



BUMI DAN ANTARIKSA (PSD 121)

MODUL 6

TEORI PEMBENTUKAN TATA SURYA

DISUSUN OLEH

HARLINDA SYOFYAN, S.Si., M.Pd

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2018

TEORI PEMBENTUKAN TATA SURYA

A. Pendahuluan

Terdapat beberapa teori yang mencoba menerangkan terbentuknya tata surya. Beberapa diantaranya yang cukup terkenal adalah Teori Kabut atau Teori Nebula, Teori Planetesimal, Teori Bintang Kembar, dan Teori Proto Planet. Dari fakta-fakta pengamatan yang menunjukkan bahwa Planet-Planet terletak hampir pada bidang datar di sekitar Matahari, maka pembentukan anggota tata surya dalam hal ini Planet-Planet diduga dari wujud yang sama dengan Matahari atau terbentuk dari Matahari. Apa perbedaan dari teori-teori tersebut? Teori mana yang paling logis untuk diterima? Menurut teori Nebula, mula-mula di jagat raya ini ada sebuah Nebula yang baur dan hampir bulat. Nebula ini berotasi dengan lambat dan turbulen. Karena pergerakan rotasinya sangat lambat, maka Nebula ini kemudian menyusut. Menurut teori planetesimal, Matahari telah ada sebelum terbentuknya tata surya sebagai salah satu Bintang yang banyak terdapat di langit. Pada suatu saat, Matahari berpapasan pada jarak yang tidak terlalu jauh dengan sebuah Bintang lain. Karena adanya tarikan gravitasi Bintang tersebut, maka sebagian bahan pada Matahari (mirip lidah api raksasa) tertarik ke arah Bintang itu. Ketika Bintang yang berpapasan tersebut menjauh kembali, sebagian lidah api raksasa tersebut jatuh kembali ke Matahari dan sebagian lagi terhambur menjadi gumpalan-gumpalan kecil atau Planetesimal. Sedangkan menurut teori bintang kembar, dulunya Matahari diprediksi merupakan Bintang kembar. Kemudian Bintang yang satu meledak menjadi kepingan-kepingan kecil, dan karena adanya pengaruh gravitasi dari Bintang yang satunya lagi, maka kepingan-kepingan tersebut bergerak mengitari Bintang tersebut dan menjadi Planet-Planet. Bintang yang satu lagi yang dikelilingi kepingan-kepingan sekarang bernama Matahari. Dan menurut teori proto plasma yang saat ini lebih populer, tata surya terbentuk dari gumpalan awan gas dan debu sehingga teori ini dikenal juga sebagai teori awan debu.

Pemikiran ke arah itu didasari oleh fakta yang menunjukkan bahwa di jagat raya banyak ditemukan gumpalan awan seperti itu. Planet-planet anggota tata surya memiliki karakteristik yang beragam, baik ukurannya, komposisi unsur penyusunnya, maupun posisi lintasan edar dan periode revolusinya. Berdasarkan posisi, ukuran dan komposisi unsur pembentuknya, planet-planet dibagi dalam beberapa kelompok, yaitu ; *Pertama*, Pengelompokkan planet atas dasar planet Bumi sebagai pembatas. Atas dasar pengelompokkan ini, terdapat dua kelompok planet yaitu planet Inferior dan planet Superior. *Kedua*, Pengelompokkan Planet atas dasar lintasan Asteroid sebagai pembatas. Atas dasar pengelompokkan ini, terdapat dua kelompok Planet yaitu kelompok planet Dalam (*inner Planets*) dan planet Luar (*outer Planets*). *Ketiga*, Pengelompokkan planet atas dasar ukuran dan komposisi bahan penyusunnya. Atas dasar pengelompokkan ini, terdapat dua kelompok planet yaitu kelompok *planet terrestrial* dan *planet Jovian*. *Planet terrestrial* adalah planet-planet yang ukuran dan komposisi bahan penyusunnya (batuan) mirip dengan planet Bumi. *Planet Jovian*, disebut juga Planet Raksasa adalah planet-planet yang ukurannya besar dan komposisi bahan penyusunnya mirip dengan planet Jupiter, yaitu terdiri dari sebagian besar es dan gas hydrogen.

B. Kompetensi Dasar

Mahasiswa mampu memahami teori pembentukan tata surya

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

1. Menjelaskan Teori asal-asulnya terjadinya alam semesta.
2. Menjelaskan Asal terbentuknya tata surya.
3. Mengidentifikasi Model-model tata surya.
4. Menjelaskan Teori geosentris dan heliosentris.

D. Kegiatan Belajar 1

TEORI PEMBENTUKAN TATA SURYA

I. URAIAN DAN CONTOH

A. TEORI PEMBENTUKAN TATA SURYA

Dari fakta-fakta yang menunjukkan bahwa Planet-Planet terletak hampir pada bidang datar di sekitar Matahari, maka pembentukan anggota tata surya dalam hal ini Planet-Planet diduga dari wujud yang sama dengan Matahari atau terbentuk dari Matahari. Terdapat beberapa teori yang mencoba menerangkan terbentuknya tata surya. Beberapa diantaranya yang cukup terkenal adalah Teori Kabut atau Teori Nebula, Teori Planetesimal, Teori Bintang Kembar, dan Teori Proto Planet.

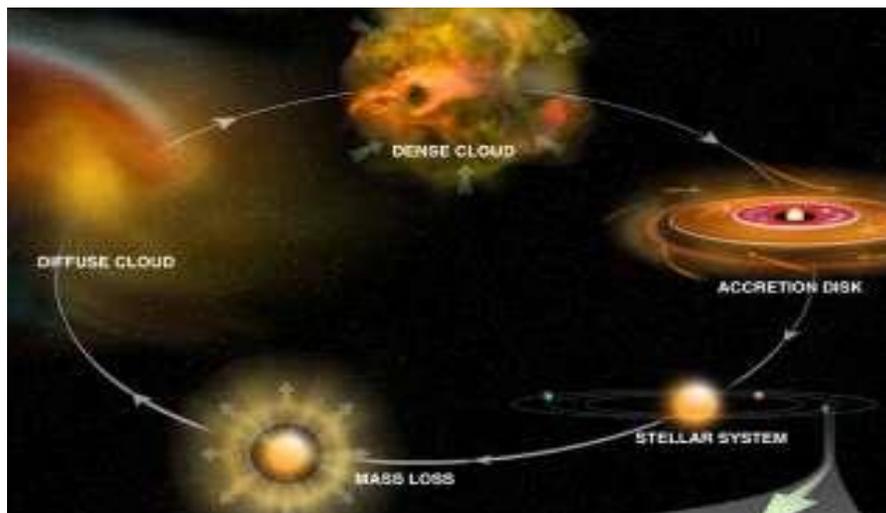
1. Teori Nebula atau Teori Kabut

Bagaimana tata surya terbentuk menurut teori Nebula? Nebula adalah kabut yang terdiri dari gas (terutama gas helium dan hidrogen) dan partikel-partikel angkasa lainnya. Pada tahun 1755 seorang filsuf Jerman bernama Immanuel Kant mengajukan teori kabut ini. Pada tahun 1796, seorang ahli matematika terkenal dari Prancis yang bernama Simon de Laplace mengusulkan teori kabut yang hampir sama. Oleh karena itu, teori kabut dikenal juga dengan teori Kant-Laplace.

Menurut teori ini, mula-mula di jagat raya ini ada sebuah Nebula yang baur dan hampir bulat. Nebula ini berotasi dengan lambat dan turbulen. Karena pergerakan rotasinya sangat lambat, maka Nebula mulai menyusut. Sebagai hasil penyusutan dan rotasinya, terbentuklah sebuah cakram Nebula yang ditengah-tengahnya datar. Proses penyusutan tersebut terus berlanjut dan akhirnya Matahari terbentuk di pusat cakram. Cakram berputar makin lama makin cepat, sehingga bagian-bagian tepi cakram terlepas membentuk gelang-gelang bahan. Selanjutnya bahan dalam gelang-gelang memadat menjadi planet-planet yang berevolusi dalam orbit hampir melingkar mengitari Matahari. Teori Nebula dipandang sukses dalam menjelaskan tata surya datar, yaitu bidang orbit Planet-Planet mengitari Matahari hampir merupakan bidang datar. Teori ini juga dipandang sukses dalam menjelaskan mengapa planet-planet berevolusi dalam arah yang seragam. Ide untuk menjelaskan bidang tata surya hampir datar didasarkan pada hukum kekekalan momentum sudut. Contoh terkenal untuk memahami hal ini adalah gerak rotasi seorang pemain sepatu es

(sepatu luncur). Pemain es mula-mula berotasi dengan merentangkan kedua lengannya, jika ketika sedang berotasi kemudian pemain tersebut menarik kedua lengannya hingga terlipat, maka laju rotasinya akan bertambah, karena momentum sudutnya tetap. Mirip dengan peristiwa itu, ketika sebuah Nebula yang sedang berotasi perlahan-lahan ukurannya menyusut, maka Nebula tersebut akan berotasi dengan kelajuan yang lebih cepat dan akan runtuh ke bawah sepanjang poros putarnya dan membentuk suatu bidang cakram datar, yang sering disebut tata surya datar. Seberapa lama teori dapat bertahan dan menjadi pegangan orang-orang?

Seratus tahun kemudian, ahli Fisika terkenal berkebangsaan Inggris, James Clerk Maxwell dan Sir James Jeans melakukan sanggahan terhadap teori ini dengan cara menunjukkan bahwa massa bahan dalam gelang-gelang tidak cukup untuk menghasilkan tarikan gravitasi sehingga memadat menjadi planet-planet. Sanggahan lain terhadap teori Nebula juga datang dari astronom F. R. Moulton dari Chicago pada penghujung abad 19. Ia menyatakan bahwa teori ini bertentangan dengan kaidah fisika, yaitu yang seharusnya memiliki momentum sudut paling besar adalah planet-planet, dan bukannya Matahari. Menurut teori Nebula, Matahari memiliki momentum sudut paling besar karena memiliki massa paling besar.



Gambar 1. Teori Nebula

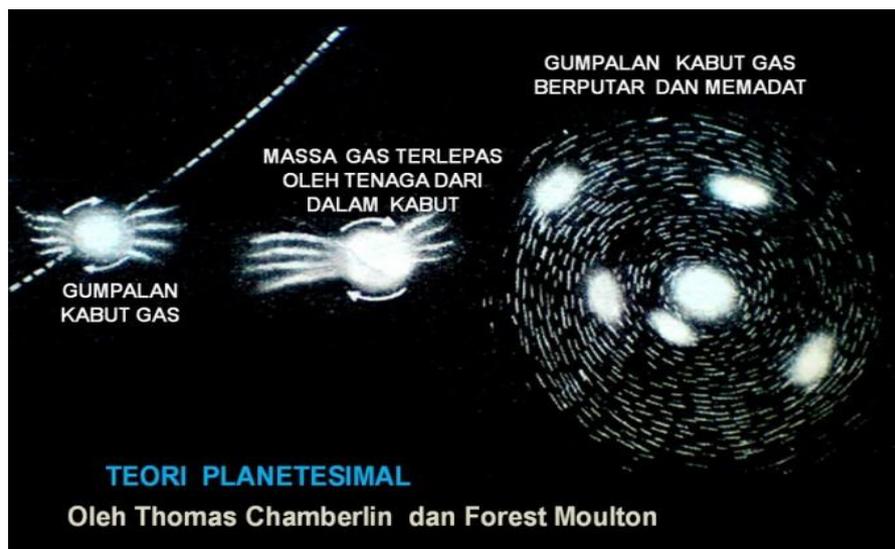
Sumber: www.google.ac.id

2. Teori Planetesimal

Bagaimana terbentuknya tata surya menurut teori Planetesimal? Teori ini diajukan oleh ahli geologi berkebangsaan Amerika yang bernama T. C. Chamberlein bersama rekannya ahli astromi yang bernama Moulton pada awal abad ke 20. Planetesimal dapat diartikan sebagai planet kecil. Menurut teori ini, Matahari telah ada sebelum terbentuknya tata surya sebagai salah satu Bintang yang banyak terdapat di langit. Pada suatu saat, Matahari berpapasan pada jarak yang tidak terlalu jauh dengan sebuah Bintang lain. Karena adanya tarikan gravitasi Bintang tersebut, maka sebagian bahan pada Matahari (mirip lidah api raksasa) tertarik ke arah Bintang itu. Ketika Bintang yang berpapasan tersebut menjauh kembali, sebagian lidah api raksasa tersebut jatuh kembali ke matahari dan sebagian lagi terhambur menjadi gumpalan-gumpalan kecil atau

Planetesimal. Planetesimal-Planetesimal tersebut kemudian melayang-layang di angkasa sebagai benda-benda dingin dalam orbit mengitari Matahari. Akibat adanya tumbukkan dan tarikan gravitasi, Planetesimal yang lebih besar menyapu yang lebih kecil bergabung membentuk planet-planet.

Tetapi kemudian sanggahan terhadap teori ini datang dari beberapa ahli astronomi. Menurut para astronom, kebanyakan bahan-bahan yang dihamburkan dari Matahari berasal dari bagian dalam Matahari yang bersuhu sangat tinggi yaitu dapat mencapai $1.000.000^{\circ}\text{C}$. Karena suhu yang sangat tinggi ini, maka gas-gas yang dihamburkan dari Matahari akan terpencair ke seluruh ruang angkasa akibat ledakan hebat, dan bukannya memadat menjadi planet-planet seperti yang dinyatakan oleh teori Planetesimal.



Gambar 2. Teori Planetesimal

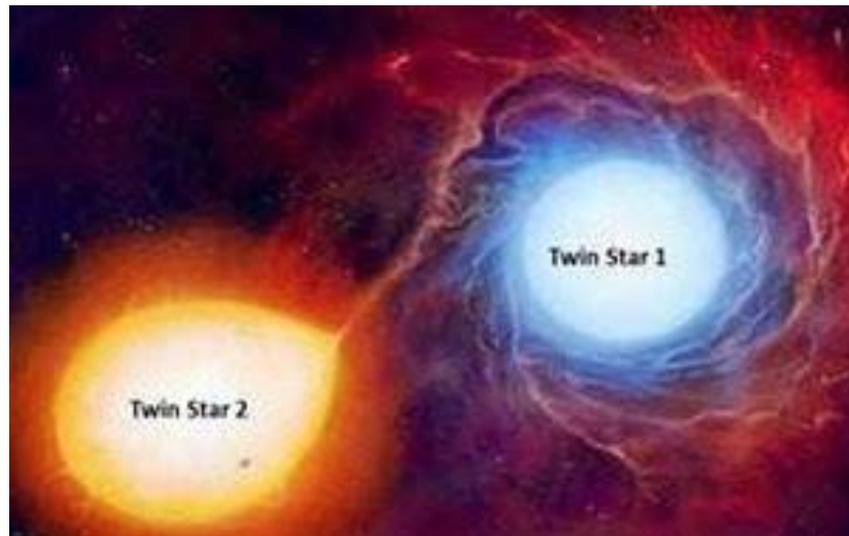
Sumber: www.google.ac.id

3. Teori Bintang Kembar

Bagaimana terbentuknya tatasurya menurut teori ini? Teori Bintang kembar hampir sama dengan teori Planetesimal. Teori ini diusulkan pada tahun 1930-an. Dulunya Matahari diprediksi merupakan Bintang kembar. Kemudian Bintang yang satu meledak menjadi kepingan-kepingan kecil, dan karena adanya pengaruh gravitasi dari Bintang yang satunya lagi, maka kepingan-kepingan tersebut bergerak mengitari Bintang tersebut dan menjadi planet-planet. Bintang yang satu lagi yang dikelilingi kepingan-kepingan sekarang bernama Matahari.

Ada dua kesimpulan yang dapat diambil dari penjelasan mengenai proses terbentuknya bumi, yaitu:

- Bumi berasal dari suatu gumpalan kabut raksasa yang meledak dahsyat, kemudian membentuk galaksi dan nebula. Setelah itu, nebula membeku membentuk galaksi bima sakti,
- Tiga tahap proses pembentukan bumi yaitu, mulai dari awal bumi terbentuk, diferensiasi sampai bumi mulai terbagi ke dalam berbagai zina atau lapisan, yaitu inti dalam, inti luar, mantel dalam, mantel luar dan kerak bumi.

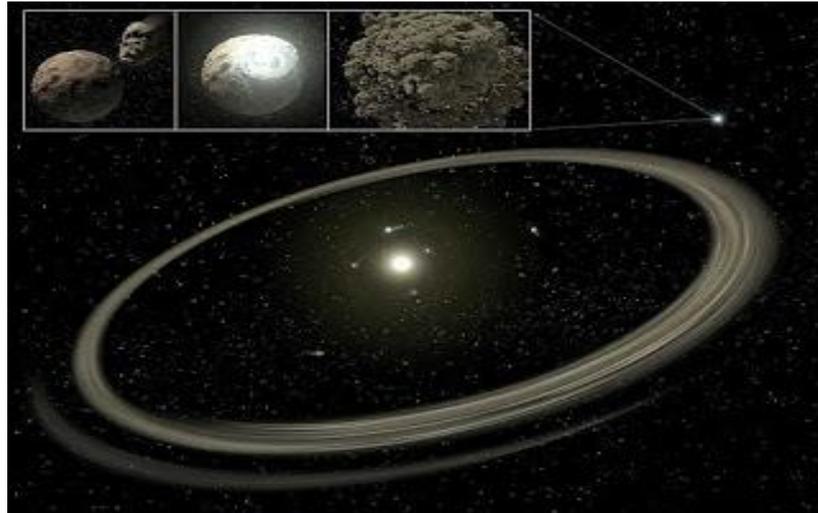


Gambar 3. Teori Bintang Kembar

Sumber: www.google.ac.id

4. Teori Proto Planet

Teori Proto Planet merupakan teori yang populer saat ini. Bagaimana terbentuknya tatasurya menurut teori ini? Proto adalah kata pada bahasa Yunani yang berarti primitif. Teori ini pada awalnya dikemukakan oleh seorang astronom Jerman yang bernama Carl Von Weizsäcker pada tahun 1940, yang kemudian disempurnakan lagi oleh astronom lain, yaitu Gerard P. Kuiper pada tahun 1950, Subrahmanyan Chandrasekhar, dan lain-lain. Pada dasarnya teori ini menyatakan bahwa tata surya terbentuk dari gumpalan awan gas dan debu sehingga teori ini dikenal juga sebagai teori awan debu. Dasar pemikiran ke arah itu adalah adanya fakta yang menunjukkan bahwa di jagat raya banyak ditemukan gumpalan awan seperti itu. Lebih dari lima milyar tahun yang lalu, salah satu gumpalan awan itu mengalami pemampatan. Pada proses pemampatan tersebut, partikel-partikel debu tertarik ke dalam menuju pusat awan membentuk gumpalan bola dan mulai berotasi. Seperti pada ilustrasi pemain sepatu es, begitu partikel-partikel debu yang berada di pinggir tertarik ke dalam, maka laju rotasi gumpalan awan harus bertambah agar momentum sudut gumpalan bernilai tetap. Karena rotasinya yang makin cepat, maka gumpalan tersebut akan mulai memipih (mendatar) menyerupai bentuk cakram, yaitu tebal di bagian tengah dan tipis di bagian tepi. Hukum ketiga Kepler menyatakan bahwa di bagian tengah harus berotasi lebih cepat dari pada di bagian pinggir. Akibatnya partikel-partikel yang berada di bagian tengah akan saling menekan dan menimbulkan panas dan berpijar. Bagian tengah yang berpijar ini disebut Proto Sun (Bakal Matahari), yang pada akhirnya menjadi Matahari. Bagian tepi atau bagian yang lebih luar berotasi sangat cepat, sehingga terpecah-pecah menjadi banyak gumpalan gas dan debu yang lebih kecil. Gumpalan kecil ini disebut Proto Plasma juga berotasi, dan akhirnya memadat menjadi planet-Planet dan Satelit-Satelitnya.

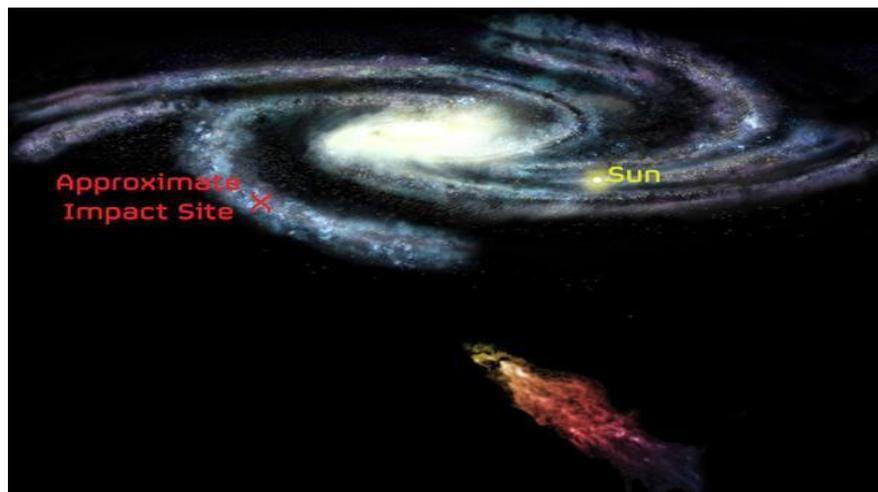


Gambar 4. Teori Proto Planet

Sumber: www.google.ac.id

5. Teori Kondensasi

Teori ini menjelaskan bahwa tata surya terbentuk dari proses pemampatan gumpalan awan gas dan debu angkasa. Pada proses pemampatan itu partikel debu tertarik ke bagian pusat awan, kemudian membentuk gumpalan bola yang dapat berputar. Kemudian, gumpalan gas memipih menyerupai bentuk cakram, yaitu tebal di bagian tengah dan lebih tipis di bagian tepinya. Partikel-partikel di bagian tengah cakram mempunyai tekanan yang lebih tinggi sehingga menimbulkan panas dan berpijar, yang pada akhirnya menjadi Matahari. Sedangkan bagian yang paling luar berputar sangat cepat sehingga terpecah menjadi gumpalan gas dan debu yang lebih kecil, dan membentuk planet beserta benda langit lainnya.



Gambar 5. Teori Kondensasi

Sumber: www.google.ac.id

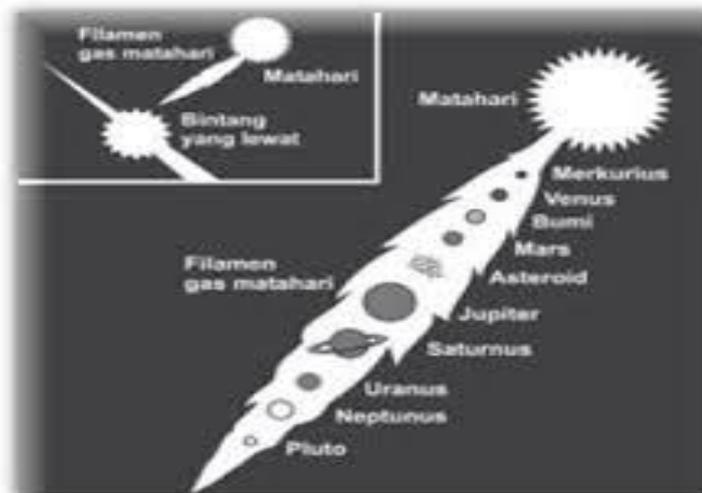
6. Teori Pasang Surut

Teori pasang surut pertama kali disampaikan oleh Buffon. Buffon menyatakan bahwa tata surya berasal dari materi matahari yang terlempar akibat

bertumbukan dengan sebuah komet. teroru pasang surut yang disampaikan Buffon kemudia diperbaiki oleh James H. Jeans dan Harold Jefferys pada tahun 1919. Menurut teori ini ratusan juta tahun yang lalu ada sebuah bintang yang bergerak mendekati matahari dan kemudian menghilang. pada saat itu sebagian matahari tertarik dan lepas. Bagian dari matahari yang lepas ini kemudian membentuk planet-planet.

Dalam teori ini sebuah bintang besar mendekati matahari dalam jarak pendek, sehingga menyebabkan terjadinya pasang surut pada tubuh matahari, saat matahari itu masih berada dalam keadaan gas. terjadinya pasang surut air laut yang kita kenal di Bumi ukuranya sangat kecil. Penyebabnya adalah kecilnya massa bulan dan jauhnya jarak bulan ke Bumi. tetapi, jika sebuah bintang yang bermassa hampir sama dengan matahari mendekati matahari, maka akan terbentuk semacam gunung-gunung gelombang raksasa pada tubuh matahari yang disebabkan oleh gaya tarik bintang tadi. gunung-gunung tersebut akan mencapai tinggi yang luar biasa membentuk semacam lidah pijar yang besar sekali, menjulur dari massa matahari tadi dan merentang ke arah bintang besar itu. Dalam lidah yang panas ini terjadi perapatan gas-gas dan akhirnya kolom-kolom ini akan pecah, lalu berpisah menjadi benda-benda tersendiri, yaitu planet-planet.

Agak mirip dengan teori planetesimal, memaparkan bintang yang mendekat ke arah Matahari. Karena gaya tarikan dari bintang maka terjadilah pasang pada permukaan Matahari, atau terbentuk tonjolan ke arah bintang. Dengan menjauhnya bintang tonjolan tersebut, akhirnya terputus dan membentuk gumpalan di sekitar Matahari. Gumpalan itu kemudian membeku dan terbentuklah planet beserta satelitnya.



Gambar 6. Teori Pasang Surut

Sumber: www.google.ac.id

7. Teori Big Bang

Teori ini dikembangkan oleh George Lemaitre. Menurut teori ini pada mulanya alam semesta adalah "primeval atom" yang berisi semua materi dalam keadaan yang sangat padat. Suatu ketika materi ini meledak dan seluruh materinya terlempar ke ruang alam semesta.

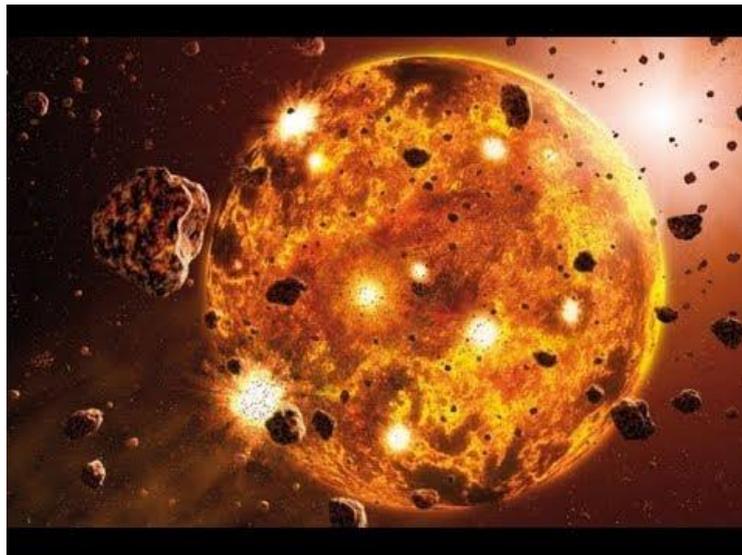
Teori Big Bang atau ledakan besar adalah teori terbentuknya alam semesta yang paling terkenal dan paling masuk akal. Teori ini menyatakan bahwa alam

semesta ini berasal dari kondisi super padat dan panas, yang kemudian meledak dan mengembang sekitar 13.700 juta tahun yang lalu. Big Bang adalah teori yang paling banyak didukung oleh sederetan bukti ilmiah sehingga dapat diterima oleh semua kalangan baik para ilmuwan maupun orang awam. Uniknya, teori ini juga dapat menentukan akhir dari alam semesta.

Teori Big Bang pertama kali ditemukan oleh Abbe Georges Lemaitre, seorang kosmolog asal Belgia pada tahun 1920-an. Menurutnya, alam semesta ini mulanya berasal dari gumpalan superatom yang berbentuk bola api kecil dengan ukuran sangat kecil. Gumpalan itu semakin lama semakin memadat dan memanas, kemudian meledak dan memuntahkan seluruh isi dari alam semesta. Big Bang melepaskan sejumlah besar energi di alam semesta yang kemudian membentuk seluruh materi alam semesta dan kemudian berkembang hingga menjadi bentuk yang sekarang ini dan akan terus berkembang.

Atom hidrogen terbentuk bersamaan saat energi dari Big Bang meluas keluar. Atom hidrogen tersebut terus bertambah banyak dan berkumpul membentuk debu dan awan hidrogen atau biasa disebut nebula. Awan hidrogen tersebut bertambah padat dan memanas hingga temperatur jutaan derajat celsius. Awan hidrogen ini menjadi bahan pembentuk bintang-bintang di alam semesta. Setelah terbentuk banyak bintang, bintang tersebut berkumpul membentuk kelompok yang kemudian disebut galaksi. Dari galaksi, lahirlah milyaran tata surya. Salah satunya adalah yang kita tinggali sekarang ini.

Teori Big Bang juga menjelaskan bahwa alam semesta memiliki siklus yang berulang. Pada suatu titik, alam semesta akan berhenti mengembang dan malah menyusut. Semua akan ditarik dan menyisakan lubang hitam besar. Inilah yang disebut dengan Big Crunch, yang merupakan kelanjutan teori dari Big Bang. Menurut teori Big Crunch, alam semesta tidak akan mengalami akhir karena ia membentuk sebuah siklus. Ia akan meledak, mengembang, menyusut, lalu menghilang dan terus menerus seperti itu. Dalam kata lain, alam semesta akan bereinkarnasi.



Gambar 7. Teori Big Bang

Sumber: www.google.ac.id

8. Teori Creatio Continua

Teori ini dikembangkan oleh Fred Hoyle, Bendi dan Gold. menurut teori ini saat diciptakan alam semesta tidak ada. Alam semesta ini selamanya ada dan akan tetap ada, atau dengan kata lain alam semesta ini tidak pernah bermula dan tidak akan berakhir. Pada setiap saat ada partikel yang dilahirkan dan tidak akan berakhir. Pada setiap partikel yang dilahirkan dan ada yang lenyap. Partikel-partikel tersebut kemudian mengembun menjadi kabut-kabut spiral dengan bintang-bintang dan jasad-jasad alam semesta., maka jumlah materi semakin bertambah dan menyebabkan pemuaiian



Gambar 8. Teori Creatio Continua

Sumber: www.google.ac.id

9. Teori G.P Kuiper

Pada tahun 1950 G.P Kuiper mengemukakan teori yang mengatakan bahwa matahari serta semua planet berasal dari gas purba yang ada di ruang angkasa. Pada saat ini terdapat banyak kabut gas dan diantara kabut terlihat dalam proses melahirkan bintang kabut yang tipis karena gaya gravitasi antarmolekul dalam kabut itu semakin lama memampatkan diri menjadi massa yang semakin padat. Selanjutnya terjadi gerakan berputar yang memipihkan dan memadatkan gas kabut itu. Satu atau dua materi memadat di tengah menjadi matahari sedangkan gumpalan yang kecil akan melesat lingkungan sekitarnya menjadi planet-planet.



Gambar 9. Teori Kuiper

Sumber: www.google.ac.id

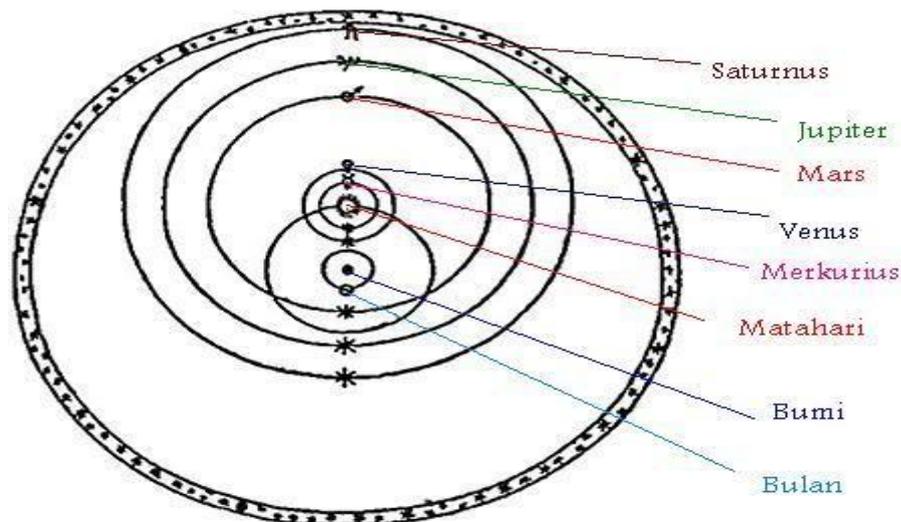
B. MODEL TATA SURYA

Pada umumnya bangsa Yunani dan orang-orang yang hidup pada abad pertengahan memiliki pegangan yang kuat sebagai pandangan mereka tentang alam semesta, yaitu teori geosentris (Bumi sebagai pusat). Menurut teori ini, Bumi sebagai pusat alam semesta berada dalam keadaan diam dan planet-planet, matahari, serta benda-benda langit lainnya bergerak mengitarinya. Sekarang teori ini tidak dipakai lagi, karena telah gugur. Mungkin anda bertanya, mengapa teori ini bisa gugur? Teori ini gugur karena gagal menjelaskan fenomena *retrogresi* (gerak balik) periodik dari Planet-Planet yang teramati. Jika Bumi sebagai pusat tatasurya, maka fenomena *retrogresi* ini mestinya tidak terjadi. Lantas teori apa yang menggantikannya? Sebagai gantinya muncul teori heliosentris Copernicus.

Apa bedanya dengan teori geosentris? Dalam teori heliosentris, Matahari sebagai pusat tata surya yang dikitari oleh planet-planet dan benda-benda antar Planet lainnya seperti Komet, Asteroid, dan Meteoroid. Dengan teori baru ini kerumitan yang dihadapi teori geosentris seperti fenomena *retrogresi* dapat dijelaskan. Akan tetapi meskipun demikian, teori heliosentris Copernicus masih memiliki kelemahan. Dari pengamatan ternyata jarak planet-planet terhadap matahari selama planet-planet tersebut mengitari matahari selalu berubah, hal ini menunjukkan bahwa lintasan edar planet-planet mengitari matahari bukanlah berupa lingkaran sebagaimana dinyatakan oleh teori heliosentris. Kalau begitu apa bentuk lintasan edar planet-planet mengitari matahari? Adalah Kepler yang menyempurnakan teori heliosentris Copernicus, menurut Kepler lintasan orbit Planet mengitari Matahari adalah berupa elips, dengan Matahari terletak pada salah satu fokusnya. Dengan lintasan elips tersebut, maka jarak Planet ke Matahari tidaklah tetap, demikian juga dengan kecepatan orbit planet dalam lintasannya tidak konstan.

1. Model Geosentris & Heliosentris

Pada umumnya bangsa Yunani dan orang-orang yang hidup pada abad pertengahan memiliki pegangan yang kuat sebagai pandangan mereka tentang alam semesta, yaitu teori geosentris (Bumi sebagai pusat). Menurut teori ini, Bumi sebagai pusat alam semesta berada dalam keadaan diam dan planet-planet, Matahari, serta benda-benda langit lainnya bergerak mengitarinya. Gerak semu (*apparent motions*) planet, bulan, dan matahari relatif terhadap bintang dan terhadap satu sama lain dijelaskan secara lengkap dalam teori geosentris Hipparchus yang dikembangkan sekitar tahun 140 sebelum masehi. Hipparchus adalah ahli astronomi terbesar di masa Yunani Kuno (*Ancient Greece*). Selanjutnya teori tersebut dikembangkan oleh Claudius Ptolemaeus (*Ptolemy*) sekitar tahun 150 T M (Tarikh Masehi) dan disebut sebagai teori *Ptolemaic*



Gambar 9. Model Tata Surya Geosentris

Sumber: www.google.ac.id

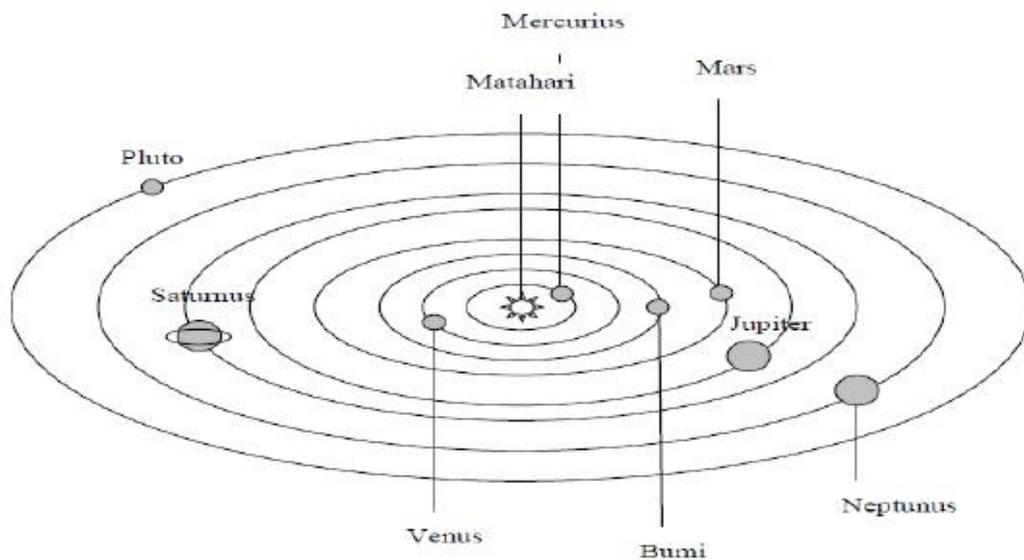
Dalam teori *Ptolemaic*, Bumi berada pada pusat alam semesta (*universe*). Bulan berputar mengelilingi Bumi dengan orbit yang paling dekat, sementara bintang-bintang terletak dalam bulatan angkasa (*celestial sphere*) yang besar dan berputar dalam orbit yang paling jauh. Di antara orbit Bulan dan Bintang-Bintang terletak orbit Matahari. Planet-planet (dalam bahasa Yunani berarti pengembara) yang memiliki gerak relatif terhadap Bintang digambarkan dengan nama-nama kunonya. Planet-Planet ini bergerak mengelilingi Bumi pada masing-masing orbitnya sendiri. Orbit Planet Venus dan Merkurius berada diantara orbit Bulan dan Matahari, sedangkan orbit Planet-Planet yang lain seperti Mars, Jupiter, dan Saturnus terletak diantara orbit Matahari dan Bintang-Bintang.

Kelemahan dari model geosentris ini adalah adanya kesulitan untuk menjelaskan fenomena *retrograsi* (gerak balik) periodik dari planet-planet. Lintasan semu planet sepanjang tahun relatif terhadap bintang-bintang adalah berupa lengkungan (kurva) yang tidak rata. Malahan, adakalanya planet-planet teramati seolah-olah bergerak mundur (berbalik) sebelum akhirnya bergerak maju kembali selama periode orbitnya. Untuk menjelaskan gerak mundur semu ini dalam kerangka teori geosentris, maka perlu menganggap bahwa planet-planet bergerak dalam lintasan-lintasan sirkular kecil yang disebut episiklus (*epicycles*), ketika planet-planet bergerak dalam orbit besarnya mengelilingi Bumi. Akan tetapi, anggapan ini justru tidak sesuai dengan hasil pengamatan.

Sebenarnya seorang ahli astronomi Yunani yang bernama Aristarchus (kira-kira tahun 310 – 230 SM) pernah menyatakan bahwa Matahari mungkin berada pada pusat alam semesta, dan Bumi bergerak mengitarinya. Tetapi kemudian ia menolak sendiri gagasannya tersebut. Konsep matahari sebagai pusat tata surya (*heliocentris*) saat itu belum mendapat tempat dalam bidang astronomi. Kapan gagasan heliocentris ini muncul kembali ? Gagasan tentang *heliocentris* ini muncul kembali pada sekitar tahun 1543. Pada tahun itu terjadi revolusi ilmiah besar-besaran yang dilakukan oleh Nicolaus Copernicus, seorang astronom Polandia, yang dengan berani mengajukan penggantian model *geosentris* dengan model *heliocentris* yang lebih

sederhana. Bagaimana susunan alam semesta menurut model heliosentris ini? Dalam model ini, selain oleh planet-planet, Matahari juga dikitari oleh benda-benda antar planet lainnya seperti Komet, Asteroid, dan Meteoroid. Sistem dengan Matahari sebagai pusat yang dikitari oleh planet-planet dan benda-benda antar planet lain dinamakan Tata Surya.

Dalam model *heliosentris* Copernicus, Matahari dianggap berada pada pusat alam semesta, bintang-bintang terletak pada bulatan angkasa dan berputar mengelilingi Matahari. Diantara Bintang-bintang dan Matahari terdapat planet-planet termasuk Bumi yang berputar mengelilingi Matahari dalam masing-masing orbitnya dengan lintasan orbit berbentuk lingkaran. Gerak mundur semu dalam peredaran planet-planet yang sulit dijelaskan oleh model *geosentris*, dapat dijelaskan dengan mudah dalam model *heliosentris*, dengan menggunakan konsep gerak relatif antara Bumi dan planet-planet lain yang bergerak disekitar Matahari dengan kecepatan sudut putar yang berbeda-beda.



Gambar 10. Model Tata Surya Heliosentris

Sumber: www.google.ac.id

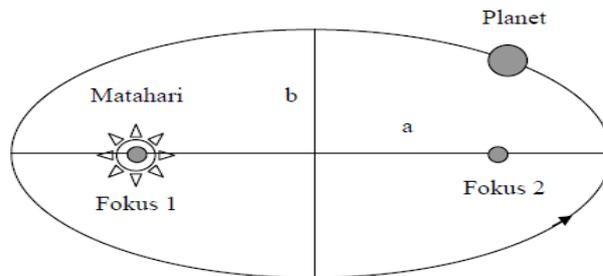
2. Hukum-Hukum Kepler

Kelemahan model Copernicus tentang orbit planet kemudian disempurnakan oleh Johannes Kepler (1571-1630), dia adalah asisten dan penerus dari ahli astronomi Tycho Brahe. Kepler sangat tertarik dengan gerak tak beraturan Planet Mars. Ia menghabiskan waktu dan energinya untuk sampai pada kesimpulan bahwa orbit lingkaran seragam yang diusulkan oleh Copernicus tidak sesuai dengan fakta-fakta hasil pengamatan. Karena Kepler juga adalah seorang ahli matematika, maka ia melakukan analisis matematis atas data-data yang diperoleh dari hasil pengamatan dengan menggunakan teleskop astronomi Brahe. Hasil analisis matematis yang dilakukan Kepler menghasilkan suatu kesimpulan bahwa lintasan orbit Planet adalah berupa elips dan bukan lingkaran. Apakah elips itu? Elips merupakan suatu bangun datar berbentuk lonjong ditandai oleh sumbu mayor dan sumbu minor. Hasil-hasil pengamatan dan analisis Kepler tentang gerak dan orbit planet

menghasilkan tiga hukum Kepler yang sangat terkenal dan hingga saat ini masih dipercaya keberlakuannya.

a. Hukum pertama Kepler

Disebut juga hukum elips yang dipublikasikan pada sekitar tahun 1609, menyatakan bahwa semua Planet bergerak dalam lintasan elips mengitari Matahari dengan Matahari berada di salah satu titik fokus elips. Titik Fokus lainnya berada di ruang angkasa. Bentuk orbit Planet menurut hukum pertama Kepler.

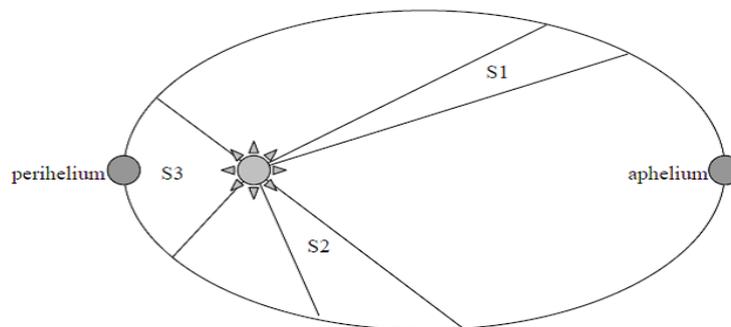


Gambar 11. Hukum I Kepler

Sumber: www.google.ac.id

b. Hukum kedua Kepler

Disebut juga sebagai hukum kesamaan luas yang dipublikasikan pada tahun 1609, menyatakan bahwa luas (S) yang disapu oleh garis penghubung antara planet dan Matahari dalam selang waktu (t) yang sama adalah sama ($S_1 = S_2 = S_3$), seperti ditunjukkan pada Gambar 6.4. Apa makna hukum ini ? Hukum ini secara tidak langsung menyatakan bahwa kecepatan orbit suatu Planet mengitari matahari tidaklah konstan (uniform) melainkan berubah-ubah. Planet akan bergerak lebih cepat dalam orbitnya ketika berada pada daerah yang dekat dengan matahari, dan akan bergerak lebih lambat dalam orbitnya ketika berada pada daerah yang jauh dari matahari. Kecepatan orbit Planet berbanding terbalik dengan jaraknya terhadap matahari.

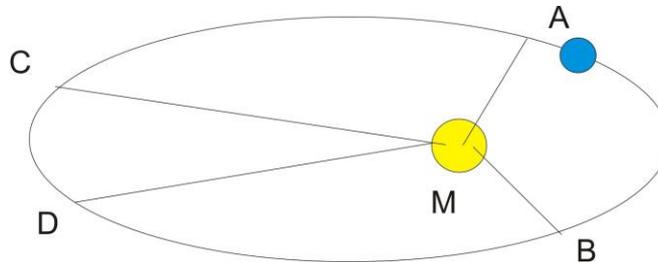


Gambar 12. Hukum I Kepler

Sumber: www.google.ac.id

c. Hukum ketiga Kepler

Disebut juga sebagai hukum harmonik yang dipublikasikan pada tahun 1618, menyatakan bahwa perbandingan kuadrat periode revolusi (T^2) terhadap pangkat tiga dari jarak rata-rata planet ke Matahari (jari-jari elips = R^3) adalah sama untuk semua planet.



Gambar 13. Hukum III Kepler

Sumber: www.google.ac.id

3. Kesesuaian Hukum Newton dengan Hukum Kepler

Penemuan Teleskop pada tahun 1610 dan karya ilmiah besar Galileo (1564 – 1642) telah mempercepat perkembangan astronomi dan penetapan teori heliosentris tata surya. Siapakah dia ? Galileo yang nama lengkapnya Galileo Galilei adalah seorang ahli matematika, fisika dan astronomi Italia. Ia termasuk salah satu ilmuwan besar sepanjang sejarah. Dari sekian banyak sumbangan ilmiahnya, yang paling penting adalah dalam bidang mekanika. Ia menyumbangkan ide dasar asli untuk formulasi kedua hukum pertama Newton, dan ia menemukan pendekatan eksperimen modern dalam ilmu pengetahuan (dikenal dengan sebutan metode ilmiah). Selain itu, gerak benda-benda, khususnya planet-planet, juga merupakan bahan kajian utama Galileo. Konsep gerak dan gayanya menghasilkan gerakan pendekatan baru secara keseluruhan pada astronomi.

Hasil-kasil kerja Copernicus, Kepler, dan Galileo dipadukan oleh Sir Isaac Newton, seorang ahli Fisika dan Matematika berkebangsaan Inggris menghasilkan suatu hukum gravitasi universal yang dipublikasikan dalam *Principia* pada tahun 1687. Bagaimana pernyataan hukum ini ? Hukum gravitasi Newton menyatakan bahwa gaya gravitasi (gaya tarik menarik) antara dua benda bermassa sebanding dengan hasil kali massa kedua benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua benda tersebut.

Matahari dan planet-planet juga saling tarik-mnarik satu sama lain, karena masing-masing memiliki massa. Dan sudah pasti massa Matahari akan jauh lebih besar dari massa planet-planet, karena memiliki ukuran volume yang jauh lebih besar. Mestinya planet-planet jatuh tertarik ke Matahari bukan ? Tetapi mengapa planet-planet termasuk Bumi kita tidak jatuh tertarik ke Matahari ? Atau Bulan yang massanya jauh lebih kecil tidak jatuh tertarik ke Bumi ? Jawabannya adalah karena planet-planet tidak diam melainkan bergerak mengitari Matahari dengan kecepatan orbit tertentu. Demikian juga dengan Bulan bergerak menelilingi Bumi. Sebagai efek dari pergerakan ini maka seolah-olah akan timbul suatu gaya pengimbang yang menetralsisir gaya tarik Matahari. Gaya pengimbang ini biasa disebut sebagai gaya sentrifugal. Wujud nyata dari gaya ini adalah sama seperti ketika kita sedang duduk di dalam

mobil, kemudian mobil itu bergerak dalam jalan menikung, maka seolah-olah kita tertarik ke arah yang berlawanan dengan arah tikungan. Jika kecepatan mobil saat menikung cukup tinggi, maka seolah-olah kita akan terlempar ke luar.

II. LATIHAN

Petunjuk :

Sebelum menjawab latihan di bawah ini, anda diharapkan telah membaca uraian materi yang telah disajikan diatas. Kemudian jawablah pertanyaan pada latihan di bawah ini dengan jelas dan benar.

1. Dari teori yang telah dibahas, mana menurut anda teori yang dapat diterima? Berikan alasan!
2. Apa saja kelebihan dan kekurangan pada teori tersebut?
3. Jelaskan asal alam semesta menurut Teori Big Bang dan Teori Planetesimal!
4. Tuliskan jenis-jenis galaksi dan ciri-cirinya!
5. Tuliskan beda Teori Geosentris dan Heliosentris beserta ahli yang mengemukakannya!
6. Gambarkanlah model tata surya!

II. RANGKUMAN

- Terdapat beberapa teori yang mencoba menjelaskan asal-usul terbentuknya tata surya. Beberapa diantaranya yang cukup terkenal adalah Teori Kabut atau Teori Nebula, Teori Planetesimal, Teori Bintang Kembar, dan Teori Proto Planet. Menurut teori Nebula tata surya terbentuk dari Nebula atau kabut yang terdiri dari gas (terutama gas helium dan hidrogen) dan partikel-partikel angkasa lainnya yang memadat akibat berotasi dengan cepat, sedangkan menurut teori planetesimal, Matahari adalah sebuah bintang sedangkan planet-planet dan benda-benda antar planet lainnya berasal dari material matahari yang tertarik dan terpecah akibat gravitasi bintang lain. Sementara menurut teori Bintang kembar, Matahari adalah satu dari Bintang kembar dan Planet-Planet serta benda-benda antar Planet lainnya bersumber dari serpihan Bintang yang satu lagi yang meledak. Dan menurut teori Proto Planet, Tata surya terbentuk dari gumpalan awan gas dan debu yang memadat sehingga teori ini dikenal juga sebagai teori awan debu.
- Hidrosfer adalah bagian lapisan air yang menutupi atau berada dalam bumi kita. Air di permukaan bumi selalu mengalami perputaran atau siklus air, yaitu perputaran massa air di bumi diawali dengan proses pemanasan muka bumi oleh pancaran sinar matahari. Akibat proses pemanasan ini sebagian massa air mengalami penguapan ke udara, baik melalui evaporasi, transpirasi, dan evapotranspirasi. Air yang menguap mengalami kondensasi menjadi titik-titik air dan turunlah sebagai hujan. Siklus hidrologis dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu siklus panjang, siklus menengah, dan siklus pendek. Air tanah (*ground water*) adalah massa air yang ada di bawah permukaan tanah. Sumber air tanah adalah curah hujan. Pada saat hujan mencapai permukaan tanah, seluruh atau sebagian airnya akan diserap oleh tanah. Bagian yang tidak terserap tanah akan menjadi limpasan permukaan hingga terbentuk parit-parit dan mengalir ke sungai hingga ke danau dan berakhir di laut. Kapasitas infiltrasi setiap permukaan tanah berbeda-beda tergantung pada tekstur dan struktur

tanah. Air masuk ke dalam tanah mengalami gaya absorpsi, menjadi air kapiler, dan mengalami gaya yang menahan pergerakan air supaya tidak terloloskan. Lapisan tanah yang berhubungan dengan kemampuan menyimpan dan meloloskan air dibedakan atas lapisan aquifer, aquiclude, Aquifuge, dan Aquitard.

- Teori geosentris tentang tata surya yang menempatkan Bumi sebagai pusat alam semesta yang dkitari oleh planet-planet, matahari, serta benda-benda langit lainnya telah menjadi pegangan kuat bangsa Yunani dalam rentang yang sangat lama. Teori ini akhirnya gugur setelah terjadi revolusi ilmiah besar-besaran yang dilakukan oleh Nicolaus Copernicus, yang dengan berani mengajukan penggantian teori *geosentris* dengan teori *heliosentris*. Dalam model ini, Matahari ditempatkan sebagai pusat tata surya yang selain dkitari oleh Planet- Planet, juga dkitari benda-benda antar Planet lainnya seperti Komet, Asteroid, dan Meteoroid. Kelemahan model heliosentris Copernicus adalah anggapan bahwa lintasan orbit Planet-Planet bergerak mengelilingi Matahari berupa lingkaran (sirkular).
- Model heliosentris Copernicus ini kemudian disempurnakan oleh Kepler melalui tiga hukum yang dipublikasikannya, yaitu hukum pertama, kedua, dan ketiga Kepler. Hukum pertama Kepler yang disebut juga hukum elips, menyatakan bahwa semua Planet bergerak dalam lintasan elips mengitari Matahari dengan Matahari berada di salah satu titik fokus elips. Hukum kedua Kepler yang disebut juga sebagai hukum kesamaan luas, menyatakan bahwa luas (S) yang disapu oleh garis penghubung antara Planet dan Matahari dalam selang waktu (t) yang sama adalah sama. Dan Hukum ketiga Kepler yang disebut juga sebagai hukum harmonik, menyatakan bahwa perbandingan kuadrat periode revolusi (T²) terhadap pangkat tiga dari jarak rata-rata Planet ke Matahari (R³) adalah sama untuk semua Planet.

III. TES FORMATIF

Petunjuk : Pilihlah salah satu jawaban yang anda anggap paling benar!

1. Matahari sebagai pusat tata surya dan planet-planet serta benda-benda antar planet bergerak mengitarinya dengan lintasan berbentuk elips, adalah merupakan model tata surya
 - A. Geosentris
 - B. Ptolemy
 - C. Heliosentris Copernicus
 - D. Heliosentris Copernicus yang disempurnakan Kepler
2. Kelemahan model Heliosentris Copernicus adalah
 - A. Orbit planet berbentuk elips
 - B. Orbit Planet berbentuk lingkaran
 - C. Tidak bisa menerangkan adanya gerak balik (retroge) planet
 - D. Bumi sebagai pusat tata surya

3. Semakin dekat jarak suatu Planet ke Matahari, maka semakin cepat pula gerak edarnya, dan semakin jauh jaraknya dari Matahari, maka gerak edarnya semakin lambat, sehingga dalam waktu yang sama, luas bidang tempuhnya akan sama besar. Pernyataan ini dikenal sebagai hukum
 - A. Pertama Kepler
 - B. Kedua Kepler
 - C. ketiga Kepler
 - D. Gravitasi Newton

4. Menurut hukum ketiga Kepler, waktu yang diperlukan sebuah Planet untuk mengitari Matahari satu kali pada orbitnya adalah
 - A. Sama untuk semua Planet
 - B. Bergantung pada jaraknya ke Matahari
 - C. Bergantung pada ukuran Planet
 - D. Bergantung pada massa Planet

5. Teori yang tidak menjelaskan tentang asal-usul pembentukan Tata Surya adalah
 - A. Teori Nebula
 - B. Teori Planetesimal
 - C. Teori Bintang Kembar
 - D. Teori Big Bang

6. Ketika Nebula (kabut) yang sedang berotasi ukurannya menyusut, maka kecepatan rotasi Nebula akan
 - A. tetap
 - B. berkurang
 - C. bertambah besar
 - D. mula-mula berkurang kemudian bertambah besar

7. Teori asal-usul tata surya yang populer pada saat ini yang menganggap bahwa tata surya terbentuk dari gumpalan awan gas dan debu adalah
 - A. Teori Nebula
 - B. Teori Big Bang
 - C. Teori Bintang Kembar
 - D. Teori Protoplanet

8. Matahari yang massanya paling besar memiliki momentum sudut paling besar, padahal seharusnya planet-planet lah yang memiliki momentum sudut paling besar. Ini adalah sanggahan terhadap teori
 - A. Teori Planetesimal
 - B. Teori Nebula
 - C. Teori Protoplanet
 - D. Teori Bintang Kembar

9. Planet-Planet tampak bersinar karena
 - A. Memancarkan cahaya
 - B. Menyerap cahaya
 - C. Memantulkan cahaya Matahari
 - D. Memantulkan cahaya Bulan

10. Berikut ini yang tergolong Planet inferior adalah
- A. Planet Venus
 - B. Planet Mars
 - C. Planet Bumi
 - D. Planet Jupiter

V. Umpan Balik dan tindak Lanjut

Cocokkan jawaban di atas dengan kunci jawaban tes formatif 1 yang ada di bagian akhir modul ini. Ukurlah tingkat penguasaan materi kegiatan belajar dengan rumus sebagai berikut :

Tingkat penguasaan = (Jumlah jawaban benar : 10) x 100 %

Arti tingkat penguasaan yang diperoleh adalah :

Baik sekali	=	90 - 100%
Baik	=	80 - 89%
Cukup	=	70 - 78%
Kurang	=	0 - 69%

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 805 ke atas, Selamat anda telah mencapai indikator pembelajaran yang diharapkan. Namun bila pencapaian yang ada dapatkan masih kurang, anda harus mengulangi kegiatan belajar 1 terutama pada bagian yang belum ada kuasai.

VI. Daftar Pustaka

Admiranto, A. Gunawan.. *Menjelajahi Bintang, Galaksi, dan Alam Semesta*. Yogyakarta: Kanisius. 2009

Danielson, Erick W. & Denecke, Edwaadr Jr. *Earth Science*, New York: Mc Millan, 1986

http://file.upi.edu/Direktori/DUAL-MODES/KONSEP_DASAR BUMI ANTARIKSA UNTUK SD/BBM 6.pdf, diakses 16 Oktober 2018, Pk. 13.00 WIB

http://file.upi.edu/Direktori/DUAL-MODES/KONSEP_DASAR BUMI ANTARIKSA UNTUK SD/BBM 7.pdf, diakses 16 Oktober 2018, Pk. 13.10 WIB

<http://journal.walisongo.ac.id/index.php/ahkam/article/viewFile/24/93>, diakses 16 Oktober 2018, Pk. 13.15 WIB

<http://ejournal.radenintan.ac.id/index.php/al-biruni/article/view/124/114>, diakses 16 Oktober 2018, Pk. 14.15 WIB

Hartono, Rudi,dkk. Pendidikan Lingkungan Hidup (SMA). Jilid 2. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup. Universitas Malang. 2009.

Rohman, dkk. 2009. Pendidikan Lingkungan Hdup. BSE Pusat Perbukuan. Departemen Pendidikan Nasional.

Sumardi. Y, Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa. Universitas Terbuka. 2014

Tjasyono, *Ilmu Kebumian dan Antariksa*, Jakarta: Rosda, 2013

Utomo, Yudhi,dkk. Pendidikan Lingkungan Hidup (SMA). Jilid 1. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup. Universitas Malang. 2009.

Yosepana. S. 2009. Belajar Efektif. Geografi Kelas XI IPS. BSE Pusat Perbukuan. Departemen Pendidikan Nasional.

Buku Pelajaran Sekolah SD – SMA yang relevan)

VII. Lampiran

Kunci Jawaban Tes Formatif

1.	D	6.	C
2.	B	7.	D
3.	B	8.	B
4.	B	9.	C
5.	D	10	A