diferensiasi. Material besi yang berat jenisnya lebih besar akan tenggelam, sedangkan yang berat jenisnya lebih ringan akan bergerak ke permukaan.
- Bumi terbagi menjadi lima lapisan, yaitu inti dalam, inti luar, mantel dalam, mantel luar, dan kerak bumi.
- Perubahan di bumi disebabkan oleh perubahan iklim dan cuaca.

ANGGOTA TATA SURYA

1. Matahari

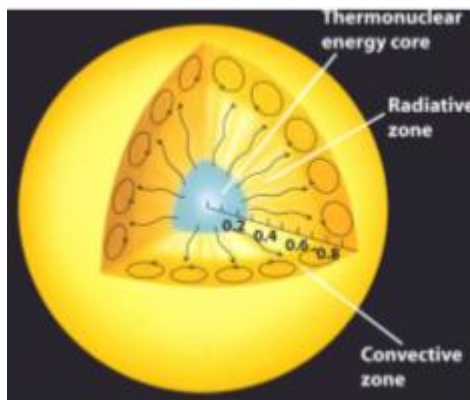
Matahari sebagai bintang induk yang memberikan energi berupa radiasi ke semua anggota tata surya. Besarnya energi yang diterima berbanding terbalik kuadrat dengan jaraknya ke Matahari.

table 18-1	Sun Data
Distance from the Earth:	Mean: 1 AU = 149,598,000 km Maximum: 152,000,000 km Minimum: 147,000,000 km
Light travel time to the Earth:	8.32 min
Mean angular diameter:	32 arcmin
Radius:	696,000 km = 109 Earth radii
Mass:	1.9891×10^{30} kg = 3.33×10^5 Earth masses
Composition (by mass):	74% hydrogen, 25% helium, 1% other elements
Composition (by number of atoms):	92.1% hydrogen, 7.8% helium, 0.1% other elements
Mean density:	1410 kg/m ³
Mean temperatures:	Surface: 5800 K; Center: 1.55×10^7 K
Luminosity:	3.86×10^{26} W
Distance from center of Galaxy:	8000 pc = 26,000 ly
Orbital period around center of Galaxy:	220 million years
Orbital speed around center of Galaxy:	220 km/s

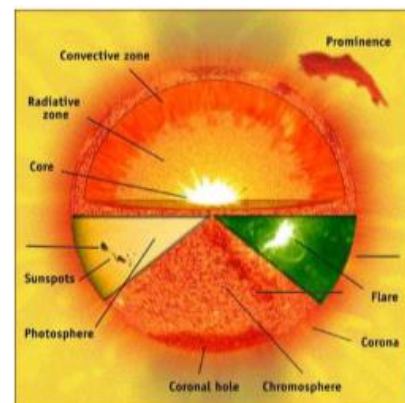
Data-data fisis Matahari

Matahari tersusun atas lapisan:

- Inti tempat pembangkitan energi
Tempat berlangsungnya reaksi fusi hidrogen dari inti matahari sampai sekitar 0.25 jari-jari matahari.
- Daerah radiatif
Daerah ini memiliki ketebalan sekitar 0.71 jari-jari matahari. Pada daerah ini, energi lebih banyak dihantarkan lewat proses radiasi.
- Daerah konvektif
Merupakan daerah kedap cahaya yang memiliki temperatur dan tekanan yang relatif rendah. Pada daerah ini, energi lebih banyak dihantarkan lewat proses konveksi.



Struktur bagian dalam Matahari:
inti, daerah radiatif, dan daerah konvektif

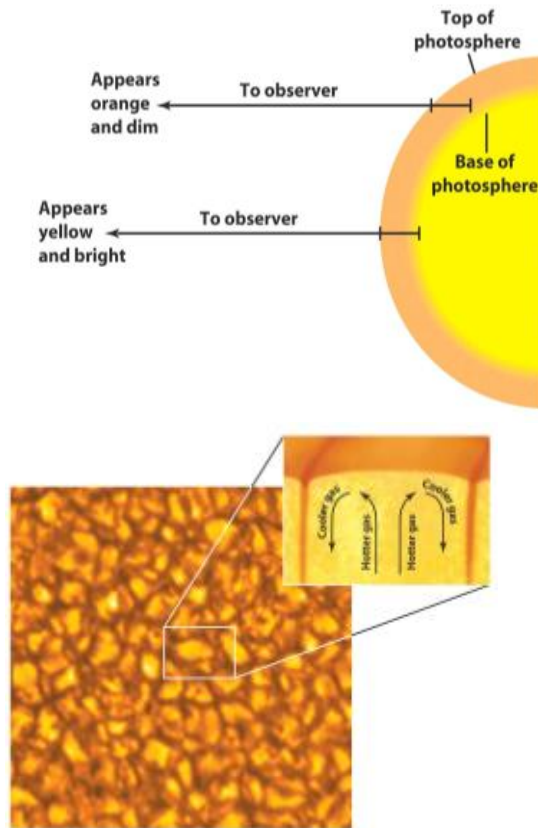


Lapisan-lapisan Matahari

- Fotosfer
Fotosfer (bola cahaya) merupakan bagian matahari yang tampak. Memiliki tebal 400 km dan karena kedap cahaya, foton yang dipancarkan dari daerah di bawah 400 km ini tidak bisa lepas ke angkasa. Temperatur menurun dalam arah ke atas. Temperatur fotosfer adalah 5800 K.

Di lapisan fotosfer, terjadi efek penggelapan tepi. Meskipun Matahari adalah sebuah bola gas tetapi kita bisa mengamati garis tajam di tepi piringan Matahari. Efek itu disebut sebagai efek penggelapan tepi. Bila kita melihat bagian tepi piringan Matahari berarti

kita melihat bagian atas bola Matahari. Di tepi piringan Matahari gas pada ketinggian yang lebih tinggi lebih dingin dan memancarkan energi yang lebih sedikit. Maka di tepinya Matahari tampak lebih redup.



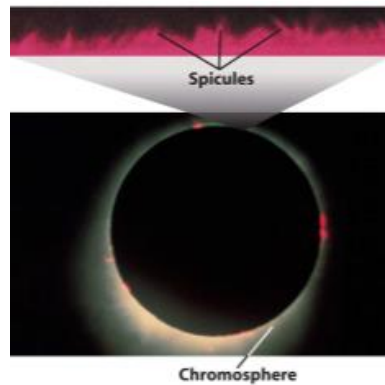
Efek penggelapan tepi pada Matahari

Granulasi

Konveksi di fotosfer Matahari menghasilkan granulasi. Granulasi merupakan akibat langsung konveksi. Setiap granulasi berukuran sekitar 1000 km. Siklus pembentukan dan hilangnya granulasi hanya berlangsung beberapa menit. Selain granulasi, juga mungkin terjadi super granulasi di lapisan fotosfer. Super granulasi merupakan sel konveksi yang sangat besar. Setiap super granulasi berukuran sekitar 35000 km. Granulasi ini bergerak secara lambat, dan bertahan hanya selama satu hari. Sulit diamati secara langsung dan lebih bagus diamati dalam citra Doppler (Dopplergram).

e. Kromosfer

Di atas fotosfer terdapat lapisan yang tidak terlalu rapat tetapi memiliki temperatur yang lebih tinggi dan disebut sebagai kromosfer. Kromosfer memiliki suhu sekitar 10000 K. Di kromosfer terjadi peristiwa pancaran gas naik ke atas dari daerah fotosfer dan masuk ke kromosfer di sepanjang perbatasan super granulasi. Pancaran gas ini disebut sebagai spikula.



Kromosfer dan spikula

f. Korona

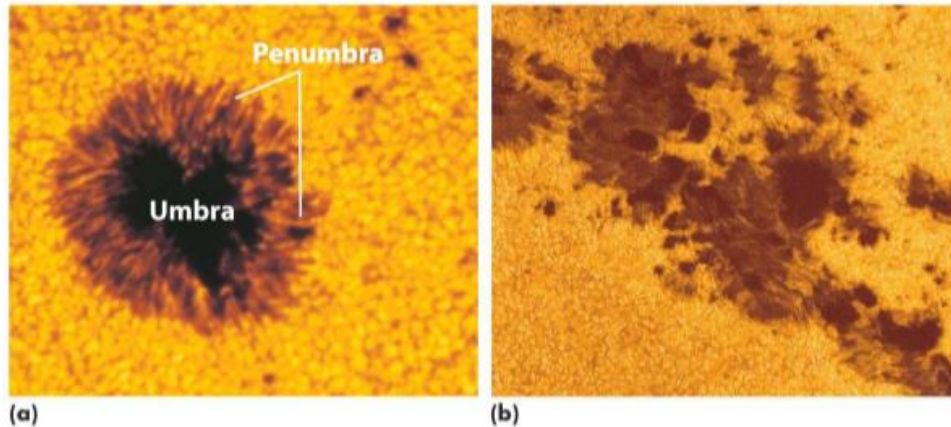
Korona merupakan lapisan matahari yang paling luar. Tersusun atas gas yang temperaturnya sangat tinggi (mencapai jutaan Kelvin) dan memiliki kerapatan yang sangat rendah. Korona membentang hingga jutaan kilometer. Karena panasnya, bagian ini mengembang ke luar angkasa membentuk angin surya (*solar wind*). Kromosfer dan korona hanya dapat terlihat saat gerhana Matahari total. Hal ini disebabkan terangnya kedua lapisan ini dikalahkan oleh terangnya fotosfer. Temperatur korona jauh lebih tinggi dibandingkan fotosfer dan kromosfer. Hal ini disebabkan oleh pemanasan dari *flare* yang sering terjadi di lapisan bawah korona.



Korona

Medan Magnet Matahari

Bagian korona luar jauh lebih panas daripada bagian kromosfer dalam dan fotosfer. Maka korona itu pasti mendapatkan panas dari sumber di luar konduksi atau radiasi difusif yang datang dari atmosfer yang terletak di bawahnya, karena hantaran energi melalui konduksi atau radiasi difusif selalu datang dari daerah temperatur tinggi ke daerah temperatur rendah. Pemanasan korona terkait dengan adanya medan magnet yang terdapat di angkasa Matahari. Salah satu kenampakan aktivitas medan magnetik Matahari yang mudah diamati adalah adanya *sunspot*/bintik Matahari. Bintik Matahari adalah daerah-daerah gelap yang terdapat di fotosfer. *Sunspot* tampak gelap karena lebih dingin, yaitu 1000-1500 K dari daerah fotosfer lainnya (energi yang dipancarkannya lebih rendah). *Sunspot* memiliki dua bagian, yaitu umbra (inti) yang lebih gelap dan penumbra (bagian *sunspot* yang lebih terang). Dengan mengamati gerak *sunspot*, kita bisa mengetahui periode rotasi Matahari di tiap lintangnya.



Gambar (a) menunjukkan bagian-bagian *sunspot*. *Sunspot* umumnya nampak berkelompok seperti gambar (b).

Jumlah bintik Matahari bervariasi setiap waktu. Jumlah rata-rata bintik Matahari meningkat dan menurun secara siklis yang periodenya sekitar 11 tahun, dan disertai dengan pembalikan polaritas magnet dari satu siklus ke siklus satunya (*sunspot cycle*).

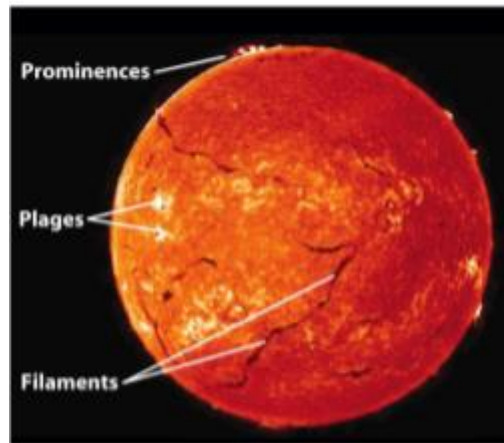
Aktivitas Matahari

- Busur korona (*corona loops*)
Busur korona mengikuti garis gaya medan magnet di korona. Busur korona berawal di fotosfer, satu memiliki polaritas positif, dan satunya dengan polaritas negatif.



Busur korona

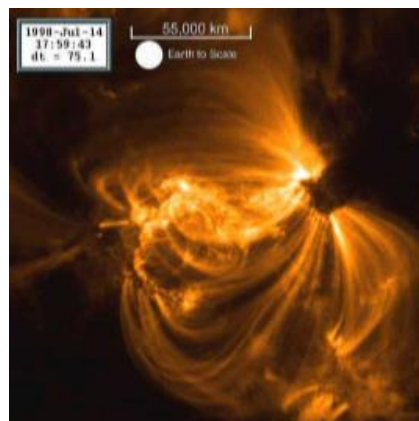
- Filamen
Filamen adalah jalur-jalur gelap di piringan Matahari. Terdiri dari bahan-bahan kromosfer yang dingin dan rapat yang terdapat di korona dan ditopang oleh medan magnet yang terdapat di korona.
- Prominensa
Merupakan filamen yang terlihat di atas tepi piringan Matahari. Tampak terang karena berada di depan latar belakang yang gelap. Terdiri atas dua macam, yaitu *prominence quiescent* yang ketinggiannya mencapai puluhan ribu kilometer dan umurnya bisa mencapai beberapa hari/minggu, dan *prominence eruptive* yang ketinggiannya bisa mencapai ratusan ribu kilometer dan umurnya hanya beberapa jam.
- Plage
Adalah daerah terang yang terkait dengan bintik Matahari.



Filamen, prominensa, dan *plage*

- *Flare*

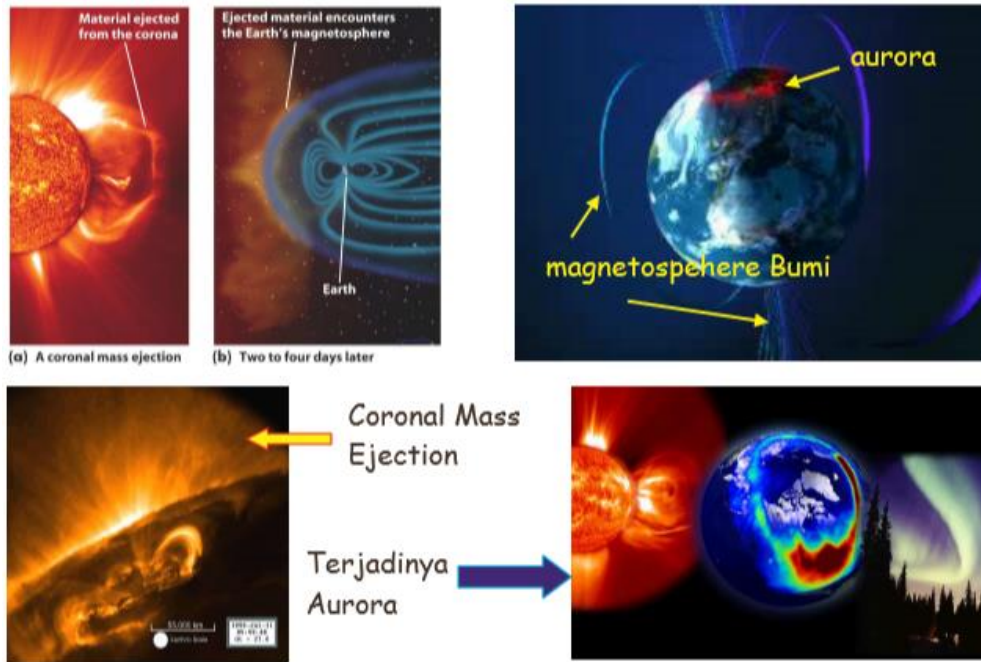
Adalah peningkatan radiasi elektromagnetik dari Matahari yang berlangsung mendadak dan dengan intensitas yang tinggi. Radiasi muncul dalam seluruh panjang gelombang dari panjang gelombang radio ke sinar X dan Gamma. Material yang dilontarkan *flare* sebagian besar terdiri dari material yang terionisasi. Berbeda dengan material prominensa, material *flare* mempunyai energi yang besar untuk terlepas dari gravitasi Matahari. Apabila ion yang dilontarkan *flare* mencapai Bumi maka akan berinterferensi dengan gelombang radio sehingga terjadi gangguan komunikasi di Bumi.



Kenampakan *flare*

- *Corona Mass Ejection (CME)*

Merupakan letupan materi korona dan medan magnet yang dilemparkan ke angkasa dengan kecepatan tinggi dan bisa mencapai Bumi dalam beberapa hari. Material yang berupa ion-ion tersebut ketika menumbuk atmosfer Bumi akan membentuk partikel gas di atmosfer yang menghasilkan spektrum emisi. Di atmosfer Bumi, partikel gas ini akan tampak sebagai Aurora Borealis di bagian utara Bumi dan Aurora Australis di bagian selatan Bumi.



CME dan terbentuknya aurora di Bumi

2. Planet di Tata Surya

Planet-planet di tata surya dibagi menjadi beberapa kelompok, yaitu:

- a. Berdasarkan posisi planet-planet terhadap sabuk asteroid, planet-planet dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:
 - Planet dalam (*inner planets*)
Adalah planet yang orbitnya terletak di dalam sabuk asteroid, yaitu Merkurius, Venus, Bumi, dan Mars.
 - Planet luar (*outer planets*)
Adalah planet yang orbitnya terletak di luar sabuk asteroid, yaitu Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus.
- b. Berdasarkan jarak planet-planet ke Matahari terhadap jarak Bumi-Matahari, planet-planet dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:
 - Planet inferior
Adalah planet yang jaraknya ke Matahari lebih dekat dibandingkan jarak Bumi-Matahari, yaitu Merkurius dan Venus.
 - Planet superior
Adalah planet yang jaraknya ke Matahari lebih jauh dibandingkan jarak Bumi-Matahari, yaitu Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus.
- c. Berdasarkan kemiripan komposisi unsur-unsur penyusunnya, planet-planet dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:
 - Planet terrestrial/planet kebumihan (*terra* = Bumi)
Adalah planet-planet yang komposisinya mirip dengan Bumi (berupa batuan), yaitu Merkurius, Venus, Bumi, dan Mars. Jenis planet ini umumnya mempunyai inklinasi orbit terhadap ekliptika yang kecil (bidang orbit planet hampir sebidang). Hal ini disebabkan oleh terbentuknya piringan gas di sekitar Matahari pada awal terbentuknya tata surya dari kabut gas antar bintang. Planet-planet terbentuk dari kondensasi-kondensasi lokal di dalam piringan itu. E

Eksentrisitas orbit jenis planet ini juga umumnya kecil, kecuali Merkurius. Artinya bentuk orbit planet tidak terlalu lonjong, mendekati lingkaran, sedangkan Merkurius eksentrisitasnya lebih dari 0.2. Sifat lain yang penting adalah bahwa semua jenis planet ini memiliki massa jenis yang lebih besar daripada planet-planet Jovian.

- **Planet Jovian**

Adalah planet-planet yang komposisinya mirip dengan Jupiter (berupa gas), yaitu Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus. Planet Jovian lebih mirip bintang yang massanya kurang besar untuk menimbulkan tekanan di intinya yang bisa melangsungkan reaksi fusi. Meskipun massa planet Jovian besar tetapi densitasnya rendah, bahkan densitas Saturnus lebih rendah daripada densitas air.

Pluto tidak termasuk ke dalam salah satu kategori di atas dan sejak Agustus 2006 dikeluarkan dari kategori planet. Salah satu alasannya adalah komposisi Pluto yang tidak mirip Bumi ataupun Jupiter melainkan mirip satelit Neptunus, yaitu Triton yang terdiri dari metana dan es beku.

Perbedaan antara planet terrestrial dan Jovian

SIFAT FISIS	PLANET DALAM	PLANET LUAR
Ukuran	Kecil	Besar
Komposisi/bahan	Batuan	Gas/es
Atmosfer	Tipis Kaya-oksigen	Tebal Kaya-hidrogen
Rotasi/spin	Lambat	Cepat
Bulan	Sedikit/tidak ada	Banyak
Cincin	Tidak ada	Ada
Internal heat	kecil/tidak ada	besar

Planet Terrestrial

1. Merkurius

Merkurius termasuk planet yang sukar diamati karena dekatnya dengan Matahari sehingga cahaya Matahari menjadi penghalang utama pengamatan. Pada saat Merkurius tinggi di atas horizon, Matahari pun berada di atas horizon, sehingga cahaya Merkurius pun kalah. Pada malam hari, Merkurius pun berada di bawah horizon. Kesempatan melihat Merkurius hanya beberapa saat sebelum Matahari terbit atau beberapa saat setelah Matahari terbenam, itupun kualitas citranya tidak pernah baik karena pada saat terlihat Merkurius selalu berada di dekat horizon. Akibatnya cahayanya harus melalui atmosfer yang tebal. Jarak sudut antara Matahari dengan Merkurius paling besar 28°. Artinya pada saat Matahari terbit atau terbenam, paling tinggi Merkurius 28° di atas horizon. Itulah saat terbaik mengamati Merkurius selama beberapa menit.

Karena dekatnya dengan Matahari, Merkurius mempunyai temperatur yang sangat tinggi pada saat disinari Matahari (sekitar 500°C) tetapi di daerah yang tidak disinari Matahari temperaturnya jauh lebih rendah. Atmosfer Merkurius sangatlah tipis, dengan kerapatan hanya sekitar sepemiliar kerapatan atmosfer Bumi, membuat panas tidak dapat tersimpan di permukaan planet secara efektif. Hal itu merupakan salah satu penyebab mengapa temperatur di daerah yang terang dan gelap berbeda jauh. Unsur-unsur yang terdeteksi di atmosfer Merkurius antara lain oksigen, argon, hidrogen, dan helium.

Adanya helium cukup mengejutkan bagi para ahli karena gravitasi Merkurius yang kecil tidak akan sanggup mempertahankan helium. Diduga adanya helium tersebut adalah karena dipasok secara terus-menerus oleh Matahari melalui angin Matahari. Hasil pengamatan Mariner 10 pada tahun 1974 menunjukkan permukaan Merkurius yang penuh dengan kawah-kawah bekas tumbukan meteorit seperti di Bulan. Namun umumnya lebih landai, mungkin dikarenakan gravitasi Merkurius yang lebih besar dibandingkan dengan gravitasi Bulan.

2. Venus

Venus adalah objek langit yang paling terang setelah Matahari dan Bulan, dan selalu berada tidak jauh dari Matahari. Sama seperti Merkurius, Venus juga biasanya tampak pada pagi hari sebelum Matahari terbit atau sore hari setelah Matahari terbenam. Oleh karena itu, Venus sering disebut bintang pagi (bintang timur) atau bintang sore. Venus juga seringkali disebut sebagai bintang kejora. Jarak sudut terjauh Venus dari Matahari adalah sekitar 46° .

Sekitar 96 % atmosfer Venus terdiri dari gas CO_2 . Gas ini memerangkap radiasi Matahari yang sampai ke permukaan Venus sehingga temperatur atmosfernya menjadi sangat tinggi (mendekati 500°C , kira-kira sama dengan temperatur permukaan Merkurius ketika disinari Matahari). Padahal menurut perhitungan, jika semua radiasi Matahari tersebut dipantulkan ke angkasa luar, atmosfer Venus akan mempunyai temperatur sekitar 100°C saja. Efek pemanasan tersebut dikenal sebagai efek rumah kaca. Dari pengamatan radar, diketahui Venus berotasi sangat lambat dengan periode 243 hari dengan arah rotasi berlawanan dari arah revolusinya dan arah rotasi planet-planet lain. Arah rotasi seperti itu disebut sebagai rotasi retrograde.

3. Bumi

Bumi adalah planet anggota tata surya yang ketiga terdekat dari Matahari setelah Merkurius dan Venus. Bumi memiliki keistimewaan yaitu jaraknya yang sekitar 150 juta km dari Matahari membuat cahaya Matahari tidak terasa terlalu panas dan juga tidak terlalu dingin sehingga membuat Bumi menjadi satu-satunya anggota tata surya yang memiliki kehidupan. Jarak rata-rata Bumi-Matahari tersebut disebut sebagai satu satuan astronomi (SA). Jarak Bumi-Matahari senantiasa berubah karena Bumi berevolusi mengeliling Matahari dalam lintasan elips dengan Matahari sebagai salah satu titik apinya. Eksentrisitas lintasan revolusi Bumi adalah 0.0167. Jarak terjauh Bumi ke Matahari disebut aphelion, yaitu 152.1 juta km dan jarak terdekatnya disebut perihelion yaitu 147.1 km.

Dahulu manusia mengira Bumi adalah sebuah piringan namun kemudian diketahui bahwa Bumi berbentuk bola. Hal ini dapat dibuktikan dengan beberapa cara, yaitu:

- Mengamati dalam rentang jarak jauh, benda bergerak di atas permukaan Bumi, misalnya kapal laut.
- Mengamati peristiwa gerhana Bulan, yaitu saat bayangan Bumi jatuh di permukaan Bulan.
- Menggunakan metode Eratosthenes (200 SM).
- Mengamati letak benda langit (bintang) dari beberapa tempat dengan rentang lintang cukup besar.
- Melihat Bumi dari ruang angkasa (foto-foto misi pesawat ulang-alik).

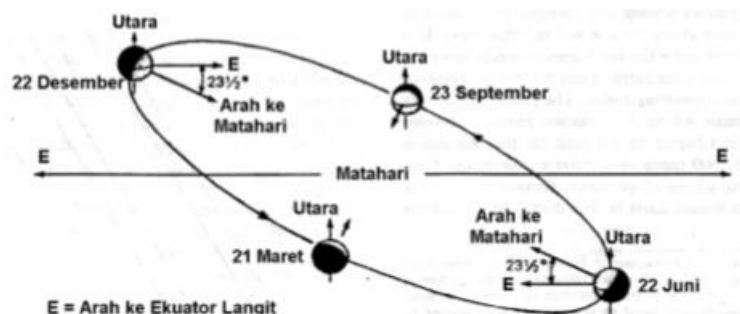
Rotasi Bumi

Rotasi Bumi menyebabkan fenomena harian seperti siang, malam, matahari terbit, dan matahari terbenam. Untuk mengukur periode rotasi Bumi kita dapat mengukur waktu peredaran bintang dari meridian hingga kembali ke meridian lagi. Jangka waktu tersebut disebut sebagai satu hari sideris. Kita tidak dapat menggunakan posisi Matahari sebagai penentu periode rotasi Bumi secara langsung karena sejak Matahari di meridian hingga kembali ke meridian Bumi telah berotasi lebih dari satu kali. Hal ini disebabkan Bumi juga bergerak mengelilingi Matahari. Waktu yang diperlukan sejak Matahari berada di meridian hingga kembali ke meridian lagi disebut sebagai satu hari surya yang kita definisikan 24 jam. Periode rotasi Bumi yang sesungguhnya adalah 23 jam 56 menit 4 detik.

Revolusi Bumi

Revolusi Bumi mengelilingi Matahari menyebabkan Matahari seolah-olah beredar di ekliptika dengan periode satu tahun. Dilihat dari Bumi, Matahari bergeser di ekliptika hampir 1° per hari. Dibandingkan dengan bintang-bintang, Matahari terlambat terbit 4 menit dari hari sebelumnya. Periode peredaran semu Matahari di ekliptika menjadi dasar penetapan panjangnya waktu satu tahun.

Sumbu rotasi Bumi membentuk sudut sebesar 23.5° dengan sumbu revolusi Bumi sehingga Matahari seolah-olah bergeser perlahan ke utara dan ke selatan dengan periode satu tahun. Titik terbit Matahari di cakrawala timur dan titik terbenam Matahari di cakrawala barat perlahan bergeser. Matahari terbit tepat di titik timur dan terbenam tepat di titik barat masing-masing hanya dua kali dalam setahun. Pergeseran Matahari terhadap bidang khatulistiwa Bumi itulah yang menyebabkan pergantian musim di tempat-tempat yang lintang geografisnya tinggi.



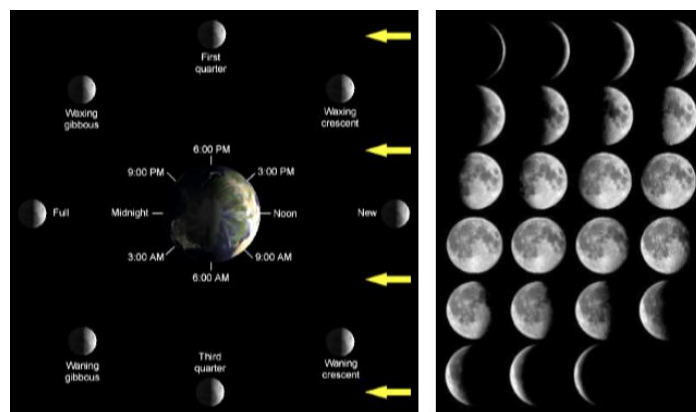
Inklinasi orbit dan rotasi Bumi menyebabkan perubahan musim

Revolusi Bumi juga tercermin dari gerak paralaks bintang. Bintang-bintang yang cukup dekat dengan Bumi akan tampak seolah-olah bergerak berputar membentuk lintasan elips (dengan acuan bintang-bintang sekitarnya yang lebih jauh) dengan periode satu tahun. Akibat lainnya adalah pergeseran garis-garis spektrum bintang-bintang yang berada di dekat bidang ekliptika atau bidang edar Bumi mengelilingi Matahari. Karena Bumi bergerak mengelilingi Matahari maka relatif terhadap bintang-bintang, Bumi bergerak setengah tahun mendekat dan setengah tahun menjauh. Akibatnya garis-garis spektrum bintang bergeser dari panjang gelombang diamnya karena efek Doppler. Revolusi Bumi juga menyebabkan aberasi cahaya bintang. Karena Bumi bergerak dengan kecepatan tinggi, jika teropong diarahkan langsung ke bintang tersebut maka cahaya bintang akan menerpa dinding tabung teropong. Agar cahaya bintang tepat masu ke lensa okuler, maka teropong harus dimiringkan sedikit ke arah gerak Bumi. Besarnya kemiringan ini adalah

20.5 detik busur. Angka ini diperoleh dari perbandingan kecepatan gerak Bumi dan kecepatan cahaya.

Bulan Sebagai Satelit Bumi

Bulan adalah satu-satunya satelit alam yang dimiliki Bumi. Bulan tidak mempunyai sumber cahayanya sendiri dan hanya memantulkan cahaya Matahari. Satu bulan adalah jangka waktu sejak ketampakan bulan purnama hingga bulan purnama berikutnya, lebih tepatnya sejak pemunculan bulan sabit pertama sampai bulan sabit berikutnya. Bulan sabit yang pertama kali terlihat disebut juga bulan baru atau bulan tanggal 1 atau hilal. Ketampakan bentuk-bentuk bulan menjadi dasar penentuan kalender berdasarkan bulan atau qamariyah. Waktu satu bulan itu tepatnya 29.53 hari. Karena itu jangka waktu antara bulan baru sampai bulan baru berikutnya kadang-kadang 29 atau 30 hari, biasanya berganti-ganti. Dalam kalender qamariyah jumlah hari 29 atau 30 hari ini tetap berlaku. Tidak mungkin lebih dari 30 hari atau kurang dari 29 hari.



Fase-fase Bulan

Kalender syamsiah (berdasarkan Matahari) panjang setiap bulannya juga mengacu pada jumlah hari setiap bulan dalam kalender qamariyah. Tetapi karena panjang tahun syamsiah lebih panjang sekitar 11 hari dari tahun qamariyah maka jumlah hari tiap bulannya bervariasi antara 28-31 hari. Hal ini disebabkan karena penentuan bulannya tidak mengikuti peredaran bulan. Kalender syamsiah hanya menghitung jumlah hari dalam satu tahun kemudian membaginya menjadi 12 bulan. Dimana satu tahun adalah jangka waktu satu musim ke musim berikutnya, misalnya dari musim hujan sampai musim hujan atau musim panas ke musim panas berikutnya. Karena musim ditentukan oleh peredaran Bumi mengelilingi Matahari maka lebih tepat kalau disebutkan bahwa satu tahun adalah jangka waktu tempuh Bumi mengelilingi Matahari satu putaran. Menurut perhitungan astronomi, Bumi mengelilingi Matahari dalam waktu 365.2422 hari.

Bulan adalah benda langit yang mengitari Bumi sekali dalam 27.32 hari. Berputar pada sumbunya satu kali dalam 27.32 hari, sama dengan waktu yang diperlukan untuk mengitari Bumi. Kesamaan waktu tersebut disebabkan oleh proses sinkronisasi, yaitu pelambatan rotasi bulan akibat pengaruh gravitasi Bumi. Dampaknya adalah permukaan Bulan yang menghadap ke Bumi selalu tetap. Bagian lain permukaan Bulan tidak pernah terlihat dari Bumi.

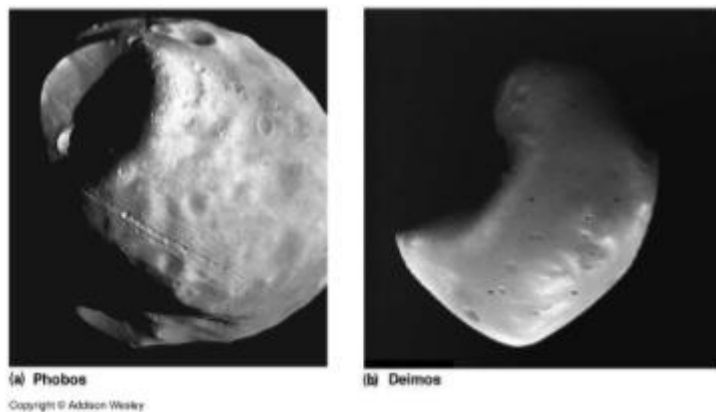
Menurut teori Hartmann dan Davis (1975), proto-Bumi pernah mengalami tumbukan hebat dengan proto-pplanet lainnya yang massanya sekitar 1/10 massa Bumi (kira-kira

sebesar planet Mars). Tumbukan hebat ini menyebabkan terlontarnya batuan sebesar massa bulan (0.01 massa Bumi) ke angkasa dan membentuk Bulan. Salah satu bukti kuat adalah tidak dijumpainya inti besi di Bulan karena yang terlontar hanya bagian kulit Bumi. Bukti lainnya adalah adanya kesamaan kandungan isotop oksigen di Bulan dengan di Bumi. Namun, teori ini belum bisa menjelaskan beberapa masalah. Antara lain batuan basalt di Bulan ternyata mempunyai kandungan besi yang lebih banyak daripada basalt di Bumi. Kalau Bulan berasal dari materi kulit Bumi seharusnya kandungan besinya sama. Teori ini kemudian diubah oleh Benz dkk. (1986), bahwa dari tumbukan tersebut, materi Bulan justru sebagian besar berasal dari objek penumbuk, bukan dari Bumi. Simulasi komputer terbaru oleh Canup (1997, 2004) menunjukkan bahwa sekitar 80 % materi Bulan berasal dari materi objek penumbuk. Bulan terbentuk dari penggumpalan partikel yang semula tersebar sebagai cincin debu yang mengitari Bumi. Pada awalnya, permukaan Bulan masih sangat panas dan penuh dengan kegiatan vulkanik yang bertahan sampai 900 juta tahun.

4. Mars

Dilihat dari Bumi, Mars tampak sebagai sebuah bintang kemerahan. Dari terangnya dan warnanya ini, orang Yunani kuno mengasosiasikannya dengan dewa perang Yunani, yaitu Mars. Mars kadang nampak terang, yaitu ketika berada dalam keadaan sekitar oposisi (dilihat dari Bumi pada pihak yang berlawanan dari Matahari). Mars paling redup pada saat berada pada posisi konjungsi (dilihat dari Bumi, Mars berada pada arah yang kira-kira sama dengan Matahari). Jarak Mars dari Bumi selalu berubah karena keduanya bergerak mengelilingi Matahari. Jarak terjauhnya dari Bumi kira-kira 5 kali jarak terdekatnya. Oleh karena itu, kecerlangannya juga nampak selalu berubah perlahan.

Mars mempunyai dua buah satelit, yaitu Phobos dan Deimos. Kedua satelit ini kecil, hanya berdiameter 27 km dan 15 km. Kecilnya massa membuat gravitasinya kecil sehingga tidak mampu membuat keduanya bulat.



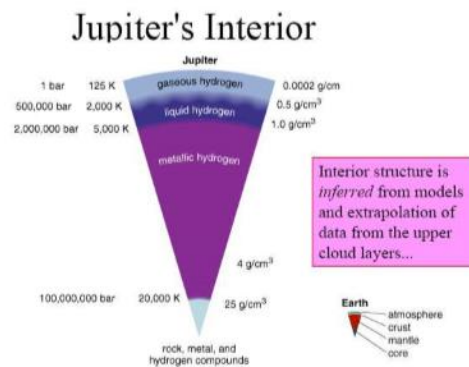
Phobos dan Deimos

5. Jupiter

Planet ini merupakan objek langit dengan terang nomor 4 di langit (setelah Matahari, Bulan, Venus). Komposisi penyusun Jupiter sebagian besar adalah hidrogen (90 %) dan helium (10 %). Diperkirakan memiliki inti padat yang bermassa 10-15 kali massa Bumi. Di luar bagian inti, terdapat bagian yang terdiri dari cairan hidrogen metalik yang merupakan gas hidrogen dalam wujud cairan yang berlaku seperti logam akibat

tekanannya yang mencapai 4 juta bar. Di luar bagian ini terdiri dari gas hidrogen dan helium. Unsur metana, air, dan karbon dioksida juga ditemukan dalam jumlah kecil.

Name	Symbol	% Volume
Hydrogen	H ₂	90
Helium	He	4.5
Methane	CH ₄	0.07
Ammonia	NH ₃	0.02
Ethane	C ₂ H ₆	0.01
Deuterated Hydrogen	HD	1.8×10^{-3}
Water vapor	H ₂ O	1×10^{-4}
Deuterated Methane	CH ₃ D	3×10^{-5}
Phosphine	PH ₃	1×10^{-6}
Carbon monoxide	CO	1×10^{-7}
Germanium Tetrahydride	GeH ₄ ?	1×10^{-7}



Penyusun Jupiter

Jupiter dan planet gas lainnya mempunyai angin yang bertiup dengan kecepatan yang sangat tinggi dan terlihat sebagai pita-pita berwarna yang nampak sejajar dengan ekuatornya. Di permukaan Jupiter ditemukan suatu badai besar yang disebut bintik merah besar (*Great Red Spot*) yang pertama kali dilihat oleh Galileo. Selain itu, planet ini juga memiliki medan magnetik yang besar dan jauh lebih kuat dibandingkan Bumi. Jupiter memiliki cincin seperti Saturnus tetapi jauh lebih redup dan kecil (albedo sekitar 0.05). Cincin ini mungkin terdiri dari materi batuan yang sangat halus dan tidak mengandung es seperti cincin Saturnus. Planet Jupiter nampak pepat di bagian ekuatornya karena kecepatan rotasinya yang sangat cepat yaitu 10 jam.

Satelit-satelit Jupiter

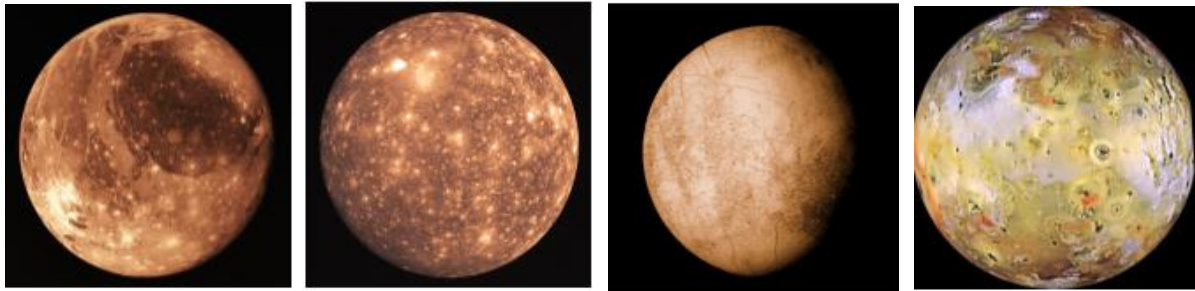
Jupiter mempunyai 28 satelit alami. Keempat satelit terbesar Jupiter yang disebut juga Galilean Moon, yaitu:

- Ganymede**
Ganymede adalah satelit terbesar Jupiter dan juga satelit terbesar di tata surya. Permukaannya diamati memiliki banyak kawah-kawah yang sudah tua.
- Callisto**
Permukaannya mirip Ganymede yang banyak terdapat kawah-kawah. Ditemukan adanya es dalam jumlah yang banyak di permukaannya dan membeku di bagian dalam keraknya.
- Europa**
Permukaannya nampak halus dengan garis-garis tipis dan gelap serta sedikit kawah. Permukaannya sepertinya adalah es yang berasal dari air. Informasi terakhir dari wahana luar angkasa Galileo menunjukkan kemungkinan adanya lautan air yang cair di seluruh permukaannya dan tersembunyi di bawah permukaannya yang membeku.

d. Io

Yang paling menonjol tentang Io adalah banyaknya gunung api aktif di permukaannya. Merupakan objek paling aktif di tata surya. Bagian interiornya panas dan cair akibat dari gaya pasang surut yang berubah selama Io mengelilingi orbitnya mengelilingi Jupiter yang berupa elips.

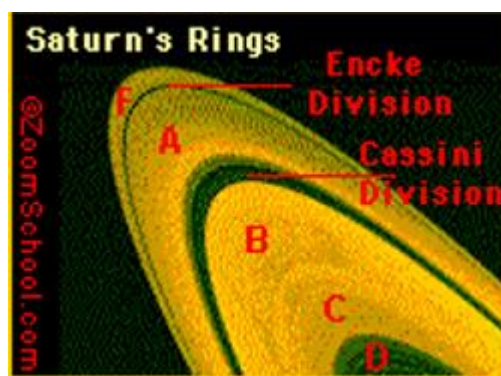
Satelit Jupiter lainnya umumnya berukuran kecil dan kebanyakn adalah asteroid yang tertangkap gravitasi Jupiter. Beberapa mempunyai orbit retrograde.



(kiri-kanan) Ganymede, Callisto, Europa, dan Io

6. Saturnus

Saturnus merupakan planet kedua terbesar di tata surya setelah Jupiter. Planet ini memiliki kerapatan yang sangat rendah (0.7 gram/cm^3). Dengan kerapatan ini Saturnus akan mengapung jika diletakkan di atas air. Seperti Jupiter dan Matahari, Saturnus terdiri dari sebagian besar hidrogen dan helium, dengan inti padat seukuran Bumi. Planet ini juga memiliki pita-pita awan berwarna (karena adanya es kristal ammonia) seperti Jupiter tetapi kurang berwarna-warni. Hal yang paling menonjol dari Saturnus adalah cincinnya yang terdiri dari batuan dan es. Material yang membentuk cincin adalah material yang gagal bersatu membentuk satelit Saturnus karena pengaruh gaya pasang surut Saturnus (di dalam limit roche). Cincin tersebut mengorbit di bidang ekuator planet Saturnus. Hal ini menyebabkan cincin tersebut akan nampak edge-on 2 kali dalam kurun waktu 29 tahun (seperti pada tahun 1995). Hanya 4 dari 5 cincinnya yang nampak dari Bumi. Cincin yang paling terang adalah cincin A dan B. Di antara kedua cincin tersebut ada daerah gelap yang disebut Cassini Division. Daerah gelap di antara cincin A dan cincin yang lebih luar (cincin F) disebut Encke Division. Keistimewaan cincin Saturnus dibandingkan cincin planet Jovian lainnya adalah cincin Saturnus memiliki albedo tinggi (0.2-0.6) meskipun cincin ini sangat tipis (kurang dari 1 km).



Cincin Saturnus

Saturnus memiliki bentuk yang sangat pepat (paling pepat di tata surya). Hal ini disebabkan oleh kecepatan rotasinya yang besar dan kerapatannya yang sangat rendah. Saturnus juga memiliki magnetosfer yang ekstensif dan angin yang sangat kencang. Bagian interior Saturnus mirip dengan Jupiter dan kandungan utama atmosfernya 94 % hidrogen dan 6 % helium serta sejumlah kecil gas lainnya.

Name	Symbol	% Volume
Hydrogen	H ₂	94
Helium	He	6
Methane	CH ₄	8×10^{-4}
Ammonia	NH ₃	2×10^{-4}
Deuterated Hydrogen	HD	5×10^{-5}
Deuterated Methane	CH ₃ D	2×10^{-5}
Ethane	C ₂ H ₆	5×10^{-6}
Phosphine	PH ₃	1×10^{-6}
Acetylene	C ₂ H ₂	2×10^{-8}
Propane	C ₃ H ₈	1×10^{-10}

The composition of Saturn is also very close to the composition of the Sun

Minor trace gases

H₂O?



Penyusun Saturnus

Saturnus mempunyai 30 satelit. Satelit terbesar Saturnus adalah Titan (diameter 2575 km) ditemukan oleh Huygens tahun 1655. Titan memiliki atmosfer yang tebal yang terdiri dari nitrogen (seperti Bumi). Terdapat pula mekanisme efek rumah kaca yang membantu menghangatkan permukaan Titan. Diperkirakan ada lautan metana dan hujan material organik. Para ahli berpendapat bahwa keadaan Titan seperti keadaan Bumi purba hanya saja Titan terletak jauh dari Matahari yang mengakibatkan temperaturnya 90 K.

Mekanika orbital satelit Saturnus sangatlah kompleks. Sebagian mengorbit dalam cincin. Ada yang bersifat co-orbital, yaitu dua satelit yang berada pada jarak yang sama dari Saturnus. Sebagian lagi merupakan satelit penggembala dan sebagian lagi merupakan satelit Lagrange. Kecuali 2 satelit, semua satelit Saturnus berotasi secara sinkron yaitu selalu menunjukkan sisi yang sama (seperti Bulan).



Cincin dan satelit-satelit Saturnus

7. Uranus

Uranus ditemukan pada tahun 1781 oleh William Herschel. Planet ini didominasi oleh kehadiran unsur hidrogen dan helium, ditambah kandungan amonia dan metana dalam wujud awan. Awan metana menyerap sinar merah dan memantulkan sinar biru, menyebabkan planet ini terlihat berwarna biru.

Name	Symbol	% Volume
Hydrogen	H ₂	83
Helium	He	15
Methane	CH ₄	2
Water	H ₂ O	???
Carbon Monoxide	CO	$\sim 1 \times 10^{-5}$?
Hydrogen Disulfide	H ₂ S	1×10^{-6}
Ammonia	NH ₃	2×10^{-7}
	C ₂ H ₄	7×10^{-7}
	CH ₃ NH ₂	3×10^{-7}

Rasio H₂/He hampir identik dengan di Matahari

Lebih banyak He dan CH₄ daripada di Jupiter dan Saturnus

Berarti atmosfer Uranus masih "well-mixed"

Komposisi Uranus

Uranus sangat dingin, temperaturnya sekitar 60 K. Sumbu rotasinya termiringkan 98°. Sumbu rotasinya hampir berhimpit dengan bidang orbitnya mengelilingi Matahari. Hal ini menyebabkan Uranus nampak menggelinding dalam orbitnya. Oleh karena itu, planet ini memiliki perubahan musim yang ekstrem seiring dengan jumlah sinar Matahari yang diterima yang berubah secara ekstrem juga.

Sekitar 10 cincin yang sangat tipis telah ditemukan pada tahun 1977. Cincin ini sangat tipis (lebar kurang dari 10 km), diperkirakan disebabkan oleh kehadiran "Sheperd Moons" yang dibenarkan oleh wahana antariksa Voyager 2. Uranus juga memiliki pita-pita berwarna di permukaannya seperti planet gas lainnya tetapi hampir tidak terlihat sehingga permukaan Uranus terlihat mulus. Kerapatan total Uranus sedikit lebih tinggi, kelimpahan helium lebih tinggi, temperatur dan tekanan internal lebih rendah, sehingga berakibat bahwa Uranus (dan Neptunus) memiliki struktur interior yang sangat berbeda dengan Jupiter dan Saturnus. Es dan batuan lebih banyak di kedua planet ini.

Uranus bergerak secara retrograde. Magnetosfer Uranus miring 60° terhadap sumbu rotasinya dan pusatnya tidak di pusat planet. Hal yang aneh ini mungkin disebabkan oleh gerakan di bagian dalam planet ini.

Uranus memiliki 21 satelit. Lima satelit terbesar Uranus dari yang terbesar adalah Titania, Oberon, Umbriel, Ariel, dan Miranda. Semua relatif gelap dan berbahan es.



Satelit-satelit terbesar Uranus

8. Neptunus

Ketika Uranus ditemukan, para ahli menemukan bahwa orbitnya tidak sesuai dengan Hukum Newton. Oleh karena itu, kemungkinan ada planet lain yang mengganggu orbit

Uranus. Neptunus pertama kali diamati oleh Galle dan d'Arrest (Prancis) pada tahun 1846 di lokasi yang berdekatan dengan perkiraan Adam dan Le Verrier yang melakukan perhitungan secara terpisah. Karena orbit Pluto yang sangat lonjong maka kadang-kadang Neptunus menjadi planet terjauh dari Matahari.

Komposisi Neptunus tidak berbeda jauh dengan Uranus. Terdiri dari hidrogen, helium, es, dan batuan. Tetapi kandungan hidrogen dan heliumnya tidak sebesar di Jupiter dan Saturnus. Inti berupa batuan dengan massa sebesar massa Bumi. Sementara komposisi atmosfernya sebagian besar terdiri dari hidrogen dan helium serta sedikit kandungan metana.

Name	Symbol	% Volume
Hydrogen	H ₂	85
Helium	He	13
Methane	CH ₄	.01 to 1?
Water	H ₂ O	???
Carbon Monoxide	CO	~1 x 10 ⁻⁶
	C ₂ H ₆	1.5 x 10 ⁻⁶
	C ₂ H ₂	6 x 10 ⁻⁸
	HCN	~1 x 10 ⁻⁹

Rasio H₂/He mendekati nilai di Matahari. Lebih banyak He daripada di Jupiter dan Saturnus, tetapi dengan CH₄ hampir sama. Atmosfer Neptunus berbeda dengan Uranus,

Komposisi Uranus

Di Neptunus juga terjadi angin yang sangat kencang dan badai. Angin di Neptunus adalah angin tercepat di tata surya (2000 km/jam). Ketika Neptunus dilewati oleh Voyager 2, ditemukan adanya bintik hitam (Great Dark Spot) di belahan selatan Neptunus. Tetapi ketika Hubble Space Telescope mengamati Neptunus beberapa tahun kemudian, Great Dark Spot tersebut telah hilang dan beberapa bulan kemudian ditemukan bintik hitam lainnya di belahan utara Neptunus. Hal ini menunjukkan atmosfer Neptunus berubah secara cepat.

Magnetosfer Neptunus termiringkan 50° dan pusatnya tidak di pusat planet seperti Uranus. Neptunus juga memiliki sistem cincin yang gelap dan sulit diamati, terdiri dari 4 cincin utama, 3 cincin sempit, dan 1 difuse. Neptunus memiliki 8 satelit. Satelit yang paling besar adalah Triton yang seukuran Bumi tetapi mengorbit berlawanan dengan arah rotasi Neptunus. Triton mempunyai atmosfer dan geyser aktif di permukaannya. Satelit lain yang berukuran sedang adalah Nereid. Orbit Nereid ini sangat lonjong dengan eksentrisitas 0.75.

Pluto

Sejak Agustus 2006, Pluto telah dikategorikan sebagai *dwarf planet*. Sebelum dikategorikan sebagai *dwarf planet*, Pluto merupakan planet yang paling sulit diselidiki karena kecil dan jauhnya. Pluto sebelumnya adalah planet yang terkecil dan kadang-kadang terjauh dari Matahari. Dikatakan kadang-kadang karena ada saat-saat Pluto lebih dekat ke Matahari daripada Neptunus. Hal ini bisa terjadi karena eksentrisitas orbit Pluto yang besar, artinya orbitnya sangat lonjong. Sebagai gambaran, jarak terjauh Pluto ke Matahari adalah 49.35 SA sedangkan jarak terdekatnya 29.71 SA sementara jarak perihelion Neptunus ke Matahari

adalah 29.76 SA. Karena orbitnya yang lonjong dan inklinasi orbitnya besar, mirip komet, maka ada ahli astronomi yang mulai meragukan klasifikasi Pluto sebagai planet. Apalagi setelah ditemukan benda lain yang lebih besar dari Pluto (Quaoar, Sedna) yang mengelilingi Matahari dalam jarak yang lebih jauh dari Pluto. Argumentasi mereka, selain inklinasi dan eksentrisitas juga komposisi dan struktur yang berbeda dari planet-planet lain yang jauh dari Matahari seperti planet-planet Jovian.

Inklinasi orbit Pluto yang besar membuat banyak astronom berpendapat bahwa proses terjadinya Pluto tidak sama dengan planet-planet lain. Berdasarkan teori kelahiran tata surya yang berasal dari kabut gas antar bintang, gas yang mengkerut karena gravitasi dirinya akan membentuk piringan. Bagian tengah piringan akan menjadi Matahari, bagian piringan akan membentuk inti-inti kondensasi yang lebih kecil yang kelak akan menjadi planet. Oleh karena itu, planet-planet yang lahir dengan cara ini akan menempati bidang orbit yang kira-kira sama, yang disebut dengan bidang ekliptika. Oleh karena itu, bidang orbit Pluto yang menyimpang agak jauh dari bidang ekliptika ini diduga karena Pluto terbentuk bukan melalui proses yang sama dengan planet-planet lain. Di samping itu, berdasarkan hasil pengamatan selama ini, nampaknya struktur Pluto memang ada kemiripan dengan benda-benda Kuiper Belt seperti komet. Sehingga sejak Agustus 2006, Pluto sudah dikeluarkan dari kategori sebagai planet. Sekarang Pluto dikategorikan sebagai *dwarf planet*. Hal ini berdasarkan hasil kesepakatan astronom dalam sidang International Astronomical Union (IAU) mengenai syarat sebuah planet, yaitu:

- Jika mengorbit bintang namun bukan sebagai bintang yang memancarkan sinar
- Ukurannya harus cukup besar sehingga memiliki gravitasi yang membuatnya berbentuk bulat
- Orbit yang jelas berbeda dengan objek langit lainnya (orbitnya bersih, tidak memotong orbit planet lain)

Contoh planet *dwarf* lainnya adalah Ceres (bukan lagi termasuk asteroid), Charon, dan Xena.

Pluto mempunyai sebuah satelit yang bernama Charon. Charon hanya sedikit lebih kecil dari Pluto sehingga pasangan Pluto-Charon lebih nampak sebagai planet ganda yang saling mengitari daripada sistem planet-satelit.



Pluto dan satelitnya, Charon

Tabel ringkasan parameter planet terrestrial (Pluto sebagai *dwarf planet*)

	Merkurius	Venus	Bumi	Mars	Pluto
Massa (kg)	$33,04 \times 10^{22}$	$486,9 \times 10^{22}$	$597,4 \times 10^{22}$	$64,16 \times 10^{22}$	$1,195 \times 10^{22}$
Massa (bumi)	0,0553	0,815	1	0,1074	0,002
Radius (km)	2.439	6.052	6.378	3.393	1.150
Kerapatan(gr/cm^3)	5,43	5,24	5,52	3,94	2,03
Periode rotasi	58,65 hari	243hari (R)	23jam 56'	24jam 37'	6,39
Periode Rev. (hari)	87,96	224,68	365,25	686,95	90780
Jarak dr Mh (SA)	0,387	0,723	1	1,524	39,529
Jarak dr Mh (km)	$5,79 \times 10^7$	$1,08 \times 10^8$	$1,50 \times 10^8$	$2,28 \times 10^8$	$5,91 \times 10^9$
Eksentrisitas orbit	0,2056	0,0068	0,0167	0,0934	0,2484
Inklinasi orbit	7°	3°24'	0°	1°51'	17°09'

Tabel ringkasan parameter planet Jovian

	Jupiter	Saturnus	Uranus	Neptunus
Jarak rata-rata dari Matahari	5,2 SA 778 juta km	9,5 SA 1430 juta km	19,2 SA 2870 juta km	30,1 SA 4500 juta km
Periode orbit (tahun)	11,86	29,46	84,1	165
Periode Rotasi (jam)	~ 10	~ 10	~ 17 (retrograde)	~ 16
Kemiringan sumbu rotasi	3.1° (tidak ada musim)	26.7° (ada musim)	98.0° (musim ekstrem)	29.0° (ada musim)
Massa (kg)	$1,9 \times 10^{27}$ 317 M_{Bumi}	$5,7 \times 10^{26}$ 94 M_{Bumi}	$8,7 \times 10^{25}$ 15 M_{Bumi}	$1,0 \times 10^{26}$ 17 M_{Bumi}
Jari-jari (km)	71400 11 R_{Bumi}	60270 9,4 R_{Bumi}	25600 4 R_{Bumi}	24750 3,9 R_{Bumi}
Kerapatan (g/cm^3)	1,3	0,7	1,3	1,6
Percepatan gravitasi (m/det^2)	24,8 (2,5 x Bumi)	10,8 (1,07 x Bumi)	9 (0,92 x Bumi)	11,6 (1,18 x Bumi)
Temperatur puncak-awan	125 K (-148 °C)	95 K (-178 °C)	60 K (-213 °C)	60 K (-213 °C)

Komet, Asteroid, dan Meteorit

Benda-benda kecil di tata surya mendiami rentang wilayah yang sangat lebar, dari berada dekat Matahari sampai daerah sekitar puluhan ribu SA. Mereka terdiri dari beberapa kelompok yang menghuni daerah orbit tertentu sepanjang revolusinya mengelilingi Matahari. Secara umum kelompok-kelompok itu adalah asteroid (sabuk utama, dekat Bumi), komet (periode pendek dan panjang, ekliptik dan isotropik), objek Kuiper (atau objek Trans-Neptunus), Centaurus (antara Jupiter dan Saturnus), objek hipotesis vulkanoid (antara Matahari dan Merkurius), dan awan Oort.

Komet dikenal lebih dahulu karena penampakkannya di langit dengan ekor yang terang menyala. Sementara itu asteroid baru ditemukan sekitar seabad lalu, yaitu pada tahun 1901. Benda-benda kecil lainnya ditemukan bahkan kurang dari 15 tahun yang lalu, misalnya objek Trans-Neptunus yang baru ditemukan pada tahun 1992, demikian juga dengan Centaurus.

Komet

Komet memiliki eksentrisitas orbit lebih dari 0.5 hingga mendekati 1 dan menjelajah dari beberapa SA hingga puluhan ribu SA. Ketika mendekati Matahari, komet akan mengeluarkan gas-debu dan plasma sehingga tampak seperti memiliki ekor. Ekor gas-debu umumnya lebih pendek (0.1 SA) daripada ekor plasma (1 SA). Komet memiliki inti tidak beraturan dan berukuran sekitar 10 km yang diselubungi koma, yang muncul saat mendekati Matahari akibat terpaan tekanan radiasi dan angin Matahari.

Melihat dari periode orbitnya, secara umum komet dikategorikan menjadi: komet periode pendek (periode orbitnya <200 tahun) dan komet periode panjang (periode >200 tahun). Komet Halley yang sangat terkenal (periode 76 tahun) dan komet keluarga Yupiter (periode <20 tahun) termasuk ke dalam komet-komet periode pendek. Sebagian komet akan mengakhiri hidupnya dengan ‘jatuh’ secara gravitasi ke Matahari. Komet-komet seperti ini disebut *sungrazing comets*. Sudut pandang lain terhadap klasifikasi komet adalah tinjauan terhadap sebaran komet yang dibagi menjadi ekliptik dan isotropik. Komet-komet ekliptik memiliki inklinasi orbit (i) yang tidak jauh dari ekliptika (rata-rata 11°) dan memiliki parameter Tisserand lebih dari 2. Contohnya komet-komet yang berasal dari daerah sabuk Kuiper dan keluarga Yupiter. Sedangkan komet-komet isotropik memiliki parameter Tisserand kurang dari 2. Contohnya komet-komet dari awan Oort yang periode orbitnya relatif lebih lama.

Asteroid

Ditinjau dari elemen orbitnya mengelilingi Matahari, asteroid di sabuk utama (antara Mars dan Jupiter), mengelompok pada daerah tertentu di antara daerah-daerah kosong. Kelompok asteroid ini disebut famili, misalnya famili Koronis, Themis, Eos, dan Eunomia, yang anggotanya dapat mencapai ratusan asteroid. Famili ini terbentuk dari hasil tumbukan terhadap asteroid induk yang berukuran besar kemudian hancur menjadi anggota famili yang memiliki evolusi dinamis serumpun.

Daerah-daerah kosong pada sabuk utama asteroid disebut daerah resonansi yang bersifat ‘melempar’. Hal ini akibat adanya pola resonansi sistem Matahari-Jupiter yang akan ‘melempar’ asteroid yang masuk secara gravitasi ke tempat lain. Dengan demikian kala hidup sebuah asteroid pada daerah resonansi tersebut sangat singkat sehingga praktis sukar sekali diamati. Sebaliknya, ada juga pola resonansi yang bersifat ‘menghimpun’, yang akan menahan gangguan gravitasi lain untuk membuyarkan kelompok asteroid. Beberapa daerah resonansi di bagian dalam sabuk utama menjadi ‘pelontar’ bagi keberadaan asteroid dekat Bumi. Diyakini secara dinamis asteroid dekat Bumi ini berasal dari sabuk utama dan membawa karakteristik yang sama dengan asteroid di bagian dalam sabuk utama.

Dari studi spektroskopi, diketahui bahwa permukaan asteroid dapat terdiri dari berbagai jenis. Ada yang dominan karbon (tipe C), silikat (tipe S), metal (tipe M), dan gelap/kerogen (tipe D). Studi spektroskopi ini sangat erat kaitannya dengan studi meteorit yang ternyata mengandung material sejenis. Hal ini diketahui dari kecocokan pantuan spektrum asteroid dan meteorit sehingga dikatakan memiliki tipe yang sama. Selain itu seperti layaknya planet, asteroid berotasi terhadap sumbu rotasinya sendiri.

Meteorit

Meteoroid adalah benda kecil dalam ruang antar planet di tata surya yang berukuran jauh lebih kecil daripada asteroid maupun komet namun lebih besar daripada bulir debu kosmik.

Meteor sering disaksikan sebagai pijaran sesaat di atmosfer atas Bumi pada ketinggian sekitar 80-110 km, saat meteoroid memasuki atmosfer. Bila tidak habis terbakar sepanjang perjalanannya di atmosfer dan sampai di permukaan Bumi, bebatuan ini dinamakan meteorit. Bebatuan yang berukuran 0.1 mm hingga beberapa cm akan habis di atmosfer seperti yang kita lihat sebagai hujan meteor. Bebatuan yang berukuran lebih dari 10 cm akan menjadi calon meteorit karena tidak habis terbakar di atmosfer. Terdapat lebih dari 3000 meteorit yang tercatat yang terbagi menjadi 3 jenis, yaitu batuan biasa (chondrites dan achondrites), batuan besi, dan besi. Sekitar 86 % meteorit adalah batuan biasa tipe chondrites.

MEKANIKA BENDA LANGIT

Hukum Gravitasi Newton

Hukum ini menyatakan: antara dua benda yang massanya masing-masing M_1 dan M_2 dan jarak antara keduanya adalah d maka akan terjadi gaya tarik gravitasi yang besarnya:

$$F_{gravitasi} = \frac{G M_1 M_2}{R^2}$$

F = gaya gravitasi (Newton)

G = tetapan gravitasi ($6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$)

M_1 dan M_2 = massa kedua benda yang berinteraksi

R = jarak pisah antara kedua planet

Dari Hukum Newton II, yaitu $F = m \cdot a$ dan a kita ganti dengan g dan F dari $F_{gravitasi}$ sebelumnya maka diperoleh:

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

Dimana g adalah percepatan gravitasi. Dapat diperoleh juga besar g_{bumi} adalah sebesar 9.8 m/s^2 .

Kecepatan Orbit (*Circular Velocity*)

Apabila suatu objek bergerak pada orbit berbentuk lingkaran dan mengelilingi objek yang lebih besar, maka objek tersebut memiliki kecepatan orbit konstan yang dinyatakan sebagai:

$$V_c = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

M = massa pusat orbit

R = jarak antara objek dengan M

Ketika orbit berbentuk elips maka persamaan ini juga masih berguna, yaitu untuk menentukan kecepatan orbit rata-rata.

Kecepatan Lepas (*Escape Velocity*)

Escape velocity adalah kecepatan minimum yang harus dipunyai oleh suatu benda yang ingin meninggalkan medan gravitasi suatu objek bermassa. Dimana:

$$\text{Energi potensial gravitasi } (E_p) = \frac{GMm}{R}$$

Untuk meninggalkan pengaruh gravitasi suatu planet, sebuah benda harus mempunyai energi kinetik $= \frac{1}{2}mv^2$. Energi kinetik ini besarnya sama dengan energi potensial gravitasi (E_p).

$$E_p = E_k \rightarrow \frac{GMm}{R} = \frac{1}{2}mv^2, \text{ maka } v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Hukum Kuadrat Kebalikan

Untuk menentukan besarnya gravitasi di suatu tempat dapat kita gunakan hukum kuadrat kebalikan:

Untuk $g_1 : \frac{GM}{R_1^2}$ dan $g_2 : \frac{GM}{R_2^2}$ diperoleh $g_2 = g_1 \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$

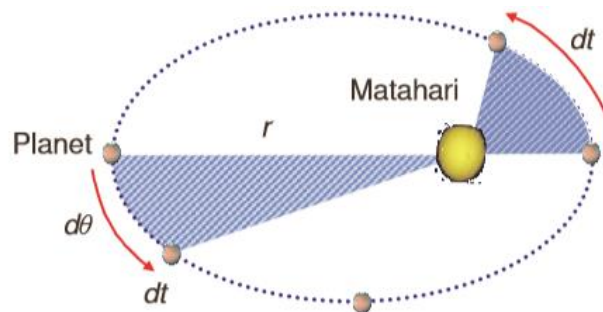
Hukum Kepler

Hukum Kepler I

Hukum Kepler I menyatakan bahwa Bumi mengelilingi Matahari dalam orbit berbentuk elips dan Matahari ada di salah satu titik api (fokus).

Hukum Kepler II

Hukum Kepler II menyatakan bahwa suatu garis khayal yang menghubungkan Matahari dengan planet menyapu luas juring yang sama dalam selang waktu yang sama.



Hukum Kepler II

Konsekuensi dari hukum ini adalah kelajuan revolusi planet tidak tetap, yaitu mencapai minimum ketika jaraknya ke Matahari mencapai maksimum (aphelium) dan kecepatan revolusi mencapai maksimum ketika jaraknya ke Matahari mencapai minimum (perihelium). Hal tersebut sebenarnya adalah konsekuensi dari kekekalan momentum sudut.

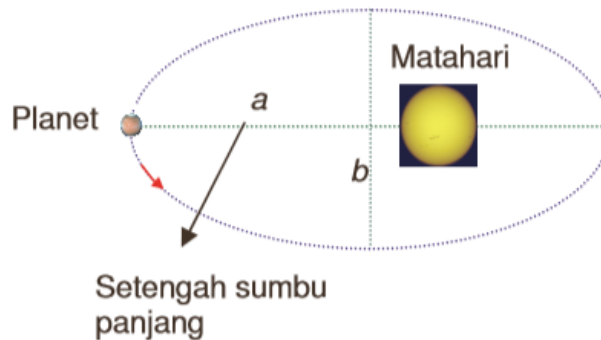
Hukum Kepler III

Hukum Kepler III atau hukum harmonik menyatakan bahwa perbandingan kuadrat periode terhadap pangkat tiga dari setengah sumbu panjang elips adalah sama untuk semua planet.

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{konstan}$$

T = periode yaitu waktu yang diperlukan oleh planet untuk melakukan satu revolusi

a = jarak planet ke Matahari



Hukum Kepler III

Jika T dalam tahun dan a dalam AU (SA) maka:

$$T^2 = a^3$$

Hukum Kepler berlaku bagi orbit yang berbentuk lingkaran karena lingkaran adalah elips yang eksentrisitasnya 0.

Dengan menggunakan mekanika Newton maka Hukum Kepler III dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(m + M)}$$

Dimana m dan M adalah massa 2 objek benda langit. Rumus di atas sangat berguna untuk menentukan massa objek di luar sistem tata surya.

Elips

Planet-planet yang mengelilingi Matahari memiliki orbit berbentuk elips. Eksentrisitas elips dinyatakan sebagai:

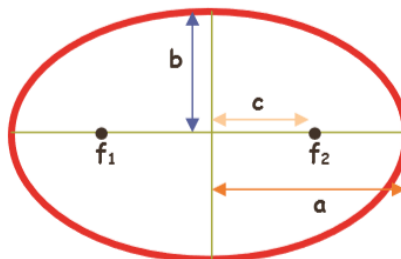
$$e = \frac{c}{a} \text{ atau } e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2}$$

e = eksentrisitas

$c = a^2 - b^2$

a = setengah sumbu mayor

b = setengah sumbu minor



Komponen orbit elips

f_1 dan f_2 = titik api/fokus elips

Dalam astronomi, perihelion (pe) = $a - c$; aphelion (ap) = $a + c$.

Sumber:

- Slide Pelatnas Kebumian Bidang Astronomi: BIG BANG, Kosmologi Modern dan Teori Big Bang
- Slide Pelantnas Kebumian: Pelatihan Olimpiade Geofisika 2007, Suhardja D. Wiramihardja, Program Studi Astronomi FMIPA Institut Teknologi Bandung.
- Gunawan, Hans. 2006. Modul Persiapan Menuju Olimpiade Sains Nasional Bidang: Astronomi.
- Palen, Stacey. 2002. Schaum's Outlines: Theory and Problems of Astronomy. The McGraw-Hill Companies, Inc.

SOAL

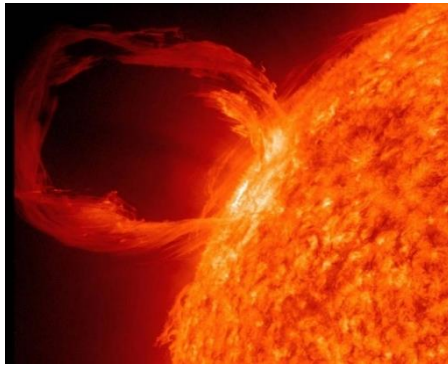
1. Berikut merupakan fakta yang benar mengenai tata surya, kecuali....
 - A. Tata surya terletak di salah satu lengan galaksi Bima Sakti
 - B. Jarak planet-planet Merkurius sampai dengan Uranus dari Matahari sesuai dengan hipotesis Titius-Bode
 - C. Semua orbit planet hampir berhimpit dengan bidang ekliptika
 - D. Hampir seluruh massa tata surya terdapat di Matahari
 - E. Enam dari sembilan planet berotasi berlawanan arah jarum jam
2. Pada tahun 1945, F.C. van Weizsacker menyatakan teori pembentukan tata surya yang berawal dari teori nebula Kant-Leplace. Berikut merupakan fakta yang telah berhasil dinyatakan oleh teori ini adalah....
 - A. Arah gerak rotasi dan revolusi planet-planet yang berlawanan jarum jam
 - B. Kecilnya harga momentum sudut pada planet-planet
 - C. Proses pembentukan satelit planet-planet
 - D. Perbedaan ukuran planet-planet
 - E. Pengaruh gaya gravitasi dan sentrifugal pada pembentukan protoplanet
3. Jenis meteorit yang komposisinya mirip dengan basalt dan dipercaya berasal dari Bulan dan Mars adalah...
 - A. Achondrite
 - B. Chondrite
 - C. Carbonaceous chondrite
 - D. Iron
 - E. Stony iron
4. Tata surya kita berada di Galaksi Bima Sakti, tepatnya di lengan....
 - A. Norma
 - B. Sagittarius
 - C. Cygnus
 - D. Perseus
 - E. Orion
5. Urutan suhu lapisan penyusun Matahari mulai dari yang paling panas adalah....
 - A. Fotosfer-kromosfer-korona
 - B. Fotosfer-korona-kromosfer
 - C. Korona-fotosfer-kromosfer
 - D. Korona-kromosfer-fotosfer
 - E. Kromosfer-korona-fotosfer
6. Pada saat siang hari, suhu permukaan Merkurius dapat mencapai 500°C. Sementara pada malam hari suhunya dapat mencapai -183°C. Perbedaan suhu yang sangat ekstrem ini disebabkan oleh....
 - A. Atmosfir Merkurius yang sangat tipis dan hanya mengandung CO₂
 - B. Jarak Merkurius yang sangat dekat dengan Matahari, yaitu sekitar 0.7 SA
 - C. Rotasi Merkurius yang sangat lambat, yaitu sekitar 59 hari
 - D. B dan C benar
 - E. Semua benar

7. Pasangan benda langit yang nampak sebagai planet ganda yang saling mengitari padahal merupakan sistem planet-satelit adalah...
 - A. Bumi-Bulan
 - B. Mars-Phobos
 - C. Mars-Deimos
 - D. Saturnus-Titan
 - E. Pluto-Charon
8. Satuan Astronomi (SA) atau *Astronomical Unit* (AU) merupakan besar jarak rata-rata Bumi-Matahari. Satuan ini seringkali digunakan untuk menyatakan jarak dari satu benda langit ke benda langit lainnya dengan jarak Bumi-Matahari sebagai acuan. Jika jarak Bumi-Matahari dinyatakan sebesar 1 SA maka kita dapat menentukan jarak Jupiter-Matahari yaitu sekitar....
 - A. 2.8 SA
 - B. 4.8 SA
 - C. 5.2 SA
 - D. 10 SA
 - E. 19.6 SA
9. Berikut merupakan pernyataan yang benar mengenai hari sideris adalah....
 - A. Merupakan interval waktu dari saat Matahari terbit ke Matahari terbit berikutnya atau dari Matahari terbenam ke Matahari terbenam berikutnya
 - B. Waktu Sideris Lokal didefinisikan sebagai sudut jam vernal equinox
 - C. Lama waktu sideris adalah 24 jam
 - D. Cara menentukan waktu sideris adalah dengan mengukur sudut jam ke arah timur dari titik sigma ke titik Aries
 - E. Panjang hari sinodis berubah-ubah karena bergantung pada eksentrisitas orbit Bumi terhadap Matahari
10. Planet Jovian yang memiliki densitas yang rendah hingga apabila ditaruh di dalam air maka planet tersebut akan mengapung di atas air adalah....
 - A. Jupiter
 - B. Saturnus
 - C. Uranus
 - D. Neptunus
 - E. Tidak ada planet yang dapat mengapung di atas air
11. Planet di tata surya yang memiliki jumlah satelit kedua terbanyak adalah...
 - A. Mars
 - B. Jupiter
 - C. Saturnus
 - D. Uranus
 - E. Neptunus
12. Berikut planet-planet di tata surya yang memiliki cincin, yaitu....
 - A. Saturnus saja
 - B. Saturnus, Uranus, Neptunus
 - C. Jupiter, Uranus, Saturnus
 - D. Jupiter, Saturnus, Neptunus

- E. Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus
13. Urutan planet di tata surya dari yang terbesar ke terkecil adalah....
- A. Jupiter-Saturnus-Neptunus-Uranus-Bumi-Venus-Mars-Merkurius
 - B. Jupiter-Saturnus-Uranus-Neptunus-Venus-Bumi-Merkurius-Mars
 - C. Jupiter-Uranus-Saturnus-Neptunus-Bumi-Mars-Venus-Merkurius
 - D. Jupiter-Saturnus-Uranus-Neptunus-Bumi-Venus-Mars-Merkurius
 - E. Jupiter-Saturnus-Uranus-Neptunus-Venus-Bumi-Merkurius-Mars
14. Komet periode pendek adalah....
- A. Komet dengan periode kurang dari 200 tahun
 - B. Komet dengan periode antara 200 hingga 500 tahun
 - C. Komet dengan periode kurang dari setahun
 - D. Komet dengan periode kurang dari 100 tahun
 - E. Komet dengan periode kurang dari 50 tahun
15. Ekor komet....
- A. Terdiri dari ekor debu dan ekor ion dalam awan hidrogen
 - B. Terdiri hanya ekor debu saja
 - C. Terdiri hanya ekor ion saja
 - D. Terdiri ekor debu yang lebih panjang dari ekor ion
 - E. Ekor debu yang lebih pendek dari ekor ion
16. Perbedaan antara atmosfer planet Bumi dengan angkasa dua planet terrestrial Mars dan Venus adalah....
- A. Kadar nitrogen Bumi jauh lebih banyak dibandingkan dengan keduanya
 - B. Kadar hidrogen di Bumi lebih sedikit
 - C. Hanya Bumi mengandung oksigen sedang keduanya tidak terdapat oksigen
 - D. Kadungan utama di Bumi adalah CO₂
 - E. Kadar helium di Bumi lebih sedikit
17. Gunung tertinggi di tata surya terdapat di....
- A. Bumi, planet terrestrial terbesar
 - B. Bulan, karena sudah tidak ada aktivitas lempeng tektonik
 - C. Mars, planet terrestrial terjauh dari Matahari
 - D. Venus, karena selimut angkasanya sangat tebal
 - E. Merkurius, karena paling dekat dengan Matahari
18. Awan Oort dalam tata surya adalah....
- A. Lokasi hipotetik sarang komet periode pendek
 - B. Sarang objek Kuiper Belt Object (KBO)
 - C. Kawasan yang dicapai oleh komet periode panjang (1000 hingga 10000 SA)
 - D. Awan tempat pembentukan planet
 - E. Tempat pembuangan debu dan gas tata surya
19. Kerapatan planet Bumi...
- A. Sekitar dua kali lebih kecil dari kerapatan Bulan
 - B. Sekitar dua kali lebih besar dari kerapatan Bulan
 - C. Sama besar dengan kerapatan Bulan

- D. Sekitar lima kali lebih besar dari kerapatan Bulan
- E. Sekitar lima kali lebih kecil dari kerapatan Bulan

20.



Peristiwa pada gambar di atas disebabkan oleh....

- A. Rotasi Matahari
 - B. Rotasi galaksi
 - C. Medan magnetik yang berasosiasi dengan bintang Matahari
 - D. Medan magnetik Bumi
 - E. Revolusi Matahari mengelilingi galaksi
21. Berapakah kecepatan minimum bagi Apollo 11 untuk meninggalkan Bumi? (Massa Bumi = 5.97×10^{24} kg, tetapan gravitasi $G = 6.67 \times 10^{-11}$ m³/kg/s², jari-jari Bumi = 6378 km)
- A. 10 km/s
 - B. 10.5 km/s
 - C. 11 km/s
 - D. 11.2 km/s
 - E. 11.5 km/s
22. Sebuah asteroid bergerak mendekati Matahari pada posisi perihelion pada jarak 2 AU dan pada saat aphelion pada jarak 4 AU. Berapakah periode asteroid tersebut?
- A. 5 tahun
 - B. 5.1 tahun
 - C. 5.2 tahun
 - D. 5.3 tahun
 - E. 5.4 tahun
23. Berdasarkan soal No. 22 maka besar eksentrisitas lintasan orbit asteroid tersebut adalah sebesar....
- A. 0.25
 - B. 0.27
 - C. 0.3
 - D. 0.33
 - E. 0.4
24. Jika di tata surya terdapat sekitar 7000 asteroid dan diasumsikan massa setiap asteroid adalah sebesar 10^{17} kg dan memiliki densitas 3000 kg/m³. Maka berapakah volume planet yang mungkin terbentuk dari semua asteroid tersebut?
- A. 2.0×10^{18} m³

- B. $1.96 \times 10^{17} \text{ m}^3$
 - C. $2.33 \times 10^{17} \text{ m}^3$
 - D. $1.67 \times 10^{18} \text{ m}^3$
 - E. $2.67 \times 10^{17} \text{ m}^3$
25. Berapakah kecepatan orbit (*circular orbit*) suatu pesawat luar angkasa yang berada pada ketinggian 300 km di atas permukaan Bumi?
- A. 7.72 km/s
 - B. 7.87 km/s
 - C. 8.21 km/s
 - D. 8.47 km/s
 - E. 6.32 km/s
26. Apa yang terjadi pada periode orbit sebuah sistem bintang kembar jika jarak di antara kedua bintang ditingkatkan menjadi dua kali lipat?
- A. 1.5 kali periode awal
 - B. 1.9 kali periode awal
 - C. 2.2 kali periode awal
 - D. 2.5 kali periode awal
 - E. 2.8 kali periode awal
27. Tekanan atmosfer Bumi....
- A. Lebih rendah dari Venus dan Mars
 - B. Lebih tinggi dari Venus dan Mars
 - C. Antara Venus dan Mars
 - D. Sama dengan Mars dan lebih rendah dari Venus
 - E. Sama dengan Venus karena ukuran dan massanya hampir sama dengan Bumi
28. Berikut merupakan bukti dari teori Big Bang, kecuali...
- A. Terjadi pergeseran *redshift* pada galaksi-galaksi
 - B. Ditemukan sisa radiasi gelombang mikro kosmik (CMB)
 - C. Adanya kelebihan unsur-unsur ringan seperti hidrogen dan helium
 - D. B dan C
 - E. Tidak ada pernyataan yang salah
29. Urutan cincin Jupiter dari yang terdalam ke yang terluar adalah....
- A. Main ring-the Amalthea gossamer ring-the Thebe gossamer ring-halo ring
 - B. Main ring-the Thebe gossamer ring-the Amalthea ring-halo ring
 - C. Halo ring-the Amalthea gossamer ring-the Thebe gossamer ring-main ring
 - D. Halo ring-main ring-the Amalthea gossamer ring-the Thebe gossamer ring
 - E. The Amalthea gossamer ring-the Thebe gossamer ring-main ring-halo ring
30. Cincin Jupiter pada No. 29 tersebut ditemukan pertama kali oleh...
- A. Voyager 1
 - B. Voyager 2
 - C. Hubble Space Telescope
 - D. Mariner 2
 - E. New Horizons