

**HANDOUT
MATAKULIAH KOSMOGRAFI
(3 SKS)**

Oleh:

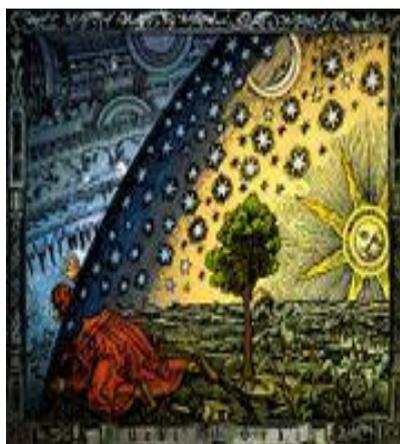
**Drs. H. Djakaria M.Nur, M.Si /0364
Drs. Ahmad Yani, M.Si./1970**

**JURUSAN PENDIDIKAN GEOGRAFI
FAKULTAS PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN SOSIAL
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2009**

Pertemuan	Topik	SKS
1	Alam Semesta	3

ALAM SEMESTA

Sekali waktu tataplah langit di malam hari. Bayangkan jika dapat terbang menembus langit dan melewati bintang-bintang. Di atas ketinggian kita juga menatap bumi yang kita tinggalkan, maka akan tampaklah sebuah bulatan planet bumi di suatu tempat ruang angkasa. Sejauh memandang kita memandang, ruang angkasa sangat luas dan tidak tahu di mana batasnya. Dahulu orang menganggap bahwa ruang angkasa ada batas yang jelas, pada batas itu tertempel bintang-bintang yang berkelip. Perhatikan gambar alam semesta menurut manusia jaman dahulu. Dengan melewati batas alam semesta akan timunan dunia lain. Barulah pada pertengahan terakhir abad ke 20 dengan perkembangan teknologi teropong, pesawat ulang alik, satelit, dan *skylab* manusia lebih baik dalam memahami alam semesta.



Gambar 1.1: Batas alam semesta
(sumber: [www. wikipedia indonesia.com](http://www.wikipedia indonesia.com))

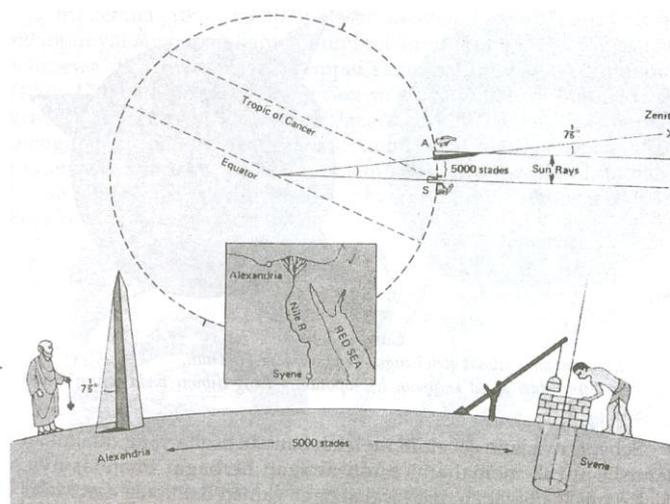
Sejarah pengamatan terhadap alam pertama kali pertama dilakukan oleh bangsa Cina dan Asia Tengah. Bangsa Cina mengamati alam lingkungan terkait dengan kepentingannya dalam melakukan perjalanan dan usaha pertanian. Selain Bangsa Cina, pengamatan terhadap gejala alam yang ada di langit dilakukan pula oleh orang-orang Yunani. Bangsa Yunani menemukan bahwa selain objek-objek yang terlihat dalam keadaan tetap, juga terlihat adanya objek-objek yang mengembara yang kemudian disebut planet. Prestasi Bangsa Yunani Kuno pada waktu itu telah sampai pada pengetahuan bahwa Matahari, Bumi, dan Planet merupakan bagian dari suatu sistem yang berbeda. Awalnya mereka memperkirakan Bumi dan Matahari berbentuk pipih tapi Phytagoras (572-492 SM) menyatakan bahwa semua benda langit itu berbentuk bola atau bundar.

Sejarah mencatat bahwa pengamatan alam semesta yang dibantu dengan perhitungan yang bersifat ilmiah kali pertama dilakukan oleh Aristachus dari Samos (310-230 SM). Ia mencoba menghitung sudut antara letak Bulan, Bumi, dan Matahari dan mencari perbandingan jarak antara Bumi ke Matahari, dan dari Bumi ke Bulan.

Aristachrus juga merupakan orang pertama yang beranggapan bahwa Bumi bergerak mengelilingi Matahari dalam lintasan berbentuk lingkaran yang menjadi titik awal teori Heliosentrik. Dengan demikian, teori heliosentrik telah diyakini oleh para filsuf jauh sebelum munculnya pendapat Copernicus.

Pengamatan alam semesta yang paling berharga lainnya hasil yang dilakukan oleh Eratosthenes (276-195 SM). Ia mampu menghitung besaran lingkaran bumi. Ketepatannya cukup meyakinkan dan hanya berbeda 13% dari hasil perhitungan pada saat ini, padahal ketika itu ia menghitung lingkaran bumi dengan alat yang sederhana. Eratosthenes mengukur keliling bumi secara matematik yaitu berdasarkan perhitungan jarak dari Syene (Aswan) dan Alexandria. Di Syene ia menggali sumur, sedangkan di Alexandria menancapkan tongkat. Pada saat pengukuran, cahaya matahari di Syene menyinari seluruh dasar sumur (tanpa ada bayangan dari dinding sumur), sedangkan di Alexandria ia mengukur panjang bayangan tongkat. Dengan menganggap bahwa cahaya matahari di Syene akan menembus ke pusat bumi, dan kelanjutan dari tongkat yang tertanjap tegak juga akan menembus inti bumi maka selanjutnya tinggal menghitung besar sudut bayangan tongkat yang jatuh ke tanah.

Dari cara perhitungan ini, Eratosthenes memperoleh angka keliling bumi, yaitu sejauh 252.000 stadia = 45.654 km (1 stadia = 157 meter) dengan asumsi jarak antara Alexandria – Syene sejauh 5000 stadia.



Gambar 1.2: Cara Eratosthenes mengukur keliling bumi
(Sumber: Agung Mulyo, 2004)

Teori heliosentris dari Aristachrus mendapat perlawanan dari Ptolemy dengan Teori Geosentrik. Ptolemy hidup sekitar 150 M yang menyatakan bahwa semua objek bergerak relatif terhadap bumi. Teori geosentrik dipercaya oleh para ahli ketika itu selama hampir 1400 tahun walaupun mempunyai kelemahan, karena Matahari dan Bulan bergerak dalam jejak lingkaran mengitari Bumi, sementara planet bergerak tidak teratur dalam serangkaian simpul ke arah timur.

Akhirnya teori geosentris gugur setelah pada tahun 1543 terjadi revolusi ilmiah secara besar-besaran yaitu konsep Copernicus (1473 - 1543) yang membenarkan konsep awal dari Aristarchus dan mengusulkan bahwa model Heliosentris merupakan teori yang paling rasional.

Copernicus lahir pada tanggal 19 Pebruari 1473 di-Torun, Polandia. Ia hidup pada peralihan zaman abad pertengahan dan zaman pencerahan (*renaissance*). Walaupun menjadi biarawan, tetapi ia juga sangat tertarik pada astronomi. Dengan

peralatan yang sangat sederhana yang ada waktu itu, Copernicus mempelajari gerakan-gerakan matahari, planet-planet dan bintang-bintang. Kesimpulannya menyatakan bahwa dengan menempatkan matahari di tengah tata surya dan dalam keadaan diam, perhitungan gerak benda langit akan lebih mudah diprediksi gerakannya. Teori heliosentrik yang disampaikan Copernicus dipublikasikan dalam buku berjudul *De Revolutionibus Orbium Coelestium*.

Di kemudian hari setelah kematian Copernicus, gereja menentang teori heliosentris. Hal ini terjadi pada akhir abad ke-16 yaitu ketika Giordano Bruno seorang filsuf Italia menyatakan bahwa semua bintang itu mirip dengan Matahari dan masing-masing matahari dikelilingi oleh sistem planet lainnya yang dihuni oleh manusia yang berbeda. Dengan pandangan ini menyebabkan Giordano Bruno dibakar dan teori heliosentrik yang diyakininya dianggap berbahaya karena bertentangan dengan pandangan gereja yang menganggap manusialah yang menjadi sentral di alam semesta.



Gambar 1.3: Nicolaus Copernicus

Penentangan gereja terhadap teori heliosentrik terus berlanjut. Adalah Galileo Galilei yang dilahirkan di Italia pada tahun 1564 dipenjara karena mendukung teori Copernicus. Awalnya pada tahun 1616 ia diperingatkan agar jangan mendukung teori heliosentris, tetapi ia tetap bertahan hingga menerbitkan bukunya yang diberi judul: **"Dialogue concerning the two chief systems of the world"** pada tahun 1632. Akibatnya Galileo pada tahun 1633 dipanggil ke-Roma untuk menghadapi komite inkuisisi dari gereja Katolik Roma. Setelah ditahan selama berbulan-bulan, maka pada tanggal 22 Juni 1633 ia diajukan ke pengadilan. Dengan usia yang sudah mulai udzur yaitu sekitar 70 tahun dan sakit-sakitan ia terpaksa mengalah dan bersedia menarik kembali dukungannya kepada teori heliosentris sambil berlutut. Ia tidak jadi dihukum mati tetapi dikenakan tahanan rumah. Pada tahun 1642 Galileo meninggal dunia dalam status tahanan rumah.

Dengan adanya larangan dari gereja, para ilmuwan "penasaran" termasuk tokoh utama pada jamannya yaitu Isaac Newton. Dengan banyaknya pendukung teori heliosentris, para rohaniwan baik Katolik Roma maupun Protestan menjadi salah tingkah dan "dipukul" mundur. Para Rohaniwan generasi abad ke-18 menyalahkan para Rohaniwan abad ke-16 dan 17.

Walaupun umumnya para ahli sepakat dengan teori heliosentris, tetapi Tycho Brahe (1546-1601) dari Denmark tidak mendukung teori heliosentris. Ia masih

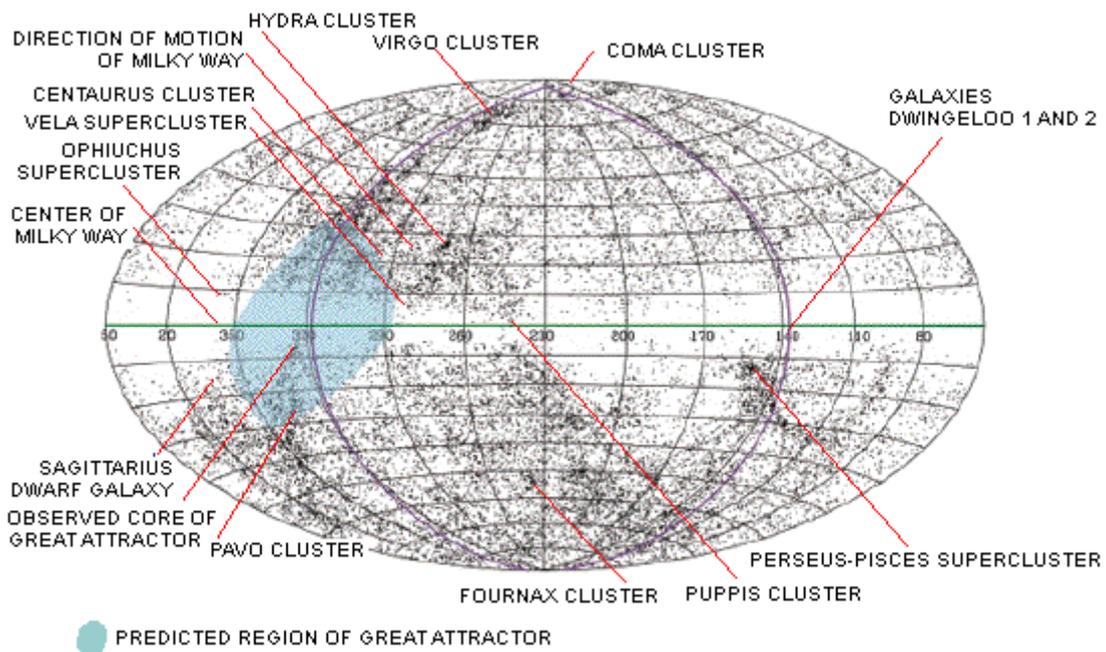
menentanginya dan mendukung teori geosentris. Pada 1576, Brahe membangun sebuah observatorium di pulau Hven, di laut Baltic dan melakukan penelitian di sana sampai kemudian ia pindah ke Prague pada tahun 1596.

Di Prague, Brahe menghabiskan sisa hidupnya menyelesaikan tabel gerak planet dengan bantuan Johannes Kepler (1571-1630) asistennya. Setelah kematian Brahe, Kepler menelaah data yang ditinggalkan Brahe dan menemukan bahwa orbit planet tidak bulat sirkular melainkan berbentuk eliptik. Kepler termasuk "murtad" terhadap pendapat gurunya dan mendukung teori heliosentris bahkan kemudian mengeluarkan tiga hukum gerak orbit yang dikenal sampai saat ini yaitu: (a) Planet bergerak dalam orbit elips mengelilingi matahari sebagai pusat sistem, (b) Radius vektor akan menyapu luas yang sama dalam interval waktu yang sama, dan (c) Kuadrat kala edar planet mengelilingi matahari sebanding dengan pangkat tiga jarak rata-rata dari matahari. Kepler menuliskan hasil pekerjaannya dalam sejumlah buku, diantaranya adalah *Epitome of The Copernican Astronomy* tetapi segera setelah itu menjadi bagian dari daftar *Index Librorum Prohibitorum* yang merupakan kumpulan buku terlarang bagi umat Katolik. Dalam daftar ini juga terdapat publikasi Copernicus yang telah disebutkan di atas yaitu *De Revolutionibus Orbium Coelestium*.

Pengamatan terhadap langit terhadap benda-benda di langit terus berlanjut. Teori Heliosentris dari Copernicus yang berpendapat bahwa matahari adalah pusat alam semesta setelah banyak direvisi. Sesuatu yang wajar karena Copernicus hanya menggunakan peralatan sederhana yang sangat jauh berbeda dengan teknologi yang digunakan sekarang. Hal yang perlu dihargai adalah bahwa Copernicus telah meletakkan dasar-dasar teori yang sampai saat ini diakui sampai akhirnya nanti ditemukan teori baru yang lebih baik.

Konsepsi tentang alam semesta yang sampai saat ini diakui manusia (sebagai hasil dari penelitian dengan menggunakan teknologi modern) adalah bahwa bumi berputar pada sumbu bumi (rotasi) dan berputar mengelilingi matahari (revolusi). Bumi adalah salah satu planet anggota Tata Surya dan planet-planet lainnya juga berputar mengelilingi matahari.

Matahari hanya satu bintang dari miliaran bintang yang ada dalam suatu gugusan bintang yang disebut galaxy. Letak matahari berada pada salah satu sayap galaksi Bima Sakti dan bukan pusat dari bintang-bintang dalam galaksi. Galaxy Bima sakti atau lebih dikenal secara internasional dinamakan *Milky Way* (Melk Weg) di mana matahari menjadi salah anggotanya, ternyata tidak hanya satu. Para astronom menemukan bahwa banyak lagi galaxy-galaxy lain di luar galaksi bima sakti. Banyaknya galaksi-galaksi di alam raya oleh para ahli dikelompokkan menjadi sejumlah klaster (*cluster of galaxies*). Galaksi Bima sakti bersama 18 galaksi lainnya (seperti Awan Magellan Besar, Awan Magellan Kecil, dan Andromeda) membentuk sebuah klaster yang disebut Klaster Lokal. Selain Klaster Lokal, gugus galaksi lain yang ada di ruang alam jagat raya adalah Klaster Virgo (anggotanya terdiri atas 1000 buah), Klaster Coma (anggotanya terdiri atas 10.000 buah galaksi). Bayangkan jika satu galaksi saja belum ada yang dapat memastikan jumlah bintang yang berada di dalamnya, maka berapa menjadi berapa triliyun lagi jika jumlah bintang yang di setiap gugus kita hitung.



Gambar 1.4: peta lokasi gugus-gugus galaksi yang berjumlah tidak kurang dari 30.000 galaksi diambil dari katalog galaksi (sumber gambar: Tsafir S. Kolatt, Avishai Dekel)

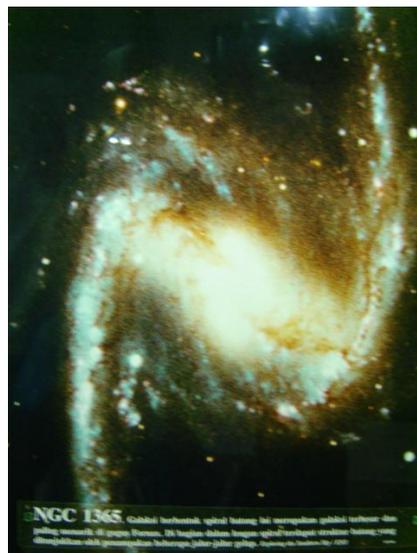
Pertemuan	Topik	SKS
2	<i>Milky Way</i>	3

MILKY WAY

Secara morfologi, galaksi dapat dikelompokkan menjadi 3 tipe yaitu tipe *galaksi spiral*, *galaksi elips*, dan *galaksi tak-beraturan*. Banyaknya galaksi spiral di alam raya sekitar 75%; galaksi elips 20%, dan galaksi tak beraturan 5%. **Galaksi spiral**, adalah tipe yang paling umum dikenal orang. Bagian-bagian utama galaksi spiral adalah bulge dan halo. Bulge adalah bagian pusat galaksi yang menonjol dan merupakan bagian yang paling padat. Pada Bima Sakti, pusat galaksi terletak di arah Rasi Sagittarius, tetapi kita tidak dapat mengamatinya dengan mudah, karena materi antar bintang banyak menyerap cahaya yang berasal dari pusat galaksi itu. Sedangkan halo adalah bagian lengan spiral.

Bintang-bintang yang ada dalam galaksi terdapat bintang-bintang muda dan tua. Bintang-bintang tua terdapat pada gugus-gugus bola yang tersebar menyelimuti galaksi. Gugus bola inilah yang membentuk halo bersama sama dengan bintang-bintang yang tidak terdapat di bidang galaksi. Sedangkan bintang-bintang muda terdapat di lengan spiral galaksi yang berada di bidang galaksi. Bintang-bintang muda ini masih banyak diselimuti materi antar bintang, yaitu bahan yang membentuk bintang itu.

Galaksi spiral berotasi dengan kecepatan yang jauh lebih besar dari galaksi elips. Kecepatan rotasinya yang besar itulah yang menyebabkan galaksi ini memipih dan membentuk bidang galaksi. Besar kecilnya kecepatan rotasi pada galaksi spiral ini bergantung pada massa galaksi tersebut. Kecepatan rotasi tiap bagian galaksi spiral sendiri tidaklah sama. Semakin ke arah pusat galaksi, kecepatan rotasinya semakin besar.



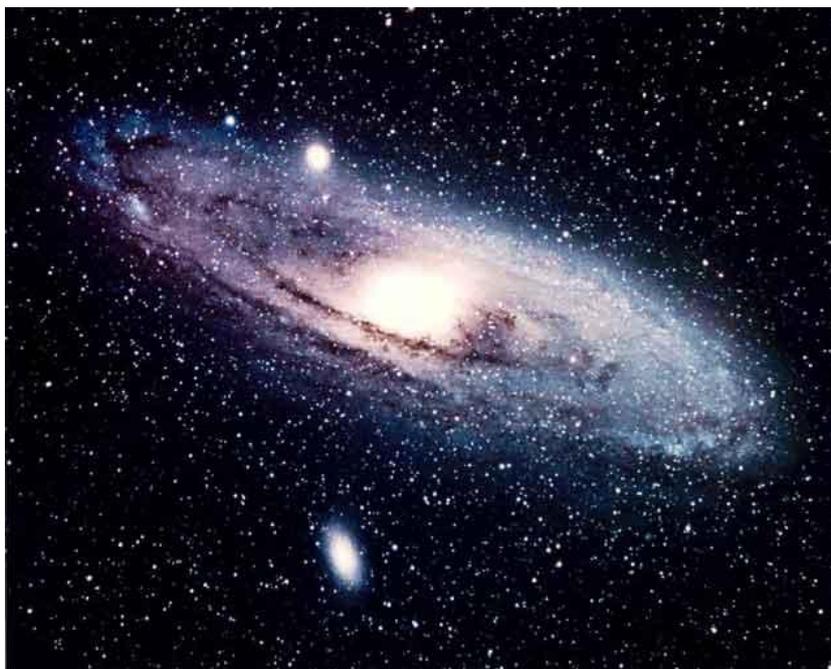
Gambar 1.5: Galaksi NGC 1365 yang berbentuk spiral berbatang
(foto: Ruang pameran Planetarium Jakarta)

Galaksi elips penampakannya seperti elips, tapi bentuk yang sebenarnya tidak kita ketahui dengan pasti, karena bentuk ellipsis yang kita lihat hanya tampak dari

samping. Bentuk sebenarnya dari galaksi elips bisa bundar tapi dapat juga berbentuk bola pekat. Struktur galaksi tipe ini tidak terlihat dengan jelas. Galaksi elips sangat sedikit mengandung materi antar bintang, dan anggotanya adalah bintang-bintang tua. Contoh galaksi tipe ini adalah galaksi M87, yaitu galaksi elips raksasa yang terdapat di Rasi Virgo.

Galaksi tak-beraturan adalah tipe galaksi yang tidak simetri dan tidak memiliki bentuk khusus, tidak seperti dua tipe galaksi yang lainnya. Anggota dari galaksi tipe ini terdiri dari bintang-bintang tua (populasi II) dan bintang-bintang muda (populasi I). Contoh dari galaksi tipe ini adalah Awan Magellan Besar dan Awan Magellan Kecil, dua buah galaksi tetangga terdekat Bima Sakti, yang hanya berjarak sekitar 180.000 tahun cahaya dari Bima Sakti. Galaksi tak beraturan ini banyak mengandung materi antar bintang yang terdiri dari gas dan debu-debu.

Kumpulan bintang pada Galaksi Bima Sakti (*Milky Way*) dapat kita saksikan di langit dengan mata telanjang, bentuknya seperti selendang yang terdiri atas bentangan bintang-bintang di kedua belahan langit. Selendang *Milky Way* yang paling tebal terlihat di belahan langit selatan. Di seberang Rasi Sagitarius merupakan pusat galaksi yang tebalnya sekitar 10.000 sampai 15.000 tahun cahaya. Pusat galaksi itu berupa kawasan yang sangat cemerlang, bentuknya mirip labu sarat dengan bintang-bintang merah besar, terselimuti kabut debu dan hanya tampak dalam gelombang infra merah atau gelombang radio. Di seputar pusat itu terdapat bintang dan bahan bintang yang terbentang dalam bentuk piring dengan garis tengah 80.000 tahun cahaya. Jarak yang tidak terbayangkan itu kira-kira 772 juta milyar kilometer.



Gambar 1.6: Galaksi bima sakti (www.universetoday.com)

Di dalam piringan Galaksi Bima Sakti terdapat lengan-lengan debu dan gas gelap berhiaskan permata bintang raksasa yang gemerlap dan tidak terhitung banyaknya. Lengan itu bergerak dalam bentuk spiral menjauhi pusat galaksi, laksana pancaran bunga api mengelilingi poros roda yang diputar. Cemerlang bintang di pusat galaksi berwarna merah sedangkan cemerlang bintang di lengan galaksi berwarna biru. Matahari tidak termasuk kepada kedua jenis tersebut karena matahari hanya

merupakan bintang dari kelas menengah dengan kekuatan cahaya 100.000 kali lebih redup daripada bintang-bintang tercerah di sekitarnya. Matahari tidak memancarkan kecerahan biru pada lengan spiral tersebut tetapi hanya memancarkan cahaya kuning lembut. Matahari terletak 30.000 tahun cahaya dari pusat galaksi atau tiga perempat jari-jari galaksi. Peredarannya di sayap salah satu lengan galaksi dengan waktu tempuh satu kali putaran 250 juta tahun cahaya. "*Maha suci Allah yang menjadikan di langit gugusan bintang* (QS Al Furqon, ayat 61)".

Galaksi spiral yang mirip Bima Sakti adalah galaksi Andromeda. Dalam ruang alam jagat raya, Andromeda adalah tetangga terdekat galaksi Bima Sakti dan memiliki ukuran yang lebih besar dari Bima Sakti. Galaksi Andromeda bersama-sama dengan Bima Sakti termasuk galaksi spiral raksasa. Jarak galaksi Andromeda ini sekitar 2,5 juta tahun cahaya. Untuk mengarungi jarak sejauh itu, cahaya memerlukan waktu 2,5 juta tahun. Ini berarti cahaya yang kita terima dari galaksi ini adalah cahaya yang dikirimnya 2,5 juta tahun yang lalu yang menggambarkan keadaan galaksi tersebut pada waktu itu. Jarak yang merentang antara Bima Sakti dan Andromeda sejauh 2,5 juta tahun cahaya itu dalam ukuran astronomi masih terhitung dekat. Jarak ke galaksi-galaksi lainnya jauh lebih fantastis. Bahkan ada yang sampai milyaran tahun cahaya.

Perhatian terhadap Andromeda ini sebenarnya telah lama dilakukan para ahli, karena galaksi tersebut dapat dilihat tanpa teleskop. Pada tahun 964 M dicatat sebagai "bintang" tetap oleh Al-Sufi pengamat langit bangsa Iran. Ketika itu hanya ada dua galaksi lain yang tampak dengan mata telanjang dan kedua-duanya terletak di belahan bumi selatan. Adanya galaksi ini baru dilaporkan di Eropa abad 15 oleh para kapten Henry Pelaut. Kapten yang berbangsa Portugis itu baru saja pulang dari usahanya mencari jalan ke timur mengitari Afrika. Salah seorang kapten memperhatikan galaksi itu dan di antaranya bernama Magellan, sehingga kedua galaksi yang dianggap kabut aneh itu diberi nama Kabut Magellan.

Penemuan galaksi bertambah banyak berkat adanya teleskop pertama, tetapi semua terlihat sebagai kabut yang mirip kabut Magellan. Para ahli astronomi belum dapat membedakan antara kabut gas dengan galaksi. Oleh karena itu semua kabut itu dinamakan Nebula saja dengan diberi nama dan kode. Di antara nebula yang samar-samar, akhirnya ditemukan oleh Hubble bahwa tiga nebula yang berkode M 31 di Andromeda adalah galaksi tetangga terdekat galaksi bima sakti. NGC 6822 dan M33 adalah galaksi yang terletak jauh di luar pagar rumpun lokal gugus galaksi. Bima sakti dan galaksi M 31 beserta 25 galaksi sekitarnya membentuk gugus galaksi yang dinamakan rumpun lokal. Rumpun lokal bersama-sama dengan gugus galaksi rumpun lokal lainnya membentuk *Superkluster Virgo*.

Sesudah adanya galaksi-galaksi terbukti, studi tentang galaksi melonjak cepat. Jutaan pulau-pulau alam semesta seperti bima sakti banyak ditemukan dengan berbagai ragam ukuran, bentuk dan arahnya. Sebagian besar lebih kecil daripada galaksi bimasakti, tetapi beberapa di antaranya lebih besar. Bentuknya beraneka ragam dari bentuk kabut bersinar tercabik-cabik dan tanpa pola tertentu sampai kepada bentuk bulatan yang bermanik-manik bintang. Semuanya tergantung di angkasa dengan berbagai sudut. Ada yang terlihat dari samping, ada yang terlihat seluruh muka, dan ada pula yang miring tiga perempat. "*Dan sesungguhnya Kami telah menciptakan gugusan bintang-bintang (di langit) dan kami telah menghiasi langit itu bagi orang-orang yang memandangnya* (QS Al Hijr: 16)".

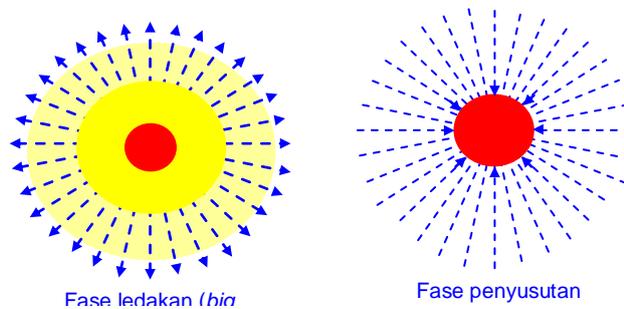
Pertemuan	Topik	SKS
3	Teori kejadian alam semesta	3

TEORI KEJADIAN ALAM SEMESTA

Para ahli astronomi telah lama berusaha merumuskan berbagai teori yang dapat menjelaskan tentang kejadian alam semesta. Salah satu teorinya disebut teori dentuman dahsyat (*big bang*). Teori ini pertama kali dikemukakan oleh kosmolog Abbe Lemaitre pada tahun 1920-an. Menurut teori ini alam semesta ini bermula dari gumpalan super-atom raksasa yang isinya tidak bisa kita bayangkan tetapi kira-kira seperti bola api raksasa yang suhunya antara 10 milyar sampai 1 trilyun derajat celsius (air mendidih suhunya hanya 100 °C). Gumpalan super-atom tersebut meledak sekitar 15 milyar tahun yang lalu. Hasil sisa dentuman dahsyat tersebut menyebar menjadi debu dan awan hidrogen. Setelah berumur ratusan juta tahun, debu dan awan hidrogen tersebut membentuk bintang-bintang dalam ukuran yang berbeda-beda. Seiring dengan terbentuknya bintang-bintang, di antara bintang-bintang tersebut berpusat membentuk kelompoknya masing-masing yang kemudian kita sebut galaksi.

Teori *big bang* merupakan teori mutakhir tentang penciptaan alam semesta. Sebelumnya telah berlaku berbagai teori kejadian alam semesta dengan sejumlah pendukung dan penentangannya. Seperti Teori Keadaan Tetap (*Steady State Theory*) yang diusulkan pada tahun 1948 oleh H. Bondi, T. Gold, dan F. Hoyle dari Universitas Cambridge (Tjasyono, 2006; 51). Menurut teori ini, alam semesta tidak ada awalnya dan tidak akan berakhir. Dalam teori keadaan tetap tidak ada asumsi bola api kosmik yang besar dan pernah meledak. Alam semesta akan datang silih berganti berbentuk atom-atom hidrogen dalam ruang angkasa, membentuk galaksi baru dan menggantikan galaksi lama yang bergerak menjauhi kita dalam ekspansinya.

Teori lainnya yang cukup akomodatif dari kedua teori di atas adalah teori osilasi. Keyakinan tentang kejadian alam semesta sama dengan Teori Keadaan Tetap yaitu bahwa alam semesta tidak awal dan tidak akan berakhir. Tetapi model osilasi mengakui adanya dentuman besar dan nanti pada suatu saat gravitasi menyedot kembali efek ekspansi ini sehingga alam semesta akan mengempis (*collapse*) yang pada akhirnya akan menggumpal kembali dalam kepadatan yang tinggi dengan temperatur yang tinggi dan akan terjadi dentuman besar kembali. Setelah *big-bang* kedua kali terjadi, dimulai kembali ekspansi kedua dan suatu saat akan mengempis kembali dan meledak untuk ketiga kalinya dan seterusnya.



Gambar 1.7: Teori Osilasi

Di tempat lain para ilmuwan sibuk mengusulkan teori lain tentang terciptanya tata surya. Bagi para ilmuwan, formasi tata surya sangat menarik karena keteraturan planet-planet mengelilingi matahari. Bersamaan dengan itu, satelit planet juga mengitari planet induknya.

Adalah Izaak Newton (1642-1727) yang memberi dasar teori mengenai asal mula Tata Surya. Ia menyusun Hukum Gerak Newton atau Hukum Gravitasi yang membuktikan bahwa gaya antara dua benda sebanding dengan massa masing-masing objek dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua benda. Teori Newton menjadi dasar bagi berbagai teori pembentukan Tata Surya yang lahir kemudian, sampai dengan tahun 1960 termasuk didalamnya teori monistik dan teori dualistik. Teori monistik menyatakan bahwa matahari dan planet berasal dari materi yang sama. Sedangkan teori dualistik menyatakan matahari dan bumi berasal dari sumber materi yang berbeda dan terbentuk pada waktu yang berbeda.

Tahun 1745, George Comte de Buffon (1701-1788) dari Perancis mempostulatkan teori dualistik dan *katastrofi* yang menyatakan bahwa tabrakan komet dengan permukaan matahari menyebabkan materi matahari terlontar dan membentuk planet pada jarak yang berbeda. Kelemahan dari teori Buffon tidak bisa menjelaskan asal datangnya komet. Ia hanya mengasumsikan bahwa komet jauh lebih masif dari kenyataannya.

Filsuf Perancis, Rene Descartes (1596-1650) mempercayai bahwa ruang angkasa terisi oleh *fluida* alam semesta dan planet-planet terbentuk dalam pusaran air. Teori ini tidak didukung oleh dasar ilmiah yang kuat sehingga banyak yang menolaknya. Namun demikian, nampaknya menjadi inspirasi bagi Immanuel Kant (1724-1804) bahwa ada kemungkinan bahwa alam semesta itu berasal dari sesuatu "lembut" dan lebih lebit dari fluida yaitu adanya awan gas yang berkontraksi dibawah pengaruh gravitasi sehingga awan tersebut menjadi pipih. Gagasan Kant didasarkan dari Teori Pusaran Descartes yang merubah asumsi dari fluida menjadi gas.

Setelah adanya teleskop, William Herschel (1738-1822) mengamati adanya *nebula* yang awalnya dianggap sebagai kumpulan gas yang gagal menjadi bintang. Tahun 1791, ia melihat bintang tunggal yang dikelilingi oleh halo yang terang. Asumsi inilah yang kemudian berkembang dan menaik kesimpulan sementara bahwa bintang itu terbentuk dari nebula dan halo merupakan sisa dari nebula.

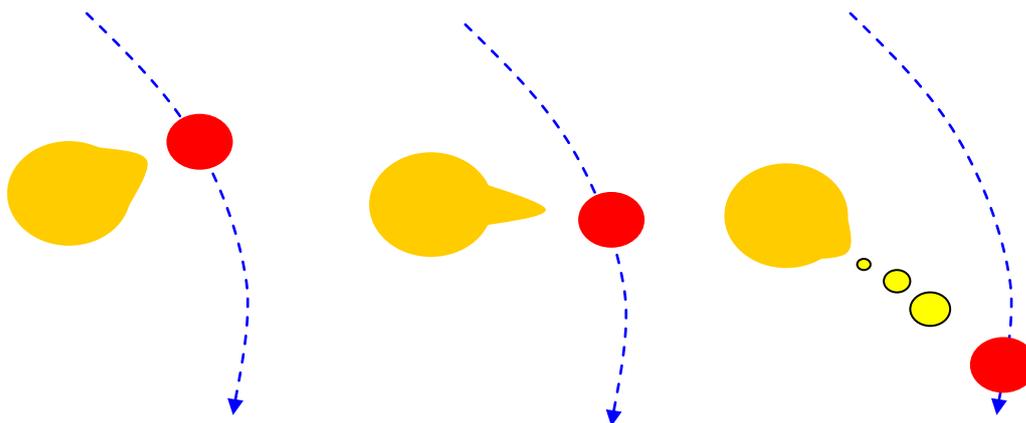
Teori nebula semakin mantap setelah Pierre Laplace (1749-1827) menyatakan awan gas dan debu yang berputar secara perlahan akan menjadi padu akibat gravitasi. Pada saat padu, momentum sudut dipertahankan melalui putaran yang dipercepat sehingga terjadilah pemipihan. Selama dalam kontraksi, materi di pusat pusaran menjadi matahari dan materi yang terlepas dan memisahkan diri dari piring pusaran membentuk sejumlah cincin. Material di sekitar cincin juga membentuk pusaran yang lebih kecil dan terciptalah planet-planet.

Teori Laplace ditentang oleh Clerk Maxwell (1831-1879). Menurut Maxwell teori cincin hanya bisa stabil jika terdiri dari partikel-partikel padat. Jika bahannya dari gas seperti pendapat Laplace maka tidak akan terbentuk planet. Menurut Maxwell cincin tidak bisa berkondensasi menjadi planet karena gaya inersianya akan memisahkan bagian dalam dan luar cincin. Seandainya proses pemisahan bisa terlewat, massa cincin masih jauh lebih masif dibanding massa planet yang terbentuk.

Thomas C. Chamberlin (1843 - 1928) ahli geologi dan Forest R. Moulton (1872 - 1952) seorang ahli astronomi mengajukan teori lain yaitu Teori Planetesimal. Menurut teori ini, matahari telah ada sebagai salah satu dari bintang-bintang yang banyak. Pada suatu masa, entah kapan, ada sebuah bintang berpapasan pada jarak yang tidak jauh. Akibatnya, terjadilah peristiwa pasang naik pada permukaan matahari.

Sebagian dari masa matahari itu tertarik ke arah bintang lewat. Material yang tertarik ada yang kembali ke matahari dan sebagian lainnya terlepas dan menjadi planet-planet.

Teori lain yang mirip dengan teori Chamberlin dan Moulton adalah teori pasang surut yang dikemukakan oleh Sir James Jeans (1877 – 1946) dan Harold Jeffreys (1891) yang keduanya berkebangsaan Inggris. Peristiwa pasang surutnya digambarkan oleh Jeans dan Jeffreys adalah seperti cerutu. Artinya ketika bintang lewat mendekati matahari, pada waktu itu masa matahari tertarik dengan bentuk menjulur keluar seperti cerutu. Setelah jauh, cerutu tersebut menetes dan tetesannya membentuk planet-planet.



Gambar 1.8: Teori pasang surut terjadinya Tata Surya

Teori lainnya adalah dari Carl von Weizsäcker seorang ahli astronomi Jerman. Teorinya dikenal dengan nama Teori Awan Debu (*The Dust-Cloud Theory*). Gagasannya adalah bahwa tata surya awalnya terbentuk dari gumpalan awan gas dan debu. Awan gas dan debu mengalami proses pemampatan membentuk bola dan mulai berpilin. Lama-kelamaan gumpalan gas itu memipih menyerupai bentuk cakram yaitu bulat dan pipih yang dibagian tengahnya tebal sedangkan di bagian tepiannya sangat tipis. Bagian tengah memilin lebih lambat daripada bagian tepiannya. Partikel dibagian tengah saling menekan sehingga menimbulkan panas dan menyala yang kemudian menjadi matahari. Sedangkan bagian luar berputar sangat cepat sehingga banyak yang terlempar dan menjadi gumpalan gas dan kumpulan debu padat. Bagian yang kecil-kecil itu kemudian menjadi planet-planet.

Sebagian ahli juga percaya bahwa ketika matahari mulai memijar, angin matahari berhembus sangat kencang sehingga menerpa gumpalan-gumpalan debu calon planet. Merkurius, Venus, Bumi, dan Mars terkena dampak langsung sehingga debu calon planet sebagian terhempas dan “telanjanglah” planet-planet tersebut. Sementara Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus masih tetap seperti planet “debu” sehingga bentuknya masih berukuran raksasa. Dengan landasan pada asumsi dan teori ini, maka sangat aneh adanya planet Pluto yang berwujud terestrial (padat). Pertanyaan inilah yang belum dapat dijawab dan untuk sementara “ditunda” statusnya sebagai planet. Adapun bulan atau satelit padat di sekitar planet-planet debu berukuran besar itu karena lebih dulu memadat yang kemudian bergerak mengitari planet induknya.

Pertemuan	Topik	SKS
4	Bintang	3

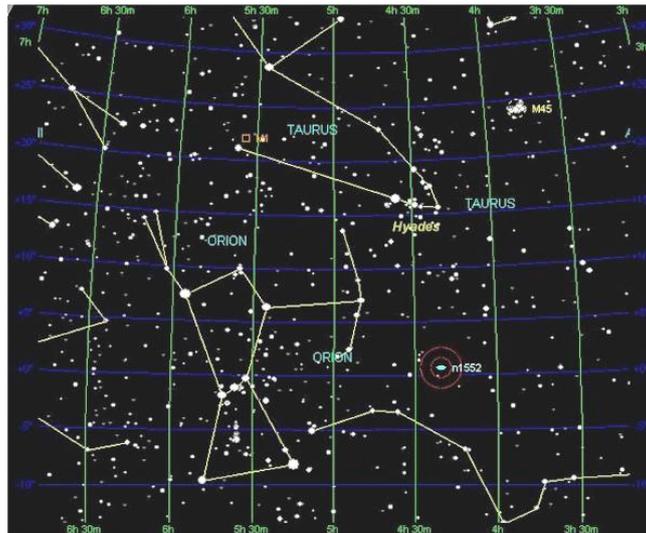
BINTANG

Ribuan tahun yang lalu sejak jaman Mesir Kuno, ilmu perbintangan telah dikenal masyarakat, walaupun masih dalam kepercayaan tahayul dan mitos-mitos. Konsep mereka tentang matahari, bulan, dan bintang-bintang masih sederhana dan keliru. Bumi masih dianggap sebagai pusat dari peredaran matahari, bulan, dan bintang-bintang. Formasi bintang-bintang tertentu yang membentuk gambaran hewan atau lainnya (yang kemudian disebut rasi bintang) dijadikan ramalan pernasiban, bahkan bintang-bintang yang terang dan menarik perhatian orang akan diartikan sebagai petunjuk lahirnya pemimpin dunia.

Warisan peradaban kuno itu sampai sekarang masih tersisa. Misalnya meramal nasib berdasarkan tanggal dan bulan kelahiran seseorang, yaitu yang disesuaikan dengan munculnya rasi bintang tertentu ketika seseorang dilahirkan. Rasi bintang yang digunakan untuk meramal biasanya rasi bintang zodiak. Zodiak adalah 12 rasi bintang sepanjang ekliptika membentuk gelang melingkari garis edar bumi mengelilingi matahari. Dua belas rasi bintang itu sudah kita kenal yaitu *Capricornus*, *Aquarius*, *Pisces*, *Aries*, *Taurus*, *Gemini*, *Cancer*, *Leo*, *Virgo*, *Libra*, *Scorpio*, dan *Sagittarius*. Pada awal tahun 2007, rasi zodiak ditambah satu lagi yaitu rasi *Ophiuchus* (pawang ular) yaitu muncul pada 29 Nopember sampai dengan 18 Desember.

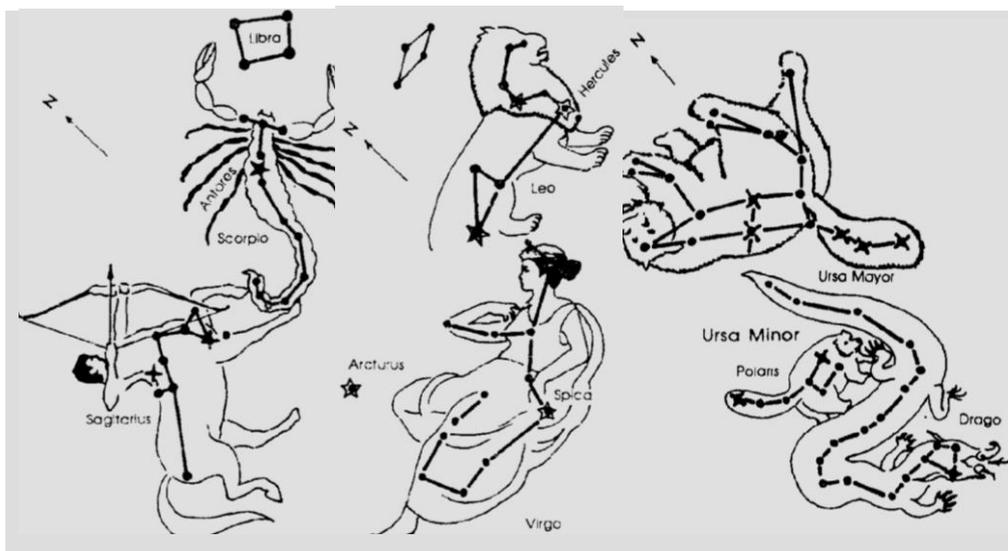
Setiap rasi bintang terdiri atas beberapa bintang yang membentuk gambaran bintang. Misalnya rasi bintang Leo, disebut demikian karena membentuk formasi singa atau Scorpio yang membentuk formasi kalajengking. Setiap rasi bintang pada Zodiak akan muncul satu kali selama setahun. Lamanya rasi bintang menampakkan diri di langit adalah satu bulan. Tenggelamnya rasi bintang yang satu diganti oleh rasi bintang yang lain, demikian seterusnya. Munculnya rasi-rasi bintang di langit adalah sebagai berikut:

1. [Capricornus](#): Kambing laut (21 Januari – 16 Februari, 26 hari)
2. [Aquarius](#): Pembawa Air (16 Februari – 11 Maret, 24 hari)
3. [Pisces](#): Ikan (11 Maret – 18 April, 38 hari)
4. [Aries](#): Domba (18 April – 13 Mei, 25 hari)
5. [Taurus](#): Kerbau (13 Mei – 22 Juni, 40 hari)
6. [Gemini](#): Si Kembar (22 Juni – 21 Juli, 29 hari)
7. [Cancer](#): Kepiting (21 Juli – 10 Agustus, 20 hari)
8. [Leo](#): Singa (10 Agustus – 16 September, 37 hari)
9. [Virgo](#): Gadis Perawan (16 September – 31 Oktober, 45 hari)
10. [Libra](#): Timbangan (31 Oktober – 23 Nofember, 23 hari)
11. [Scorpius](#): Kalajengking (23 November – 29 November, 6 hari)
12. [Ophiuchus](#): Pawang Ular (29 November – 18 Desember, 19 hari)
13. [Sagittarius](#): Si Pemanah (18 Desember – 21 Januari, 34 hari)



Gambar: Rasi taurus sebagai bagian dari rasi zodiak, sedangkan rasi orion yang di dalamnya ada bintang wuluku dapat dijadikan petunjuk datangnya awal musim penghujan di Indonesia karena muncul sekitar bulan Juli dan Agustus (Sumber gambar: www.utahskies.org)

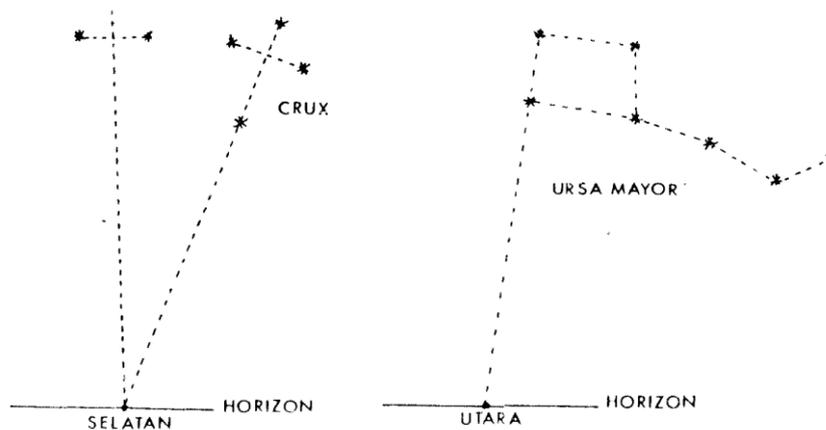
Berdasarkan rasi-rasi bintang tersebut orang meramal. Misalnya Si A lahir pada tanggal 2 Januari, karena tanggal tersebut ada di antara tanggal kemunculan rasi Capricornus maka Si A dikatakan memiliki bintang kelahiran Capricornus. Si B yang lahir tanggal 25 Juli, maka akan memiliki bintang kelahiran Leo dan seterusnya. Isi ramalannya bisa seperti ini bahwa Si A pada minggu ke dua bulan Maret misalnya akan memiliki peluang untuk mendapat proyek besar walaupun keadaan asmara lagi cekok tetapi seseorang sudah siap menggantikan pasangan asmaranya, dan seterusnya. Lucunya kalau kita perhatikan secara seksama, ramalan yang dimuat di majalah umumnya bernada positif terus dan menghindari hal-hal yang dibenci pembaca.



Gambar: Nama rasi bintang diambil dari reka pikir manusia berdasarkan letak bintang-bintang (Sumber: Tanudidjaja, 1995)

Selain zodiak, terdapat pula rasi bintang lainnya yang sangat terkenal seperti rasi *crux* yang dikenal sebagai rasi salib atau di Jawa dikenal dengan nama "gubuk menceng". Rasi ini berada yang terletak di belahan langit selatan. Jika orang dalam perjalanan kehilangan arah di malam hari, dapat melihat kedudukan rasi bintang ini. Bentuk rasi ini seperti layang-layang. Untuk menentukan titik selatan caranya dengan menarik garis lurus bintang yang paling atas ke arah bumi melalui bintang yang paling bawah. Ujung garis dan terusannya adalah titik selatan yang sesungguhnya.

Namun jika kita berada di belahan bumi utara, di sebagian tempat tidak akan melihat rasi bintang gubuk menceng karena bumi kita berbentuk bulat. Sebagai gantinya di belahan bumi utara dapat memperhatikan rasi bintang ursa minor. Pada ujung ursa minor terdapat bintang polaris. Seandainya ada orang berdiri di titik kutub utara bumi dan menengadahkan di langit maka tepat di atas ubun-ubunya ada bintang polaris.



Gambar: Crux dan Ursa Mayor sebagai petunjuk arah
(Sumber: Tanudidjaja, 1995)

Kalau kita berada di belahan bumi utara dan tidak melihat rasi bintang gubuk menceng maka perhatikan rasi bintang ursa minor di belahan langit utara. Pada ujung ursa minor terdapat bintang polaris. Seandainya ada orang berdiri di titik kutub utara bumi dan menengadahkan di langit maka tepat di atas ubun-ubunya ada bintang polaris. Imam Bukhori mengatakan dalam kitab shahihnya, bahwa Qathadah mengatakan: *"Allah telah menciptakan bintang-bintang ini untuk tiga keperluan, yaitu: hiasan langit, pelempar setan, dan tanda-tanda untuk petunjuk arah. Barang siapa mentakwilkan bintang-bintang diluar ketiga hal itu, maka ia telah melakukan kesalahan, berbuat sia-sia dan telah menyia-nyiaikan nasibnya serta telah memaksakan dirinya pada sesuatu tanpa dasar ilmu pengetahuan (Al Hadits).*

Di langit malam terkadang sering melihat loncatan cahaya yang disebut bintang jatuh. Dalam astronomi bintang jatuh disebut meteor. Meteor bergerak sangat cepat bagaikan kembang api. Meteor adalah benda langit yang wujudnya padat beterbangan dan tempatnya tidak teratur di antara planet-planet. Benda langit tersebut tidak memiliki orbit yang tetap, banyak sekali dan tentu saja tidak bercahaya. Terjadinya loncatan pijar yang seolah-olah bintang jatuh karena benda ini tertarik gravitasi bumi. Pada saat masuk atmosfer bumi gesekan antara benda padat dengan lapisan atmosfer bumi terjadi sehingga menimbulkan loncatan cahaya pijar. Meteor

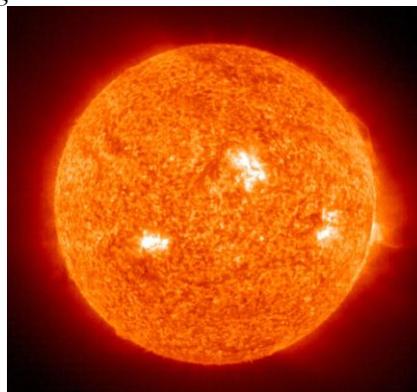
yang jatuh menuju bumi kebanyakan habis terbakar di tengah perjalanan. Namun ada juga yang sampai ke bumi seperti yang terjadi di daerah Arizona yang membekaskan kawah meteor. Sisa batuan yang jatuh sampai ke bumi disebut meteorit. Peristiwa jatuhnya meteorit di Arizona terlihat di atas langit propinsi Kirin di Negeri Cina yaitu pada tanggal 8 Maret 1976. Keesokan harinya di tempat kejadian telah tampak sebuah kawah meteor yang dalamnya 5,5, meter dengan lebar 2 meter. Semburan api dari meteor-meteor yang berloncatan di langit barangkali suatu semburan yang dimaksud Rasulullah SAW sebagai bintang pelempar setan. Wallahu'alam."..... *kecuali syetan yang mencuri-curi (berita) yang dapat didengar (dari malaikat) lalu dikejar oleh semburan api yang terang (QS Al Hijr : 18)*".

Pertemuan	Topik	SKS
5	Matahari	3

BINTANG "MATAHARI"

Galaksi bima sakti memiliki sekitar 200 milyar bintang. Bintang-bintang dalam Galaksi Bima Sakti besarnya berbagai ukuran. Untuk bintang yang berukuran besar dinamakan *Giant*, bintang yang berukuran sedang dinamakan *Medium*, sedangkan yang kecil dinamakan *Dwarf*. Letak matahari dalam Galaksi Bima Sakti berada pada sayap dengan jarak dari pusat galaksi sekitar 30.000 tahun cahaya. Bintang-bintang itu letaknya sangat jauh, dan yang dianggap paling dekat saja namanya Alfa Centauri jaraknya 4,5 tahun cahaya. Bintang yang paling jauh dari matahari belum diketahui karena mungkin cahayanya belum sampai ke bumi. Matahari kita yang merupakan bintang berukuran sedang memiliki garis tengah sekitar 1,4 juta km atau 109 x garis tengah bumi. Bintang besar yang terkenal antara lain Beteljusa (190 x matahari) dan bintang Antares (480 x matahari).

Seperti telah dijelaskan bahwa setelah dentuman dahsyat terjadi yang menandai awal terbentuknya alam semesta, debu dan awan hidrogen hasil ledakan selanjutnya membentuk bintang-bintang dalam ukuran yang berbeda-beda. Matahari juga berasal dari kabut purba di ruang angkasa. Gaya gravitasi antar molekul menyebabkan adanya gerakan dan pusaran-pusaran. Pemampatan pada tempat-tempat tertentu sementara proses pemipihan terus berlangsung. Gumpalan kabut yang berada di tengah pusaran menjadi matahari, sedangkan gumpalan-gumpalan lainnya menjadi planet-planet. Matahari mulai menyala dengan tenaga nuklirnya, tenaga itu mendorong selubung gas yang masih menyelimuti bakal planet. Ketika daya pancar matahari membesar, selubung gas pada planet yang dekat tersapu bersih dan tinggallah planet telanjang yang ukurannya menjadi kecil dan padat. Tetapi planet-planet raksasa yang berada jauh dari matahari tidak begitu banyak terpengaruh. Radiasi matahari tidak dapat mengusir sisa gas pada selubung planet jauh sehingga sampai sekarang ukurannya besar-besar akibat tidak terjadi pepadatan. Penjelasan di atas merupakan teori yang dikemukakan GP Kuiper (Juni 1950) dan merupakan teori yang paling memenuhi syarat dalam menjelaskan pembentukan tata surya kita maupun tata surya lain yang terdapat di bintang-bintang.



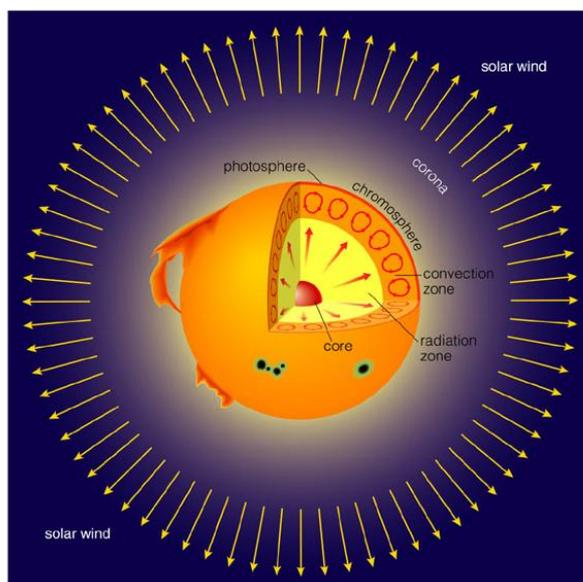
Gambar: Matahari: (<http://www.universetoday.com>)

Ukuran volume matahari 1.300.000 kali bumi dan merupakan benda langit terbesar di Tatasurya, sedangkan massa matahari 334.000 kali massa bumi. Gravitasi

matahari 28 kali gravitasi bumi. Jarak matahari ke bumi sekitar 150 juta km sehingga merupakan jarak bintang terdekat. Matahari bagaikan dapur api raksasa, suhu dipermukaannya 5700 Kelvin. Sumber apinya dari reaksi nuklir di bagian inti yang bersuhu 15 juta Kelvin. Lapisan matahari terdiri atas lapisan inti, lapisan radiasi, dan lapisan konveksi. Di bagian luarnya terdapat lapisan fotosfer dan atmosfer.

Cahaya matahari tampak berwarna putih. Jika cahaya matahari dilewatkan pada prisma kaca, akan terurai menjadi warna pelangi. Uraian warna-warna itu disebut spektrum. Dari pengamatan garis-garis serapan pada spektrum matahari didapatkan unsur kimia penyusun matahari yaitu Hidrogen (76,4%), Helium (21,8%), dan sisanya (2%) adalah unsur lain. Hidrogen adalah bahan bakar utama matahari. Di pusat matahari berlangsung penggabungan inti-inti atom hidrogen yang kemudian membentuk inti atom helium sambil melepas energi. Sekitar 0,7% dari masa inti hidrogen yang mengalami reaksi itu berubah menjadi energi. Setiap detik matahari kehilangan 4 milyar kg massa yang berubah menjadi sinar gamma. Dari sinar gamma sebagian berubah menjadi sinar tampak pada waktu meninggalkan matahari. Matahari telah bersinar 5000 juta tahun yang lalu dan memiliki persediaan hidrogen untuk tetap bercahaya sampai 5 milyar tahun mendatang.

Perkiraan sisa usia matahari adalah sebagai berikut. Dalam satu detik matahari menghabiskan 4.240.000 ton gas hidrogen diubah menjadi energi. Dibandingkan dengan massa keseluruhannya, massa yang dipakai itu belum begitu banyak karena massa total matahari diperkirakan $1,98 \times 10^{30}$ kg. Diperkirakan hanya 1/15 bagian saja dari matahari yang terpakai untuk mendapatkan energi dan hanya 1/200 dari hidrogen yang akan diubah menjadi energi. Berdasarkan perkiraan itu dapat diramalkan, matahari masih bisa bercahaya seperti sekarang ini selama $1,6 \times 10^{17}$ detik lagi. Dengan membaginya dengan $3,6 \times 10^7$ detik (1 tahun) maka didapat angka $5,1 \times 10^9$ tahun atau sama dengan 5.100.000.000 tahun (5,1 milyar tahun) matahari akan tetap bersinar. Suatu perkiraan yang penuh harapan karena semua nasib alam ini kembali pula Allah SWT. Dia-lah yang kuasa di alam jagat raya ini.



Gambar: bagian matahari bersinar (sumber: www.physast.uga.edu)

Atmosfer matahari terdiri atas dua lapisan; lapisan luar disebut *korona* dan lapisan dalam disebut *kromosfer*. Di bawah atmosfer matahari terdapat *fotosfer* dan di

bawah fotosfer terdapat bintik-bintik matahari (*sunspots*). Pada permukaan fotosfer ada kalanya terjadi semburan material matahari ke arah luar yang kemudian jatuh kembali ke permukaan matahari yang dinamakan *prominences*. Di antara dua bintik hitam matahari terdapat bagian yang bercahaya terang yang disebut *flare*. Matahari yang terlihat diam sebenarnya berputar pada porosnya yang disebut gerakan rotasi. Arah rotasi matahari berputar negatif dengan periode di bagian tengah (ekuator) 34 hari satu kali putaran.

Banyaknya bintang bagi para ahli bukan halangan untuk mencoba mengelompokkan berdasarkan tingkat panasnya. Sistem pengelompokkan bintang yang dianggap baik disusun oleh Ejner Hertzsprung (Denmark) dan Henry Morris Russel (Amerika Serikat) pada tahun 1911. Mereka mengelompokkan jenis bintang paling panas pada kelompok O sedangkan yang paling dingin adalah kelompok R, N, dan S. Ditambah dengan jenis W oleh Wolf-Rayet yang ternyata lebih panas dan letaknya sangat jauh.

Lengkapnya, kelompok bintang-bintang itu terbagi dalam 10 jenis yaitu W, O, B, A, F, G, K, M, R, N, dan S. Setiap jenis masih dibagi dalam kelas-kelas yang berbeda. Sebagai contoh jenis bintang O₀, O₁, O₂, O₃, O₄, O₅, O₆, O₇, O₈, O₉, O₁₀, B₀, B₁, B₂, dan seterusnya. Berikut penjelasan tentang kelompok bintang tersebut (Effendie, 1994).

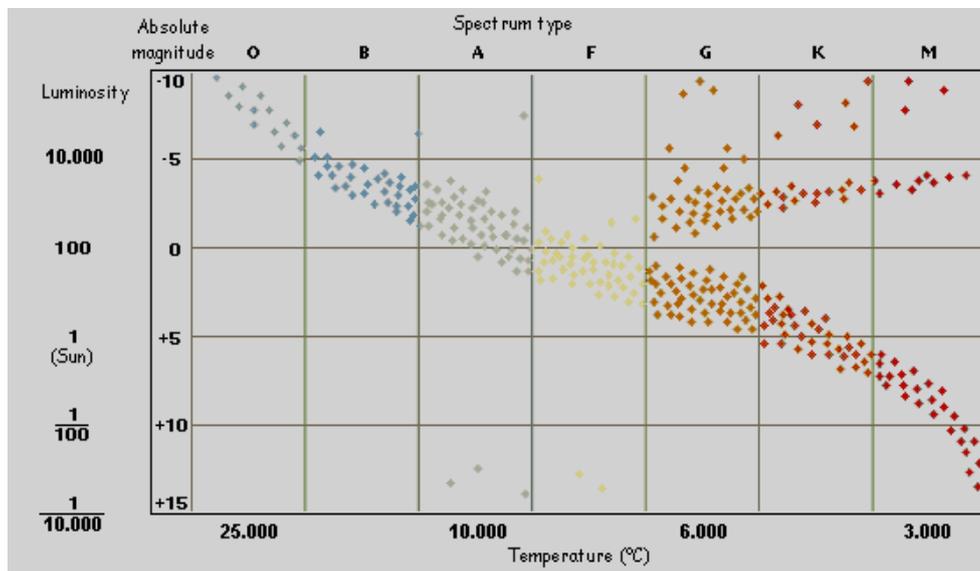
Kelompok W	Latar belakang pelanginya lebih banyak diselingi garis-garis terang daripada garis-garis gelap. Garis-garis itu berkaitan terutama dengan helium, karbon, nitrogen dan oksigen. Suhu permukaannya sangat tinggi yaitu sekitar 80.000 °C. Semua jenis bintang ini cahayanya sangat terang dan berjarak sangat jauh.
Kelompok O	Pada spektrumnya memperlihatkan garis-garis gelap dan terang. Suhu permukaannya sekitar 35.000 °C. Bintang-bintang yang termasuk jenis ini antara lain Zeta Orionis (O ₉) dan Gamma Velorum (O ₇) yang merupakan bintang-bintang yang terang.
Kelompok B	Mulai dari bintang putih kebiruan (B ₀) hingga putih (B ₉) suhu permukaannya antara 25.000 °C sampai dengan 12.000 °C. Dari bintang-bintang ini tidak ada garis pemancaran, melainkan garis-garis penyerapan hidrogen dan (terutama) helium melimpah ruah. Contohnya Epsilon Orionis (B ₀) dan Rigel (B ₈).
Kelompok A	Umumnya merupakan bintang jenis Sirius, karena Sirius (A ₁) termasuk bintang jenis ini. Suhu permukaannya dari 10.000 °C hingga 8.000 °C. Bintang jenis A warnanya putih dan spektrumnya dikuasai oleh garis-garis yang berkaitan dengan hidrogen seperti Vega (A ₀) dan Altair (A ₇).
Kelompok F	Warnanya kekuningan dengan suhu permukaan antara 7.000 °C hingga 6.000 °C. Pada jenis ini hidrogen tidak menonjol, melainkan dikuasai kalsium. Contoh jenis F adalah Froyon (F ₅) dan Polaris (F ₈).
Kelompok G	Adalah bintang-bintang kuning seperti Matahari (G ₂). Garis-garis hidrogennya terus menerus melemah, yang banyak dan menonjol adalah metal. Pada jenis ini kita menemukan raksasa dan cebol, dan sinarnya terang. Contohnya Capella (Raksasa G ₈) dan Matahari (Cebpl G ₂). Suhu permukaannya antara 5.500 °C hingga 4.200 °C bagi raksasa dan 6.000 °C hingga 5.000 °C untuk cebol.
Kelompok K	Adalah bintang-bintang jingga yang dikenal juga dengan jenis Arcturus karena bintang Arcturus termasuk jenis ini. Pada jenis ini yang menonjol adalah kalsium dengan suhu permukaan antara 4.000 °C hingga 3000 °C bagi raksasa dan 5000 °C hingga 4000 °C bagi

cebol. Jenis K termasuk bintang yang paling banyak, contohnya Arcturus (K_2), Pollux (K_0) dan Aldebaran (K_5).

Kelompok M Warnanya jingga-merah dengan suhu permukaan sekitar $3000\text{ }^\circ\text{C}$ bagi raksasa dan $3200\text{ }^\circ\text{C}$ bagi cebol. Spektrumnya sangat rumit, banyak ban-ban yang bersangkutan dengan molekul. Contohnya Antares (Raksasa M_1), Betelgeux (Raksasa M_2), Proxima Centauri (Cebol M_5). Cahaya bintang kelas M ada yang berubah-ubah.

Kelompok R, N, dan S Adalah bintang-bintang merah dan berjarak jauh, sehingga tampak merah. Yang termerah dari semuanya adalah bintang-bintang karbon jenis N.

Sebaran kelompok bintang tersebut digambarkan dalam Diagram H-R yang menunjukkan tingkat terang, warna dan suhu permukaannya. Matahari sebagai bintang dengan tingkat terang 1, dan dua garis terputus-putus dari pojok kiri atas sampai dengan pojok kanan bawah disebut Sabuk Rangkaian Utama.

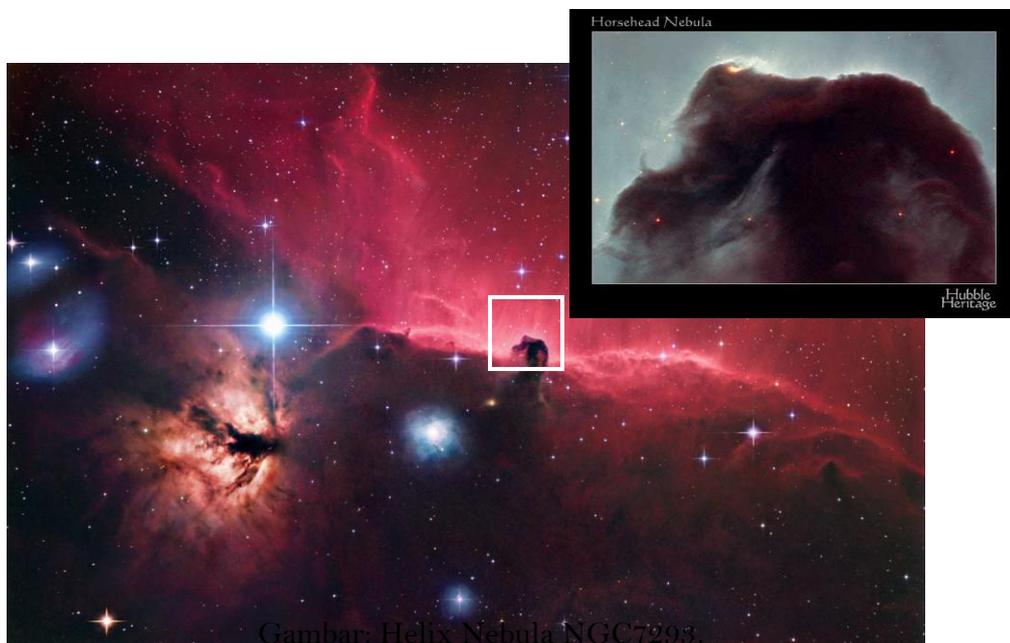


Gambar 2.4. Diagram H-R (Sumber: www.mallorcaweb.net)

Pertemuan	Topik	SKS
6	Kehidupan Bintang	3

KEHIDUPAN BINTANG

Sebuah bintang lahir dimulai ketika sebagian debu dan gas di bagian dalam nebula mulai berkumpul dan bergabung. Secara perlahan gabungan gas dan debu tersebut mengkerut dan memadat serta di bagian dalamnya menjadi panas. Panas tersebut diakibatkan oleh karena adanya penggabungan inti hydrogen ke dalam helium. Selama pemadatan berlangsung panas itu pun semakin bertambah yang mengakibatkan terjadinya pelepasan tenaga.



Gambar: Nebula merupakan bahan dasar pembentuk bintang.

Kekuatan gravitasi memiliki peranan sangat penting dalam proses pembentukan bintang. Awal mula pembentukan bintang dimulai dari ketidakstabilan gravitasi. Ketidakstabilan ini seringkali dipicu oleh gelombang kejut dari supernova atau tumbukan antara dua galaksi sehingga awan tersebut mulai bergerak di bawah gaya gravitasinya sendiri. Berdasarkan syarat *instabilitas Jeans*, bintang tidak terbentuk sendiri-sendiri, melainkan dalam kelompok yang berasal dari suatu keruntuhan di suatu awan molekul yang besar, kemudian terpecah menjadi konglomerasi individual. Hal ini didukung oleh pengamatan dimana banyak bintang berusia sama tergabung dalam gugus atau asosiasi bintang.

Begitu awan "runtuh", akan terjadi konglomerasi debu dan gas yang padat yang disebut sebagai *globula-bok*. Globula Bok ini dapat memiliki massa hingga 50 kali Matahari. Runtuhnya globula membuat bertambahnya kerapatan. Pada proses ini energi gravitasi diubah menjadi energi panas sehingga temperatur meningkat. Ketika awan protobintang ini mencapai kesetimbangan hidrostatis, sebuah protobintang akan terbentuk di intinya. Bintang pra deret utama ini seringkali dikelilingi oleh piringan

[protoplanet](#). Pengerutan atau keruntuhan awan molekul ini memakan waktu hingga puluhan juta tahun. Ketika peningkatan temperatur di inti protobintang mencapai kisaran 10 juta kelvin, hidrogen di inti 'terbakar' menjadi helium dalam suatu reaksi termonuklir. Reaksi nuklir di dalam inti bintang menyuplai cukup energi untuk mempertahankan tekanan di pusat sehingga proses pengerutan berhenti. Protobintang kini memulai kehidupan baru sebagai bintang [deret utama](#)

Akhir sebuah bintang

Ketika kandungan [hidrogen](#) di teras bintang habis, teras bintang mengecil dan membebaskan banyak panas dan memanaskan lapisan luar bintang. Lapisan luar bintang yang masih banyak [hidrogen](#) mengembang dan bertukar warna merah dan disebut [bintang raksasa merah](#) yang dapat mencapai 100 kali ukuran matahari sebelum membentuk bintang kerdil putih. Sekiranya bintang tersebut berukuran lebih besar dari [matahari](#), bintang tersebut akan membentuk [superraksaksa merah](#). [Superraksaksa merah](#) ini kemudiannya membentuk [Nova](#) atau [Supernova](#) dan kemudiannya membentuk [bintang neutron](#) atau [Lubang hitam](#).

Supernova adalah ledakan dari suatu [bintang](#) di [galaksi](#) yang memancarkan energi yang teramat besar. Peristiwa supernova ini menandai berakhirnya riwayat suatu bintang. Bintang yang mengalami supernova akan tampak sangat cemerlang dan bahkan kecemerlangannya bisa mencapai ratusan juta kali cahaya bintang tersebut semula.

Energi yang dipancarkan oleh supernova amatlah besar. Bahkan pancaran energi yang dipancarkan saat supernova terjadi dalam beberapa detik saja dapat menyamai pancaran energi sebuah bintang dalam kurun waktu jutaan hingga miliaran tahun. Pancaran energi supernova dapat dihitung berdasarkan sifat-sifat pancaran radiasinya. Supernova biasa terjadi dikarenakan habisnya usia suatu bintang. Saat bahan-bahan [nuklir](#) pada [inti bintang](#) telah habis, maka tidak akan dapat terjadi reaksi [fusi](#) nuklir yang merupakan penyokong hidup suatu bintang. Dan bila sudah tidak dapat dilakukan fusi nuklir ini, maka bintang akan mati dan melakukan suApernova.

Jenis-jenis Supernova

Berdasarkan pada garis [spektrum](#) pada supernova, maka didapatkan beberapa jenis supernova :

- Supernova Tipe Ia
Pada supernova ini, tidak ditemukan adanya garis spektrum [Hidrogen](#) saat pengamatan.
- Supernova Tipe Ib/c
Pada supernova ini, tidak ditemukan adanya garis spektrum Hidrogen ataupun [Helium](#) saat pengamatan.
- Supernova Tipe II
Pada supernova ini, ditemukan adanya garis spektrum Hidrogen saat pengamatan.
- Hipernova
Supernova tipe ini melepaskan energi yang amat besar saat meledak. Energi ini jauh lebih besar dibandingkan energi saat supernova tipe yang lain terjadi.

Berdasarkan pada sumber energi supernova, maka didapatkan jenis supernova sebagai berikut.

- Supernova Termonuklir (*Thermonuclear Supernovae*)
 - Berasal dari bintang yang memiliki [massa](#) kecil

- Berasal dari bintang yang telah berevolusi lanjut
- Bintang yang meledak merupakan anggota dari sistem bintang ganda.
- Ledakan menghancurkan bintang tanpa sisa
- Energi ledakan berasal dari pembakaran Karbon (C) dan Oksigen (O)
- Supernova Runtuh-inti (*Core-collapse Supernovae*)
 - Berasal dari bintang yang memiliki massa besar
 - Berasal dari bintang yang memiliki selubung bintang yang besar dan masih membakar Hidrogen di dalamnya.
 - Bintang yang meledak merupakan bintang tunggal (seperti Supernova Tipe II), dan bintang ganda (seperti supernova Tipe Ib/c)
 - Ledakan bintang menghasilkan objek mampat berupa bintang neutron ataupun lubang hitam (*black hole*).
 - Energi ledakan berasal dari tekanan

Tahapan terjadinya Supernova

Suatu bintang yang telah habis masa hidupnya, biasanya akan melakukan supernova. Urutan kejadian terjadinya supernova adalah sebagai berikut.

- Pembengkakan
Bintang membengkak karena mengirimkan inti Helium di dalamnya ke permukaan. Sehingga bintang akan menjadi sebuah bintang raksasa yang amat besar, dan berwarna merah. Di bagian dalamnya, inti bintang akan semakin menyusut. Dikarenakan penyusutan ini, maka bintang semakin panas dan padat.
- Inti Besi
Saat semua bagian inti bintang telah hilang, dan yang tertinggal di dalam hanyalah unsur besi, maka kurang dari satu detik kemudian suatu bintang memasuki tahap akhir dari kehancurannya. Ini dikarenakan struktur nuklir besi tidak memungkinkan atom-atom dalam bintang untuk melakukan reaksi fusi untuk menjadi elemen yang lebih berat.
- Peledakan
Pada tahap ini, suhu pada inti bintang semakin bertambah hingga mencapai 100 miliar derajat celcius. Kemudian energi dari inti ini ditransfer menyelimuti bintang yang kemudian meledak dan menyebarkan gelombang kejut. Saat gelombang ini menerpa material pada lapisan luar bintang, maka material tersebut menjadi panas. Pada suhu tertentu, material ini berfusi dan menjadi elemen-elemen baru dan isotop-isotop radioaktif.
- Pelontaran
Gelombang kejut akan melontarkan material-material bintang ke ruang angkasa.

Dampak dari Supernova

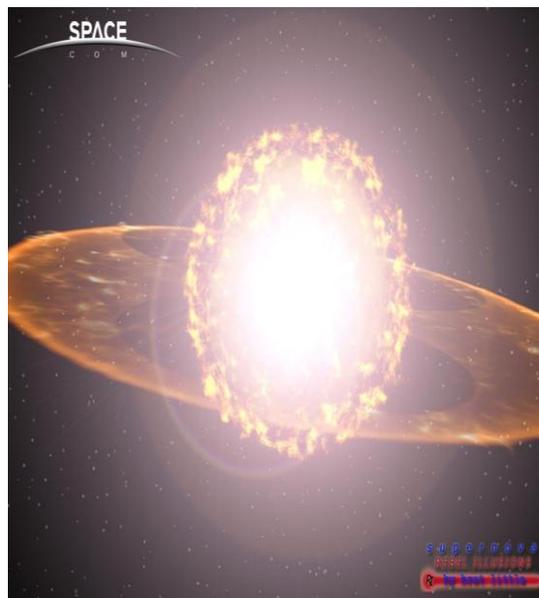
Supernova memiliki dampak bagi kehidupan di luar bintang tersebut, di antaranya:

- Menghasilkan Logam
Pada inti bintang, terjadi reaksi fusi nuklir. Pada reaksi ini dilahirkan unsur-unsur yang lebih berat dari Hidrogen dan Helium. Saat supernova terjadi, unsur-unsur ini dilontarkan keluar bintang dan memperkaya awan antar bintang di sekitarnya dengan unsur-unsur berat.
- Menciptakan Kehidupan di Alam Semesta
Supernova melontarkan unsur-unsur tertentu ke ruang angkasa. Unsur-unsur ini kemudian berpindah ke bagian-bagian lain yang jauh dari bintang yang meledak tersebut. Diasumsikan bahwa unsur atau materi tersebut kemudian bergabung membentuk suatu bintang baru atau bahkan planet di alam semesta.

Peristiwa Supernova yang teramati



Supernova 1994D



Sebuah ilustrasi dari super nova

Ada satu bintang yang melakukan supernova di ruang angkasa tiap satu detik kehidupan di bumi. Hanya saja, untuk menemukan bintang yang akan melakukan supernova tersebut sangat sulit. Banyak faktor yang memengaruhi dalam pengamatan supernova. Walaupun begitu, ada beberapa peristiwa supernova yang telah teramati oleh manusia, di antaranya:

- Supernova 1994D

Dahulu kala, sebuah bintang meledak di tempat yang amat jauh dari [bumi](#). Ledakan itu tampak seperti sebuah titik terang. Ini terjadi di bagian luar dari [galaksi](#) NGC 4526, dan dinamakan Supernova 1994D. Sinar yang dipancarkannya selama beberapa minggu setelah ledakan tersebut menunjukkan bahwa supernova tersebut merupakan Supernova Tipe Ia.



Supernova 1987A yang terjadi di Awan Magellan Besar. Tanda panah di bagian kanan menunjukkan bintang sebelum meledak

Ternyata kejadian supernove tidak sampai itu, menurut hasil pemotretan teropong terbesar di gunung Palomar, kabut hasil dari ledakan sebuah bintang itu tampak cahaya, sumber radio, sinar x, dan sinar gama. Ternyata sumber energi itu terdapat dari inti kabut itu, namun dilihat dari denyutannya yang sangat kerap, jelas keadaannya sangat berat dan dia berputar sangat cepat pada sumbunya, karena itu dinamakan binyut (bintang berdenyut “ Nona Jocelyn Bell), dan setelah itu banyak lagi hal yang sama yang ditemukan. Cebol putih atau binyut berasal dari supernova.

Keadaan cebol putih sangat berbeda dengan netron, cebol putih warnanya putih sehingga masih terlihat sedangkan bintang neutron tidak sehingga tidak terlihat tapi proses pembentukannya sama, bintang neutron keadaannya hitam dia disebut pula cebol hitam. Walaupun dia tidak nampak tapi keberadaannya dapat terdengar dengan mengirimkan gelombang radio.

Lubang Hitam

Sebuah bintang yang berukuran lebih dari 10 kali berat matahari tidak akan menjadi cebol putih tapi langsung menjadi cebol hitam. (bintang neutron), gravitasinya terus bertambah dan akhirnya setelah bintang itu mampat , kepesatannya lepas dari permukaannya mencapai lebih dari kecepatan cahaya. Sehingga tidak akan ada cahaya yang lepas darinya, hal ini dinamakan oleh para ahli sebagai lubang hitam. Sebuah lubang hitam akan terlihat apa bila didekatnya terdapat sebuah bintang yang cahayanya tertarik oleh lubang hitam tersebut.



Sebuah lubang hitam nampak ketika didekatnya terdapat bintang .

Lubang hitam sebagai mana para ilmuwan menyebutnya, sesungguhnya sama sekali tidak hitam, coba saja kita bayangkan setiap bintang memiliki sinar yang terang ketika ditelan lubang hitam cahayanya menjadi lenyap, terhapus menurut penglihatan dari sebelah luar tetapi didalam lubang hitam itu sendiri tentu keadaannya amatlah benderang karena pancaran setiap bintang yang ditelannya, jika kita berada didalamnya mungkin saja kita akan melihat langit putih berkilau seperti luluhan perak dengan panas yang dahsyat.

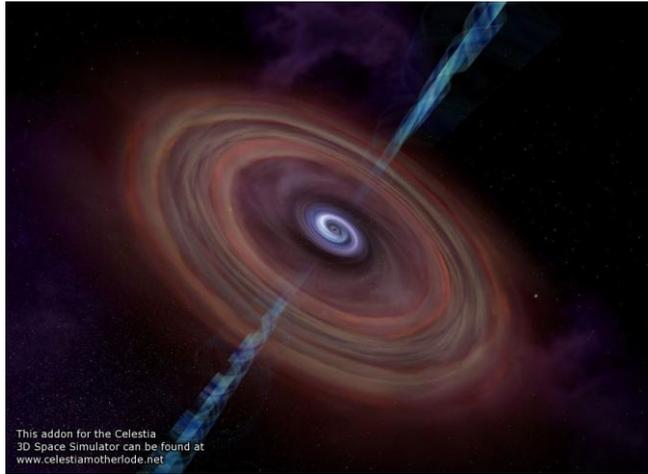
Pembentukan bintang sama dengan pembentukan matahari. Dimulai ketika sebagian debu dan gas purba di bagian dalam nebula mulai terkumpul dan bergabung. Kemudian secara perlahan-lahan gabungan gas dan debu itu mengerut dan memadat, serta di bagian dalamnya menjadi panas. Selama pemadatan berlangsung, panasnya semakin bertambah. Panas ditimbulkan oleh penggabungan inti-inti hidrogen ke dalam helium. Akibatnya terjadi pelepasan tenaga dan bersinarlah ia menjadi bintang hingga hidrogennya habis terpakai. Ketika hidrogennya mulai berkurang di bagian dalamnya akan terjadi pengrutan. Namun suatu keanehan akan terjadi; bersamaan dengan bagian dalamnya mengerut, bagian luarnya justru mengembang dan lapisan luarnya akan mendingin. Karena mendingin warnanya akan menjadi merah dengan suhu yang meningkat. Tetapi keadaan tersebut akan berubah lagi yaitu menjadi mengerut kembali dengan warna putih (cebol putih). Pada tahap menjadi cebol putih, sinar bintang sangat lemah tetapi memiliki bobot yang sangat berat dan secara perlahan akan padam. Dalam keadaan demikian ia akan menjadi sebuah bola yang gelap dan dingin, dan kita tidak dapat melihatnya lagi.

Matahari saat ini masih cukup banyak memiliki hidrogen sehingga dalam waktu 5 milyar lagi akan tetap bersinar, tetapi suatu saat jika tidak “keburu” kiamat, ia akan berubah menjadi raksasa merah yang mengembang dengan panas melebihi panas yang ada sekarang. Andaikata sudah sampai pada waktu itu, pastilah Bumi akan menjadi panas dan manusia tidak ada yang dapat hidup di permukaanya.

Selain melalui proses kematian, bintang juga ada yang mengakhiri hidupnya dengan ledakan yang disebut *nova*, jika sangat besar ledakannya disebut *Supernova*. Para astronom mencatat kejadian nova antara lain tahun 1670 pada gugus Vulvecula terjadi nova dengan derajat gemilau 3. Tahun 1848 dalam gugus Ophiuchus dengan gemilau 5,5. Tahun 1876 dalam gugusan Cygnus dengan gemilau 3. Bahkan selama abad 20 peristiwa ledakan bintang (nova) relatif sering terjadi yaitu sekitar 18 kali. Menurut hasil penelitian, ledakan itu terjadi pada lapisan luar dari sebuah bintang. Lapisan tersebut meledak dengan kecepatan pancaran sekitar 500 hingga 650 km per detik karena itu semburan cahanya dapat terlihat contoh nova yang ledakannya cepat adalah di gugusan Aquila tahun 1918. Selama sekitar 4 bulan lamanya setelah meledak terlihat awan gas. Awan gas tersebut masih terus terlihat hingga sekitar 20 tahun, baru memudah dan menjadi sangat lemah. Semburan cahanya mencapai garis tengah sekitar 1.600.000.000.000 km, dan selanjutnya lenyap tidak kelihatan.

Setelah terjadi ledakan ternyata beberapa kasus ledakan bintang menyisakan sejumlah bintang berdenyut yang ukurannya sangat kecil dengan massa yang sangat berat. Bintang ini dinamakan pulsar atau Binyut (bintang berdenyut). Munculnya Binyut merupakan tahap lanjut dari proses keruntuhan dan pengerutan gravitasi sebuah cebol putih dan proses itu akan berakhir pada sebuah *bintang netron*. Jadi binyut adalah salah satu jenis dari bintang netron.

Bintang netron yang berasal dari peristiwa *Supernova* berbeda dengan bintang netron dari nova. Ledakan bintang-bintang yang jauh lebih besar dan lebih padat daripada matahari menghasilkan bintang netron yang cebol hitam yang tidak tampak. Tetapi karena “terdengar” kelakuannya melalui denyutan gelombang radio maka diketahui posisinya. Cebol hitam inilah yang kemudian disebut Lubang Hitam (*black-hole*). Lubang hitam merupakan bintang yang cukup padat, mampat sekali, dan memiliki gravitasi yang sangat kuat. Kepesatan lepas (gravitasi) dari permukaan bintang lebih besar daripada kecepatan cahaya, sehingga cahaya yang dipancarkan bintang dibelokkan kembali menuju inti bintang dan cahayanya tidak jadi memencar ke sekelilingnya. Akibatnya bintang itu seperti tidak bersinar dan menyerupai lubang hitam. Lubang hitam dapat terlihat karena “disinari” oleh bintang yang ada di dekatnya.



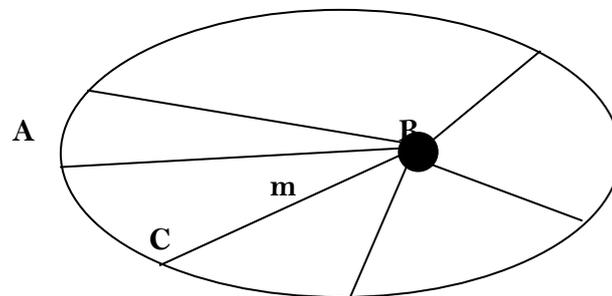
Gambar Lubang hitam (Sumber: www.celestiamotherlode.net)

Pertemuan	Topik	SKS
7	Tata Surya	3

TATA SURYA

Jika kita terbang mengarungi ruang angkasa meninggalkan bumi. Dari suatu tempat akan dapat melihat bumi bersama delapan planet lainnya bergerak mengedari matahari. Planet-planet (*planetai* = pengembara) tersebut mengembara mengitari matahari. Memang pada awalnya orang percaya bahwa matahari, bulan, planet-planet dan juga bintang beredar mengelilingi bumi. Pendapat ini dikenal dengan teori geosentris. Tetapi pada abad ke-16, seorang astronom Polandia Nicolaus Copernicus (1473-1543) mengemukakan teori baru yang menganggap bahwa matahari adalah pusat peredaran bumi dan planet-planet, yang dikenal dengan teori Heliosentris.

Teori Heliosentris diperkuat oleh Johannes Kepler (1571-1630) seorang astronom Jerman dengan merumuskan Hukum Kepler yaitu bahwa semua planet mengelilingi matahari dengan orbit atau garis edar berbentuk ellipsis dan matahari berada pada salah satu titik apinya (Hukum Kepler I). Hukum Kepler-II berbunyi bahwa planet-planet beredar pada lintasannya mengelilingi matahari sedemikian rupa, sehingga dalam waktu yang sama, garis hubung antara matahari dan planet melukiskan bidang-bidang/petak yang sama luasnya. Sedangkan Hukum Kepler-III mengatakan bahwa pangkat tiga jarak matahari-planet berbanding lurus dengan pangkat dua periode peredaran planet. Gerak planet mengelilingi matahari disebut gerak revolusi.



Keterangan: - **m** = letak matahari berada di salah satu titik api ellipsis
- luas bidang A = B = C

Gambar 3.1 Hukum Kepler I dan II



Gambar tata sury, alam 98

Nama-nama planet anggota tata surya adalah Merkurius, Venus, Earth, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus, dan Pluto. Kesembilan planet itu berarak mengitari matahari dengan kecepatan yang berbeda-beda. Merkurius yang paling dekat dengan matahari membutuhkan waktu 88 hari untuk mengitari matahari satu kali putaran. Venus mengitari matahari 225 hari dan bumi 365,25 hari atau satu tahun. Mars mengitari matahari membutuhkan waktu 687 hari, Jupiter 11,9 tahun, Saturnus 29,5 tahun, Uranus 84 tahun, Neptunus 164,8 tahun dan Pluto 247,7 tahun. Ukuran planet pun berbeda-beda; ada yang besar dan ada pula yang kecil. Bumi adalah planet kecil jika dibandingkan dengan empat planet lainnya. Untuk lebih lengkapnya ditabelkan di bawah ini.

TABEL 3.1. NAMA-NAMA PLANET PADA SISTEM TATA SURYA

Nama Planet	Jarak ke Matahari (Juta km)	Diameter rata-rata (km)	Periode Rotasi	Periode Revolusi	Kecepatan Revolusi (km/detik)	Jumlah Satelit
Merkurius	57,9	4.880	59 hari	88 hari	47,8	0
Venus	108,2	12.100	243 hari	225 hari	35	0
Bumi	149,6	12.756	23 j 56 m	365,5 hari	29,8	1
Mars	227,9	6.787	24 j 37 m	687 hari	24,2	2
Asteroid (Ceres)	414	1.570	-	4,6 th	17,9	0
Jupiter	778,3	142.800	9 j 50 m	11,86 th	13,1	16
Saturnus	1.427	120.600	10 j 49 m	29,46 th	9,7	17
Uranus	2.870	51.300	10 j 49 m	84 th	6,8	15
Neptunus	4.497	49.100	15 j 40 m	165 th	5,4	8
Pluto	5.900	1.200	6 hari	248 th	4,7	1

Keterangan: 15 j 40 m (15 jam 40 menit)

a. Planet Merkurius

Planet merkurius merupakan planet yang paling dekat dengan matahari, berjarak 58 juta kilometer. Ukurannya paling kecil di antara planet lainnya. Periode rotasinya (berputar pada porosnya) selama 59 hari sedangkan periode mengelilingi matahari (ber-revolusi) selama 88 hari sekali. Karena dekat dengan matahari maka suhunya di permukaannya sangat panas. Tidak ada lapisan atmosfer yang melindunginya dan suhu bagian yang menghadap matahari antara $450^{\circ} - 500^{\circ} \text{ C}$ sedangkan bagian lain yang membelakangi matahari mencapai -155° C .

b. Planet Venus

Kecemerlangan planet venus dapat disaksikan dari bumi dengan mata telanjang sebagai “bintang” senja atau fajar. Jarak Matahari ke planet Venus sekitar 108 juta kilometer. Waktu yang diperlukan untuk mengelilingi matahari (revolusi) adalah 248 hari, sedangkan waktu rotasinya sekitar 243 hari bumi dengan arah putaran searah jarum jam bila dilihat dari kutub utaranya. Jadi dari Venus matahari akan terbit dari Barat dan tenggelam di upuk Timur. Planet ini memiliki atmosfer yang tebal sekali jadi permukaannya tidak terlihat.

c. Planet Bumi

Bumi adalah planet yang cocok untuk kehidupan makhluk hidup. Jika dilihat dari ruang angkasa yang jauh, bumi akan terlihat kebiru-biruan. Jarak planet bumi ke matahari 150 juta kilometer, memiliki kala rotasi 23 jam 56 menit (dibulatkan 24

jam atau sehari semalam). Revolusinya mengelilingi matahari 365 hari 6 jam 9 menit 10 detik (atau satu tahun). Memiliki satelit yang terus mengikutinya bernama Bulan.

d. Planet Mars

Mars dapat dilihat dari bumi dengan warna merah. Jaraknya dari matahari sekitar 227 juta kilometer. Mengitari matahari selama 687 hari, sedangkan rotasinya sekitar 24 jam 37 menit. Ukuran Mars lebih kecil daripada bumi. Keadaan di permukaannya lebih dingin dari bumi dan di kedua kutubnya terdapat salju yang teramati dari bumi. Memiliki satelit yang mengikuti yaitu Phobos dan Deimos.

Di antara Planet Mars dengan Planet yang lebih jauh (yaitu Yupiter) terdapat kumpulan Asteroid. Asteroid berarak terbentang di ruang angkasa seperti sabuk di antara planet Mars dengan Planet Yupiter. Terdiri dari pulau-pulau batuan dan logam yang ukurannya bervariasi dengan permukaan yang sangat kasar. Asteroid yang pertama ditemukan adalah Ceres berupa bongkah batu yang permukaannya bergigi dan merupakan asteroid terbesar. Sekarang diperkirakan terdapat 30.000 buah yang berukuran besar.

e. Planet Jupiter

Jarak dari matahari sekitar 778 juta kilometer. Beredar mengelilingi matahari selama 12 tahun sekali dan berotasi sekitar 9 jam 50 menit. Jupiter merupakan planet yang paling besar di Tata Surya kita dengan garis tengah 12 kali bumi. Planet ini mempunyai 16 satelit. Empat satelit terbesar adalah Io, Europa, Ganymede, dan Callisto. Bagian terbesar materi Jupiter adalah gas dan bukan padatan seperti bumi. Noda merah besar Jupiter di sekitar ekuator merupakan ciri khas paling mencolok.

f. Planet Saturnus

Saturnus merupakan planet paling indah, memiliki cincin yang simetris berjumlah tiga lapis cincin yang dipisahkan oleh garis batas Cassini. Cincin ini terbentuk dari jutaan partikel lembut yang saling terpisah, dan di luar cincin terdapat 17 buah satelit dengan Titon yang merupakan satelit terbesar. Jarak dari matahari 1430 juta kilometer dan waktu edarnya 29,5 tahun. Rotasinya 10,02 jam yaitu lebih cepat daripada bumi.

g. Planet Uranus

Planet ketujuh adalah Uranus, jaraknya 2870 juta kilometer dari matahari. Uranus mengedari matahari selama 84 tahun sekali. Uranus memiliki cincin dan sejak tahun 1986 jumlah satelitnya ditemukan telah mencapai 15 buah. Rotasinya 17 jam sekali putar dengan arah mundur seperti Venus. Di Uranus matahari terbit dari Barat ke Timur.

h. Planet Neptunus

Jarak planet ini dari matahari 4497 juta kilometer dan memiliki waktu edar selama 165 tahun. Memiliki cincin tipis dengan satelit sebanyak 8 buah dengan rotasi 18 jam 26 menit. Nama satelit utamanya adalah Triton dan Neroid.

i. Planet Pluto

Planet kesembilan dan terjauh dari matahari membutuhkan waktu 248 tahun untuk sekali mengitari matahari. Rotasinya 6 hari 9 jam 17,4 menit. Suhu permukaan Pluto -238°C , memiliki satu satelit yang diberi nama Charon.

Planet-planet yang dijelaskan di atas berdasarkan jaraknya dapat dikelompokkan atas planet *inferior planet* yaitu Merkurius dan Venus, sedangkan yang jauh dari matahari disebut *superior planet* yaitu Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus, dan Pluto. Perbedaan inferior dan superior dibatasi oleh posisi atau letak planet bumi. Selain dikelompokkan di atas, ada pula dikelompokkan atas dasar planet dalam (*inner planet*) dan planet luar (*outer-planet*). Pengelompokkannya dibatasi

besarnya dari 0 – 180 derajat, pada saat elongasi 0 derajat disebut juga sedang konjungsi sedangkan pada saat elongasi 180 derajat disebut juga dalam posisi oposisi.

Selain planet, anggota tata surya lainnya adalah **komet** dan **meteor**. Komet adalah bintang berekor dengan materi terdiri atas batuan, debu, es, dan gas beku. Benda angkasa ini mengembara di pinggir-pinggir Tatasurya. Komet terdiri dari bagian inti (*nucleus*), selubung (*coma*), dan ekor (*tail*). Bagian inti merupakan bagian permanen tetapi ketika mendekati matahari benda ini mengalami pemanasan dan terjadi proses penguapan dan sublimasi, lalu terbentuklah selimut selubung di sekitar bola salju. Semakin dekat ke matahari semakin tebal selubung (*coma*) dan dengan adanya tekanan radiasi dan angin matahari maka terbentuklah semacam ekor yang menjauhi matahari. Semakin menjauhi matahari, ekor komet kembali mengecil. Salah satu komet yang terkenal ialah Komet Halley yang mengitari matahari dalam waktu 76 tahun dan komet Encke mengitari matahari dalam waktu 3 tahun.

Selain komet, ada juga meteor yaitu benda langit yang masuk ke dalam atmosfer bumi. Karena bergesekan dengan udara, maka suhu meteor naik dan benda itu akan memijar lalu menguap. Peristiwa pemijaran itulah yang disebut Meteor sedangkan benda yang jatuh tersebut dinamakan meteorid. Tidak kurang dari 20 juta meteorid jatuh memasuki atmosfer bumi setiap harinya. Pada umumnya meteorid habis terbakar di angkasa, tetapi ada juga yang mencapai permukaan bumi dan belum terbakar habis seperti di Arizona Amerika Serikat yang bekas kejatuhannya membentuk danau dengan diameter 1200 meter akibat meteorit seberat 60.000 ton, di Mbosi (Tanganyika) seberat 25 ton, di Mundrabilla (Australia) sekitar 12 ton, dan lain-lain. Batu yang tersisa dari meteor dan jatuh ke bumi dinamakan meteorit.

Pertemuan	Topik	SKS
8	Ujian Tengah Semester	3

UJIAN TENGAH SEMESTER KOSMOGRAFI

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar dan sesuai ketentuannya!

SOAL	KETENTUAN
1. Gambarkan tentang luasnya alam semesta dengan menunjukkan kedudukan dan ukuran bumi di antara benda-benda langit lainnya	Jawaban min 200 kata diluar gambar ilustrasi
2. Jelaskan mekanisme perubahan bentuk bulan berikut waktu kemunculannya. Sangat dianjurkan jika dikaitkan dengan sistem penanggalan dan kontropersi setiap penentuan tanggal satu bagi agama tertentu yang menggunakan kalender komariah	Jawaban min 300 kata ditambah gambar ilustrasi
3. Tentukan dengan gambar ilustrasi posisi venus sedang elongasi timur paling jauh dari matahari dan elongasi barat 90° bagi Jupiter	Gambar lingkaran lintasan menggunakan jangka!
4. Dari mana para ahli stronomi kuno mengetahui bahwa bumi melakukan revolusi bumi terhadap matahari. Sangat dianjurkan dengan menyertakan ilustrasi lintasannya.	Jawaban min 200 kata ditambah gambar ilustrasi
5. Jelaskan minimal 3 teori tentang terjadinya tata surya.	Jawaban min 300 kata ditambah gambar ilustrasi
6. mengapa tidak setiap bulan terjadi gerhana bulan/matahari	Jawaban min 300 kata ditambah gambar ilustrasi

Pertemuan	Topik	SKS
9	Gerak Rotasi Bumi	3

GERAK ROTASI BUMI

Pada bagian terdahulu telah diterangkan bahwa bumi adalah salah satu keluarga matahari dan mengitari matahari dalam satu kali putaran selama satu tahun atau tepatnya $365 \frac{1}{4}$ hari atau lebih tepatnya 365 hari 6 jam 9 menit dan 10 detik. Selain gerak revolusi, bumi juga berputar pada porosnya seperti gasing yang disebut gerak rotasi bumi. Satu kali putaran rotasi bumi membutuhkan waktu 24 jam atau tepatnya 23 jam 56 menit atau sehari semalam. Arah gerak rotasi bumi dari barat ke timur.

Cepatnya gerakan rotasi bumi memberi efek pandangan terhadap benda angkasa lainnya berjalan dari timur ke barat. Jika diibaratkan, kita naik kereta api yang berjalan, maka tampaklah pohon-pohon, tiang listrik dan rumah-rumah yang dilewati kereta seakan-akan berlarian. Gerakan pohon-pohon dan tiang-tiang listrik tersebut dinamakan gerak semu. Bayangkanlah bahwa sekarang kita sedang "menumpang" bumi yang sedang melaju dalam rotasinya. Maka semua benda yang terlihat dari bumi seperti matahari, bulan, dan bintang-bintang seolah-olah bergerak dari timur ke barat itulah yang disebut gerak semu benda-benda langit. Akibat yang sangat berpengaruh dari gerak rotasi bumi terhadap kehidupan di bumi adalah pergantian siang dan malam.

Atas kuasa Allah SWT bumi berotasi berputar dengan teratur dan disiplin selama 23 jam 56 menit setiap hari. Peristiwa siang di suatu tempat di bumi pada dasarnya tempat tersebut sedang menghadap sinar matahari sedangkan peristiwa malam adalah permukaan bumi yang sedang membelakangi sinar matahari. *"dan Dia menjadikan malamnya gelap gulita dan menjadikan siangnya terang benderang (QS An Naazi'at : 29).*

Ketika bumi sedang berotasi, jarang di antara kita yang menyadarinya, hal ini karena selubung udara (atmosfer) bumi turut serta berputar. Seandainya atmosfer bumi tidak ikut berputar maka angin kencang akan menerpa seluruh permukaan bumi dan tentunya tidak ada kehidupan yang tenang karena kencangnya rotasi bumi. Coba saja kita bayangkan. Keliling bumi di khatulistiwa panjangnya 40.000 km dan untuk satu kali putaran diperlukan 24 jam maka kecepatan rotasi di khatulistiwa akan mencapai 1667 km dalam sejam. Bentuk bumi yang bulat mengakibatkan kecepatan rotasi bumi berbeda antara kecepatan di garis khatulistiwa dengan garis lintang yang lain. Apalagi di titik kutub bumi, gerak rotasi akan berpusing di tempat kita berdiri saja selama 24 jam. *"Dia-lah yang menjadikan untukmu malam (sebagai) pakaian dan tidur untuk istirahat dan Dia menjadikan siang untuk bangun berusaha (QS Al Furqaan 47).*

Oleh karena ukuran waktu rotasi setiap planet berbeda-beda maka ukuran waktu siang dan malam antar planet pun berbeda-beda. Misalnya kala rotasi Merkurius sehari-semalam adalah 59 hari sedangkan Venus sehari-semalam 8 bulan waktu bumi dengan arah rotasi berlawanan dengan semua planet lainnya. Dengan kenyataan yang demikian kita menjadi sadar ternyata bumi kita lebih nyaman untuk dihuni dibandingkan kedua planet tersebut. Kita pun menjadi sadar akan perbedaan ukuran perhitungan waktu antar planet. *"Dia mengatur urusan dari langit ke bumi, kemudian urusan itu naik kepada-Nya dalam satu hari yang kadarnya (lamanya) adalah*

seribu tahun menurut perhitunganmu (QS As Sajdah 5)." Dalam ayat yang lain, perbedaan waktu di tempat-tempat langit lainnya juga diterangkan berbeda. Malaikat-malaikat dan Jibril pada saat naik (menghadap) kepada Tuhan membutuhkan waktu sehari yang kadarnya sama dengan lima puluh ribu tahun. Ahli tafsir menjelaskan bahwa malaikat-malaikat dan jibril jika menghadap Tuhan memakan waktu satu hari dan apabila dilakukan manusia akan memakan waktu lima puluhribu tahun (Lihat Quran Surat Al Ma'aarij 70: 4).

Selain menciptakan pergiliran siang dan malam, rotasi bumi juga mengakibatkan:

a. Adanya peredaran semu harian benda langit

Pada uraian di atas telah dijelaskan bahwa matahari, bintang, dan bulan bergerak dari timur menuju barat. Pergerakan benda langit itu dinamakan peredaran semu harian. Bintang menempuh lintasan peredaran semunya memakan waktu selama 23 jam 56 menit (disebut satu hari bintang), tetapi matahari menempuh lintasan peredaran semunya memakan waktu 24 jam, sedangkan bulan memakan waktu peredarannya 24 jam 50 menit perhari. Periode peredaran semu matahari yang lebih lama dari bintang merupakan akibat gerak revolusi sedangkan periode peredaran semu bulan sebagai akibat dari bulan yang berevolusi mengedari bumi.

b. Perbedaan Waktu

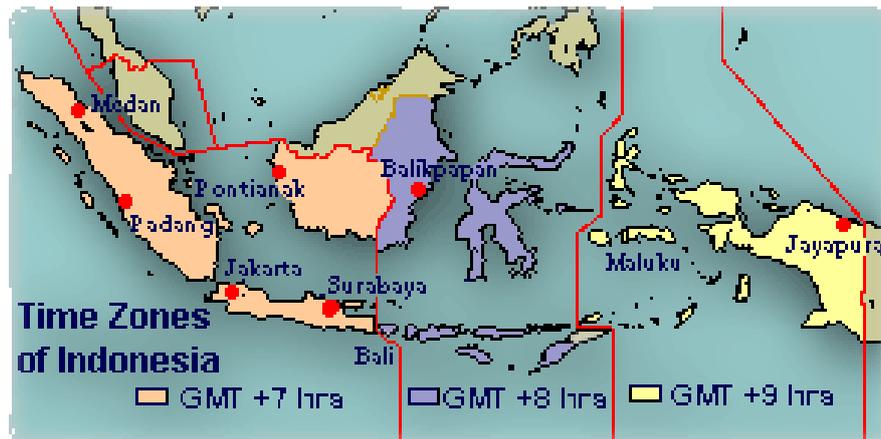
Perhitungan waktu yang kita gunakan sehari-hari adalah waktu matahari. Untuk memahami perbedaan waktu di bumi fahami dulu putaran globe dengan baik. Pada globe terlihat garis-garis yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan bumi. Garis-garis tersebut dinamakan garis meridian. Berbicara tentang perhitungan waktu di bumi, terkait dengan garis meridian. Garis meridian yang melalui daerah *Greenwich*, dekat kota London di Inggris ditetapkan sebagai garis meridian 0 derajat. Semua garis meridian yang terletak di sebelah kanan 0 derajat atau sebelah timur *Greenwich* disebut garis Bujur Timur (BT). Garis bujur timur ditentukan dari 0° sampai dengan 180° BT. Garis meridian yang terletak di sebelah kiri 0° disebut garis Bujur Barat (BB). Rentangannya dari 0° sampai dengan 180° BB. Impitan yang terjadi antara garis bujur timur 180° BT dan garis bujur barat 180° BB disebut Batas Tanggal Internasional (BTI). Pada globe biasanya dicetak tebal yang membelah dua Samudra Pasifik.

Lingkar tengah suatu globe adalah 360 derajat. Satu kali putaran rotasi bumi membutuhkan waktu sekitar 24 jam atau $24 \times 60 = 1.440$ menit. Dengan demikian setiap 1 derajat ditempuh dalam waktu 4 menit dan setiap 10 derajat ditempuh dalam waktu 40 menit atau 15 derajat ditempuh dalam 1 jam. Dengan mengikuti perhitungan ini dapat ditentukan bahwa jika matahari di tempat A mulai tampak maka di tempat yang terletak 15 derajat di sebelah baratnya matahari akan tampak satu jam berikutnya dan sebaliknya 15 derajat di sebelah timur matahari telah tampak satu jam yang lalu.

Jika di Greenwich yang memiliki standar meridian 0 derajat sedang pukul 07.00 waktu setempat (*Greenwich Mean Time* atau GMT) maka di Indonesia bagian Barat (WIB) yang memiliki standar meridian 105° BT sudah pukul 14.00 WIB. Hal ini karena $105:15 = 7$ jam. Selisih waktu Greenwich dan WIB adalah 7 jam lebih awal. Indonesia yang memiliki batas astronomi antara 95° BT - 141° BT memiliki panjang wilayah 46 derajat ($141 - 95 = 46$). Berdasarkan hal itu negara kita dapat dibedakan dalam 3 wilayah waktu yaitu Standar meridian 105° BT ditetapkan sebagai batas Waktu Indonesia Barat (WIB), standar meridian 120° BT

ditetapkan sebagai waktu Indonesia Tengah (WITA) dan standar Meridian 135° BT ditetapkan sebagai Waktu Indonesia Timur (WIT).

Berdasarkan perbedaan waktu ini, dapat dibayangkan jika umat Islam tersebar merata di pelosok dunia dari timur sampai barat. Mereka akan bergantian sujud dan takbir yang tidak pernah terputus. Ketika di suatu tempat selesai sholat maka di tempat lain baru dimulai sholat dan begitu seterusnya. Perhatikan pembagian waktu pada peta berikut dan isilah tabel daerah liputan waktu masing-masing propinsi.



Gambar 4.1. Peta Daerah Waktu di Indonesia (Makmur, 1995)

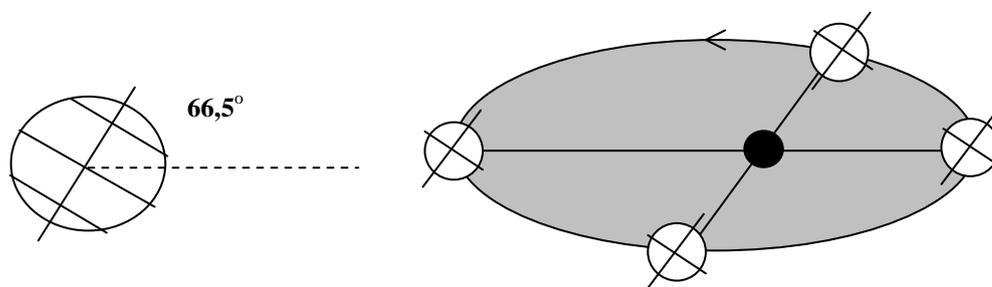
c. Pembelokan Angin

Hukum Buys Ballot mengatakan bahwa udara bergerak (angin) dari daerah yang bertekanan maksimum ke daerah yang bertekanan minimum. Angin yang berhembus dari Belahan Bumi Utara dan menuju ke Belahan Bumi Selatan akan berbelok ke kanan dan di sebaliknya angin yang berhembus dari Belahan Bumi Selatan menuju Belahan Bumi Utara akan berbelok ke sebelah kiri.

Pertemuan	Topik	SKS
10	Gerak Revolusi Bumi	3

GERAK REVOLUSI BUMI

Perhatikan gambar berikut! Sumbu bumi yang tetap miring di berbagai tempat ketika bumi ber-revolusi mengelilingi matahari. Kemiringan yang tetap sama tersebut membentuk sudut $66,5^\circ$ terhadap ekliptika. Ekliptika adalah bidang garis edar. Jika ellips itu kita arsir maka seakan-akan menjadi lempengan yang berbentuk ellips. Lempengan itulah yang kemudian disebut bidang ekliptika. Periode satu kali edar adalah 365 hari 6 jam 9 menit dan 10 detik. Arah revolusi bumi adalah negatif atau berlawanan dengan gerak arah jarum jam.



Gambar 4.3. Revolusi bumi dan kemiringan tetap sumbu bumi ($66,5^\circ$)

Akibat dari revolusi bumi dan kemiringan sumbu yang tetap $66,5^\circ$ mengakibatkan pengaruh sebagai berikut:

a. Pergeseran semu matahari antara GBU dan GBS

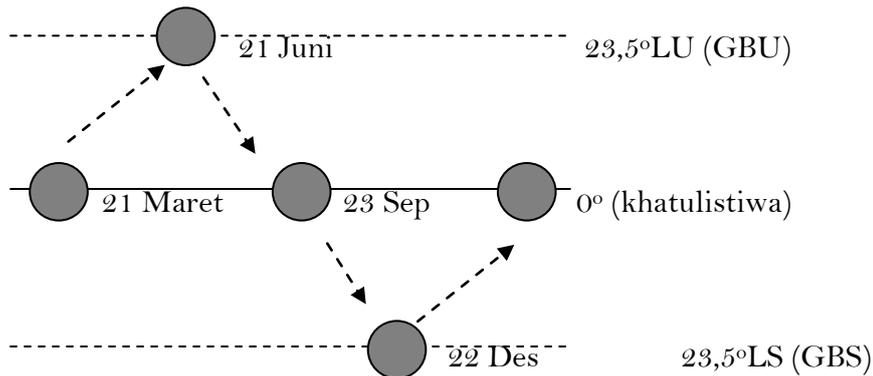
Garis Balik Utara (GBU) ialah garis lintang $23,5^\circ$ LU dan Garis Balik Selatan (GBS) adalah garis lintang $23,5^\circ$ LS. Jika kalian bertanya di mana garis lintang $23,5^\circ$ LU dan $23,5^\circ$ LS itu, perhatikan globe kembali. Carilah garis itu sampai ketemu!

Dalam gerak revolusinya, bumi menjelajah tapi tetap mengelilingi matahari. Akibat kemiringan sumbu bumi yang tetap maka di bumi terlihat kesan bahwa matahari bergeser tempat terbitnya pada setiap hari. Jika sekarang Tanggal 21 Juni, perhatikan tempat terbit matahari dan pasti akan mendapatkan matahari muncul agak sebelah utara. Pada tanggal tersebut matahari terbit tepat pada garis lintang $23,5^\circ$ LU.

Lalu tunggulah sampai tanggal 23 September, pada tanggal itu matahari terbit dan beredar tepat di khatulistiwa (atau garis lintang 0°). Di Kota Pontianak dan kota lainnya yang berada di garis khatulistiwa, jika ada orang berdiri di bawah sinar matahari dan tepat pada tengah hari maka ia tidak akan melihat bayangannya kecuali tepat di bawah tubuhnya artinya tidak condong ke kiri atau ke kanan.

Pada tanggal 22 Desember, matahari terbit dan beredar di garis lintang $23,5^{\circ}$ LS (GBS) oleh karena itu akan kita saksikan ia terbit agak bergeser di selatan. Bandingkan dengan bulan Juni yang terbit di belahan bumi utara. Setelah tanggal $23,5^{\circ}$ LS matahari akan bergeser tempat terbitnya ke utara kembali dan begitu seterusnya. Mahabesar...*Tuhan yang memelihara kedua tempat terbit matahari dan Tuhan yang memelihara kedua tempat terbenamnya* (QS Ar-Rahman 17).

Jika diilustrasikan akan seperti gambar di bawah ini!

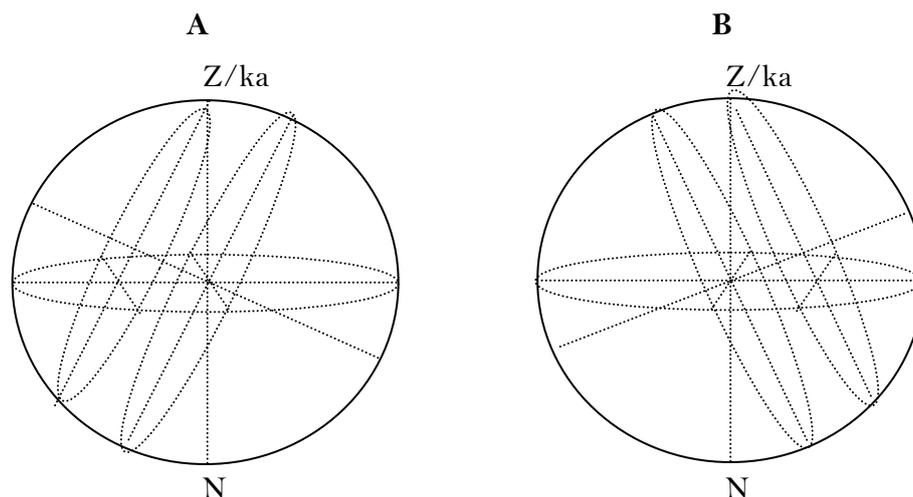


Gambar 4.4. Pergeseran semu matahari dari GBU dan GBS

b. Perubahan panjang waktu siang dan malam

Pada waktu tanggal 21 Juni, yaitu matahari beredar pada garis lintang $23,5^{\circ}$ LU atau di GBU daerah yang dilaluinya mengalami siang hari lebih panjang daripada pada malam hari sebaliknya pada tanggal 22 Desember di tempat ini periode siang hari lebih pendek dan periode malam hari lebih panjang. Keadaan ini berlaku di semua daerah yang berada di belahan bumi utara.

Keadaan di belahan bumi selatan, pada tanggal 21 Juni memiliki malam yang lebih panjang daripada siang harinya. Pada tanggal 22 Desember, siang hari lebih panjang daripada malam hari. Adapun pada tanggal 21 Maret dan 23 September, siang hari akan sama panjang dengan malam hari di semua tempat di permukaan bumi kecuali di kutub. Perhatikan busur siang pada kedua gambar di bawah ini!, yaitu garis lengkung dari ti-z/ka-tb pada ellips kecil, sedangkan tb-kb-ti adalah busur malam.



Gambar 4.5. Bola langit pada lintang tinjauan $23,5^{\circ}$ LS (A) dan $23,5^{\circ}$ LU (B)

c. Pergantian musim

Selain perbedaan panjang waktu malam dan siang, revolusi bumi juga berakibat pada pergantian musim. Pada tanggal 21 Juni di daerah lintang sedang (30° LU – 60° LU) sedang mengalami musim panas (*summer*) sebaliknya di lintang sedang selatan (30° LU – 60° LU) sedang mengalami musim dingin. Pada tanggal 23 September, di belahan bumi utara beralih menuju musim gugur (*Autumn*), sedangkan di belahan bumi selatan sedang mengalami musim semi (*spring*). Pada tanggal 22 Desember di tempat ini sedang mengalami musim panas sebaliknya di lintang utara sedang mengalami musim dingin. Pada tanggal 21 Maret, di belahan bumi selatan sedang mengalami musim gugur sedangkan di belahan bumi utara mengalami musim semi.

Pergantian musim yang berpola teratur setiap tahun tersebut merupakan rizki bagi manusia dan sebagai bukti Kemahamurahan Allah SWT untuk menyebarkan berbagai macam kenikmatan kepada makhluknya. Dengan pergantian musim akan menumbuhkan tanaman secara bergantian dan bermacam-macam jenisnya sehingga antar daerah dapat saling mengirim. Sebagai contoh buah-buahan yang dihasilkan dari daerah tropis seperti pisang, kelapa, mangga, dan lain-lain dapat dikirim ke daerah sub tropis, sebaliknya buah-buahan khas dari daerah lintang sedang (sub tropis) seperti anggur, pier, apel, dan lain-lain dapat dikirimkan ke daerah tropis. Mahateliti Allah "...Tuhan langit dan bumi dan apa yang berada di antara keduanya dan Tuhan tempat-tempat terbit matahari (QS Ash Shaffat: 5)."

Adanya pergantian musim panas dan musim dingin, di beberapa tempat berhembus angin musim yang bertiup bergantian pada setiap tahunnya. Pada bulan-bulan musim panas (*summer*) penyinaran matahari lebih hebat dan pada musim-musim dingin (*winter*) pendinginan juga sangat hebat. Pada musim panas, udara akan mengalami tekanan yang rendah sedangkan pada musim dingin tekanan udara relatif sangat tinggi. Pada sekitar tanggal 22 Desember yaitu ketika matahari berada di GBS, tekanan udara di Belahan Bumi Selatan sangat rendah sedangkan di Belahan Bumi Utara tekanan udara sangat tinggi (karena sedang mengalami musim dingin). Karena udara selalu mengalir dari tekanan yang lebih tinggi menuju daerah yang bertekanan yang lebih rendah maka mengalirlah angin musim dari

belahan bumi utara menuju belahan bumi selatan. Begitu pula sebaliknya pada sekitar tanggal 21 Juni yaitu ketika matahari berada di GBU, tekanan udara di Belahan Bumi Utara relatif lebih redah sedangkan di Belahan Bumi Selatan mengalami tekanan udara yang relatif tinggi. Akibatnya mengalir angin musim dari Belahan Bumi Selatan menuju Belahan Bumi Utara.

Berkaitan dengan aliran angin-angin musim, di tempat tertentu memiliki pola iklim dan musim yang berbeda-beda. Sebagai contoh, akibat gerakan angin musim tersebut iklim Indonesia memiliki dua musim secara berganti yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Bagaimana skenario Allah memberi rizki kepada bangsa Indonesia sebagai akibat perubahan angin musim?: Indonesia adalah negara yang terletak di sekitar garis khatulistiwa yang beriklim tropik. Musim tahunannya tidak mengalami empat musim (musim panas, dingin, gugur, dan semi) tetapi hanya dua musim yaitu penghujan dan kemarau. Adanya kedua musim di Indonesia dipengaruhi oleh keberadaan letak Indonesia secara geografis yaitu di antara dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia. Benua Asia berada di belahan bumi utara sedangkan Benua Australia berada di belahan bumi selatan. Secara kebetulan (atau lebih tepat sebagaimana telah ditetapkan oleh Allah sebagai Tuhan yang Mahapengatur) kedua benua tersebut dilalui oleh garis lintang $23,5^{\circ}$ LU dan $23,5^{\circ}$ LS yang merupakan garis istimewa.

Ketika Benua Asia sedang musim panas, di belahan bumi selatan yaitu Benua Australia sedang mengalami musim dingin. Angin musim berhembus dari Australia menuju Benua Asia. Indonesia yang berada di antara keduanya mendapat pengaruh angin musim timur yang mengandung uap air yang relatif sedikit, karena laut yang dilaluinya tidak begitu luas. Oleh karena itu hampir di seluruh wilayah Indonesia mengalami musim kemarau. Musim kemarau berlangsung antara bulan April sampai dengan Oktober. Puncak musim kemarau sekitar bulan Juni dan Juli

Sebaliknya ketika di belahan bumi selatan (Australia) sedang mengalami musim panas, Benua Asia sedang mengalami musim dingin. Angin musim berhembus berbalikan arah dengan enam bulan sebelumnya yaitu dari Utara menuju selatan. Angin yang berhembus pada saat itu membawa banyak uap air karena telah melewati lautan yang relatif lebih luas. Dengan demikian mengakibatkan terjadinya musim penghujan di Kepulauan Indonesia yaitu berlangsung antar bulan Oktober sampai dengan April. Puncak musim penghujan antara bulan Desember dan Januari.

"....Dialah yang mengirimkan angin, lalu angin itu menggerakkan awan, maka Kami halau awan itu ke suatu negeri yang mati lalu kami hidupkan bumi setelah matinya dengan hujan itu..... (QS Faathir: 9).

Daerah-daerah di sekitar garis khatulistiwa adalah tempat-tempat yang sangat dipanasi matahari, sedangkan daerah-daerah di sekitar kutub adalah tempat-tempat yang kurang dipanasi. Akibatnya antara kedua tempat tersebut selalu terjadi perbedaan suhu dan tekanan udara yang sangat mencolok. Di khatulistiwa, suhu udara selalu tinggi dengan tekanan udara yang rendah sedangkan di daerah kutub suhu udara selalu rendah dengan tekanan yang tinggi. Dalam lingkup yang luas mengalir udara dari daerah kutub menuju daerah khatulistiwa.

Ketika udara kutub baik dari utara maupun selatan mengalir ke daerah khatulistiwa, di daerah khatulistiwa udara justru mengalir naik ke atas. Sesampainya di atmosfer bagian tertentu udara mengalir ke arah samping yaitu ke kutub-kutub bumi. Di daerah di mana udara itu naik (di khatulistiwa) keadaan di sekitarnya terasa tenang (tidak ada badai). Udara yang bergerak ke arah kutub bumi tidak lurus tetapi dibelokkan oleh gaya pembelok rotasi bumi. Makin jauh ke utara makin kuat

pembelokkannya, sehingga arah yang semula ke utara berubah menjadi arah barat-timur. Pembelokan arah angin tersebut sudah nampak pada garis lintang kira-kira 35° LU/LS. Udara yang naik dari ekuator (khatulistiwa) tidak akan pernah sampai ke kutub tetapi akan tertahan pada garis lintang 35° LU/LS. Karena dari khatulistiwa udara terus menerus mengalir maka berdesakanlah di lintang 35° tersebut sehingga terdapat tekanan udara yang luar biasa tinggi. Tingginya tekanan udara di lintang ini kemudian dikenal sebagai lintang kuda.

Dari lintang kuda, udara mengalir kembali di atas permukaan bumi ke arah dua tempat yang berbeda yaitu menuju khatulistiwa yang disebut angin passat dan ke arah kutub. Aliran udara yang menuju daerah kutub bertemu dengan aliran udara dari daerah kutub yang menuju ke arah lintang rendah. Dengan demikian udara dari daerah kutub sebenarnya tidak pernah sampai ke khatulistiwa tetapi justru berputar kembali ke tempatnya semula.

Dalam sirkulasi angin passat juga tidak semulus seperti yang dibayangkan. Di dekat pantai dan benua, aliran angin passat kerap kali diganggu dan dialihkan oleh angin musim setempat. Termasuk adanya perpindahan tempat terbit matahari dari GBU dan GBS angin passat akan banyak diganggunya. Daerah angin passat yang banyak dipengaruhi perpindahan matahari dari GBU dan GBS disebut daerah Etesia. Di daerah ini ketika musim panas akan berhembus angin passat sedangkan pada musim dingin akan berhembus angin barat. Daerah Etesia di belahan bumi utara terletak antara 30° dan 40° LU dan disebelah selatan antara 27° dan 37° LS. Perbedaan ini disebabkan karena di utara lebih luas daratannya sedangkan di sebelah selatan justru lautan yang lebih luas.

Berdasarkan sirkulasi udara di atas permukaan bumi ini terkenallah daerah-daerah iklim yang umumnya telah kita kenal yaitu:

1. Daerah ekuator (khatulistiwa) yang terletak antara 10° LU dan 10° LS
2. Daerah Tropik terletak 10° - 25° LU dan LS
3. Daerah Subtropik terletak 25° - 35° LU dan LS (disebut daerah Etesia)
4. Daerah Lintang Sedang; di utara disebut Lintang Boreal dan di selatan disebut Lintang Austral. Keduanya terletak antara 35° - 55° LU dan LS.
5. Daerah Subarctik dan Subantartic. Subarctik di utara dan subantartic di selatan, masing-masing 55° - 60° LU dan LS.
6. Daerah Arctik di utara dan Antartic di selatan terletak antara 60 - 75 LU dan LS
7. Daerah kutub utara dan kutub selatan masing-masing antara 75 - 90 LU dan LS.

Tekanan udara di setiap tempat berbeda-beda. Tekanan udara dapat digambarkan pada peta yaitu dengan membuat garis-garis yang menghubungkan satu daerah dengan daerah lain yang bertekanan sama. Garis yang menghubungkan tempat-tempat yang bertekanan sama pada peta disebut garis isobar. Pada peta garis isobar digambarkan serupa dengan lingkaran-lingkaran konsentris. Jika suatu daerah memiliki lingkaran kertekanan tinggi atau rendah maka akan tergambar garis-garis itu melingkar bersambung sebagai kurva tertutup. Dalam ilustrasi daerah anti siklon (bertekanan tinggi) menyerupai bentuk piramid bertangga, sedangkan siklon (bertekanan rendah) seperti stadion yang bertangga-tangga dalam komedi yang menunjukkan macam-macam tinggi tekanan udara pada tempat yang bersangkutan. Siklon adalah tempat yang bertekanan rendah dilingkari oleh lapisan udara yang makin naik tekanannya. Dalam siklon dan anti siklon pada prinsipnya ada udara yang mengalir dari daerah yang tinggi tekanannya ke daerah-daerah yang rendah

tekanannya. Aliran udara tidak mengalir tegak lurus ke tempat yang lebih rendah tekannya, tetapi mengalami perubahan arah yaitu dibelokkan oleh gaya pembelok perputaran bumi. Pembelokan itu pada belahan bumi utara selalu ke kanan dan sebaliknya di belahan bumi selatan senantiasa ke kiri. Akibatnya jalan aliran udara ke daerah yang rendah tekanannya merupakan sebuah spiral.

Pada daerah bertekanan rendah, udara naik melingkar menuju pusat titik terendah karena udara banyak masuk maka harus ada pelepasan agar terus mengalir ke luar. Jalan satu-satunya yang masih terbuka ialah jalan yang menuju ke atas. Oleh karena itu di pusat bertekanan rendah, udara mengalir ke atas sebagai pusaran angin yang memilin kencang seperti belalai gajah menyedot bumi dan melebar pada bagian atasnya seperti payung. Itulah yang disebut angin siklon.

Di daerah bertekanan tinggi (anti siklon) terdapat keadaan sebaliknya. Di udara sebelah atas masuk arus angin, sampai di dekat bumi udara pecah berputar meninggalkan tempat tersebut. Di pusat suatu daerah bertekanan tinggi seolah-olah ada udara jatuh ke bumi dengan pusaran teratur, melebar, lalu menghilang. Terjadinya siklon berhubungan dengan adanya dua macam aliran udara yang berlainan massa yaitu massa yang dingin dan massa yang panas. Suatu siklon akan timbul di daerah-daerah di mana udara panas dan dingin saling berdekatan.

Dari daerah lintang kuda, udara yang mengalir ke daerah lintang tinggi (arah kutub) bertemu dengan udara yang berasal dari kutub. Udara dari lintang kuda bersifat lebih panas daripada udara yang mengalir dari daerah kutub. Perbedaan suhu dan tekanan inilah yang menyebabkan front udara dingin berhadapan dengan udara panas. Front udara dingin dan panas mula-mula mengalir sendiri-sendiri tidak saling ganggu. Keduanya merupakan angin barat yang saling mempertahankan sifatnya masing-masing, tetapi jika satu dengan yang lainnya saling "menyikut", udara dingin masuk ke dalam udara panas dan begitu pula sebaliknya maka perhatikan gambar di bawah ini sebagai model tumbuhnya pusaran angin siklon.

Kedua gambar di atas menunjukkan udara panas dan dingin saling bersikutan. Udara dingin yang lebih berat massanya bertemu dengan udara panas yang lebih ringan, maka di bidang batas terjadilah gelombang yang sangat mengganggu. Keseimbangan batas udara menjadi kacau, keduanya saling menekuk dan bergumul membentuk pusaran-pusaran angin. Gerakan keduanya makin lama semakin kencang sampai terbentuk pusaran angin yang dahsyat. Di Amerika Serikat pusaran angin ini akan dikenal dengan sebutan Angin Tornado.

Angin siklon terdapat juga di daerah tropik yang disebut angin puyuh. Peristiwa angin puyuh tidak begitu luas daerahnya dan lebih kecil volumenya. Di daerah tropik jalur angin puyuh adalah dari timur ke barat dan menjauhi katulistiwa. Kemudian berbelok ke arah timur lagi dan mengikuti aliran siklon di luar daerah tropik. Angin ini cepat hilang jika melintasi daratan dan pegunungan. Sebagai angin siklon, angin puyuh dapat merusak bangunan yang sangat luas dan jika melewati air juga dapat membangkitkan gelora badai. Adapun tempat-tempat yang kerap kali timbul angin puyuh adalah Hindia Barat, teluk benggala, Laut Arab, Filipina, Laut Tiongkok, Samudra India bagian Selatan, Laut sebelah utara Australia, Laut pasifik antara Hawaii dan Mexico.

Akhirnya jika diperhatikan, timbulnya pusaran angin tersebut sebenarnya diawali dari perbedaan keadaan panas di permukaan bumi akibat rotasi dan revolusi bumi. Dengan demikian kiranya sangat tepat jika dinyatakan bahwa pusaran angin itu pada dasarnya dikendalikan dari langit (matahari) dan bumi, "*... dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi (QS Al Baqarah: 164)*".

Selain revolusi bumi, sebenarnya ada satu gerakan lagi dari bumi yaitu presesi. Presesi adalah goyangan sumbu bumi keliling sumbu ekliptika dengan arah positif dalam waktu 26.000 tahun satu kali goyangan. Pada tahun 1950 sumbu bumi menunjuk bintang polaris Pada rasi Ursa Minor, pada 3000 tahun yang lalu sumbu bumi menunjuk bintang Alfa Drakonis, dan kelak pada tahun 14950 sumbu bumi akan menunjuk ke arah bintang Vega pada Rasi Libra. Arah tunjukkan sumbu bumi atau arah kelanjutan dari kutub bumi disebut Kutub Langit.

Akibat presesi bumi antara lain (1) terjadinya pergeseran Kutub Langit Utara di antara bintang-bintang Kutub Ekuator Utara, (2) Pergeseran titik aries pada ekliptika dengan arah positif, dan (3) perbedaan 1 tahun siderik dengan 1 tahun tropik. Satu tahun siderik adalah periode peredaran matahari dalam peredaran tahunan semunya dari sebuah bintang sejati sampai dengan bintang itu lagi dengan jangka waktu 365 hari 6 jam 9 menit 10 detik. Sedangkan satu tahun tropik adalah periode peredaran matahari dalam peredaran tahunan semunya dari titik musim semi (aries) sampai dengan musim semi lagi dengan jangka waktu satu tahun adalah 365 hari 5 jam 48 menit 46 detik.

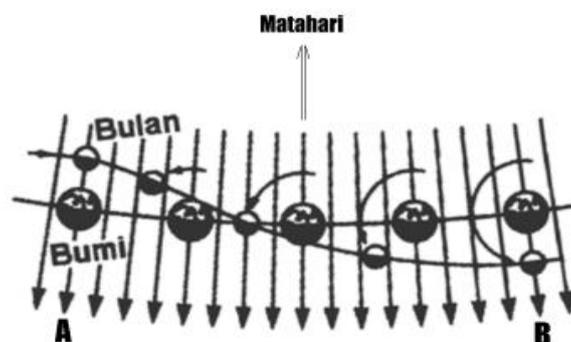
Pertemuan	Topik	SKS
11	Tarik bulan dan matahari	3

TARIKH BULAN DAN MATAHARI

"Mereka bertanya tentang bulan sabit. Katakanlah bahwa bulan sabit itu adalah tanda waktu bagi manusia dan (bagi ibadat) haji" (QS Al Baqoroh: 189). Sejak dahulu orang telah melihat bulan. Kemolekan bulan telah dipuja dan selalu menjadi tamsil bagi anak manusia yang memadu cinta. Namun setelah proyek Appolo XI buatan Amerika Serikat mendarat di bulan, puja-puji kecantikan bulan menjadi sirna karena ternyata permukaan bulan tidak sehalus yang dilihat dari bumi. Penuh dengan kepundan meteor sebagai hasil tumbukan meteor yang dengan leluasa menerjang bulan. Selain itu, ada pula deretan pegunungan dengan lembah-lembah memanjang. Kawah-kawah meteor dan dataran rendah terdapat di mana-mana.

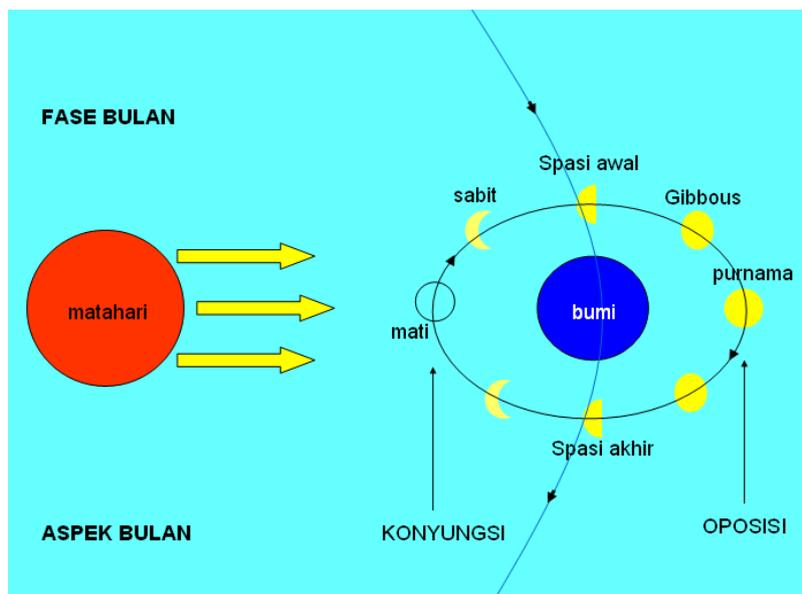
Setelah berkunjung ke bulan, manusia semakin yakin bahwa bulan sangat berbeda dengan matahari. Matahari penuh golongan hidrogen dan suhunya ribuan derajat celcius sedangkan bulan hanya beberapa ratus derajat saja di permukaan bulan yang siang bahkan di permukaan bulan yang malam suhunya sangat dingin. Sama halnya dengan benda-benda langit lainnya, bulan memiliki gerak rotasi dan gerak revolusi keliling bumi. Lama rotasi bulan sama dengan kala revolusinya. Karena itu jangan heran jika permukaan bulan dilihat dari bumi permukaannya itu-itu saja yaitu gambar seperti nenek-nenek yang duduk berselonjor ditemani seekor kucing (*Nini Anteh*). Permukaan bulan yang menghadap ke arah bumi adalah permukaan yang tetap menghadap bumi sedangkan bagian yang membelakangi bumi juga permukaan yang tetap membelakangi sehingga tidak pernah terlihat dari bumi.

Selain gerakan rotasi dan revolusinya, bulan bersama-sama dengan bumi beredar mengelilingi matahari artinya bulan pun mengikuti revolusi bumi. Sehingga jika digambarkan, lintasan bulan akan tampak meliuk-liuk: sekali waktu lebih dekat ke matahari dan sekali waktu lebih jauh ke matahari. Waktu yang dibutuhkan bulan mengitari bumi adalah satu bulan tepatnya 29 1/2 hari atau dinamakan lama bulan sinodik. Perhatikan gambar perjalanan bulan yang meliuk-liuk di bawah ini.



Gambar 5.1 Lintasan bulan keliling matahari

Terlihat dalam gambar, b1 dan b5 adalah posisi bulan sedang dekat dengan matahari sedangkan b3 sedang posisi jauh dari bumi. Posisi b2, b4, dan b6 pada posisi perbani (pertengahan); b2 dan b6 merupakan pertengahan pertama sedangkan b4 merupakan pertengahan kedua. Ketika bulan pada posisi b1 dan b5, bulan tidak tampak dari bumi karena kalah cahaya oleh matahari, sedangkan pada posisi b3 bulan akan tampak secara keseluruhan. Posisi b1 dan b5 dianggap sebagai bulan tua atau bulan mati dan posisi b3 dianggap sebagai bulan purnama. Pada posisi b2 bulan dalam keadaan sepasi (sepasi pertama), b4 sedang spasi kedua, dan b6 kembali lagi pada sepasi pertama. Dengan demikian kita dapat melihat perubahan bentuk bulan itu pada setiap bulan. Ketika tanggal satu atau dua, bulan akan tampak sabit dan muncul singkat di upuk barat lalu terbenam. Sekitar tanggal 6 dan 7 rupa bulan berbentuk sepasi. Sekitar tanggal 14, 15, dan 16 bentuk bulan terlihat penuh (purnama). Kemudian sekitar tanggal 21 dan 22 bulan kembali berbentuk sepasi. Tanggal 29 dan 30 dianggap bulan mati karena tidak tampak lagi dan setelah itu kembali muncul mengawali perjalanan awal bulannya. Perubahan bentuk bulan yang tampak di bumi disebut fase bulan.



Gambar 5.1 Aspek bulan dalam hubungannya dengan fase bulan

Pada gambar terlihat bahwa bulan sabit muncul di sore hari berarti dimulainya bulan baru. Bulan baru akan muncul di upuk barat ketika matahari sesaat setelah terbenam. Perubahan fase bulan secara periodik digunakan untuk melakukan perhitungan penanggalan atau kalender yang dikenal dengan tarikh bulan atau tarikh komariah. Satu bulan tarikh komariah lamanya 29,5 hari, tepatnya 29 hari 12 jam 44 menit 3 detik. Satu tahun komariah lamanya 12 kali 29,5 hari sama dengan 354 hari. Banyaknya hari dalam sebulan selama satu tahun pada tarikh komariah berganti-ganti yaitu 29 hari dan 30 hari. "*Sesungguhnya bilangan bulan pada sisi Allah ialah dua belas bulan, dan ketetapan Allah di waktu Dia menciptakan langit dan bumi, di antaranya empat bulan haram* (At Taubah: 36).

Pada Tarikh Komariah dilaksanakan pembulatan dengan tidak memperhitungkan waktu di bawah satu jam pada tahun-tahun biasa. Setiap bulan

terbuang 44 menit, 3 detik. Jadi dalam setahun terbuang $12 \times (44 \text{ menit } 3 \text{ detik}) = 8 \text{ jam } 48 \text{ menit } 36 \text{ detik}$ dan dalam 30 tahun akan terbuang 10 hari 22 jam 38 menit (hampir sama dengan 11 hari). Untuk menghindari pembengkakan selama 60 tahun 90 tahun dan seterusnya, maka ditentukan adanya 11 tahun kabisat untuk periode 30 tahun tarikh komariah. Kalau tahun-tahun biasa panjangnya 354 hari maka jumlah hari pada tahun kabisat lamanya 355 hari. Kesebelas tahun kabisat itu ditetapkan berdasarkan tabel di bawah ini:

TABEL 5.1 DAFTAR TAHUN KABISAT TARIKH KOMARIAH
DALAM TIAP 30 TAHUN

1	9	17	25
(2)	(10)	(18)	(26)
3	11	19	27
4	12	20	28
(5)	(13)	(21)	29
6	14	22	30
(7)	15	23	
8	(16)	(24)	

Setelah tahun ke 30 adalah tahun ke 31 yang dianggap sama dengan tahun kesatu. Demikian pula tahun ke 61, 91, 121, 151, dan seterusnya. Untuk mengetahui tahun kabisat atau bukan, dapat diperoleh dengan jalan membagi angka tahun komariah dengan 30, maka sisa hasil baginya akan menunjukkan kabisat atau bukan. Caranya dengan menyesuaikan angka tersebut dengan angka pada tabel di atas. Sebagai contoh tahun 1406 hijriah, bagilah 1406 dengan 30 maka hasilnya 46 dan sisanya 26. Lihatlah angka 26 pada tabel, ternyata berkurung, artinya tahun 1406 adalah tahun kabisat yang lama waktunya 355 hari.

Pertanyaan kita selanjutnya, di mana meletakkan penambahan satu hari itu? Untuk menambah satu hari dalam tahun kabisat adalah di bulan haji. Perhatikan tabel berikut:

Bulan	1 adalah Muharam	30 hari
	2 adalah Safar	29 hari
	3 adalah Rabiulawwal	30 hari
	4 adalah Rabiulakhir	29 hari
	5 adalah Jumadilawwal	30 hari
	6 adalah Jumadilakhir	29 hari
	7 adalah Rajab	30 hari
	8 adalah Sya'ban	29 hari
	9 adalah Ramadhan	30 hari
	10 adalah Syawal	29 hari
	11 adalah Zulkaidah	30 hari
	12 adalah Zulhijah	29 hari atau 30 hari

Tarikh komariah ini dipakai dalam kalender Hijriyah atau kalender ummat Islam. Adapun kalender Masehi menggunakan tarikh syamsiah yang perhitungannya berdasarkan revolusi bumi mengitari matahari. Satu tahun tarikh matahari adalah 365 hari 5 jam 48 menit dan 46 detik. Pembulatan pada tahun biasa lamanya 365 hari sedangkan lama tahun hari pada tahun kabisat lamanya 366 hari. Pada tarikh syamsiah, penambahan hari pada tahun kabisat ditempatkan pada angka tahunnya

yang habis dibagi 4 kecuali pada tahun abad. Tahun abad dikatakan tahun kabisat jika angka tahunnya habis dibagi 400. Tahun abad yang dimaksud mislanya 1600, 2000 dan seterusnya. Penempatan hari tahun kabisat ditaruh pada bulan Februari. Persamaan antara tahun komariah dan syamsiah menggunakan perhitungan waktu 12 bulan "*Sesungguhnya bilangan bulan pada sisi Allah ialah dua belas bulan, dalam ketetapan Allah di waktu Dia menciptakan langit dan bumi, di antaranya empat bulan haram (QS At Taubah 36)*".

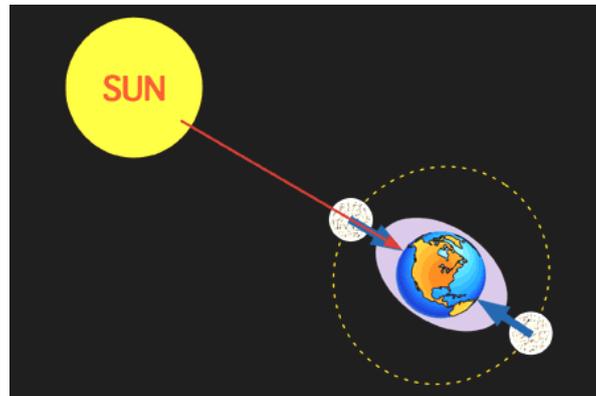
Bagi umat Islam yang menggunakan tarikh Hijriyah berkepentingan terhadap jumlah hari dalam sebulan terutama dalam memasuki bulan syawal (hari lebaran). Dalam menentukan tanggal satu bulan syawal (dan bulan-bulan lainnya) selain memperhatikan kemunculan bulan sabit (*Ru'yatul hilal*) juga dengan cara perhitungan (*hisab*). Akibatnya sering terjadi perbedaan pendapat. Hal ini terjadi karena ada dua pedoman yang sering digunakan dalam menentukan tanggal satu. Ada yang hanya berdasarkan perhitungan (*hisab*) dan ada pula yang berdasarkan *Ru'yatul hilal*. Pada bulan-bulan biasa, perbedaan pendapat antara dua golongan tersebut tidak menarik perhatian. Tetapi pada bulan-bulan tertentu seperti menentukan awal bulan romadlon (puasa) atau awal bulan zulhijah terkadang merepotkan semua pihak. Golongan yang lebih mempercayai perhitungan (*hisab*) akan menggunakan ilmu falak sebagai sarana perhitungan, sedangkan golongan yang lebih mantap berdasarkan *Ru'yatul hilal* akan berusaha melihat langsung kemunculan bulan sabit dengan menggunakan alat teodolit dan atau teropong. Jika bulan sabit sudah nampak, maka keesokan harinya dinyatakan permulaan bulan.

Pertentangan antara dua golongan tersebut biasanya muncul pada kesepakatan tinggi bulan di atas upuk (horison). Majelis Ulama Indonesia (MUI) menetapkan jika kemunculan bulan sabit lebih dari 2° di atas upuk maka keesokan harinya merupakan bulan baru, sedangkan jika kurang dari 2° maka keesokan harinya masih termasuk bulan itu dan belum beranjak ke permulaan bulan baru. Nah, sebagian umat Islam Indonesia ada yang berkeyakinan: asalkan sudah muncul walaupun kurang dari 2° (hanya dapat diketahui melalui *hisab*) maka dianggap masuk bulan baru. Sementara golongan yang lain tidak mau mengakui keyakinan tersebut sehingga akhirnya timbul perbedaan pendapat. Kasus semacam ini pernah terjadi pada 1 syawal 1423 H (tahun 2002)

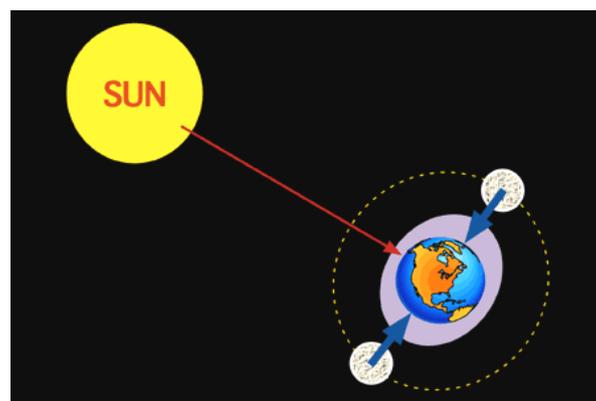
Pertemuan	Topik	SKS
12	Pasang Surut Air laut	3

PASANG SURUT AIR LAUT

Pasang-surut (Pasut) adalah gerakan naik turunnya muka laut secara berirama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari. Perhitungan matematis telah menunjukkan bahwa gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang-surut kurang lebih 2,2 kali lebih kuat daripada gaya tarik matahari (Nontji, 2002). Karena adanya gaya tarik bulan yang kuat, maka bagian bumi yang terdekat ke bulan akan tertarik membengkak hingga perairan di situ akan pasang. Pada saat yang sama, bagian bola bumi di baliknya akan mengalami keadaan serupa yaitu pasang. Sementara itu pada sisi lain yang tegal lurus terhadap poros bumi-bulan akan mengalami surut.



Posisi matahari, bulan dan bumi yang mengakibatkan pasang purnama



Posisi matahari, bulan dan bumi yang mengakibatkan pasang perbani

Gambar 5.2. Gambaran peristiwa pasang-surut

Bulan berputar mengelilingi bumi (sebagai akibat rotasi bumi dan bukan dalam arti bulan ber-revolusi mengelilingi bumi) sekali dalam 24 jam 51 detik. Jika seluruh permukaan bumi tertutup merata oleh air dan hanya bulan saja yang mempengaruhi (tidak bersama-sama matahari) maka suatu lokasi di bumi akan mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari. Namun, karena permukaan lautan sebagai dihalangi daratan benua, pulau, gunung bawah laut, palung yang sangat dalam, dan lain-lain maka keadaan pasang-surut yang ideal tersebut tidak akan terjadi. Bahkan karena pengaruh kedudukan matahari dan bulan relatif terhadap bumi selalu berubah maka pola pasang-surut di suatu tempat berbeda-beda.

Apabila bulan dan matahari berada kurang-lebih pada satu garis lurus dengan bumi seperti pada saat bulan muda atau bulan purnama, maka keduanya akan saling memperkuat. Keadaan pasang yang demikian disebut pasang-surut purnama (*spring tide*) dengan tinggi air yang luar biasa dan melebihi pasang pada umumnya dan sebaliknya surut pun sangat rendah. Tetapi jika bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku terhadap bumi maka gaya tarik keduanya akan saling meniadakan. Keadaan pasang ini disebut pasang-surut perbani (*neap tide*) dengan pasang-surut kecil saja.

Orbit bulan dan orbit matahari terhadap bumi yang tidak benar-benar berbentuk lingkaran, dalam arti ellips, maka kadang-kadang bulan atau matahari dalam posisi yang terdekat dan/atau terjauh. Jika bulan atau matahari berada pada jarak terdekat terhadap bumi maka pengaruhnya akan sangat besar. Selain itu, faktor-faktor yang bersifat lokal seperti topografi dasar laut, lebar teluk, dan lain-lain menjadikan pola pasang-surut antara satu daerah dengan daerah lain berbeda-beda. Dilihat dari polanya, pasang-surut dapat dibedakan atas: (1) pola harian ganda, (2) campuran, condong ke arah harian ganda, (3) campuran, condong ke arah harian tunggal, (4) harian tunggal. Pada jenis harian ganda, tiap hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tingginya hampir sama seperti di Selat Malaka sampai ke Laut Andaman. Pada jenis tunggal hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut setiap hari, misalnya terdapat di perairan sekitar Selat Karimata antara Sumatera dan Kalimantan. Pasang-surut ini pengaruhnya mencapai lapisan perairan laut yang dalam yaitu masih dapat diukur sampai kedalaman 600 meter.

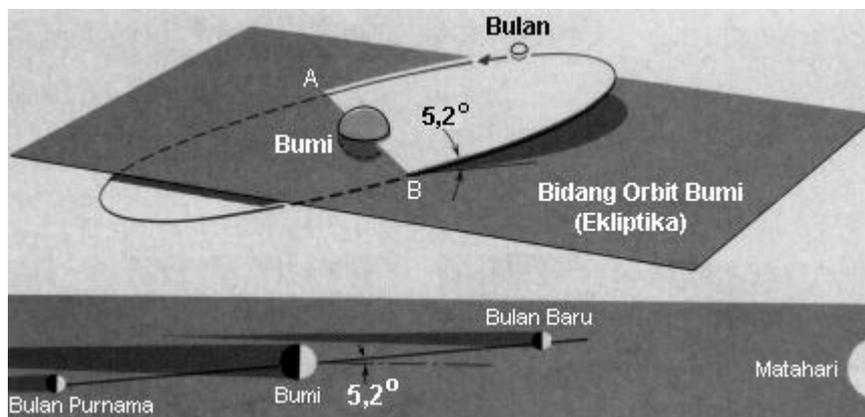
Pasang-surut mempunyai arti penting bagi keselamatan pelayaran. Seorang nakoda kapal harus mengetahui dengan tepat pola pasang-surut di suatu dermaga pelabuhan. Berapa ketinggian air pada saat pasang sehingga kapalnya dapat selamat dibawa masuk ke pelabuhan. Jika kisaran pasang-surutnya sangat besar maka kapal dapat saja kandas atau menambrak dasar perairan. Di perairan Indonesia, kisaran pasang-surut di Tanjung-priok adalah 1 meter, Ambon sekitar 2 meter, Bagan Siapi-api sekitar 4 meter, sedangkan yang tertinggi di muara Sungai Digul dan Selat Mudi yaitu mencapai 7 – 8 meter.

Pertemuan	Topik	SKS
13	Gerhana	3

GERHANA

Lintasan bulan keliling bumi berbentuk bidang yang tidak sebidang dengan ekliptika. Ekliptika adalah bidang lintasan bumi keliling matahari. Bulan mengelilingi bumi dengan lintasannya yang berbentuk ellips dan bumi terletak pada salah satu titik api ellips itu, sehingga pada lintasan bulan ada bagian terjauh dan terdekat ke bumi. Bagian terjauh dinamakan Apogea dan yang terdekat dinamakan Perigea.

Ekliptika atau bidang lintasan bumi keliling matahari juga berbentuk ellips dan matahari terletak pada salah satu titik api ellips itu, sehingga pada lintasan bumi ada bagian yang terjauh dan terdekat ke matahari. Bagian terjauh itu dinamakan Aphelium dan bagian terdekat dinamakan perihelium. Lintasan bulan keliling bumi yang tidak sebidang dengan lintasan bumi keliling matahari (ekliptika) membentuk sudut sebesar 5 derajat. Titik potong antara kedua bidang itu disebut simpul. Garis simpul ini tidak tetap pada satu posisi melainkan mengadakan perputaran dengan periode 19 tahun, artinya jika suatu saat matahari bertempat pada perpanjangan simpul itu maka pada saat berikutnya simpul tidak lurus lagi ke matahari dan sudutnya akan semakin besar. Baru akan menunjuk ke arah matahari lagi setelah berputar 360 derajat dalam periode 19 tahun.



Gambar 5.5 Bidang lintasan bulan dan ekliptika

Pada gambar di atas terlihat, segi empat yang besar adalah bidang ekliptika sedangkan empat segiempat (dalam empat posisi yang berlainan) adalah bidang lintasan bulan (ekliptika bulan). Besar sudut 5 derajat perhatikan pada posisi B 2. Seperti diketahui bahwa bulan adalah benda langit yang gelap. Bulan tampak bercahaya karena sinar matahari yang dipantulkannya ke bumi. Matahari sebagai sumber cahaya mempunyai lingkaran yang lebih besar daripada bumi maupun bulan. Oleh karena itu bayangan bumi dan bulan akan berbentuk kerucut. Kerucut bayangan bumi lebih panjang daripada kerucut bayangan bulan. Kerucut bayangan yang gelap itu dinamakan umbra atau bayangan inti. Di sekitar umbra terdapat bayangan yang

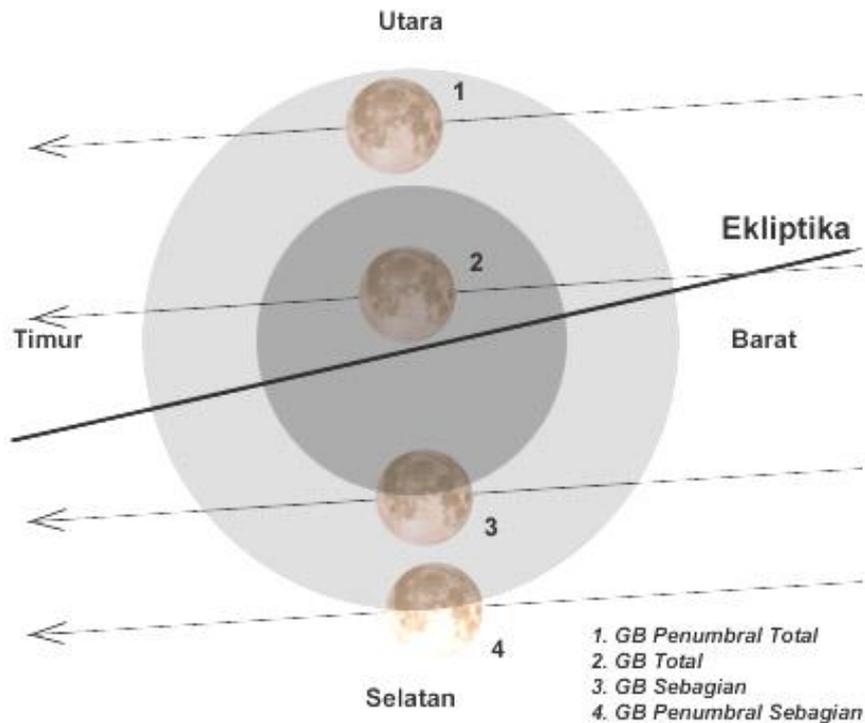
tidak terlalu gelap yang dinamakan penumbra. Penumbra di belakang bumi maupun bulan berbentuk kerucut terpancung (terbalik) dengan puncaknya di permukaan bumi atau di bulan dan makin jauh makin besar sampai menghilang di ruang angkasa.

Pada waktu bulan berposisi (kedudukannya berurut dari matahari - bumi - bulan segaris lurus) dan bulan terletak pada simpul lintasannya, umbra bumi akan mengenai bulan atau dengan kata lain bulan akan masuk ke dalam umbra bumi itu. Pada saat kejadian itu dikatakan orang sedang terjadi gerhana bulan total. Jika yang masuk ke dalam umbra itu hanya sebagian bulan purnama maka dinamakan orang sedang terjadi gerhana sebagian (partial). Sebelum bulan memasuki umbra, seluruh bulan ada di daerah penumbra, saat itu terjadi gerhana penumbra.



Gambar 5.6 Gerhana Bulan (Sumber: Makmur, 1995)

Diameter kerucut umbra bumi di tempat lintasan bulan kira-kira 3 kali diameter bulan. Oleh karena itu jika bulan lewat di tengah umbra bumi akan terjadi gerhana total yang paling lama, yaitu sekitar $1 \frac{3}{4}$ jam. Waktu gerhana mulai bulan memasuki umbra sampai saat akhir bulan keluar lagi dari umbra memakan waktu 4 jam. Dalam setahun mungkin terjadi gerhana bulan sampai 3 kali namun dapat terjadi pula dalam setahun tak terjadi satu kali pun. Perbedaan frekuensi gerhana itu akibat gerakan simpul dalam periode 19 tahun seperti telah diutarakan terdahulu.



Gerhana matahari terjadi pada siang hari yaitu pada waktu bulan berkonjungsi artinya sewaktu bulan sedang dekat dengan matahari. Urutan posisinya adalah matahari-bulan-bumi pada satu garis lurus. Bagian permukaan bumi yang dijatuhkan umbra bulan yaitu yang tidak mendapat cahaya matahari secara langsung dan dikatakan daerah itu sedang mengalami gerhana matahari total. Bagian ini meliputi daerah berbentuk lingkaran dengan diameter paling besar 270 km. Orang-orang di daerah ini melihat matahari tertutup seluruhnya oleh bulan. Yang tampak hanya corona di bagian luar bulan yang menghalangi photosphere. Gerhana matahari total yang paling lama terjadi pada tahun 1955 yaitu selama 7,2 menit. Daerah yang dijatuhkan penumbra bulan akan mengalami gerhana matahari partial.

Selain kedua macam gerhana matahari yang disebut di atas, ada juga yang disebut gerhana matahari cincin. Hal ini terjadi karena lintasan bumi maupun lintasan berbentuk ellipsis. Artinya ada kemungkinan pada saat terjadi gerhana matahari, letak bumi dan bulan begitu rupa sehingga kerucut bayang-bayang bulan tidak mengenai bumi, kerucut bayang-bayang inti bulan itu lebih pendek dari jarak bumi-bulan. Orang di permukaan bumi tepat di bawah puncak kerucut bayang-bayang inti bulan, melihat matahari terhalang bulan ukurannya lebih kecil tepat di tengahnya, sehingga matahari seperti berbentuk cincin. Kejadian ini disebut gerhana matahari cincin.

Dari peristiwa gerhana itu sedikitnya ada dua kesimpulan yang dapat kita tarik yaitu (1) Bahwa garis lintang bumi dan bulan mengedari matahari akan tetap harmonis dalam garis edarnya masing-masing. Tentu dengan kehendak Allah SWT karena peredaran matahari jauh berbeda dengan peredaran bulan. Matahari tidak mungkin bertrok dengan bulan. *"Tidak mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya"* (QS Yaasiin: 40), (2) Kejadian gerhana baik gerhana bulan maupun matahari bukan suatu kejadian yang aneh dan tidak memiliki kekuatan ghaib sebagaimana dipercaya oleh orang-orang awam dan musyrik. Adalah bohong jika harus menabuh tetabuhan agar batara kala terkejut, kemudian cepat-cepat memuntahkan kembali bulan atau matahari

yang ditelannya. Dari Aisyah r.a. bahwa Nabi SAW bersabda: *"Sesungguhnya matahari dan bulan adalah dua macam tanda dari tanda-tanda kekuasaan Allah. Terjadinya gerhana matahari atau bulan itu bukanlah karena kematian seseorang atau kehidupannya. Maka jikalau kamu melihatnya, berdoalah kepada Allah, bertakbir, bersedakah serta shalatlah* (Hadits riwayat Buchari-Muslim).

Pertemuan	Topik	SKS
14	Menembus Penjuru Langit	3

MENEMBUS PENJURU LANGIT

"Hai jamaah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya melainkan dengan kekuatan" (Q.S.: Ar-Rahmaan: 33). Sejak ditemukan teropong bintang, perhatian manusia untuk mengamati benda langit semakin giat dilakukan. Kemudian meningkat membangun observatorium yang dibangun sebagai tempat menyimpan teropong besar seperti Observatorium Boscha di Lembang Bandung. Memasuki tahun 1950-an manusia sudah mulai tidak puas dengan hanya mengamati benda langit dari bumi tetapi sudah mencoba meluncurkan roket dan satelit ke ruang angkasa. Beberapa usaha awal ke arah penjelajahan dapat dicatat seperti Sputnik I merupakan satelit pertama buatan manusia di luncurkan Rusia pada tanggal 4 Oktober 1957, berat satelit 550 kg dengan jarak terjauh yang dicapai hampir 900 km di atas permukaan bumi. Pada 3 Nopember 1957 diluncurkan Sputnik II dengan mencoba membawa anjing Laika dengan jarak 1690 km tetapi pesawat ini terbakar ketika menuju bumi.

Explorer I merupakan satelit buatan Amerika Serikat yang pertama, beratnya 60 kg dapat diluncurkan dengan jarak tempuh antara 359 - 2157 km di atas permukaan bumi. Peristiwa peluncurannya pada tanggal 31 Januari 1958. Dua tahun dari AS meluncurkan Explorer, Sputnik V yang membawa 2 ekor anjing diluncurkan yaitu pada tanggal 19 Agustus 1960 beratnya 4,5 ton dengan ketinggian luncur 288 - 322 km di atas permukaan bumi.

Pada tanggal 12 April 1961, Vostok I satelit pertama yang membawa manusia diluncurkan. Kosmonot Rusia pertama adalah Mayor Yuri Gagarin. Vostok dapat mendarat dengan selamat. Disusul oleh Proyek Mercury buatan Amerika membawa astronot Alan B. Shepard mengangkasa selama 15 menit mencapai ketinggian 184 km kemudian mendarat di lautan Atlantik dengan selamat.

Setelah berhasil membawa tumpangan manusia, orang melirik target ke bulan. Maka diluncurkan Lunik I, II, III buatan Rusia sebagai proyek menuju bulan. Lunik III yang diluncurkan tanggal 4 Oktober 1959 dan dapat mengelilingi bulan sekali putaran. Pioneer IV buatan Amerika Serikat juga mulai mencoba mengelilingi bulan yang diluncurkan 3 Maret 1959. Tetapi baru pada Proyek Apollo XI yang diluncurkan tanggal 16 Juli 1969 dan tanggal 21 Juli 1969 jam 09.59 WIB tercatat sebagai detik pertama manusia bumi menginjakkan kakinya di bulan. Pendaratan pertama astronot Amerika Serikat Neil Alden Armstrong, 15 menit kemudian disusul Edwin Adrin, sementara itu pesawat induk Command Module dengan pilot Michael Collins tetap beredar mengelilingi bulan.

Setelah sukses ke bulan, silih berganti antara Amerika dan Rusia meluncurkan pesawat-pesawatnya ke langit yang lebih jauh mengarungi antariksa antar-planet seperti Mariner II meluncur ke arah Venus, Mariner IV meluncur ke arah Mars. Venera II milik Rusia menuju Venus. Mariner X ke arah Merkurius. Pioneer 10 dan 11 mendekati Jupiter. Voyager 1 dan 2 mendekati Jupiter dan Saturnus. Proyek Voyager berikutnya yang berhasil menggembirakan adalah ketika dapat mendarat di Planet Mars yaitu terjadi pada tanggal 4 Juli 1998.

Pada tanggal 14 April 1971 Rusia meluncurkan sebuah Laboratorium ruang angkasa yang bernama Salyut, begitu pula Amerika dengan membuat Skylab. Astronot dari Amerika dan kosmonot dari Rusia pernah saling berkunjung di ruang angkasa yaitu terjadi pada tahun 1975. Astronot Amerika yang berkunjung mendekati Salyut menggunakan kendaraan Apollo. Selanjutnya manusia melakukan penerbangan pertama sebagai kendaraan pertama ke ruang angkasa yang dapat dipakai berulang kali terjadi pada tanggal 12 April 1981 yaitu dengan menggunakan pesawat ulang-alik Columbia dan Challenger.

Untuk menjelajah penjuru langit perlu kekuatan untuk menembus lapisan atmosfer bumi dan melepaskan diri dari gravitasi. Bumi kita diselubungi oleh berbagai lapisan udara yang disebut atmosfer. Atmosfer bumi berisi campuran gas terutama nitrogen (78%), Oksigen (21%), Karbondioksida (0,3%), Argon (1%), Helium dan gas lainnya (0,1%). Semuanya dalam keadaan kering lalu ditambah uap air dalam jumlah yang berbeda-beda. Susunan atmosfer yang meliputi planet bumi terdiri atas lapisan troposfer yang ketebalannya berbeda-beda. Di daerah khatulistiwa, lapisan troposfer lebih kurang 16 km dari permukaan bumi. Di daerah lintang sedang (sekitar 30-60 Lintang Utara dan Selatan) ketebalan troposfer sekitar 11 km dari permukaan bumi dan di daerah kutub lapisan troposfer kurang dari 18 km. Pada lapisan troposfer suhu berkurang pada tempat yang semakin tinggi, banyak mengandung uap air, debu, dan awan. Semua gejala cuaca berlangsung pada lapisan troposfer termasuk pusaran angin. Lapisan inilah yang banyak mempengaruhi kehidupan manusia di permukaan bumi.

Lapisan kedua di atas troposfer adalah lapisan stratosfer. Antara dua lapisan troposfer dan lapisan stratosfer terdapat garis batas yang disebut tropopause. Lapisan stratosfer memiliki ketebalan sampai dengan 50 km di atas permukaan bumi. Pada lapisan ini tidak ada uap air, debu atau awan. Namun demikian lapisan ini sangat penting bagi perlindungan kehidupan manusia karena memiliki lapisan ozon yang dapat menyaring sinar ultraviolet matahari yang memasuki permukaan bumi. Jika ozon pada lapisan stratosfer bolong, sinar matahari dapat membakar kulit, memecahkan pembuluh darah, dan menimbulkan kanker kulit yang mengancam kematian bagi makhluk hidup di muka bumi. Pada lapisan stratosfer, suhu udara semakin hangat ketika naik pada lapisan yang lebih tinggi.

Di atas lapisan stratosfer terdapat lapisan mesosfer. Pada lapisan ini semakin dingin jika menaik kepada lapisan yang lebih tinggi. Lapisan mesosfer terletak antara ketinggian 50 km sampai dengan 90 km di atas permukaan bumi. Selanjutnya di atas lapisan mesosfer terdapat lapisan ionosfer yang memiliki ciri semakin naik ketinggian lapisan yang lebih tinggi, suhu udara semakin naik hingga lebih dari 250 derajat celsius. Lapisan ionosfer terletak pada 90 km sampai dengan 129 km di atas permukaan bumi. Lapisan ionosfer merupakan lapisan yang penting juga bagi manusia terutama terhadap sifatnya yang dapat memantulkan gelombang radio. Hubungan jarak jauh atau siaran radio banyak memanfaatkan lapisan ini sebagai media atau sarana hubungan antara pesawat pemancar dan pesawat penerima.

Kemudian pada lapisan yang paling atas dan merupakan bagian dari ruang angkasa adalah lapisan termosfer atau lapisan panas dengan ketinggian mulai dari 130 km di atas permukaan bumi sampai dengan batas yang tidak terhingga. Peluncuran roket dan pesawat ulang-alik ruang angkasa yang hendak menuju langit harus memperhatikan keadaan suhu atmosfer pada semua lapisan, karena jika tidak misi peluncuran dapat gagal karena gesekan lapisan atmosfer dengan badan pesawat dapat menimbulkan percikan api yang menyebabkan kebakaran terhadap pesawat seperti yang terjadi pada pesawat ulang-alik Columbia pada tahun 2003.

Berkurangnya kandungan oksigen pada lapisan stratosfer ke atas menjadikan lapisan tersebut tidak layak huni bagi makhluk hidup terutama manusia yang membutuhkan oksigen untuk bernafas. Selain itu, lapisan atmosfer yang tidak memiliki lapisan oksigen dapat berbahaya terutama bagi tubuh yang memiliki kandungan oksigen dan atau air karena lapisan "hampa udara" dapat menyerap cairan tubuh manusia yang mengakibatkan penguapan yang hebat hingga kering dan mengakibatkan kematian. Bagi mereka yang mencoba melintasi atmosfer tanpa persediaan oksigen dapat dipastikan tidak dapat bernafas dan menjelang ajalnya akan terlihat sesak napas dan tersengal-sengal. "... *Niscaya Allah menjadikan adanya sesak lagi sempit, seolah-olah ia sedang mendaki ke langit* (QS: Al An'aam 125).

Pertemuan	Topik	SKS
15	Rizki yang Turun dari Langit	3

RIZKI YANG TURUN DARI LANGIT

Pada pembahasan terdahulu telah dijelaskan bahwa timbulnya angin adalah akibat aliran udara dari udara yang bertekanan tinggi ke wilayah udara yang bertekanan rendah. Adanya perbedaan tekanan udara dipengaruhi oleh temperatur yang berbeda. Perbedaan temperatur suatu daerah dengan daerah lain tergantung dari penyinaran matahari. Sebagai contoh pada siang hari suhu udara di daratan akan lebih cepat naik daripada suhu udara di lautan. Perbedaan kecepatan kenaikan suhu udara antara daratan dan lautan (perairan) menyebabkan tekanan udara di atas permukaan daratan lebih rendah daripada di atas lautan. Dari perbedaan tekanan tersebut, mengalirlah udara dari lautan menuju permukaan daratan dan terjadilah angin laut. Sebaliknya pada malam hari, suhu daratan lebih cepat turun daripada suhu di atas permukaan laut. Pada suatu saat, suhu di atas permukaan laut lebih tinggi daripada suhu di atas permukaan daratan. Akibatnya tekanan udara di atas permukaan laut lebih rendah daripada di atas permukaan daratan, sehingga berhembuslah angin dari daratan menuju lautan yang disebut angin darat.

Siklus angin laut dan angin darat hanya dalam ruang yang sempit. Ke arah laut hanya sampai 50 km dan ke arah daratan juga 50 km. Namun demikian, manfaatnya sangat besar bagi nelayan yang mengandalkan hembusan angin untuk berlayar. Menjelang malam hari para nelayan melaut dengan memanfaatkan hembusan angin darat sedangkan di pagi hari pulang ke pantai memanfaatkan hembusan angin laut sambil membawa ikan hasil tangkapannya. *"... Dan di antara tanda-tanda kekuasaannya ialah Dia mengirimkan angin sebagai pembawa berita gembira dan untuk merasakan kepadamu sebagian dari rahmat-Nya dan supaya kapal dapat berlayar dengan perintah-Nya dan (juga) supaya kamu dapat mencari karunia-Nya; mudah-mudahan kamu bersyukur (QS Ar Ruum 46).*

Di tempat lain, pada siang hari lereng gunung tertentu mendapat pemanasan dari matahari lebih dahulu daripada bagian lembah gunung. Suhu di lereng gunung akan naik lebih cepat sehingga tekanan udara di lereng gunung lebih rendah dari pada tekanan udara di bagian lembahnya. Dengan demikian mengalirlah udara dari lembah ke arah lereng gunung pada siang hari. Sebaliknya pada malam hari pancaran panas dari permukaan bumi sebagai hasil pemanasan di siang hari tersimpan lebih lama di bagian lembah gunung sedangkan di bagian puncak gunung lebih cepat dingin. Penyimpanan suhu udara yang lebih lama di bagian lembah mengakibatkan tekanan udara lebih rendah daripada di bagian puncak gunung yang lebih cepat menurun suhu udaranya. Akibat perbedaan tekanan udara yang demikian, mengalirlah udara pegunungan menuju lembah-lembah di sekitarnya.

Angin lembah dan angin gunung ini hembusannya tidak terlalu kencang, tetapi cukup menjadi media atau perantara perkawinan tanaman atau membantu penyerbukan pada bunga agar putik-sari berpadu dengan benang-sari, dan juga menyebarkan berbagai benih tanaman yang bijinya dapat dihembuskan angin. Mahasuci Allah yang *"... meniupkan angin untuk mengawinkan (tumbuh-tumbuhan) dan kami*

turunkan hujan dari langit, lalu kami beri minum dengan air itu dan sekali-kali bukanlah kamu yang menyimpannya (QS Al Hijr: 22).

Di beberapa daerah, hembusan angin musim mempengaruhi langsung kehidupan manusia layaknya hembusan angin lokal, yaitu sebagai akibat arah angin musim dan topografi daerah setempat. Angin musim yang membawa uap air dan naik ke lereng gunung dapat mendatangkan turun hujan pada lereng hadap angin. Hujan yang jatuh dengan cara ini disebut hujan orografis yaitu hujan yang naik pada lereng pegunungan. Walaupun hujan telah diturunkan, angin musim akan tetap melaju melewati puncak gunung dan atau pegunungan lalu turun pada lereng di sebelahnya sebagai angin jatuh kering. Lereng angin turun tidak mendatangkan curah hujan yang banyak oleh karena itu disebut lereng bayangan hujan. Angin kering macam ini umumnya merugikan manusia karena dapat merusak tanaman, baik karena menumbangkan tanaman sejenis sayuran dan pohon tembakau juga menggagalkan penyerbukan padi-padian.

Angin jatuh kering terdapat di beberapa daerah di dunia dengan nama yang berbeda-beda dan sifatnya ada yang jatuh panas atau jatuh dingin. Di lereng pegunungan yang bersalju, angin ini dapat menyebabkan longsoran salju karena dipanasi dengan cepat. Akibatnya dapat merusak tanaman dan bangunan. Angin Kubang yang jatuh di sekitar Cirebon dan Tegal dapat menggagalkan tanaman padi untuk dipanen dan angin jatuh panas Bohorok di Deli (Sumatera Utara) banyak merusak tembakau. "*Perumpamaan harta yang mereka (orang-orang kafir) nafkahkan di dalam kehidupan dunia ini, adalah seperti perumpamaan anginyang mengandung harwa yang sangat dingin, yang menimpa tanaman kaum yang menganiyaya diri sendiri, lalu angin itu merusaknya..... (QS Ali Imrn 117).*"

Sinar matahari yang memanasi permukaan bumi menaikkan suhu udara di atasnya. Udara yang panas memiliki sifat yang lebih ringan daripada udara dingin. Kerapatan udara panas juga lebih renggang daripada udara dingin, oleh karena itu udara panas dapat naik seperti balon, sampai akhirnya berhenti pada suatu tempat di mana kerapatan udara sudah seimbang dengan udara yang naik. Namun demikian, "penampungan" uap air pada lapisan tersebut juga memiliki batas tertentu sehingga menekan uap air yang terus menaik, sehingga udara yang naik melebar ke samping. Untuk pelebarannya membutuhkan panas, sehingga diambil dari panas yang naik itu sendiri. Akibatnya panas udara tersebut berkurang yang mengakibatkan proses alami; setiap massa udara yang naik akan selalu turun suhu udaranya dengan rata-rata penurunannya 1 derajat untuk naik 100 m.

Udara dingin hanya dapat mengandung uap air lebih sedikit daripada udara panas. Artinya semakin rendah temperatur suatu massa, maka makin kecil kesanggupan udara itu dalam menampung uap air. Karena udara panas semakin naik ke atas, maka tempeturnya semakin menurun. Akibatnya semakin sedikit uap air yang dikandung oleh udara tersebut. Jika ada udara yang terus mendesak naik maka udara itu akan semakin turun suhunya hingga uap air yang dikandung di dalamnya berubah menjadi titik-titik air karena melebihi batas kejenuhan (kenyang). Akhirnya tercapailah kelembaban relatif 100% dan terjadilah pengembunan sebagai awan.

Awan yang terbentuk jika berkembang secara vertikal akan nampak bergumpal dan bergunung-gunung menjadi awan Cumulus. Terbentuknya awan cumulus banyak terjadi di daerah tropis yang memiliki penyinaran matahari yang kuat, sementara gerakan udara (angin) relatif sangat tenang sebagaimana yang terjadi di daerah khatulistiwa. Jika pemanasan semakin kuat dan gerakan udara panas terus menaik dengan cepat, awan cumulus akan tumbuh dengan hebat dan menjadi awan

cumulunimbus. Ketinggian awan cumulunimbus mencapai 15 km dan kecepatan udara naik secara vertikal antara 30 - 50 meter/detik.

Cepatnya gerakan udara secara vertikal dan melebar di bagian atasnya, mendesak udara sekitarnya yang relatif lebih dingin itu mengisi kekosongan bagian bawah awan cumulunimbus. Desakan udara dingin terhadap udara panas menimbulkan beributan aliran yang sangat besar. Gerakan angin ada yang naik dan ada turun. Bagi penerbangan pesawat, diusahakan tidak melewati arus awan semacam itu karena pertumbuhan selanjutnya dapat menjadi badai dan angin ribut. Tidak semua awan membentuk tipe cumulunimbus, karena umumnya uap air yang terbentuk awan terbawa oleh hembusan angin. Bersama angin, awan diarak sesuai tujuan gerakan angin tersebut. Di tengah perjalanan, awan menjadi satu rangkain sehingga semakin terlihat arak-arakannya. Proses pendinginan uap air terjadi pula pada awan yang menuju daerah pegunungan yang disebut sebagai proses orografis.

Kondisi uap air yang semakin banyak, memungkinkan untuk bersatu menjadi butiran titik-titik air yang lebih besar melalui media inti kondensasi. Inti kondensasi adalah media pengikat uap air untuk menjadi butiran air yang lebih besar. Tanpa adanya titik kondensasi, uap air tidak dapat membentuk butiran yang lebih besar, sehingga tidak dapat turun sebagai air hujan. Titik kondensasi selalu ada dalam atmosfer dengan jumlah yang besar. Ia terdiri atas kristal-kristal garam yang naik ke udara dari samudera yang terus bergelombang dan pecah di pantai. Ukuran inti kondensasi sangat kecil yaitu dengan garis tengah kira-kira 0,000001 - 0,00001 mm sehingga dapat melayang-layang di udara dihembus angin. Selain dari kristal-kristal garam, diduga asal titik kondensasi disediakan pula dari debu hancuran meteorit yang akan jatuh ke permukaan bumi, dari bahan-bahan polutan udara seperti amoniak, asam belerang, sulfida, dan lain-lain. Namun sayang, uap air yang diikat oleh bahan-bahan polutan udara tidak menurunkan hujan yang sehat tetapi hujan asam yang dapat merusak lingkungan hidup manusia. Tanaman menjadi meranggas, ikan dan hewan-hewan lainnya keracunan, dan timbulnya berbagai macam penyakit kulit.

"Dialah, Allah yang mengirim angin, lalu angin itu mengarak awan dan Allah membentangkannya langit menurut kehendaknya, dan menjadikannya (awan itu) bergumpal-gumpal lalu kamu lihat hujan keluar dari celah-celahnya. Maka apabila hujan itu turun mengenai hamba-hamba-Nya yang dikehendaki-Nya tiba-tiba mereka menjadi gembira (QS Ar Ruum: 48)". Kegembiraan itu dikarenakan oleh hujan yang akan mendatangkan rizki bagi kehidupan manusia. Dengan air hujan manusia dapat minum sepenuhnya, tanaman yang dicocok manusia akan tumbuh subur dengan berbagai macam warna dan jenisnya "..... dan Kami turunkan hujan dari langit, lalu Kami beri minum kamu dengan air itu, dan sekali-kali bukanlah kamu yang menyimpannya (QS Al Hijr: 22)".

Turunnya hujan berdasarkan ukuran butirnya dibagi atas tiga macam yaitu hujan halus, rintik-rintik, dan sebenarnya. Titik-titik air hujan yang sebenarnya mempunyai diameter 0,3 - 3 mm sedangkan titik-titik hujan halus dan rintik-rintik berdiameter 0,04 - 0,3 mm. Selain hujan yang normal, terdapat pula hujan yang dibarengi butiran es, baik dalam bentuk graupel maupun hagel. Hujan es graupel, biji esnya bulat, putih tidak menerawang dan menyerupai salju. Jika biji es ini jatuh di atas benda keras, akan terpental kembali dan hancur. Hujan es macam ini terjadi karena titik-titik hujan terlalu dingin bergumpal menjadi satu dengan kristal es dan salju. Adapun hujan es hagel adalah hujan dengan es yang lebih besar, bulat atau berbentuk kerucut tetapi sebagian tidak beraturan. Wujudnya terdiri dari es yang jernih sampai suram menerawang, tetapi kebanyakan keruh. Biji es hagel memiliki ukuran dari 5 - 50 mm bahkan di daerah tropis pernah terdapat biji es sebesar jeruk sitrum.

Es yang jatuh pada saat hujan karena tergabungnya lapisan-lapisan es di sekeliling inti kristal es yang disebabkan jatuh dan naiknya berkali-kali maka selalu berimpitan menjadi segumpal. Biji es macam ini senantiasa dalam keadaan tumbuh atau bertambah besar. Setelah biji-biji tersebut tidak dapat di bawa ke atas lagi oleh gerakan vertikal, maka jatuhlah sebagai hujan es. Peristiwa hujan es hanya terjadi pada awan cumulonimbus, karena awan ini memungkinkan untuk terbentuknya butiran es yaitu dengan pertumbuhan awan yang menjulang tinggi, gerakan vertikalnya sangat kuat, dan butiran es dapat berulang kali turun naik untuk mencapai ukuran yang cukup besar. Oleh karena itu, terjadinya hujan es biasanya menyertai cuaca yang sangat buruk. Mahasuci Allah "*.... yang mengarak awan, kemudian mengumpulkan antara (bagian-bagian)nya, kemudian menjadikannya bertindih-tindih maka kelihatanlah olehmu hujan keluar dari celah-celahnya dan Allah (juga) menurunkan (butiran-butiran) es dari langit, (yaitu) dari (gumpalan-gumpalan awan seperti) gunung-gunung, maka ditimpakan-Nya (butiran-butiran) es itu kepada siapa yang dikehendaki-Nya...."* (QS An Nuur: 43).

Peristiwa yang sering mengiringi hujan adalah terjadinya halilintar atau guruh. Hampir semua orang Indonesia pernah melihat dan mendengar halilintar yaitu peristiwa listrik yang terjadi di angkasa. Guruh terjadi umumnya pada suasana pancaroba yaitu cuaca yang ditandai cuaca buruk seperti pada awan cumulonimbus.

Belum banyak penjelasan yang memuaskan tentang terjadinya peristiwa halilintar, tetapi secara umum titik-titik air yang hancur (pecah) akibat proses konveksi menghasilkan muatan listrik yang berbeda antara pecahan yang besar dengan pecahan air yang kecil. "Hancuran" air yang besar mendapat muatan positif sedangkan yang kecil bermuatan negatif. Titik air pun mempunyai dua lapisan yaitu lapisan sebelah luar bermuatan negatif dan dibawahnya bermuatan positif. Karena gerakan udara yang naik dalam suatu awan (cumulonimbus) kecepatan naiknya mencapai 30 meter/detik maka terjadilah peleburan yang sangat cepat dari titik-titik hujan. Titik-titik air terhancurkan oleh gerakan udara yang naik itu (konveksi).

Hancurnya titik air hujan itu menghasilkan listrik guruh. Aliran udara yang membawa titik-titik kecil dan ringan ke tepi awan yang di atas, sedangkan titik-titik yang besar dan berat turun sampai ke tepi sebelah bawah. Titik-titik yang bermuatan positif selalu berkumpul di suatu tempat yang berhadapan dengan permukaan bumi sedangkan yang bermuatan negatif berkumpul di atas tepi awan. Oleh karena itu di atas permukaan bumi dengan lapisan awan akan timbul suatu selisih tekanan atau perbedaan tegangan yang dapat berjumlah jutaan volt. Perbedaan itu menjadi tidak seimbang dan harus tidak ada perbedaan ketegangan. Keadaan untuk mencapai keseimbangan di antara muatan listrik yang berkumpul pada awan dan muatan listrik yang berada di permukaan bumi terhalang oleh udara. Seperti dimaklumi, udara adalah zat penghantar listrik yang buruk, oleh karena itu harus dijadikan dulu zat pengantar yang baik. Hal ini diatur sendiri oleh tegangan, sebab pada saat itu juga tegangan itu menimbulkan keadaan ber-ion. Jadi setelah udara dapat menghantarkan listrik, maka sekonyong-konyong terjadi persamaan melalui suatu pita cahaya, yang kecil, halus dan panjang beberapa kilometer yang dinamakan "petir". Garis tengah pita pelepasan muatan itu paling lebar 50 cm. Jadi petir tidak lain sebagai akibat kekuatan listrik yang tertimbun yang disamaratakan karena ada perbedaan tekanan. "*Dan di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya, Dia memperlihatkan kepadamu kilat untuk menimbulkan ketakutan dan harapan* (QS Ar Ruum: 24).

Terjadinya peristiwa petir jangan membuat diri kita takut secara berlebihan, misalnya takut mati. Janganlah "*.... seperti orang-orang yang ditimpa hujan lebat dari langit disertai gelap gulita, guruh dan kilat; mereka lalu menyumbat telinganya dengan anak jarinya disebabkan takut akan mati. Dan Allah meliputi orang-orang yang kafir* (QS

Albaqarah: 19). Larangan menyumbat telinga dengan anak jari karena pernyataan Allah SWT bahwa: "*..... guruh itu bertasbih dengan memuji Allah (demikian pula) para malaikat karena takut kepada-Nya,...*(QS Ar Rad: 13)" Jadi bukan takut pada halilintarnya tetapi hendaklah takut kepada yang menciptakan halilintar. Terlalu takut terhadap petir dapat melupakan kebesaran nikmat Allah dengan turunya hujan, "*.... apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanaman-tanaman yang bermacam warnanya* (QS Azzumar: 21)".

Suatu hal yang terkadang kurang disyukuri pula oleh manusia yaitu naiknya uap air sebagai hasil pemanasan matahari yang berupa air murni: tanpa bau dan rasa sebagaimana ketika air masih menjadi bagian dari benda-benda di permukaan bumi. Rasanya tetap tawar walaupun berasal dari lautan yang asin, warnanya jernih walaupun berasal dari air selokan, tidak berbau walaupun menguap dari kotoran yang menjijikkan. Mahasuci Allah yang telah memisahkan air kotor, asin, dan pahit menjadi uap air yang bersih, suci dan mensucikan." *... Maka terangkanlah kepada-Ku tentang air yang kamu minum. Kamukah yang menurunkannya dari awan ataukah Kami yang menurunkannya? Kalau Kami menghendaki niscaya Kami jadikan dia asin, maka mengapakah kamu tidak bersyukur?* (QS Al Waaqi'ah: 68 - 70)

Pertemuan	Topik	SKS
16	Ujian Akhir Semester	3

UJIAN AKHIR SEMESTER

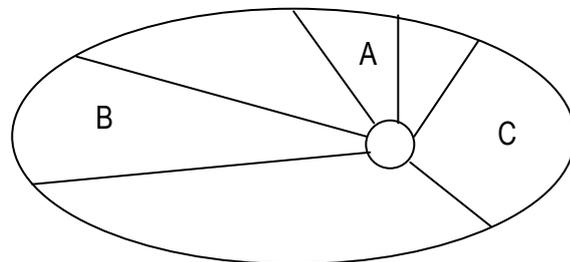
MATA KULIAH : KOSMOGRAFI
WAKTU : 90 MENIT

I. Pilihlah salah satu alternatif jawaban yang paling tepat dengan membubuhkan tanda silang (X) pada lembar jawaban Anda.

1. Adanya satuan jarak dengan ukuran waktu tempuh cahaya banyak membantu para astronom menentukan jarak bintang-bintang. Jika jarak tempuh cahaya adalah 300.000 km/detik maka jarak satu tahun cahaya sekitar....
 - a. 25,92 milyar km
 - b. 259,2 milyar km
 - c. 2,6 milyar km
 - d. 3 milyar km
 - e. 30 milyar km

2. Hukum Kepler I menyatakan bahwa planet-planet beredar mengelilingi matahari menurut lintasan berbentuk ellips dengan matahari berada di salah satu titik apinya. Manakah pernyataan di bawah ini yang merupakan konsekuensi dari Hukum Kepler I....
 - a. Komet Halley bukan planet dan peredarannya tidak pada lintasan ellips sehingga di luar Hukum Kepler I
 - b. Setiap planet beredar lebih cepat pada saat melintasi busur perihelium
 - c. Setiap planet ber-revolusi mengitari matahari dengan kecepatan yang sama
 - d. Matahari secara sistemik selalu berada pada salah satu titik api lintasan ellips planet, tetapi jarak planet tersebut terhadap matahari selalu tetap
 - e. Semakin dekat jarak kedua titik api ellips semakin jauh perbedaan jaraknya antara titik aphelium dan perihelium

3.



Gambar di atas adalah teori dari Hukum Kepler II, manakah pernyataan di bawah ini yang mendekati konsep hukum tersebut....

- a. Luas Bidang A = B ≠ C
- b. Luas Bidang A ≠ B ≠ C
- c. Luas Bidang A = B = C
- d. Luas Bidang A ≠ B ≠ C
- e. Luas Bidang (A + B) ≠ (B + C)

4. Apabila Anda berada di daerah yang letaknya 60° LS, maka
 - a. Pada bulan Desember, panjang malam lebih lama dari panjang siangnya
 - b. Pada tanggal 22 Desember, titik kulminasi atas matahari terletak $36,5^\circ$ sebelah utara zenit Anda
 - c. Pada bulan Juli, panjang malam lebih pendek dari panjang siangnya
 - d. Pada tanggal 21 Maret, daerah tempat Anda sedang musim gugur
 - e. Pada tanggal 23 September, matahari melintas di garis khatulistiwa

5. Beberapa hal yang melukiskan rotasi bumi itu berlangsung adalah, **kecuali**....
 - a. Periode rotasi dalam satu kali putaran lamanya 23 jam 56 menit
 - b. Arah rotasi bumi dari barat ke timur
 - c. Atmosfir bumi turut berotasi bersama bumi
 - d. Kecepatan rotasi pada semua lintang tempat di bumi adalah sama yaitu 1667 km/jam
 - e. Kemiringan sumbu bumi tidak berubah ketika rotasi berlangsung

6. Akibat presesi bumi, pada tahun 1950 sumbu bumi utara menunjuk pada bintang polaris. Tahun berapakah sumbu bumi akan menunjuk pada bintang Vega pada Rasi Libra jika satu kali putaran presesi lamanya 26.000 tahun....
 - a. Tahun 10000
 - b. Tahun 14950
 - c. Tahun 13500
 - d. Tahun 15250
 - e. Tahun 17000

7. Berikut ini adalah akibat rotasi bumi, **kecuali**....
 - a. Terjadinya perbedaan waktu di tempat yang berbeda letak meridiannya
 - b. Di belahan bumi utara angin berbelok ke kanan
 - c. Di belahan bumi selatan angin berbelok ke kiri
 - d. Di belahan bumi selatan angin berbelok ke kanan
 - e. Terjadi peredaran harian semu benda-benda angkasa

8. Bukti yang dapat diamati dari bumi bahwa bumi kita ber-revolusi adalah....
 - a. Adanya pergantian musim
 - b. Terjadinya peristiwa siang dan malam
 - c. Beda lihat (paralaksis) terhadap posisi bintang
 - d. Pembelokan arah angin di wilayah khatulistiwa
 - e. Pergeseran penunjukkan sumbu bumi antara bintang polaris dengan bintang Vega

9. Ketika ber-revolusi, posisi bumi dapat dipastikan letaknya setiap bulan yaitu dengan memanfaatkan....
 - a. Teknologi teropong
 - b. Melihat kedudukan rasi bintang orion
 - c. Memperhatikan kedudukan bintang polaris
 - d. Memperhatikan aspek bulan
 - e. Memperhatikan kemunculan zodiak

10. Pada tanggal-tanggal 28 dan 29 bulan komariah, pada waktu itu phase bulan dalam bentuk
- bulan mati
 - crescent muncul pada petang hari
 - crescent muncul pada dini hari
 - half pada dini hari
 - gibbous
11. Gerhana bulan terjadi saat bulan pada posisi
- transit
 - konjungsi
 - oposisi
 - elongasi barat
 - elongasi timur
12. Gerhana matahari terjadi pada saat....
- bulan baru
 - perempat pertama
 - perempat kedua
 - perempat ketiga
 - bulan purnama
13. Pada aspek bulan manakah fenomena pasang tertinggi di perairan laut terjadi....
- bulan perbani dan purnama
 - bulan sabit dan gibbous
 - bulan baru dan purnama
 - bulan sabit dan purnama
 - bulan kuarter pertama dan kedua
14. Manakah pernyataan di bawah ini yang menunjukkan fase bulan baru....
- aspek bulan pada posisi konjungsi
 - bulan terlihat dalam bentuk sabit
 - bulan sedang berlawanan posisi dengan matahari
 - di bumi sedang terjadi pasang tertinggi
 - tinggi bulan kurang dari 2° dari upuk
15. Jika Anda melihat peristiwa gerhana matahari cincin, kesimpulan apa yang dapat Anda kemukakan....
- Gerhana matahari terjadi pada waktu bulan berkonjungsi tepat pada atau sekunga-kurangnya dekat dengan simpul dan kejadiannya siang hari
 - Bagian permukaan bumi yang dijatui langsung umbra bulan tidak mendapat cahaya matahari
 - Letak bumi dan bulan sedemikian rupa sehingga kerucut bayang-bayang inti bulan lebih pendek daripada jarak bumi-bulan
 - Letak bumi dan bulan sedemikian rupa sehingga kerucut bayang-bayang inti bulan lebih panjang daripada jarak bumi-bulan
 - Bagian permukaan bumi yang dijatui tidak langsung umbra bulan hanya mendapat bayangan penumbra
16. Pada tarikh bulan dilakukan pembulatan panjang tahun biasa, yaitu dengan tidak memperhitungkan waktu di bawah 1 jam. Akibatnya dalam sebulan terbuang waktu....
- 40 menit 33 detik

- b. 42 menit 30 detik
 - c. 44 menit 3 detik
 - d. 45 menit 3 detik
 - e. 46 menit 13 detik
17. Bulan februari tahun 1900 memiliki jumlah hari....
- a. 28 hari karena merupakan tahun biasa
 - b. 29 hari karena merupakan tahun kabisat
 - c. 28 hari karena merupakan tahun abad
 - d. 29 hari karena merupakan tahun abad
 - e. 28 hari karena dapat disebut tahun kabisat bisa juga tahun biasa
18. Propinsi-propinsi berikut termasuk kedalam zone WITA, yaitu....
- a. Maluku Utara dan Sulawesi Utara
 - b. Kalimantan Selatan dan Jawa Tengah
 - c. Jawa Barat dan Kalimantan Tengah
 - d. Kalimantan Tengah dan Bali
 - e. Kalimantan Tengah dan Jawa Timur
19. Penentuan tanggal 1 syawal 1423 H terjadi perbedaan, sebagian menetapkan jatuh pada tanggal 5 Desember 2002 sedangkan yang lain menetapkan jatuh keesokan harinya. Dari perbedaan penetapan tersebut, kesimpulan apakah yang dapat Anda tarik....
- a. Perbedaan adalah rahmat
 - b. Perlu ada kesepakatan dari seluruh komponen organisasi keagamaan yang lebih terkoordinasi
 - c. Perlu ditetapkan besaran (derajat) tinggi bulan di atas upuk pada malam tanggal 1 syawal
 - d. Perlu penggabungan antara pendekatan *hisab* dan *ru'yatul-hilal*
 - e. Perlu koordinasi antar bangsa yang mayoritas penduduknya muslim
20. Lama satu bulan siderik adalah
- a. 31 hari
 - b. 30 hari
 - c. 29 ½ hari
 - d. 27 1/3 hari
 - e. 28 1/3 hari
21. Tarikh Gregorian merupakan perbaikan dari tarikh lama (Yulian) dengan ketentuan sebagai berikut, **kecuali**....
- a. satu tahun biasa lamanya 365 hari
 - b. satu tahun kabisat lamanya 366 hari
 - c. penambahan satu hari pada tahun kabisat
 - d. tahun kabisat adalah tahun yang angkanya habis dibagi empat
 - e. tahun kabisat termasuk semua tahun abad
22. Besar busur tinggi bintang pada tata koordinat horizon adalah antara....
- a. 0° sampai dengan 180°
 - b. 0° sampai dengan 270°
 - c. 0° sampai dengan 360°

- d. 0° sampai dengan 90°
 e. 90° sampai dengan 180°
23. Ordinat-ordinat pada tata koordinat ekliptika terdiri atas....
- azimut dan tinggi bintang
 - lingkaran deklinasi dan *ascensio recta*
 - titik aries dan deklinasi
 - azimut dan waktu bintang
 - bujur dan lintang astronomik
24. Diketahui titik aries pada tata koordinat ekuator terletak antara titik B dan Q. Aries pada posisi tersebut diperkirakan pada pukul berapa waktu bintang....
- pukul 6 waktu bintang
 - pukul 9 waktu bintang
 - pukul 12 waktu bintang
 - pukul 15 waktu bintang
 - pukul 18 waktu bintang
25. Bayangkan gambar bola langit pada soal 28, jika diketahui deklinasi bintang negatif. Di negara manakah yang paling memungkinkan bintang P dapat dilihat pada zenit....
- Australia
 - Indonesia
 - Filipina
 - Jepang
 - Kanada
26. Bintang polaris dilihat dari khatulistiwa secara teoritis terletak pada ketinggian....
- 0°
 - 10°
 - 30°
 - 60°
 - 90°
27. Letak lintang tempat tinjauan bintang (β atau beta) = 45° LU. Pada deklinasi berapakah suatu bintang dapat dikatakan bintang sirkumpolar....
- 10°
 - 25°
 - 35°
 - 45°
 - -25°
28. Manakah pernyataan di bawah ini yang benar sehubungan dengan pergantian musim di belahan bumi utara dan di belahan bumi selatan....
- pergantian musim terjadi akibat posisi bumi pada titik aphelium dan perihelium
 - perpindahan posisi ketika bumi ber-revolusi
 - Kedudukan sumbu bumi yang miring $66,5^\circ$ terhadap ekliptika
 - Kemiringan sumbu bumi yang tetap terhadap ekliptika ketika ber-revolusi
 - Lintasan revolusi bumi yang berbentuk ellips
29. Matahari terkesan beredar sepanjang zodiak, hal ini terjadi sebagai akibat....
- revolusi matahari mengelilingi pusat galaksi
 - revolusi bumi mengelilingi matahari
 - rotasi bumi pada porosnya

- d. bumi bersama matahari menjelajah sepanjang zodiak
 - e. perjanjian para ahli astronomi tentang zodiak yang berjumlahnya sama dengan jumlah bulan dalam satu tahun
30. Diketahui letak kota pengamatan bintang 20° LU, deklinasi bintang X sebesar 20° . Kira-kira berapakah titik kulminasi atas bintang X:
- a. 90°
 - b. 45°
 - c. 30°
 - d. 40°
 - e. 20°

II. Kerjakanlah soal berikut dengan rapih, benar, dan memiliki keindahan gambar!

1. lukislah bola langit dan tunjukkan letak bintang P pada azimut 225° dengan ketinggian 60°
2. lukislah bola langit dengan letak kota tinjauan 30° LS dan tentukan letak dan lintasan bintang R jika diketahui pada saat mengamati bintang tersebut tercatat:
 - a. waktu bintang jam 21 wb
 - b. asensioirecta 90° dan deklinasi bintang -25°
3. lukislah bola langit dengan letak lintang $66,5^\circ$ LU dengan waktu 6 waktu bintang. Tentukan bintang X pada busur astronomik 135° dan lintang astronomis 45°