

Alam Semesta dan Benda-Benda Angkasa

Prof. Dr. Mohamad Soerjani



PENDAHULUAN

Alam semesta atau ruang semesta raya atau Universe terbentuk melalui suatu kehendak Tuhan Maha Pencipta. Menurut pengamatan para astronom diperkirakan proses terjadinya di antara 10-20 miliar tahun yang lalu. Diawali dari gumpalan materi yang sangat besar dan padat berasal dari sekelompok materi angkasa yang mengalami ledakan sangat dahsyat, disertai dengan panas yang mencapai suhu 100 miliar °C. Peristiwa ledakan tersebut dikenal dengan nama **Big-Bang** dan dampak dari ledakan adalah berbagai benda angkasa (kosmos) terpisah bercerai berai berupa asap, debu, dan gas. Melalui proses pengerutan (kondensasi) awan panas dengan penurunan suhu sampai mencapai 3000°C terbentuklah **Nebula** berupa seperangkat awan yang terdiri atas asap dan kabut yang berputar-putar. Hasil tumbukan dan penggabungan nebula di ruang angkasa terbentuklah galaksi yang merupakan kumpulan miliaran bintang yang terdapat di alam semesta. Menurut teori Big-Bang berbagai bintang secara terus-menerus memancarkan sinar, panas, dan berbagai radiasi. Diperkirakan dalam suatu waktu akhirnya bintang tersebut akan menjadi dingin, mengalami keruntuhan, dan berakhir. Pada saat itulah terjadi akhir riwayat alam semesta.

Teori lain tentang terbentuknya alam semesta yang disebut teori *Steady State* atau teori pemantapan kelangsungan menyatakan, bahwa unsur atom baru masih akan terbentuk secara terus-menerus di alam semesta. Unsur tersebut berbentuk sebagai debu yang mengalami gerakan melingkar berputar-putar sampai terbentuknya galaksi baru. Dengan demikian alam semesta akan terus-menerus mengalami pembentukan sepanjang masa, sehingga teori ini mempercayai bahwa alam semesta sekarang ini sama halnya dengan jutaan tahun yang lalu, dan akan sama keadaannya dengan jutaan tahun yang akan

datang. Pada hakikatnya para pengikut teori ini tidak mempercayai akan berakhirnya alam semesta. Salah satu contoh galaksi adalah **Bima Sakti** (*Milky Way*) tempat matahari kita berinduk, diprediksi di galaksi ini terkumpul kurang lebih 7000 bintang, salah satunya **Matahari**. Para astronom akan tetap mempelajari lebih lanjut tentang kejadian alam semesta dan senantiasa berkeyakinan akan menghasilkan teori baru tentang terbentuknya alam semesta (*kosmogogenesis*). Pada akhirnya teori ini mempercayai bahwa segala sesuatu di alam semesta senantiasa mengalami tatanan atau hukum alam yang pasti (*immutable*) sehingga akan terjadi kelangsungan dinamika keadaan alam sesuai dengan kehendak Tuhan yang menciptakan-Nya. Manusia berkewajiban dengan rasio dan intuisi (kata hati)-nya untuk mengikuti secara arif dan ikhlas akan adanya segenap kenyataan yang dihadapi dengan pendekatan nisbi atau relatif.

Sebagai bekal Anda dalam pemahaman materi alam semesta dan benda-benda angkasa maka disajikan beberapa pokok bahasan yang relevan yang akan dibahas dalam modul 1 ini, yaitu alam semesta, benda-benda angkasa, keberadaan bumi dalam kosmologi, matahari, dan sistem matahari.

Modul ini terbagi menjadi 2 kegiatan belajar, kegiatan belajar 1 tentang Alam Semesta dan Benda-benda Alam, yang membahas sistem dari seluruh benda astronomi di alam semesta, benda-benda alam yang terdiri atas galaksi, Bintang, Matahari, dan arti kehidupan di alam raya. Kegiatan belajar 2 tentang Matahari dan Sistem Matahari (*Solar System*), yang membahas sekilas informasi tentang Matahari dan sistem Matahari.

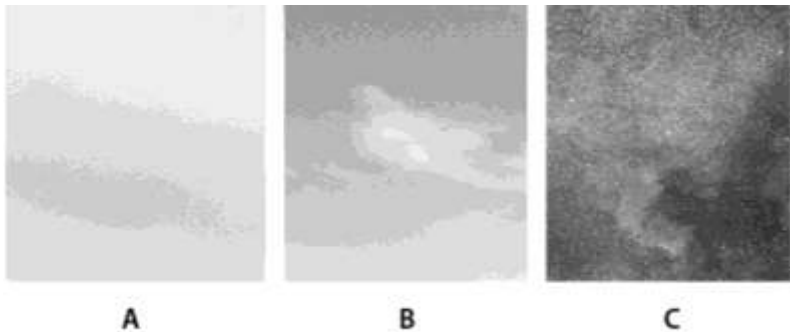
Setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan dapat menjelaskan ruang lingkup alam semesta dan kosmologi. Secara khusus diharapkan Anda dapat:

1. menyebutkan batasan tentang alam semesta, kosmologi, beberapa pakar astronomi dan benda-benda Alam;
2. menjelaskan terbentuknya Matahari dan planet di sekitarnya;
3. menjelaskan beberapa teori tentang terjadinya planet dalam Sistem Matahari; dan
4. menjelaskan hubungan Bumi dengan kehidupan di dalamnya.

KEGIATAN BELAJAR 1

Alam Semesta dan Benda-benda Alam

Alam Semesta atau ruang angkasa (*Universe*), seperti yang terlihat dari Bumi berupa langit yang berwarna keabuan di waktu siang, atau diseliputi oleh awan putih keabuan, sedang di malam hari terlihat gelap gulita dengan bintik-bintik bintang di Alam Semesta (Gambar 1.1)



Sumber: Soerjani, 2009

Gambar 1.1

Alam semesta pada siang hari terlihat dari Bumi berwarna kebiruan (A) berbau dengan awan atau kabut (B), pada malam hari terlihat gelap gulita dengan berbagai titik terang berasal dari cahaya bintang-bintang (C)

A. ALAM SEMESTA

Alam Semesta, alam raya, jagat raya atau *universe* dalam arti luas berarti totalitas dari segenap pengada (*entities*) dan semua tatanan dari proses yang ada. Dalam istilah ini tercakup semua modus dari eksistensi Alam, maka segenap ilmu pengetahuan, seperti astronomi, fisika, biologi, kimia, matematika, sosiologi, antropologi, dan psikologi memberikan saham pengertian tentang apa yang terkandung dalam subjek, materi, tatanan, dan masalah yang menyeluruh ini. Dalam pengertian yang lebih sempit, di dalam alam semesta tercakup sistem dari seluruh benda astronomi. Atas dasar batasan ini maka ilmu yang mempelajari jagat raya disebut **kosmologi**. Ilmu pengetahuan tentang jagat raya

ini menjangkau wilayah astronomi yang dengan sistem fisik melewati batas yang dapat dijangkau oleh teleskop modern, kemudian dengan menggunakan fisika matematik mampu menghasilkan gambaran tentang alam semesta.

Dalam perkembangan kosmologi tercatat nama pakar-pakar dari berbagai bangsa, seperti Alearghani ahli astronomi dari abad 9, sebelumnya juga dikenal Eudoxus Cnidus (Abad 4 SM), Calippus Cyzicus (Abad 4 SM), Aristoteles (384-322 SM) dan sebagainya. Kemudian pada tahun 1543 Nicolaus Copernicus mengajukan teori matematik tentang pergerakan planet yang lebih dapat diterima daripada teori sebelumnya. Nama pakar-pakar ini bertambah dengan Rene Descartes, Isaac Newton, dan sebagainya. Demikian juga tercatat seorang pakar astronomi Indonesia bernama Prof. Dr. Bambang Hidayat, guru besar astronomi, ITB, Bandung.

Dalam sejarahnya pemahaman tentang struktur alam semesta cenderung mengarah kepada mitologi. Diketahui berdasarkan mitologi Mesir, bumi dan langit dikuasai oleh **dewa Keb** dan **dewi Nut**, sedangkan menurut mitologi Yunani dikuasai oleh **Gaia** dan **Ouranos**.

B. BENDA-BENDA ANGKASA

Benda-benda angkasa terdiri atas galaksi, bintang, dan matahari.

1. Galaksi

Galaksi (*galaxy*) adalah sistem kumpulan bintang dalam jumlah besar, terdiri atas berjuta atau bermiliar bintang. Dengan menggunakan teleskop dengan jarak jangkau 5 miliar tahun cahaya, diperkirakan terdapat 500 juta galaksi. Salah satu galaksi di mana Matahari dan kesembilan planet lain berinduk diberi nama **Bimasakti** (*Milky Way*). Adapun, di antara galaksi yang paling dekat dengan Bimasakti adalah **Andromeda**, yakni terletak pada jarak 2,2 juta tahun cahaya. Galaksi ini berbentuk spiral dan memiliki diameter dua kali lebih besar daripada Bimasakti.

Studi tentang galaksi dirintis dengan menggunakan teleskop sederhana tepatnya pada Abad 17 dan 18, yakni dengan ditemukannya bercak-bercak cahaya di angkasa. Bercak dan lintasan cahaya tersebut diberi nama **nebulae** (kabut). Pada sekitar akhir Abad 18 dan permulaan abad 19, dilakukan studi lebih intensif tentang galaksi oleh William Herschel pakar astronomi berkebangsaan Inggris dan anaknya dengan menggunakan teleskop yang dilengkapi alat pemotret. Dalam perjalanan waktu melalui teknik spektrografi

diketahui bahwa sebagian nebulae tersebut berupa kabut dan gas. Gas tersebut bersinar karena emisi balik sinar ultraviolet dari bintang yang berada di dekatnya. Sebagai pembeda di antara galaksi, sampai saat ini dikenal empat bentuk galaksi, yakni berbentuk spiral, spiral bercabang, elips, dan tidak beraturan.

Berdasarkan pengamatan apabila dilihat dari atas Bimasakti tampak berwujud seperti spiral pipih yang berputar, namun bila dilihat dari samping tampak sebagai cakram. Galaksi Bimasakti bergaris tengah 100.000 tahun cahaya (Gambar 1.2). Bimasakti sebagai tempat berinduk Matahari memiliki inti yang cukup jauh jaraknya, diprediksi jarak inti galaksi dengan matahari berkisar 20.000 tahun cahaya. Bintang-bintang yang berdekatan dengan Matahari mengalami rotasi dalam lintasan galaksi dengan kecepatan 260 km/detik, sedangkan Matahari beredar dalam satu putaran terhadap pusat galaksi Bimasakti menempuh waktu 225 juta tahun (Gambar 1.3).



Gambar 1.2
Galaksi Bimasakti (*Milky Way*) Nampak dari Samping (Berbentuk Cakram)



Sumber: Anon 1971

Gambar 1.3
Galaksi Bimasakti Berbentuk Spiral

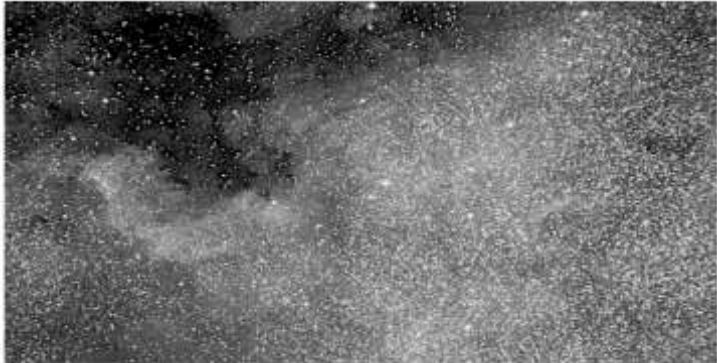
Galaksi merupakan konglomerat dari berbagai bintang muda dan bintang tua yang keseluruhan massanya mencapai 90% dari massa galaksi, selebihnya berupa awan dan debu kosmik. Kandungan gas yang berada di antara bintang-bintang tersebut terutama terdiri atas atom-atom hidrogen dan helium. Di samping itu, juga terdapat campuran unsur lain, seperti karbon, oksigen, neon, besi, kalsium, dan sebagainya. Kandungan unsur yang terdapat dalam debu kosmik antara lain karbon, nitrogen, dan oksigen dengan sedikit besi.

Para pakar kosmologi sepakat bahwa jagat raya ini mengalami evolusi perkembangan. Kemungkinan seratus miliar tahun yang lalu seluruh massa galaksi tersebut berada bersama dalam volume yang relatif kecil, kemudian terjadi ekspansi dan saling menjauhi. Proses terjadinya galaksi Bimasakti sendiri lebih-kurang pada separuh waktu itu.

2. Bintang

Menatap ruang angkasa dengan mata telanjang kemungkinan hanya mampu terlihat sekitar ratusan Bintang saja, karena jarak pandang kita terbatas yakni

hanya sebesar 4 tahun cahaya. Akan tetapi apabila dengan menggunakan bantuan teleskop, mampu terlihat adanya ratusan juta bintang di jagat raya ini, termasuk bintang yang terletak sejauh ratusan juta tahun cahaya (Gambar 1.4).



Sumber: Anon, 1973

Gambar 1.4
Berjuta Bintang di Langit Dengan Nebula Veil dalam Konstelasi Cygnus
Dipotret Menggunakan Teleskop

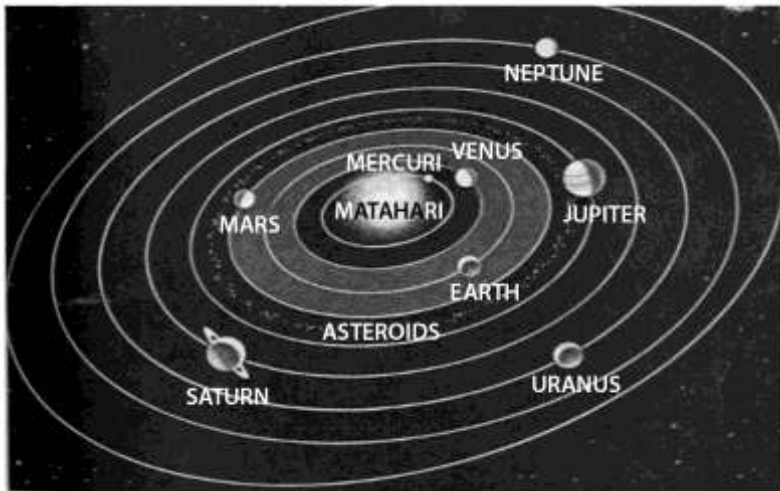
Bintang-bintang sebagian besar terdiri atas hidrogen yang merupakan sumber energi yang berasal dari reaksi kimia nuklir yang terjadi. Di samping itu juga terdapat unsur lain seperti helium, nitrogen, oksigen, besi, nikel, dan seng yang kesemuanya berada dalam bentuk gas. Energi ini dipancarkan sebagai panas, cahaya, dan energi lainnya.

3. Matahari

Matahari dapat disebut juga sebagai bintang yang berupa suatu bola gas pijar sangat panas, terdiri atas 69,5% hidrogen (H), dan 28% helium (He), dan sisanya berupa karbon, nitrogen, dan oksigen dengan massa \pm 20%, serta magnesium, belerang, silikon, dan besi sebanyak 0,5%. Sinar dan panas yang terpancar dari Matahari diterima oleh sembilan planet termasuk Bumi yang mengitarinya.

Matahari yang terbentuk lima miliar tahun lalu mempunyai diameter 1.393.000 km (dengan diameter Bumi 12.762 km, volume Matahari 1.303.600 kali lebih besar dari volume Bumi).

Dampak dari gravitasi menyebabkan tertarik keluar dari massa Matahari kemudian berceri berai membentuk kesembilan planet. Teori lain tentang terbentuknya sistem Matahari juga diuraikan dalam teori Tidal yang dikemukakan oleh dua orang Inggris: Harrold Jeffrey (1891) dan Sir James Jean (1877-1946). Teori ini cenderung mirip dengan teori Planetisional. Teori tersebut menyebutkan bahwa kehadiran bintang lain di dekat Matahari menyebabkan terjadinya pasang naik permukaan Matahari dan massanya sehingga terlepas sebagai planet-planet. Teori Abu dan Kabut dikemukakan oleh astronom Jerman Carl Von Weizsacker (1919) yang mendasarkan terbentuknya sistem Matahari berasal dari abu dan kabut yang berputar dan menggumpal sebagai Matahari dan planet-planetnya.

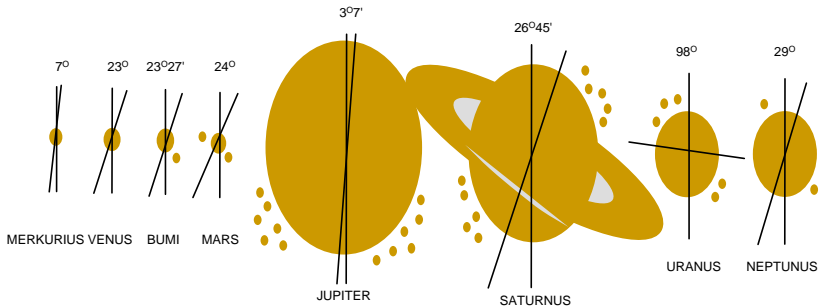


Sumber: Anon, 1973

Gambar 1.5
Sistem Matahari dengan Sembilan Planet pada Jalur Lintasannya

Urutan kesembilan planet berturut-turut berdasarkan jarak terdekat dari Matahari adalah: Merkurius, Venus, Bumi (dengan satu satelit yaitu bulan), Mars (dengan dua satelit), Jupiter (dengan 12 satelit), Saturnus (dengan sembilan satelit), Uranus (dengan lima satelit), Neptunus (dengan dua satelit), dan Pluto (satu satelit) (Gambar 1.5). Salah satu planet yang menarik perhatian para pakar astronomi adalah **Saturnus** yang mempunyai “cincin” (Gambar 1.5

dan 1.6), terdiri atas tiga bagian dengan ketebalan ± 15 km, dan lebar seluruhnya hampir 60.000 km dengan jarak ± 10.000 km dari planet Saturnus.



Gambar 1.6

Ukuran relatif dari planet-planet pada sistem Matahari dengan satelit atau bulan yang mengikuti orbit planet-planet itu. Orbit dari semua planet pada saat mengitari Matahari melewati dataran bidang yang sama namun dengan kemiringan yang berbeda-beda (lihat angka-angka kemiringan)

4. Keberadaan Kosmologi dengan Bumi

Pada Gambar 1.5 dilukiskan keberadaan Bumi yang merupakan benda alam sebagai salah satu planet dalam sistem Matahari. Dijelaskan pula bahwa makna pemahaman dari ekologi adalah mempelajari kehidupan dalam ekosistem di Bumi. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa Bumi dalam Kosmologi melalui biologi (ilmu hayat atau ilmu tentang kehidupan) memperkenalkan benda-benda alam *mikro* yang terdiri atas unsur insani (makhluk hidup, biota) dan unsur ragawi (benda nirhidup, abiotika) yang berada bersama dalam suatu ekosistem. Artinya Bumi sebagai unsur kosmologi menjelaskan secara jelas melalui biologi hubungan kosmologi dengan unsur kehidupan, secara rinci akan dibahas dalam Modul 2.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan terjadinya alam semesta menurut teori **Big-bang** dan teori **Steady-state**!

- 2) Ledakan gumpalan materi di angkasa berturut-turut menghasilkan nebula, kemudian terbentuk kumpulan bintang. Sebutkan apa nama kumpulan bintang-bintang itu!
- 3) Sebutkan bentuk-bentuk kumpulan bintang yang disebut galaksi!
- 4) Apa bentuk galaksi Bimasakti? Di mana terdapat bintang Matahari, dan di mana letaknya?
- 5) Jelaskan keberadaan kosmologi dengan kehidupan!

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk menjawab pertanyaan dalam latihan perlu dipelajari materi pada Kegiatan Belajar 1.

1. Terjadinya alam semesta menurut teori **Big-bang** adalah kumpulan materi yang padat mengalami peledakan dengan suhu sampai 100 miliar celcius dan menghasilkan debu, awan dan gas.
2. Galaksi.
3. Tergantung arah dan cara berputarnya nebula, galaksi dapat berbentuk cakram, spiral, atau tidak jelas bentuknya.
4. Galaksi Bimasakti berputar sebagai spiral yang dari samping terlihat seperti cakram. Matahari adalah satu bagian dari 7000 bintang dalam galaksi Bimasakti dan berada pada ujung putaran sejauh 20.000 tahun cahaya dengan gerakan berputar selama 225 juta tahun.
5. Melalui Bumi di mana terdapat ekosistem, maka jelas adanya kehidupan di alam semesta.



RANGKUMAN

Benda berupa materi angkasa yang padat rapat dan meledak dalam suhu 100 miliar Celcius. Kemudian mengalami kondensasi dan dari nebula terbentuk berbagai Galaksi Bimasakti; galaksi Andromeda, dan sebagainya. Dalam modus dan genesis terjadinya benda-benda alam ini telah dipelajari para ahli astronomi sejak Eudoxus Cnidus (abad 4 SM), Aristoteles (abad 3 SM) sampai Nicolaus Copernicus (1543) mengajukan teori matematik tentang pergerakan benda-benda angkasa. Pada era kini Indonesia mempunyai karya para astronom dari Laboratorium Boscha, di antaranya Prof. Dr. Bambang Hidayat, dan para senior astronomi seperti Prof. Dr. John Katili, dan sebagainya.

Terbentuknya galaksi sebagai kumpulan beribu-ribu bintang dikenal galaksi Bimasakti, di mana terdapat Matahari dengan Sistem Matahari yang dikelilingi oleh sembilan planet. Galaksi Bimasakti berada dalam hitungan diameter 100.000 tahun cahaya, yang rotasinya 250 km/detik, dengan putaran Matahari selama 225 juta tahun.

Teori *Big-bang* menyatakan penyebaran sinar, cahaya, dan panas sampai akhirnya meredup terus berakhir. Sedangkan teori *Steady-state* sebaliknya memperkirakan bahwa setiap kurun waktu akan terbentuk benda alam baru sehingga akan terjadi pergantian bintang dengan bintang yang baru. Bintang-bintang tersebut merupakan sumber energi dari reaksi nuklir yang sebagian letusan terdiri atas unsur hidrogen, dengan diikuti oleh unsur lain seperti helium, nitrogen, oksigen, besi, nikel, dan seng. Di samping itu juga terdapat karbon, magnesium, belerang, silikon, dan besi.

Kehidupan yang ada di wilayah alam semesta berasal dari menyatunya langit dan Bumi, sehingga menurut perkiraan kehidupan yang berada di luar planet Bumi disangsikan adanya, walaupun salah satu teori tentang atmosfer dan suhu di planet, dugaan bahwa di planet Mars yang berada pada jarak 1,5 Unit Astronomi/UA (jarak Matahari dan Bumi) tercakup di dalamnya. Alam semesta ini secara keseluruhan dikaji dalam *Kosmologi* atau ilmu pengetahuan atau studi tentang *kosmos* (benda alam).



TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Jagat raya tersusun atas ratusan juta benda angkasa yang terdiri atas
 - A. galaksi
 - B. bintang
 - C. galaksi dan benda angkasa lainnya
 - D. sembilan planet

- 2) Berdasarkan teori, kehidupan di jagad raya ini terdapat pada wilayah
 - A. antara lintasan Merkurius dan Venus
 - B. antara lintasan Mars dengan Yupiter
 - C. keberadaan Asteroid
 - D. antara lintasan Venus dan Mars

- 3) Jagat raya atau ruang angkasa terlihat menyatu dengan bumi sedangkan langit semesta apabila dilihat dari bumi merupakan
 - A. sebagian berwarna kelabu di siang hari dan gelap kelam di malam hari

- B. bintik-bintik bersinar adalah sinar, cahaya, dan energi dari reaksi nuklir di Matahari
 - C. galaksi Bimasakti terlihat sebagai spiral atau cakram
 - D. tampak matahari beredar secara terikat dalam galaksi Bimasakti
- 4) Kehidupan dalam ekosistem di Bumi dipelajari di
- A. ekologi
 - B. dalam ekosistem terdapat unsur insani (mahluk hidup, biota)
 - C. unsur ragawi (benda nirhidup, abiota) yang juga terdapat dalam ekosistem
 - D. dalam alam semesta melalui ekosistem di Bumi terdapat kehidupan
- 5) Jagat raya terbentuk antara 10-20 miliar tahun yang lampau berdasarkan
- A. teori ledakan *Big-bang*, bintang dapat meredup dan alam semesta berakhir
 - B. sinar, cahaya, dan energi Matahari terbentuk karena reaksi nuklir
 - C. pada saatnya sinar, panas, dan energi akan meredup, bintang akan meredup dan padam
 - D. teori *Steady-state* dari hasil perputaran nebula terbentuk galaksi dan bintang baru, sehingga alam semesta terus berlanjut

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
 80 - 89% = baik
 70 - 79% = cukup
 < 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

Matahari dan Sistem Matahari

Dalam uraian tentang terbentuknya benda angkasa telah disinggung pula tentang awal terjadinya berbagai benda angkasa sebagai nebula, galaksi, dan bintang. Bahkan juga telah disampaikan terjadinya benda angkasa melalui peledakan **Big-bang** yang mengatakan berbagai bintang yang terbentuk akan terus-menerus memancarkan sinar, panas, dan berbagai radiasi, sampai akhirnya menjadi dingin, mengalami keruntuhan kemudian berakhir.

Teori **Steady-state** adalah teori terbentuknya alam semesta atau teori pemertahanan kelangsungan yang menyatakan bahwa unsur atom baru masih akan terbentuk secara terus-menerus di alam semesta.

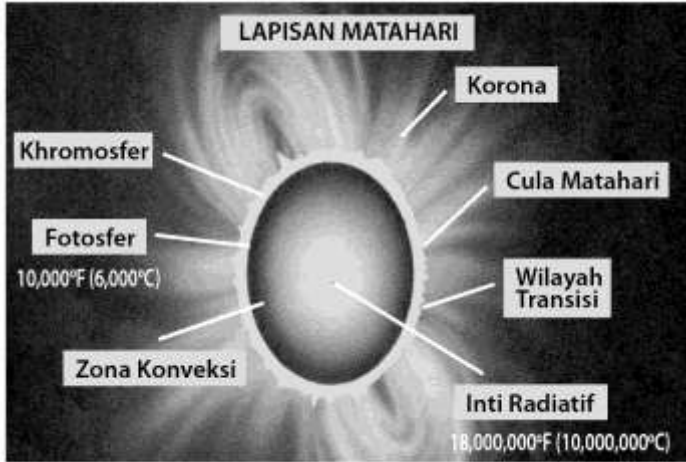
A. MATAHARI

Matahari adalah badan pengendali dari sistem Matahari atau *solar system*. Matahari juga merupakan bagian terbesar keseluruhan sistem, dengan massa 740 kali dibandingkan dengan massa keseluruhan sembilan planet yang mengitarinya, dan 10 kali lebih luas dibandingkan dengan planet Jupiter yang paling besar.

Sinar matahari merupakan sumber bagi kehidupan di Bumi dengan panas dan sinar yang dihasilkan memungkinkan keberlangsungan berbagai kehidupan. Panas matahari menyebabkan menguapnya air, samudera, dan berbagai sumber air, berperan penting dalam terjadinya angin dan berbagai unsur vital bagi eksistensi kehidupan di Bumi. Warna matahari berwujud kekuningan yang ukurannya relatif kecil bila dibandingkan dengan ukuran Matahari sebenarnya; berada pada sisi pinggir dari galaksi Bimasakti, dan berputar dengan kecepatan 220 km per detik. Pada saat yang sama meluncur ke arah konstelasi Hercules secepat 20 km per detik.

Terbentuknya Matahari dan planet di sekitarnya berlangsung beberapa miliar tahun yang lewat. Menurut teori, Matahari masih akan menghasilkan energi sampai 10 miliar tahun, walaupun pada suatu ketika dapat kelihatan agak meredup. Dalam ekspansinya akan mengalami warna merah lalu merah sekali, mungkin 1.000 kali luminasi energi pada saat ini. Apabila hal ini terjadi setelah Matahari mengalami pembakaran transmisi atau hidrogen berganti dengan transmisi helium. Mungkin menurut teori *Steady-state* massa Matahari akan

berwujud dalam massa bintang baru yang lain. Lapisan Matahari adalah seperti digambarkan pada Gambar 1.7.



Sumber: Anon (1971)

Gambar 1.7

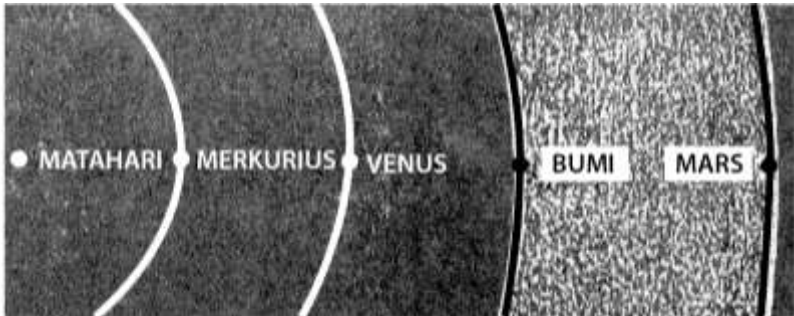
Lapisan Matahari: Ukuran Relatif dari Khromosfer. Korona Mengakibatkan Angina Matahari (*Solar Wind*)

B. SISTEM MATAHARI

Matahari merupakan pusat dari sistem Matahari atau sistem surya yang dikelilingi oleh sembilan planet, yaitu Merkurius, Venus, Bumi, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus, dan Pluto. Terjadinya planet dalam sistem Matahari pada awalnya dikemukakan oleh Pierce Simon Laplace (1749-1822) dengan teorinya yang disebut teori *Big-bang*, mengatakan bahwa massa Matahari yang berputar melepas sebagian dari massanya kemudian menjadi sembilan planet. Teori lain yang dikembangkan oleh Thomas C. Chamberlin (1843-1928) dan Forest R. Moulton (1872-1952) dari Amerika Serikat menentang teori *Planetisimal* (planet kecil). Menurut teori ini, sebuah bintang lain mendekati Matahari. Gravitasi dari bintang ini menyebabkan tertariknya massa Matahari sehingga bercerai berai membentuk sembilan planet.

Teori tentang kehidupan memperkirakan bahwa wilayah (zona) yang memungkinkan adanya kehidupan adalah wilayah yang memiliki kemiripan

akan sifat dan iklim yang berada di Bumi. Dahulu diperkirakan wilayah "berpenghuni" adalah antara 0,95-1,01 UA (unit astronomi atau jarak antara Bumi dengan Matahari), tetapi teori baru mengatakan bahwa "wilayah kehidupan" menjangkau jarak 1,5 UA, yang berarti di dalamnya termasuk Planet Mars (gambar 1.8).



Sumber: Kasting *et al.* 1988:49 dan Soerjani, 2010

Gambar 1.8

Wilayah yang memungkinkan adanya kehidupan dahulu diperkirakan adalah antara 0,95-1,01 UA, tetapi teori baru mengatakan bahwa wilayah kehidupan menjangkau jarak 1,5 UA

Kehidupan seperti di Bumi ini sampai sekarang diduga hanya terdapat di Bumi sendiri, mengingat suhu yang terlalu tinggi di Merkurius (350°C) dan Venus (300°C) pada tengah hari, atau terlalu rendah di Uranus (-80°C) dan Neptunus (-210°C). Di samping itu masih ada ketidakcocokan antara lain dalam radiasi gelombang pendek, kepadatan atmosfer, kelembaban, kadar nitrogen, dan oksigen. Menurut teori, di antara planet lain, hanya Mars yang dimungkinkan terdapat suatu bentuk kehidupan, meskipun bila mungkin terjadi dengan perwujudan yang berbeda dengan kehidupan di Bumi.

Dalam hubungan ini **Hipotesis Gaia** (Dewi Bumi) dari James Lovelock mengemukakan bahwa Bumi dan kehidupan itu saling mempengaruhi sehingga Bumi dapat mendukung kehidupan karena pengaruh adanya kehidupan itu sendiri. Andaikata kehidupan itu tidak ada, maka Bumi akan gersang sehingga berbeda sekali dengan kondisi sekarang. Dimungkinkan suhunya akan mampu mencapai angka tinggi ($\pm 290^{\circ}\text{C}$), kandungan CO_2 juga tinggi (98%), sedangkan kadar O_2 sangat rendah, hampir tidak terdeteksi. Dengan adanya

kehidupan di Bumi pada saat ini kadar O₂ adalah 21% cukup sebagai unsur vital yang mendukung kehidupan itu sendiri (Tabel 1. 1).

Tabel 1.1
Perbandingan Kondisi Atmosfer dan Suhu di Mars, Venus, dan Bumi dan Secara Hipotesis Keadaan Bumi Tanpa Kehidupan

Kandungan atmosfer	Mars	Venus	Bumi tanpa kehidupan	Bumi sekarang
CO ₂ (%)	95	98	98	0,03
N ₂ (%)	2,7	1,9	1,9	79
O ₂ (%)	0,13	sedikit	sedikit	21
Suhu permukaan (°C)	-53	477	250 ± 50	13

Dari Tabel 1.1 terlihat bahwa Bumi tanpa kehidupan tidak berada dalam kondisi yang memungkinkan adanya kehidupan, karena suhu terlalu panas (200-300°C), sedangkan nitrogen dan oksigen hampir tidak ada. Dengan adanya kehidupan, CO₂ akan terserap dalam proses asimilasi atau fotosintesis, sehingga turun drastis menjadi 0,03%. Sebaliknya oksigen yang terlepas dalam proses fotosintesis mampu meningkatkan kadar oksigen sampai 21%. Melalui proses pelapukan, di antaranya pelepasan nitrogen dalam proses peruraian protein dan lain-lain, akan menjadikan kadar nitrogen meningkat menjadi hampir 79%. Suhu permukaan Bumi pun menurun sehingga kondisinya sesuai untuk menopang kehidupan. Jadi kehidupan di Bumi memungkinkan keadaan Bumi sedemikian rupa sehingga kondisinya sesuai untuk menopang keberadaan kehidupan.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Mengapa dalam mempelajari kehidupan di Bumi perlu mempelajari keberadaan Bumi dalam jagat raya?
- 2) Bagaimana hubungan hipotesis dengan kenyataan bahwa lingkungan hidup manusia juga dipengaruhi oleh perilaku manusia?

- 3) Jagat raya merupakan suatu tatanan yang selalu dinamik. Jelaskan bagaimana perputaran Matahari sangat erat dengan dinamika galaksi Bimasakti!
- 4) Jelaskan bagaimana keterikatan planet yang mengitari Matahari dengan berbasis teori terjadinya planet!
- 5) Menurut teori berapa jarak antara Bumi dengan Matahari yang diperkirakan merupakan wilayah berpenghuni?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk menjawab pertanyaan dalam latihan perlu dipelajari materi pada Kegiatan Belajar 2, tentang:

1. jagat raya seisinya dan makna kebesarannya;
2. hubungan Bumi dengan sistem Matahari dan Matahari dalam galaksi Bimasakti;
3. putaran rotasi galaksi Bimasakti yang mempengaruhi putaran Matahari;
4. terjadinya planet dalam sistem Matahari;
5. wilayah kehidupan antara 0,9-1,5 UA.



RANGKUMAN

Jagat raya terdiri atas ratusan juta bintang, di antaranya Matahari berada dalam galaksi Bimasakti yang terdiri atas jutaan bintang. Sistem Matahari dikelilingi oleh sembilan planet, yaitu Merkurius, Venus, Bumi, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus, dan Pluto. Gerak putaran Bumi terhadap Matahari sangat teratur, yaitu sekali putar 365 hari lebih sedikit. Demikian pula perputaran Matahari sendiri dalam galaksi Bimasakti yang berlangsung 225 tahun sekali putar.

Bumi yang mempunyai sebuah satelit yang disebut Bulan merupakan planet yang paling mungkin dihuni oleh kehidupan makhluk hidup. Sebuah hipotesis menyatakan bahwa keberadaan makhluk hidup di Bumi merupakan pengendali keadaan di Bumi yang memungkinkan berlangsungnya kehidupan itu sendiri. Hal ini ditegaskan dalam Hipotesis Gaia (Penguasa Bumi). Lapisan Matahari dalam mempengaruhi Bumi berwujud dalam bentuk sinar melalui fotosfer, panas berasal dari inti radiatif, dan angin berasal dari korona.

**TES FORMATIF 2**

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Jagat raya yang terdiri atas ratusan juta benda angkasa bersifat
 - A. benda angkasa itu tidak mengalami tatanan/hukum yang pasti
 - B. *immutable* artinya benda alam terjalin dalam suatu tatanan/hukum yang pasti
 - C. unsur suhu dan gas di alam semesta mengalami perputaran
 - D. terdiri atas salah satu benda angkasa adalah Matahari

- 2) Kehidupan di jagat raya menurut teori terdapat pada wilayah
 - A. 12 UA
 - B. 0,951-0 UA
 - C. 0,951-1 UA
 - D. 0,95-1,5 UA

- 3) Hipotesis Gaia menyatakan bahwa
 - A. bumi sangat membutuhkan kehidupan
 - B. kehidupan mempengaruhi Bumi sehingga sesuai untuk mendukung kehidupan
 - C. kehidupan tidak berpengaruh apa pun bagi kelangsungan Bumi
 - D. kehidupan tidak tergantung pada keadaan Bumi

- 4) Peredaran siang dan malam disebabkan oleh
 - A. perputaran Bumi pada porosnya yang hampir tegak lurus pada bidang di mana Bumi mengelilingi Matahari
 - B. peredaran Matahari dari timur dan tenggelam di barat
 - C. peredaran Bulan mengelilingi Bumi
 - D. bumi berada jauh dan dekat ke Matahari

- 5) Dalam memperoleh manfaat dari hubungan manusia dengan alam
 - A. selalu ada dampak dan risiko dari perubahan yang terjadi
 - B. perubahan yang terjadi selalu akibat menguntungkan manusia
 - C. risiko yang terjadi selalu sulit untuk dapat diatasi
 - D. dampak yang terjadi selalu dapat diatasi

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) C. Galaksi dan benda angkasa lainnya.
- 2) D. Antara lintasan Venus dan Mars.
- 3) A. Sebagian berwarna kelabu di siang hari dan gelap kelam di malam hari.
- 4) A. Ekologi.
- 5) D. Teori *Steady-state* dari hasil perputaran nebula terbentuk galaksi dan bintang baru, sehingga alam semesta terus berlanjut.

Tes Formatif 2

- 1) B. *Immutable* artinya benda alam terjalin dalam suatu tatanan/hukum yang pasti.
- 2) D. 0,95-1,5 UA.
- 3) B. Kehidupan mempengaruhi Bumi sehingga sesuai untuk mendukung kehidupan.
- 4) A. Perputaran Bumi pada porosnya yang hampir tegak lurus pada bidang di mana Bumi mengelilingi Matahari.
- 5) A. Selalu ada dampak dan risiko dari perubahan yang terjadi.

Daftar Pustaka

- Anderson, J. M. 1981. *Ecology for Environmental Sciences: Biosphere, Ecosystems, and Man*. 175 pp. London: Edward Arnold.
- Anon. 1971. *Encyclopedia Americana*. Vol. 9. 954 pp. New York, USA: Americana Corporation.
- Anon, 1989. *Ensiklopedi Nasional Indonesia*. Jilid 5. 592 pp. Jakarta: PT. Cipta Adi Pustaka.
- Kasting, J.F.; O.B. Toon; dan J. B. Pollack. 1988. "How climate evolved on the terrestrial planets." *Scientific American* 2568 (2): 46 – 53.
- Marten, G. G. 2001. *Human Ecology. Basic Concept for Sustainable Development*. 237 pp. Glasgow, UK: Earthscan Publ. Ltd.
- Miller Jr., G. T. 1979. *Living in the Environment*. Second Ed'n. 470 pp. Belmont, USA: Wadsworth Publ. Coy.
- Muslimin, L. W. 1995. *Mikrobiologi Lingkungan*. 174 pp. Jakarta: Universitas Hasanudin bekerja sama dengan P3SL DIKTI DEPDIKDUB.
- Nirarita, Ch. Endah; P. Wibowo; dan D. Padmawinata. *Peny.* 1996. "Ekosistem Lahan Basah Indonesia." *Buku panduan untuk guru dan praktisi pendidikan. Dirjen PHPA*. 379 pp. Bogor: Wetlands Internasional, Canada Fnd, PPPGIPA, British Petroleum.
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-dasar Ekologi. terj.* T. Samingan. 697 pp. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Resoedarmo, S. K. Kartawinata dan A. Sugiarto. 1985. *Pengantar Ekologi*. 149 pp. Jakarta: Fakultas Pascasarjana IKIP Jakarta bekerja sama dengan BKKBN.
- Ribes, B. 1978. *Biology and Ethics*. 36 – 56. Paris: Unesco.

- Soerjani, M. 1997. *Pembangunan dan Lingkungan. Meniti Gagasan dan Pelaksanaan Sustainable Development*. 48 pp. Jakarta: Institut Pendidikan dan Pengembangan Lingkungan.
- _____. 2009. *Pendidikan Lingkungan Sebagai Dasar Kearifan Sikap Dan Perilaku Bagi Kelangsungan Kehidupan Menuju Pembangunan Berkelanjutan*. 85 pp. Jakarta: IPPL.
- Starr, C. dan R. Taggart. 1994. *Biology, the unity and diversity of live*. 647 pp. USA: Third Ed'n Wadsworth Publ. Co. Belmont.
- Sudarmojo, A. H. 2009. *Menyibak Rahasia Sains Bumi dalam Al-Quran*. 7-10. Bandung: Mizan Pustaka.