2. Baca sepintas bagian demi bagian dan temukan kata-kata kunci dari kata-kata yang dianggap baru. Carilah dan baca pengertian kata-kata kunci tersebut dalam kamus yang Anda miliki
3. Tangkaplah pengertian demi pengertian melalui pemahaman sendiri dan tukar pikiran dengan mahasiswa lain atau dengan tutor Anda
4. Untuk memperluas wawasan, baca dan pelajari sumber-sumber lain yang relevan. Anda dapat menemukan bacaan dari berbagai sumber, termasuk dari internet
5. Mantapkan pemahaman Anda dengan mengerjakan latihan dan melalui kegiatan diskusi dalam kegiatan tutorial dengan mahasiswa lainnya atau teman sejawat
6. Jangan dilewatkan untuk mencoba menjawab soal-soal yang dituliskan pada setiap akhir kegiatan belajar. Hal ini berguna untuk mengetahui apakah Anda sudah memahami dengan benar kandungan bahan belajar ini.

Selamat belajar!

Kegiatan Belajar 1
Aktivitas dan Radiasi Matahari

PENGANTAR

Setelah kita mengetahui struktur dan karakteristik Matahari, selanjutnya kita perlu mengetahui aktivitas-aktivitas dan proses-proses yang terjadi di Matahari dan apa saja produk yang dihasilkan dari aktivitas-aktivitas tersebut. Matahari meradiasikan produk-produk aktivitasnya ke ruang angkasa dan mencapai planet-planet. Proses apa yang terjadi di bagian inti matahari? Di bagian inti matahari terjadi proses-proses reaksi inti (nuklir) berupa reaksi fusi (penggabungan inti) inti hidrogen menjadi inti helium, disertai pelepasan energi yang sangat besar. Energi ini dihantarkan ke ruang angkasa dalam bentuk radiasi elektromagnetik yang memiliki kecepatan sangat tinggi yaitu 3×10^8 m/s dan dapat melewati ruang hampa. Energi Matahari adalah merupakan sumber energi utama untuk proses-proses yang terjadi di Bumi. Energi matahari sangat membantu berbagai proses fisis dan biologis di Bumi. Intensitas radiasi Matahari yang diterima Bumi (intensitas insolasi) bergantung pada lintang atau letak suatu tempat di permukaan Bumi. Intensitas insolasi di suatu tempat bergantung terutama pada dua faktor, yaitu sudut jatuh sinar Matahari dan lamanya radiasi.

Aktivitas apa yang terjadi di bagian permukaan Matahari? Di permukaan Matahari juga terjadi berbagai bentuk aktivitas, yaitu granula atau gumpalan Matahari, Bintik Matahari dan lidah api Matahari. Aktivitas Matahari selama terbentuknya suatu bintik Matahari maupun terbentuknya lidah api Matahari selalu disertai dengan pancaran partikel-partikel bermuatan listrik seperti proton-proton dan elektron-elektron yang melewati korona ke arah ruang angkasa dan dapat mencapai planet-planet. Pancaran partikel bermuatan ini disebut sebagai angin Matahari (*solar wind*). Interaksi angin Matahari dengan Bumi dapat mempengaruhi proses-proses di atmosfer Bumi.

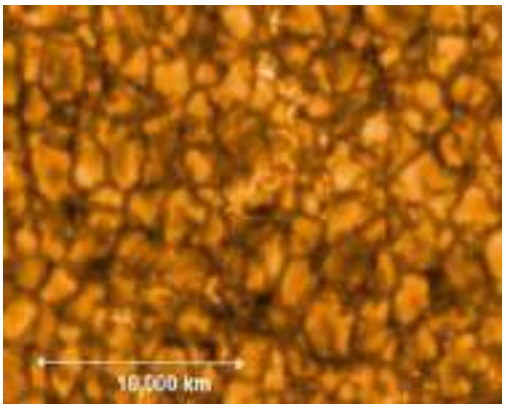
A. Aktivitas Matahari

Pada awalnya fotosfer (lapisan cahaya) dianggap sebagai sebuah bola cahaya yang seragam dan sempurna. Akan tetapi pengamatan menunjukkan bahwa pada fotosfer terdeteksi ada berbagai noda. Noda-noda ini muncul akibat adanya aktivitas di lapisan cahaya ini. Aktivitas atau kegiatan di permukaan Matahari digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu; gumpalan Matahari (*granula*), bintik Matahari atau noda hitam (*sunspot*), dan lidah api Matahari (*prominensa atau protuberans*) (Kanginan, 1999).

Gumpalan Matahari (granula)

Apa yang disebut gumpalan Matahari dan bagaimana gumpalan ini dapat terjadi? Fotosfer bila diamati melalui sebuah teleskop yang dilengkapi dengan filter akan tampak adanya bentuk gumpalan-gumpalan. Gumpalan-gumpalan ini merupakan bintik-bintik panas

(*hot spots*) yang terjadi akibat adanya perbedaan suhu yang sangat tinggi antara daerah panas dan daerah dingin pada fotosfer. Suhu gumpalan diperkirakan sekitar 100 kali lebih tinggi dibanding permukaan sekitarnya. Setiap gumpalan dapat memiliki garis tengah yang berukuran ratusan kilometer dan dapat bertahan hanya beberapa menit saja. Gambar 8.1 melukiskan granula atau gumpalan Matahari (Kanginan, 1999).

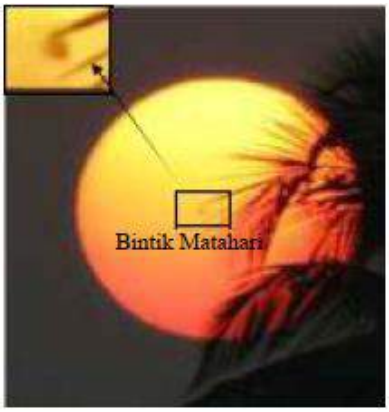


Gambar 8.1. Gumpalan Matahari (Granula)
(http://en.wikipedia.org)

Bintik Matahari

Apa yang disebut bintik Matahari dan bagaimana bisa terbentuk? Bintik Matahari atau noda Matahari (*sunspot*) adalah daerah gelap pada fotosfer yang muncul akibat suhunya lebih rendah dari suhu daerah di sekitarnya. Sebuah bintik Matahari suhunya berkisar antara 4000 K sampai 5000 K. Bintik Matahari ditimbulkan oleh perubahan medan magnetik di Matahari. Bintik Matahari bisa tunggal atau berkelompok. Bintik ini tampak bergerak melintasi fotosfer akibat adanya rotasi Matahari pada sumbunya. Ukuran diameter bintik Matahari bervariasi, bintik yang besar dapat memiliki ukuran antara 200.000 – 300.000 km, sedangkan bintik yang kecil atau disebut pori-pori ukurannya kurang dari 3000 km. Sebuah pori-pori dapat bertahan dalam selang waktu dibawah satu jam, sedangkan bintik yang besar mampu bertahan hingga 250 hari. Gambar 9.2 menunjukkan Bintik matahari.

Kapan keberadaan bintik Matahari mulai terdeteksi? Keberadaan bintik Matahari baru disadari pada tahun 1613, ketika Galileo melakukan pengamatan dan menyimpulkan bahwa bintik Matahari berlokasi di permukaan Matahari dan dibawa mengitari Matahari oleh gerak rotasinya. Pergerakan bintik itulah yang kemudian digunakan untuk menentukan periode rotasi Matahari, yang kemudian menunjukkan bahwa periode rotasi Matahari adalah kira-kira 25 hari terhadap ekuatornya.



Gambar 8.2. Bintik Matahari
(http://en.wikipedia.org)

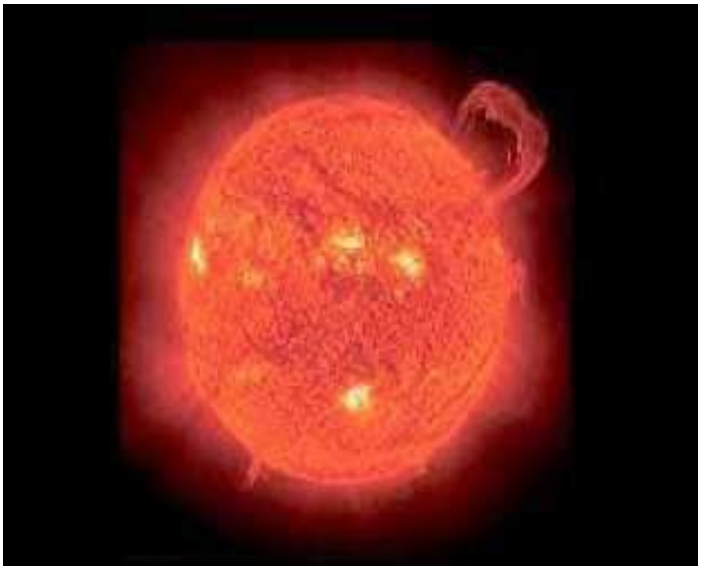
Para ahli memperkirakan bahwa bintik Matahari mencapai jumlah maksimum dalam kurun waktu setiap 11 tahun sebelum akhirnya jumlahnya menurun kembali. Jadi frekuensi bintik Matahari mengikuti suatu siklus dengan periode rata-rata 11 tahun. Suatu teori bintik Matahari modern yang dibangun berdasarkan penemuan baru tentang medan magnetik di Matahari menyatakan bahwa suatu zat cair yang panas dan bermuatan listrik, seperti gas Matahari, dapat menghasilkan sifat kemagnetan. Pada saat gas bergerak, garis-garis medan magnetik mengikutinya. Gerakan gas Matahari yang teratur yang diikuti oleh medan magnetiknya itulah yang kemungkinan besar menimbulkan siklus bintik Matahari (Kanginan, 1999).

Lidah api Matahari

Bagaimana lidah api Matahari dapat terbentuk? Lidah api Matahari (*prominensa atau protuberans*) muncul akibat gangguan pada permukaan Matahari. Prominensa terjadi pada bagian tepi kromosfer. Prominensa merupakan gas panas yang tersembur dengan dahsyat dari permukaan Matahari. Semburan tersebut menyerupai lidah api besar berwarna kemerahan dan memiliki bentuk yang bervariasi. Prominensa dapat berbentuk seperti pita, simpal (*loop*), spiral, gunung, atau tabir. Prominensa dapat memanjang ke luar dari permukaan Matahari sejauh ribuan mil dan dapat mencapai ketinggian sampai satu juta mil, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.3. Kapan Prominensa dapat diamati? Prominensa dapat diamati pada saat terjadi gerhana Matahari total.

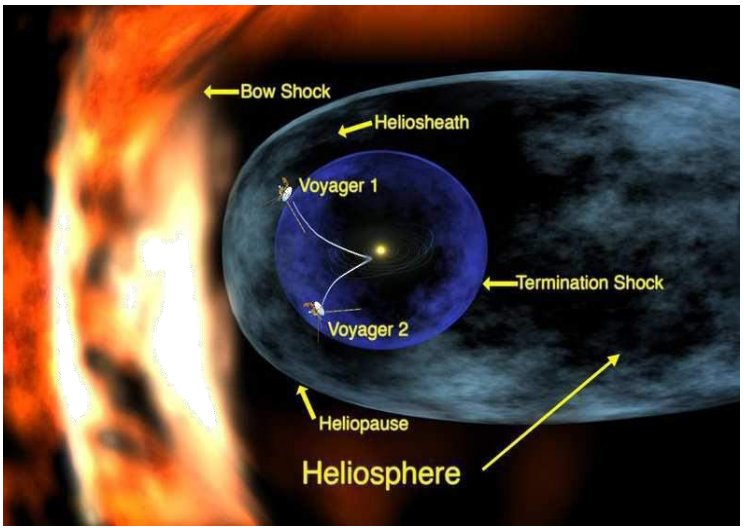
Aktivitas Matahari selama terbentuknya suatu bintik Matahari maupun terbentuknya lidah api Matahari selalu disertai dengan pancaran partikel-partikel bermuatan listrik seperti proton-proton dan elektron-elektron yang melewati korona ke arah planet-planet. Pancaran partikel bermuatan ini disebut sebagai angin Matahari (*solar wind*). Jika dibandingkan dengan atmosfer Bumi yang mengandung sekitar 10^{19} partikel/cm^3, konsentrasi partikel pada angin Matahari sangat kecil, yaitu hanya mengandung sekitar 5 partikel/cm^3. Meskipun

demikian kecepatan gerak partikel-partikel tersebut amatlah tinggi sehingga memiliki energi yang sangat tinggi pula (Kanginan, 1999).



Gambar 8.3 Lidah Api Matahari (Prominensa)
(http://en.wikipedia.org)

Apakah keberadaan angin Matahari dapat mempengaruhi atmosfer Bumi? Meskipun kerapatan massa angin Matahari sangat rendah, angin Matahari dapat mempengaruhi bumi dalam beberapa hal. Pengaruh ini muncul ketika terjadi interaksi antara partikel-partikel bermuatan listrik dari angin Matahari dengan medan magnetik Bumi. Seperti telah diketahui bahwa ketika partikel bermuatan listrik melintasi daerah medan magnet dengan arah gerak membentuk sudut dengan arah medan magnet, maka partikel tersebut akan dibelokkan (disimpangkan). Selain itu akibat adanya interaksi partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnet Bumi, maka akan dihasilkan suatu arus listrik induksi. Ketika proton-proton dan elektron-elektron berkecepatan tinggi dari angin Matahari melintasi medan magnet Bumi, kebanyakan dari partikel tersebut dibelokkan untuk seterusnya bergerak mengitari Bumi, meninggalkan suatu daerah yang menyerupai komet di sekitar Bumi, yang biasa disebut *Magnetosphere* (Gambar 9.4). Dengan demikian, medan magnet Bumi bertindak sebagai suatu perisai pelindung untuk menjaga agar sebagian besar partikel-partikel berenergi tinggi tidak mencapai permukaan Bumi.



Gambar 8.4. Bumi dan *Magnetospherenya*
(http://en.wikipedia.org)

Apakah efek dari adanya pergerakan partikel-partikel bermuatan listrik mengelilingi Bumi? Sebagai efek dari pergerakan partikel-partikel bermuatan listrik mengelilingi Bumi akan timbul arus listrik di sekitar Bumi. Melalui serangkaian proses interaksi yang cukup kompleks, beberapa diantara partikel bermuatan tersebut mampu menembus ke dalam *Magnetosphere*. Beberapa partikel yang menembus *magnetosphere* tersebut berkumpul dalam beberapa zona di sekitar Bumi. Arus listrik yang dibangkitkan akan memberikan energi untuk mempercepat beberapa partikel ini untuk kembali menuju Bumi dengan arah gerak sejajar dengan garis-garis gaya magnetik Bumi yang mengarah dari kutub utara magnetik ke kutub selatan. Partikel-partikel ini kemudian menabrak atmosfer Bumi bagian atas, mengionisasi beberapa atom dam molekul yang berada di atmosfer dan mengeksitasi atom-atom dan molekul-molekul lainnya ke tingkat energi yang lebih tinggi (keadaan eksitasi). Ketika atom-atom ini kembali ke keadaan dasarnya, maka atom-atom dan molekul-molekul ini akan membebaskan energi radiasi berupa energi cahaya (foton) dengan panjang gelombang tertentu. Gelombang-gelombang cahaya tampak yang diradiasikan akan membentuk **aurora** yang dapat dilihat dari tempat-tempat yang memiliki lintang tinggi di Bumi seperti di kutub utara atau kutub selatan Bumi. Aurora yang terlihat dari kutub utara dinamai *aurora Borealis* (Gambar 8.5) atau cahaya utara yang indah, sedangkan yang terlihat dari kutub selatan dinamai *aurora Australis* (Gambar 9.6) (Kanginan, 1999).

Gambar 8.5. Aurora Borealis
(http://en.wikipedia.org)

Gambar 8.6. Aurora Australis
(http://en.wikipedia.org)

B. Energi Matahari

Bagaimana proses terbentuknya energi Matahari yang diradiasikan ke ruang angkasa dalam bentuk gelombang elektromagnetik? Energi yang diradiasikan oleh Matahari ke ruang angkasa terbentuk pada bagian inti Matahari. Energi ini terbentuk bukan merupakan hasil pembakaran, karena proses pembakaran selalu melibatkan reaksi antara oksigen dan bahan kimia lain untuk membentuk senyawa. Akan tetapi suhu di bagian inti Matahari sangatlah tinggi dan tidak memungkinkan untuk terbentuknya senyawa di sana. Selain itu energi yang dihasilkan dari proses pembakaran biasanya sangat kecil, sehingga tidak cocok dengan kenyataan bahwa energi Matahari yang diradiasikan amatlah besar.

Para ahli telah bersepakat bahwa energi yang terbentuk pada inti Matahari dihasilkan dari suatu proses reaksi inti (*nuklir*) yang biasa disebut reaksi fusi (reaksi penggabungan) inti-inti hidrogen membentuk inti helium. Reaksi fusi nuklir ini diperkirakan meliputi tiga tahapan yang disebut rantai proton-proton, yang dapat dituliskan dalam bentuk persamaan reaksi seperti berikut: (Tjasyono, 2003; Kanginan, 1999)

$$_1^1H + {}_1^1H \rightarrow {}_1^2H + {}_1^0e + \nu + 0{,}42\ MeV \quad \textbf{(perlahan-lahan)} \quad \textbf{(8.1.a)}$$

$$_1^2H + {}_1^1H \rightarrow {}_2^3He + \gamma + 5{,}49\ MeV \quad \textbf{(cepat)} \quad \textbf{(8.1.b)}$$

$$_2^3He + {}_2^3He \rightarrow {}_2^4He + 2\ {}_1^1H + 12{,}86\ MeV \quad \textbf{(cepat)} \quad \textbf{(8.1.c)}$$

Di sini $^1_1 H$ adalah inti hidrogen (proton), $^4_2 He$ adalah inti helium, $_1^0e$ adalah positron (elektron bermuatan positif).

Jika persamaan reaksi (9.1.a) dan (9.1.b) dikalikan dengan dua dan hasilnya dijumlahkan dengan persamaan reaksi (9.1.c), maka akan didapatkan reaksi akhir yang dapat dituliskan dalam persamaan reaksi berikut:

$$_1^1H + {}_1^1H + {}_1^1H + {}_1^1H \rightarrow {}_2^4He + 2({}_1^0e) + 2\,\nu + 2\,\gamma + 26{,}7\ MeV$$

atau

$$4\ {}_1^1H \rightarrow {}_2^4He + 2({}_1^0e) + 2\,\nu + 2\,\gamma + 26{,}7\ MeV \quad \textbf{(8.2)}$$

dari reaksi inti (8.2), ternyata massa $^4_2 He$ lebih kecil dari massa $4\ ^1_1 H$, jadi terdapat massa yang hilang. Sesuai dengan teori relativitas Einstein, massa tersebut tidak hilang begitu saja, melainkan diubah menjadi bentuk energi, menurut persamaan kesetaraan massa dan energi berikut ini;

$$\mathbf{E = mc^2} \quad \textbf{(8.3)}$$

dimana E adalah energi yang dihasilkan, m adalah massa yang hilang, dan c adalah kecepatan rambat cahaya yang nilainya 3×10^8 m/s.

Setiap detik pada inti Matahari 630 juta ton hidrogen ($^1_1 H$) diubah menjadi 625,4 juta ton helium $^4_2 He$ dengan membebaskan energi yang setara dengan 4,6 juta ton. Dengan berkurangnya massa matahari sebesar 4,6 juta ton/sekon maka diprediksi Matahari masih dapat memancarkan energi sekitar 5 miliar tahun lagi.

Berapakah intensitas energi Matahari yang diradiasikan? Setiap menit Matahari meradiasikan energi sebesar 56×10^{26} kalori. Energi Matahari persatuan luas yang jatuh pada permukaan bersimetri bola yang memotong Bumi dengan Matahari terletak di pusatnya, dan jari-jari bola 150 juta kilometer (jarak rata-rata Bumi Matahari), dapat dihitung seperti berikut: (Tjasyono, 2003: Tjasyono, 2006)

$$\mathbf{s} = \frac{\mathbf{Erad}}{\mathbf{4\pi R^2}} \quad \textbf{(8.4)}$$

$$s = \frac{56x10^{26} kal.menit^{-1}}{4\pi \times (15x10^{12}\text{cm})^2}$$

$$s \approx 2{,}0 kal.cm^{-2} menit^{-1}$$

$s \approx 2{,}0 langley/menit$
S disebut juga konstanta Matahari

Dengan demikian energi radiasi Matahari yang diterima Bumi yang berjari-jari 6370 km dapat dihitung seperti berikut:

$$\mathbf{E_b = \pi r^2 S} \quad \textbf{(8.5)}$$

$= 3{,}14 \times (637 \times 10^6\ cm)^2\ 2\ kal.cm^{-2}\ .menit^{-1}$
$= 2{,}55 \times 10^{18}\ kal.menit^{-1}$
$= 3{,}67 \times 10^{21}\ kal.hari^{-1}$

Energi sebesar ini cukup untuk menciptakan 100 juta badai guruh (petir) atau 100 miliar tornado.

Energi Matahari adalah merupakan sumber energi utama untuk proses-proses yang terjadi di Bumi. Energi matahari sangat membantu berbagai proses fisis dan biologis di Bumi, seperti:

1. sumber gerak atmosfer dan laut
2. sumber bahan makanan (proses fotosintesis)
3. sumber bahan bakar dan air melalui formasi awan hujan
4. pengendali iklim bumi.

Tabel 8.1 menunjukkan berbagai sumber energi bagi Bumi. Sumber energi dari Bulan, Kilat, Bintang, dan sinar Kosmik sangat kecil dibanding dengan energi matahari, sehingga keberadaannya dapat diabaikan. Rentang panjang gelombang elektromagnetik apa saja yang diradiasikan Matahari ke ruang angkasa? Matahari memancarkan energi hampir pada semua rentang panjang gelombang elektromagnetik, mulai gelombang yang memiliki panjang gelombang panjang seperti gelombang radio dan inframerah, hingga gelombang yang memiliki panjang gelombang pendek seperti gelombang mikro, ultraviolet, sinar-X, dan sinar Gamma. Manusia di Bumi hanya dapat melihat radiasi gelombang dengan panjang gelombang pada cahaya tampak (*visible*).

Tabel 8.1. Sumber Energi bagi Bumi dan Proporsinya (Tjasyono, 2003)

Sumber	Energi	
	Erg/s	Relatif terhadap matahari
Matahari	$1{,}76 \times 10^{24}$	1
Bulan	$3{,}09 \times 10^{19}$	$1{,}76 \times 10^{-5}$
Kilat	$1{,}60 \times 10^{19}$	$9{,}09 \times 10^{-6}$
Bintang	$2{,}61 \times 10^{17}$	$1{,}48 \times 10^{-7}$
Sinar Kosmik	$1{,}63 \times 10^{17}$	$9{,}26 \times 10^{-8}$

Radiasi Matahari yang kuat seperti sinar ultraviolet, sinar-X, dan sinar Gamma yang menuju Bumi akan diserap oleh molekul-molekul gas nitrogen dan gas oksigen yang terdapat dalam atmosfer Bumi bagian atas. Penyerapan ini menyebabkan molekul-molekul

gas mengalami proses ionisasi, yaitu proses lepasnya sebagian elektron pada molekul-molekul gas sehingga terbentuk ion-ion positif. Dari proses ini maka pada lapisan atmosfer bagian atas akan terbentuk lapisan-lapisan yang mengandung muatan listrik positif. Lapisan atmosfer ini oleh para ahli dinamai *ionosfer* (lapisan ion). Dengan demikian lapisan ionosfer ini melindungi Bumi dari radiasi Matahari yang berbahaya seperti radiasi ultraviolet. Ionosfer juga sangat bermanfaat untuk proses komunikasi dengan jangkauan jauh di permukaan Bumi. Hal ini dimungkinkan karena informasi yang dibawa oleh gelombang radio medium dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer kembali ke Bumi, dan tidak diteruskan ke ruang angkasa.

Kapan pancaran partikel-partikel bermuatan listrik dari Matahari intensitasnya akan meningkat? Pancaran partikel-partikel bermuatan listrik dari Matahari kuantitasnya akan sangat meningkat ketika jumlah bintik matahari mencapai maksimum. Hujan partikel bermuatan ini menghasilkan induksi magnetik yang sangat kuat, kira-kira ribuan kali induksi magnetik permukaan Bumi. Keadaan ini dapat menyebabkan sabuk radiasi Van Allen sangat radiatif, dan akibatnya komunikasi dengan gelombang radio di bumi akan terganggu, kadang-kadang terputus-putus. Kondisi ini terjadi akibat terganggunya lapisan ionosfer oleh pancaran partikel bermuatan yang sangat kuat. Gejala semacam ini dikenal dengan istilah badai magnetik yang sangat mengganggu proses komunikasi radio.

C. Radiasi Elektromagnetik

Bagaimana radiasi Matahari dapat sampai di permukaan Bumi? Radiasi adalah suatu proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang tanpa memerlukan zat perantara. Energi Matahari bisa sampai ke permukaan Bumi adalah dengan cara radiasi (pancaran), karena diantara Bumi dan Matahari terdapat ruang hampa (tidak ada zat perantara). Sedangkan gelombang elektromagnetik adalah suatu bentuk gelombang yang dirambatkan dalam bentuk komponen medan listrik dan medan magnet, sehingga dapat merambat dengan kecepatan yang sangat tinggi dan tanpa memerlukan zat atau medium perantara.

Berapa laju penjalaran gelombang elektromagnetik? Energi Matahari yang jatuh ke permukaan Bumi berbentuk gelombang elektromagnetik yang menjalar dengan kecepatan cahaya sebesar 3 x 10^8 m/s. Jika Matahari dianggap sebagai benda hitam (Benda hipotesis yang dapat memancarkan dan menyerap energi radiasi secara sempurna). Benda ini memiliki nilai emisivitas sama dengan 1, maka temperatur radiasi efektifnya dapat diperkirakan dari hukum Stefan Boltzman. Hukum ini menyatakan bahwa fluks radiasi sebuah benda hitam berbanding lurus dengan pangkat empat temperatur mutlaknya, yakni: (Tjasyono, 2003)

$$\mathbf{F = \sigma T^4} \quad \textbf{..... (8.6)}$$

dimana F adalah fluks radiasi Matahari, T adalah temperatur mutlak, σ adalah tetapan Stefan-Boltzman yang nilainya 8,14 x 10^{-11} ly.menit^{-1}.K^{-4} (1 ly = 1 langley = 1 kalori/cm^2).

Berapa kuantitas energi yang dipancarkan Matahari per satuan waktu? Tiap menit Matahari meradiasikan energi sebesar 56 x 10^{26} kalori, sedangkan luas permukaan Matahari adalah 6,093 x 10^{22} cm^2, maka fluks radiasi Matahari dapat dihitung seperti berikut:

$$F = \frac{56 \times 10^{26} \text{kalori/menit}}{6{,}093 \times 10^{22} \text{cm}^2}$$

$$F = 9{,}2 \times 10^{4} \text{ly/menit}$$

Dengan demikian temperatur radiasi efektif Matahari dapat diperkirakan sebesar;

$$T = \sqrt[4]{\frac{F}{\sigma}}$$

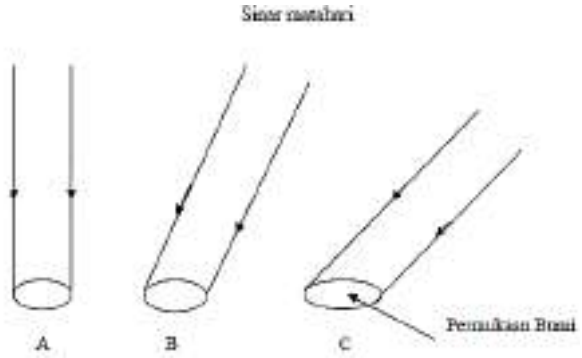
$$T = \sqrt[4]{\frac{9{,}2 \times 10^{4} \text{ ly / menit}}{8{,}14 \times 10^{-11} \text{ ly / menit.K}^4}}$$

$$T \approx 5800\text{K}$$

D. Intensitas Insolasi

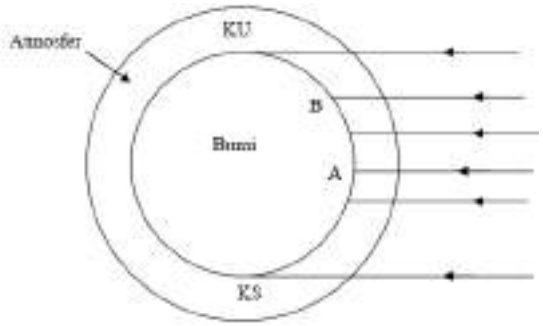
Insolasi yang berasal dari bahasa Inggris Insolation, adalah singkatan dari Incoming Solar Radiation yang berarti radiasi Matahari yang diterima Bumi. Faktor yang mempengaruhi intensitas insolasi adalah lintang atau letak suatu tempat di permukaan Bumi. Jika efek penyerapan, pemantulan dan hamburan oleh lapisan atmosfer Bumi dapat diabaikan, maka intensitas insolasi bergantung terutama pada dua faktor, yaitu sudut jatuh sinar Matahari dan lamanya radiasi Matahari (Tjasyono, 2006).

Perhatikan Gambar 8.7, sudut jatuh sinar Matahari di A lebih besar dari sudut jatuh sinar Matahari di B dan di C. Perbedaan sudut jatuh ini mengakibatkan luas bidang yang tersinari di A, B, C menjadi berbeda. Luas bidang yang disinari di A lebih kecil dari luas bidang yang disinari di B dan di C. Karena intensitas adalah rasio antara fluks sinar matahari datang dengan luas bidang yang disinarinya, maka intensitas insolasi di A lebih besar dari intensitas insolasi di B dan di C. Intesitas insolasi di A adalah terbesar karena luas bidang yang disinarinya paling kecil, sebaliknya intensitas insolasi di C paling kecil, karena luas bidang yang disinarinya paling besar.



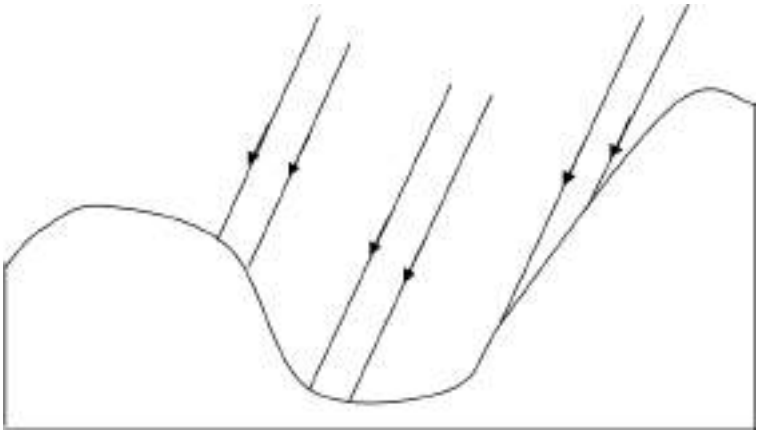
Gambar 8.7. Sudut Jatuh Sinar Matahari (Inklinasi) dan Intensitas Insolasi

Bertambahnya lintang suatu tempat di permukaan Bumi menyebabkan sudut jatuh sinar matahari dan intensitas insolasi menjadi berkurang. Pada Gambar 9.8 dapat dilihat bahwa sinar matahari yang jatuh di A lebih tegak dari pada sinar matahari yang jatuh di B, sehingga energi Matahari yang diterima di permukaan A lebih besar dari energi Matahari yang diterima di permukaan Bumi B. Hal ini dikarenakan pada permukaan A energi disebarkan pada area yang lebih sempit dibanding pada permukaan B.



Gambar 8.8. Lintang Tempat di Bumi dan Intensitas Insolasi

Bentuk permukaan Bumi yang tidak rata juga mempengaruhi intensitas insolasi. Di lereng pegunungan dan di lembah, intensitas insolasinya berbeda, karena sudut jatuh sinar Mataharinya berbeda, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.9.



Gambar 8.9. Bentuk Permukaan Bumi dan Intensitas Insolasi

Sebagai akibat dari pergerakan Bumi mengelilingi Matahari, maka sudut elevasi matahari terhadap suatu tempat di permukaan Bumi setiap saat akan berubah. Semakin tinggi elevasi Matahari, maka intensitas insolasi di tempat tersebut akan semakin tinggi. Terdapat tiga alasan mengapa tingginya elevasi matahari dapat menyebabkan intensitas

insolasi menjadi lebih kuat dibandingkan dengan elevasi Matahari yang rendah (Tjasyono, 2006)

1. Ketika elevasi matahari tinggi, maka sinar matahari jatuh secara tegak lurus terhadap Bumi. Dengan sinar yang jatuh secara tegak maka luas bidang yang tersinari akan lebih sempit dari pada ketika sinar jatuh secara miring. Karena intensitas insolasi berbanding terbalik dengan luas bidang yang tersinari, maka efeknya intensitas insolasi akan lebih kuat ketika elevasi matahari tinggi.
2. Dengan posisi Matahari yang tinggi, maka sinar matahari akan melewati atmosfer Bumi yang lebih tipis dibanding ketika matahari berada pada posisi rendah. Akibatnya atenuasi gelombang radiasi akan lebih kecil (efek hamburan oleh partikel-partikel debu atmosferik akan lebih kecil). Efek ini secara nyata dapat kita rasakan, ketika matahari di posisi rendah, maka kita tidak merasa silau ketika melihat matahari dengan mata telanjang, tetapi ketika matahari berada pada posisi yang tinggi, maka kita tidak akan tahan melihat matahari dengan mata telanjang, karena sangat silau. Keadaan ini terjadi akibat proporsi radiasi gelombang pendek difus berbeda dengan proporsi radiasi gelombang pendek langsung. Radiasi gelombang pendek difus adalah radiasi matahari yang mengalami hamburan, sedangkan radiasi gelombang pendek langsung adalah radiasi matahari yang mengalami penyerapan, hamburan atau pemantulan. Efek hamburan gelombang pendek dapat kita amati dari munculnya warna kemerah-merahan ketika matahari terbit atau terbenam (warna merah memiliki panjang gelombang panjang yang tidak dihambur)
3. Efek yang terkait erat dengan elevasi matahari adalah albedo, yaitu persentase insolasi yang dipantulkan oleh permukaan Bumi. Albedo dikendalikan oleh sifat fisis permukaan Bumi, terutama warnanya. Dalam kondisi yang sama, albedo akan berkurang ketika elevasi matahari bertambah tinggi. Efek pantulan ini akan lebih kuat terjadi pada permukaan perairan.

LATIHAN

Petunjuk: Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan cermat.

1. Jika setiap detik pada inti Matahari terjadi reaksi fusi yang mengubah 630 juta ton hidrogen ($^{1}_{1}H$) menjadi 650 juta ton helium $^{4}_{2}He$, maka hitunglah energi yang dibebaskan Matahari setiap detiknya!
2. Jika setiap menit Matahari meradiasikan energi sebesar 56×10^{26} kalori, Hitunglah energi radiasi Matahari yang diterima Mars yang berjari-jari 3.390.000 km dan berjarak 1,52 SA dari Matahari.

RANGKUMAN

Aktivitas atau kegiatan di permukaan Matahari digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu; gumpalan Matahari (*granula*), bintik Matahari atau noda hitam (*sunspot*), dan lidah api Matahari (*prominensa atau protuberans*). Pergerakan bintik Matahari telah digunakan untuk

menentukan periode rotasi Matahari. Aktivitas Matahari selama terbentuknya suatu bintik Matahari maupun terbentuknya lidah api Matahari selalu disertai dengan pancaran partikel-partikel bermuatan listrik seperti proton-proton dan elektron-elektron yang melewati korona ke arah planet-planet. Pancaran partikel bermuatan ini disebut sebagai angin Matahari.

Energi yang terbentuk pada inti Matahari dihasilkan dari suatu proses reaksi inti (nuklir) yang biasa disebut reaksi fusi dan dipanbarkan ke ruang angkasa secara radiasi. Setiap menit Matahari meradiasikan energi sebesar 56 x 10^{26} kalori dan energi radiasi Matahari yang diterima Bumi yang berjari-jari 6370 km adalah sebesar 3,67 x 10^{21} kal/hari. Energi Matahari yang jatuh ke permukaan Bumi berbentuk gelombang elektromagnetik yang menjalar dengan kecepatan cahaya sebesar 3 x 10^{8} m/s. Jika Matahari dianggap sebagai benda hitam maka temperatur radiasi efektifnya dapat diperkirakan dari hukum Stefan Boltzman sebesar 5800 K.

Radiasi Matahari yang diterima Bumi dikenal istilah Insolasi. Intensitas insolasi bergantung terutama pada dua faktor, yaitu sudut jatuh sinar Matahari dan lamanya radiasi Matahari.

Kegiatan Belajar 2

Karakteristik Radiasi dan Efek Atmosfer Terhadap Radiasi Matahari

PENGANTAR

Apakah syarat suatu benda dapat memancarkan energi radiasi? Setiap benda yang temperturnya tidak nol Kelvin, dapat memancarkan energi radiasi. Radiasi dipancarkan dalam bentuk foton-foton atau paket-paket energi yang mempunyai sifat mirip dengan partikel dan gelombang (Dualisme partikel-gelombang). Panjang gelombang secara unik terkait dengan energi foton, sehingga memungkinkan untuk dapat menghitung fluks energi foton pada panjang gelombang tertentu. Semakin tinggi suhu benda, maka energi yang diradiasikan semakin tinggi yang ditandai dengan semakin pendeknya panjang gelombang radiasi. Karena suhu mutlak matahari lebih tinggi dari suhu mutlak Bumi, maka radiasi yang dipancarkan Matahari memiliki panjang gelombang yang lebih pendek daripada radiasi yang dipancarkan Bumi. Hampir 99 persen radiasi Matahari diisi oleh panjang gelombang pendek dari 0,15 sampai 4,0 μm. Dari jumlah ini, 9 persennya adalah gelombang ultraviolet, 45 persennya adalah gelombang cahaya tampak (merah-violet), dan 46 persennya adalah gelombang inframerah.

Apakah semua radiasi Matahari dapat mencapai permukaan Bumi? Tidak semua radiasi Matahari dapat mencapai permukaan Bumi, akibat adanya hamburan yang mengembalikan radiasi tersebut ke ruang angkasa oleh partikel-pertikel atmosfer Bumi. Hamburan radiasi oleh atmosfer Bumi bergantung pada diameter partikel-partikel penghambur (D) dan panjang gelombang yang diradiasikan (λ)

A. Karakteristik Radiasi Matahari

Bagaimanakah karakteristik radiasi Matahari? Semua proses pertukaran energi antara Bumi dan alam semesta terjadi dengan cara pertukaran radiasi. Bumi dan atmosfer secara tetap menyerap radiasi Matahari dan mengemisikan kembali radiasinya ke angkasa. Setelah selang waktu yang cukup lama maka laju penyerapan (absorpsi) dan laju emisi dapat dianggap sama. Jika hal ini terjadi, dikatakan sistem Bumi-atmosfer berada dalam keseimbangan radiatif dengan Matahari. Pertukaran radiasi memainkan peranan penting dalam sejumlah reaksi kimia di atmosfer Bumi bagian atas.

Dari manakah dihasilkan radiasi? Radiasi adalah sebuah bentuk energi yang dihasilkan osilasi cepat medan elektromagnetik. Radiasi dipancarkan dalam bentuk foton-foton atau paket-paket energi yang mempunyai sifat mirip dengan partikel dan gelombang (dualisme partikel-gelombang). Osilasi dapat ditinjau sebagai penjalaran gelombang dengan periode ruang (panjang gelombang) tertentu. Radiasi dapat menjalar dalam vakum (hampa), semua radiasi menjalar dalam lintasan lurus dengan kecepatan sebesar 3×10^8 m/s

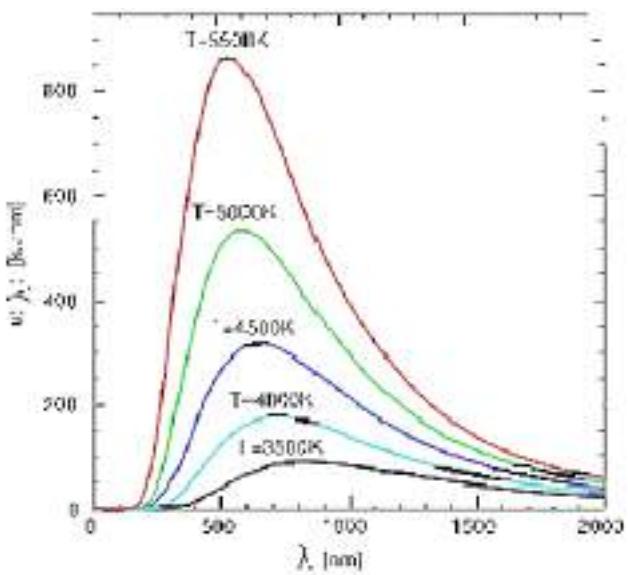
(kecepatan cahaya). Panjang gelombang secara unik terkait dengan energi foton, sehingga memungkinkan untuk dapat menghitung fluks energi foton pada panjang gelombang tertentu. Karena radiasi memiliki sifat dualisme yaitu partikel dan gelombang, maka radiasi dapat dipandang sebagai paket-paket diskret yang disebut kuanta (atau foton untuk bagian spektrum cahaya tampak). Hubungan antara energi foton dengan panjang gelombangnya dinyatakan oleh persamaan berikut: (Tjasyono, 2003; Tjasyono, 2006)

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad \textbf{(8.7)}$$

Dimana h adalah konstanta Planck yang nilainya 6,63 x 10^{-34} J.s, c adalah kecepatan cahaya dan λ adalah panjang gelombang. Persamaan 8.7 adalah persamaan energi untuk satu buah foton. Persamaan energi untuk satu mol foton didapat dengan cara mengalikan persamaan 8.7 dengan bilangan Avogadro (A), seperti berikut:

$$E = \frac{hcA}{\lambda} \quad \textbf{(8.8)}$$

dimana nilai A adalah 6,023 x 10^{23} partikel/mol.



Gambar 8.10. Distribusi spektral energi radiasi benda hitam pada T=6000 K dengan sumbu horizontal di bawah dan sumbu vertikal di kiri, dan pada T = 300 K dengan sumbu horizontal di atas dan sumbu vertikal di kanan.

Apakah yang disebut dengan benda hitam? Setiap benda yang memiliki energi, yaitu yang memiliki temperatur di atas 0K akan mengemisikan radisi. Jika sebuah benda yang memiliki temperatur tertentu mengemisikan semaksimum mungkin jumlah radiasi per satuan luas dalam satuan waktu, maka benda tersebut disebut benda hitam atau radiator sempurna. Benda demikian memiliki nilai emisivitas permukaan (ε) sama dengan satu.

Gambar 9.10 menunjukkan distribusi spektral energi radiasi benda hitam pada temperatur 6000 K (temperatur permukaan Matahari) dan 300 K (temperatur sistem Bumi-atmosfer). Untuk Matahari, panjang gelombang emisi maksimumnya adalah sekitar 0,48 μm ($\approx$ 0,5 μm) yang terletak pada spektrum cahaya tampak, sedangkan untuk sistem Bumi-atmosfer, panjang gelombang emisi maksimumnya adalah sekitar 9,66 μm ($\approx$ 10,0 μm). Oleh karena itu, radiasi Matahari sering disebut radiasi gelombang pendek, dan radiasi Bumi-atmosfer (radiasi terrestrial) sering disebut radiasi gelombang panjang. Bagaimanakah komposisi rentang panjang gelombang radiasi Matahari? Hampir 99 persen radiasi Matahari diisi oleh panjang gelombang pendek dari 0,15 sampai 4,0 mm. Dari jumlah ini (99 %), 9 persennya adalah gelombang ultraviolet (l < 0,4 mm), 45 persennya adalah gelombang cahaya tampak (merah-violet) (0,4 mm £ l £ 0,74 mm), dan 46 persennya adalah gelombang inframerah (l ³ 0,75 mm). Pada tabel 9.2 disajikan panjang gelombang radiasi untuk setiap warna (Tjasyono, 2003; Tjasyono, 2006).

Tabel 8.2. Panjang Gelombang Radiasi dan Hubungannya dengan Warna

Warna	Interval panjang gelombang (mm)	Panjang gelombang tipik (mm)
Violet	0,390 – 0,455	0,430
Biru gelap	0,455 – 0,485	0,470
Biru cerah	0,485 – 0,505	0,495
Hijau	0,505 – 0,550	0,530
Kuning-Hijau	0,550 – 0,575	0,560
Kuning	0,575 – 0,585	0,580
Oranye	0,585 – 0,620	0,600
Merah	0,620 – 0,760	0,640

B. Efek Atmosfer Terhadap Radiasi Matahari

Adakah pengaruh atmosfer Bumi terhadap radiasi Matahari? Ketika cahaya melewati medium transparan, maka sebagian cahaya tersebut akan disimpangkan ke berbagai arah, yang disebut sebagai gejala hamburan. Demikian juga halnya dengan radiasi matahari ketika melewati atmosfer Bumi, maka sebagian dari radiasi tersebut akan dihamburkan oleh partikel-partikel udara. Hamburan radiasi oleh atmosfer Bumi bergantung pada diameter partikel-partikel penghambur (D) dan panjang gelombang yang diradiasikan (λ). Untuk D << λ, yang disebut sebagai hamburan Rayleigh, besarnya hamburan berbanding terbalik dengan panjang gelombang pangkat empat; (Tjasyono, 2006).

$$H = \frac{1}{\lambda^4} \quad \text{.....} \quad \textbf{(8.9)}$$

dimana H adalah besarnya hamburan Rayleigh dan λ adalah panjang gelombang radiasi.

Adakah hubungan antara proses hamburan dengan warna biru dari langit? Karena panjang gelombang warna biru lebih pendek dari panjang gelombang warna hijau atau warna merah, maka menurut persamaan 8.9, warna biru akan lebih kuat dihamburkan dibanding warna hijau atau warna merah. Itulah sebabnya pada saat atmosfer cerah, langit tampak berwarna biru. Pada tahun 1996 Kementerian Lingkungan Hidup negara kita telah mencanangkan "proyek langit biru". Proyek ini dimaksudkan gerakan udara bersih. Atmosfer yang cerah adalah yang banyak mengandung partikel-partikel gas nitrogen dan oksigen, yang disebut juga *atmosfer Rayleigh.*

Bagaimana jika D jauh lebih besar dari λ? Jika diameter partikel-partikel atmosfer jauh lebih besar dari panjang gelombang radiasi atau D >> λ, maka disebut sebagai pemantulan difus yang besarnya tidak bergantung pada panjang gelombang spektrum daerah cahaya tampak. Pemantulan difus dapat terjadi oleh tetes-tetes dengan diameter berorde antara 10 μm hingga 200 μm. Pada spektrum cahaya tampak, warna biru, hijau, dan merah dipantulkan sama kuat (non selektif), sehingga radiasi yang dipantulkan dari awan (kumpulan tetes-tetes air) tampak berwarna putih bersih. Ingat campuran warna bahaya merah, kuning, hijau, biru, nila, dan violet akan menghasilkan warna putih.

Bagaimana jika D sebanding dengan λ? Jika diameter partikel-partikel atmosfer sebanding dengan panjang gelombang radiasi atau D ≈ λ maka disebut sebagai hamburan Mie. Atmosfer demikian disebut atmosfer Mie, yang banyak mengandung partikel-partikel debu, asap, kabut, dan sebagainya. Atmosfer bumi akan tampak putih sampai kemerahan. Hamburan Mie terjadi pada atmosfer bawah yaitu lapisan yang ketinggiannya di bawah 4,5 km, karena pada lapisan ini banyak terdapat partikel-partikel berukuran besar. Sedangkan hamburan Rayleigh banyak terjadi pada lapisan yang ketinggiannya antara 4,5 km hingga 9,0 km. Hamburan Mie lebih dominan terjadi pada gelombang panjang dan pada cuaca yang tidak cerah (berkabut atau berdebu), sedangkan hamburan Rayleigh lebih dominan terjadi pada gelombang pendek dan pada saat cuaca cerah.

LATIHAN

Petunjuk: Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan cermat.

1. Hitunglah energi sebuah foton cahaya biru yang memiliki panjang gelombang 0,4 μm
2. Hitunglah energi yang dipancarkan oleh 5 mol foton yang memiliki panjang gelombang 0,67 μm

RANGKUMAN

Semua proses pertukaran energi antara Bumi dan alam semesta terjadi dengan cara pertukaran radiasi. Pertukaran radiasi memainkan peranan penting dalam sejumlah reaksi

kimia di atmosfer Bumi bagian atas. Radiasi adalah sebuah bentuk energi yang dipancarkan dalam bentuk foton-foton atau paket-paket energi yang mempunyai sifat mirip dengan partikel dan gelombang dan dapat menjalar dalam vakum (hampa) dalam lintasan lurus dengan kecepatan sebesar 3×10^8 m/s.

Setiap benda yang memiliki energi, yaitu yang memiliki temperatur di atas 0K akan mengemisikan radisi. Jika sebuah benda yang memiliki temperatur tertentu mengemisikan semaksimum mungkin jumlah radiasi per satuan luas dalam satuan waktu, maka benda tersebut disebut benda hitam atau radiator sempurna. Benda demikian memiliki nilai emisivitas permukaan (ε) sama dengan satu.

Hampir 99 persen radiasi Matahari diisi oleh panjang gelombang pendek dari 0,15 sampai 4,0 μm. Yang terdiri atas gelombang ultraviolet, gelombang cahaya tampak (merah-violet) dan gelombang inframerah.

Ketika radiasi matahari melewati atmosfer bumi, maka sebagian dari radiasi tersebut akan dihamburkan oleh partikel-partikel udara. Hamburan radiasi oleh atmosfer Bumi bergantung pada diameter partikel-partikel penghambur (D) dan panjang gelombang yang diradiasikan (λ). Untuk $D << \lambda$, yang disebut sebagai hamburan Rayleigh, besarnya hamburan berbanding terbalik dengan panjang gelombang pangkat empat. Akibat hamburan ini, pada saat atmosfer cerah, langit tampak berwarna biru. *atmosfer Rayleigh* banyak mengandung partikel-partikel gas nitrogen dan oksigen.

Jika diameter partikel-partikel atmosfer jauh lebih besar dari panjang gelombang radiasi atau $D >> \lambda$, maka disebut sebagai pemantulan difus yang besarnya tidak bergantung pada panjang gelombang spektrum daerah cahaya tampak. Pada spektrum cahaya tampak, warna biru, hijau, dan merah dipantulkan sama kuat (non selektif), sehingga radiasi yang dipantulkan dari awan (kumpulan tetes-tetes air) tampak berwarna putih bersih.

Jika diameter partikel-partikel atmosfer sebanding dengan panjang gelombang radiasi atau $D \approx \lambda$, maka disebut sebagai hamburan Mie banyak mengandung partikel-partikel debu, asap, kabut, dan sebagainya. Atmosfer bumi akan tampak putih sampai kemerahan.

DAFTAR PUSTAKA

Kanginan, M., 1999, Fisika SMU kelas 3, Erlangga, Jakarta http://en.wikipedia.org

Suhandi A. 2001. *Efek Radiasi Matahari Terhadap Bumi*. Bandung. UPI. Press

Tjasyono, B., 2003, Geosains, ITB

_____, 2006, Ilmu Kebumian dan Entariksa, Rosdakarya, Bandung

GLOSARIUM

Albedo : persentase insolasi yang dipantulkan oleh permukaan Planet

Angin Matahari (*solar wind*) : Pancaran partikel-partikel bermuatan listrik seperti proton-proton dan elektron-elektron yang melewati korona ke arah planet-planet yang terjadi selama aktivitas matahari pada pembentukan suatu bintik Matahari maupun terbentuknya lidah api Matahari

Atmosfer Rayleigh	:	Atmosfer yang cerah yang banyak mengandung partikel-partikel gas nitrogen dan oksigen.
Aurora	:	Gelombang-gelombang cahaya tampak yang diradiasikan ketika atom-atom ini kembali ke keadaan dasarnya, yang dapat dilihat dari tempat-tempat yang memiliki lintang tinggi di Bumi seperti di kutub utara atau kutub selatan Bumi
Benda hitam	:	Sebuah benda yang memiliki temperatur tertentu yang dapat mengemisikan semaksimum mungkin jumlah radiasi per satuan luas dalam satuan waktu.
Bintik Matahari	:	Disebut juga noda Matahari (*sunspot*) adalah daerah gelap pada fotosfer yang muncul akibat suhunya lebih rendah dari suhu daerah di sekitarnya, yang dapat ditimbulkan oleh perubahan medan magnetik di Matahari
Granula	:	Gumpalan Matahari (granula) yang merupakan bintik-bintik panas (*hot spots*) yang terjadi akibat adanya perbedaan suhu yang sangat tinggi antara daerah panas dan daerah dingin pada fotosfer
Insolasi (Insolation)	:	Singkatan dari *Incoming Solar Radiation* yang berarti radiasi Matahari yang diterima Bumi, yang dipengaruhi oleh lintang atau letak suatu tempat di permukaan Bumi.
Magnetosphere	:	Suatu daerah yang menyerupai komet di sekitar Bumi yang terbentuk ketika proton-proton dan elektron-elektron berkecepatan tinggi dari angin Matahari melintasi medan magnet Bumi, kebanyakan dari partikel tersebut dibelokkan untuk seterusnya bergerak mengitari Bumi.
Prominensa atau protuberans	:	Lidah api Matahari yang muncul akibat gangguan pada permukaan Matahari
Reaksi fusi nuklir	:	Suatu proses yang pada inti Matahari yang merupakan reaksi penggabungan proton-proton, yang menghasilkan energi matahari
Radiasi	:	Proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang tanpa memerlukan zat perantara.

BAB 9
EFEK RADIASI MATAHARI TERHADAP BUMI

PENDAHULUAN

Apakah pentingnya radiasi Matahari bagi kehidupan di Bumi? Radiasi Matahari sangat berguna bagi keseimbangan panas Bumi. Bumi dan atmosfer secara tetap menyerap radiasi Matahari dan mengemisikan kembali radiasinya ke angkasa hingga sistem Bumi-atmosfer berada dalam keseimbangan radiatif dengan Matahari. Dapatkah proses alamiah ini mengalami gangguan? Proses alamiah ini dapat terganggu oleh aktivitas manusia di Bumi, yang menghasilkan polutan-polutan yang dapat menghambat proses radiasi Bumi ke angkasa, sehingga mengganggu keseimbangan radiatif dengan Matahari. Gangguan ini tentu akan merugikan dan membahayakan kehidupan di Bumi. Terhambatnya radiasi permukaan Bumi menuju angkasa, akan menimbulkan efek pemanasan Bumi. Jika hal ini terus menerus terjadi, maka dapat Anda bayangkan apa yang akan terjadi ketika efek pemanasan ini mencairkan daratan es di kutub. Selain itu polutan-polutan juga dapat merusak lapisan Ozon di atmosfer. Lapisan Ozon berperan sebagai pelindung mahluk hidup di Bumi dari radiasi Matahari yang berbahaya seperti radiasi ultraviolet. Jika Ozon rusak maka mahluk hidup akan rentan terhadap bahaya yang ditimbulkan radiasi Matahari. Untuk mengurangi efek-efek tersebut, maka tidak bisa ditawar lagi untuk segera membatasi aktivitas manusia yang dapat menghasilkan polutan-polutan tersebut. Sangat penting bagi kita untuk memiliki pengetahuan yang baik tentang bagaimana mekanisme pemanasan global, zat-zat polutan apa saja yang dapat menimbulkan efek tersebut, aktivitas manusia apa saja yang dapat menghasilkan polutan seperti itu, bagaimana mekanisme perusakan Ozonosfer, zat-zat apa saja yang dapat merusak Ozon, dari aktivitas apa saja yang dapat menghasilkan zat-zat polutan tersebut, dan lain-lain yang ada kaitannya dengan peristiwa ini. Dengan mengetahui itu semua, diharapkan kita memiliki pola perilaku hidup yang senantiasa bebas polutan. Kita diharapkan menjaga kelestarian hutan dan biota-biota di perairan baik perairan darat maupun laut. Tentu yang terpenting adalah dapat menekan jumlah gas polutan yang dihasilkan dari aktivitas hidup kita dan mengurangi penggunaan gas-gas yang tergolong polutan pada berbagai alat rumah tangga yang kita gunakan.

Secara umum BAB ini menjelaskan tentang radiasi Matahari dan keseimbangan panas Bumi serta perubahan musim, Efek pemanasan global di Bumi, dan Mekanisme perusakan lapisan Ozonosfer.

Setelah mempelajari Bahan Belajar Mandiri (BAB) ini, secara khusus Anda diharapkan dapat:

1. Menjelaskan tentang keseimbangan radiasi Matahari
2. Menjelaskan tentang keseimbangan radiasi Bumi
3. Menjelaskan hubungan pergerakan semu matahari dengan musim
4. Menyebutkan jenis-jenis musim yang ada di Bumi dan karakteristiknya
5. Menjelaskan efek rumah kaca
6. Menjelaskan mekanisme terbentuknya efek rumah kaca
7. Menyebutkan faktor-faktor penyebab terjadinya efek rumah kaca
8. Menjelaskan mekanisme penipisan lapisan Ozon
9. Menyebutkan faktor-faktor penyebab terjadinya penipisan lapisan Ozon

Untuk membantu Anda mencapai tujuan tersebut, BAB ini diorganisasikan menjadi dua Kegiatan Belajar (KB), yaitu:

KB 1 : Efek Radiasi Matahari terhadap keseimbangan panas Bumi dan perubahan musim, dan

KB 2 : Hubungan radiasi dengan efek rumah kaca dan penipisan Ozonosfer

Untuk membantu Anda dalam mempelajari BAB ini, ada baiknya diperhatikan beberapa petunjuk belajar berikut ini:

1. Bacalah dengan cermat bagian pendahuluan ini sampai Anda memahami secara tuntas tentang apa, untuk apa, dan bagaimana mempelajari bahan belajar ini
2. Baca sepintas bagian demi bagian dan temukan kata-kata kunci dari kata-kata yang dianggap baru. Carilah dan baca pengertian kata-kata kunci tersebut dalam kamus yang Anda miliki
3. Tangkaplah pengertian demi pengertian melalui pemahaman sendiri dan tukar pikiran dengan mahasiswa lain atau dengan tutor Anda
4. Untuk memperluas wawasan, baca dan pelajari sumber-sumber lain yang relevan. Anda dapat menemukan bacaan dari berbagai sumber, termasuk dari internet
5. Mantapkan pemahaman Anda dengan mengerjakan latihan dan melalui kegiatan diskusi dalam kegiatan tutorial dengan mahasiswa lainnya atau teman sejawat
6. Jangan dilewatkan untuk mencoba menjawab soal-soal yang dituliskan pada setiap akhir kegiatan belajar. Hal ini berguna untuk mengetahui apakah Anda sudah memahami dengan benar kandungan bahan belajar ini.

Selamat belajar!

Kegiatan Belajar 1

Efek Radiasi Matahari Terhadap Keseimbangan Panas Bumi dan Musim

PENGANTAR

Kapan keseimbangan panas Bumi dapat tercapai? Keseimbangan panas Bumi (temperatur Bumi sepanjang tahun tidak meningkat atau tidak menurun) akan tercapai jika radiasi Matahari yang diserap oleh sistem atmosfer Bumi seluruhnya diradiasikan kembali oleh Bumi ke angkasa. Untuk menuju keadaan tersebut, Bumi memancarkan radiasi ke angkasa dalam bentuk dan kuantitas pancaran seperti berikut; 14 % hilang ke ruang angkasa dan tidak memanasi atmosfer, 6 % radiasi Bumi diserap atmosfer yang disebut radiasi efektif, 9 % diterima atmosfer melalui panas yang dibawa oleh arus turbulensi dan konveksi. 19 % diterima atmosfer melalui kondensasi dari uap air, dimana panas laten kondensasi dilepaskan. Jumlah ini pas sama dengan radiasi Matahari yang diserap sistem atmosfer-Bumi.

Apakah yang dapat menyebabkan variasi radiasi Matahari di seluruh permukaan Bumi? Pergerakan semu Matahari menyebabkan adanya variasi radiasi matahari di seluruh permukaan Bumi, sehingga menyebabkan adanya variasi musim di belahan bumi pada kurun-kurun waktu tertentu. Di bumi terdapat empat jenis musim, yaitu ; musim dingin, di belahan bumi bagian utara terjadi pada bulan Desember, Januari, dan Februari, sedangkan di belahan bumi bagian selatan terjadi pada bulan Juni, Juli, dan Agustus; musim semi, di belahan bumi bagian utara terjadi pada bulan Maret, April, dan Mei, sedangkan di belahan bumi bagian selatan terjadi pada bulan September, Oktober, dan November; musim panas, di belahan bumi bagian utara terjadi pada bulan Juni, Juli, dan Agustus, sedangkan di belahan bumi bagian selatan terjadi pada bulan Desember, Januari, dan Februari; dan musim gugur, di belahan bumi bagian utara terjadi pada bulan September, Oktober, dan November, sedangkan di belahan bumi bagian selatan terjadi pada bulan Maret, April, dan Mei.

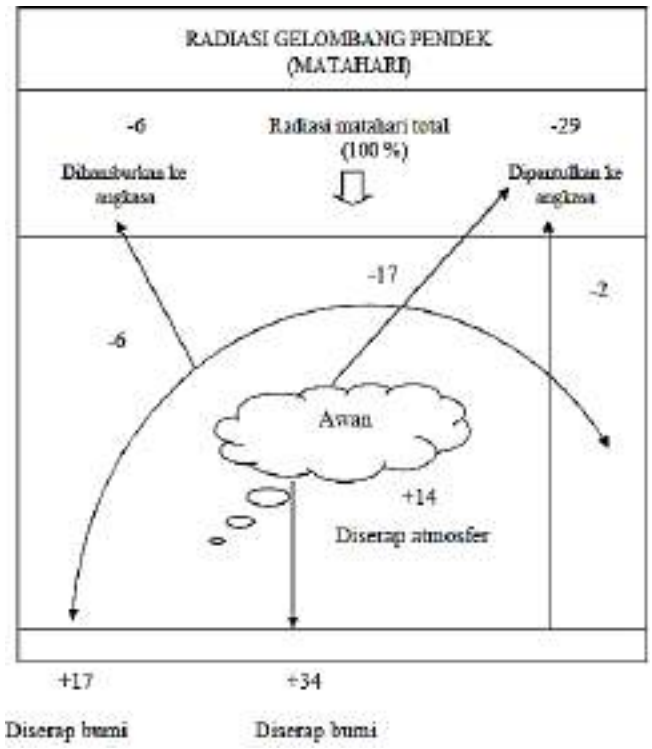
Apakah di Indonesia dijumpai keempat musim ini? Di Indonesia ke empat musim ini tidak dijumpai, karena variasi temperatur sepanjang tahun di Indonesia sangat kecil. Hal ini terjadi berkaitan dengan letak Indonesia di khatulistiwa.

A. Keseimbangan Panas Bumi

Bagaimanakah proses penyerapan dan pengemisian radiasi Matahari oleh atmosfer Bumi dan permukaan Bumi? Diperkirakan bahwa 35 % dari radiasi Matahari yang diterima pada batas atas atmosfer Bumi dikembalikan kembali ke ruang angkasa dalam bentuk gelombang pendek oleh proses hamburan, dan pemantulan-pemantulan oleh awan, oleh partikel-partikel debu, oleh molekul-molekul udara, dan oleh permukaan Bumi, dengan perincian; 2 % dipantulkan oleh permukaan Bumi, 6 % dipantulkan atau dihamburkan oleh

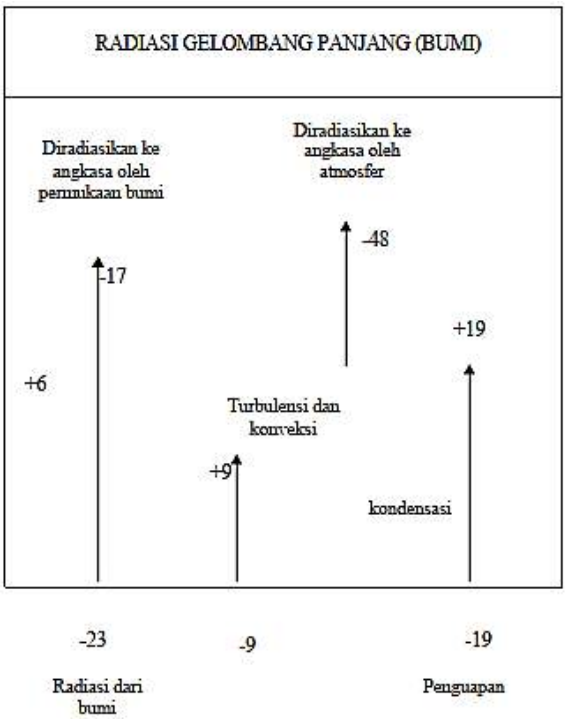
atmosfer, dan 27 % dipantulkan oleh awan. Sisanya sebesar 65 % diserap oleh atmosfer Bumi dan permukaan Bumi. Atmosfer menyerap sebesar 14 % radiasi Matahari dan permukaan Bumi menyerap sebesar 51 % radiasi. Radiasi yang diserap permukaan Bumi dipergunakan untuk memanasi atmosfer dari bawah. Dari 51 % radiasi yang diserap permukaan Bumi, 34 % berasal dari radiasi Matahari langsung, dan 17 % lagi dari radiasi difus atau radiasi langit (*sky radiation*). Dengan demikian hanya 65 % dari radiasi Matahari yang dapat digunakan untuk memanaskan atmosfer Bumi, yaitu sebesar 14 % langsung diserap oleh atmosfer, dan 51 % yang diserap permukaan Bumi. Gambar 9.1 menunjukkan keseimbangan radiasi Matahari dan Gambar 9.2 menunjukkan keseimbangan radiasi Bumi (Tjasyono, 2006).

Karena temperatur rata-rata tahunan Bumi secara keseluruhan konstan, artinya Bumi tidak bertambah panas atau bertambah dingin, maka 65 % dari radiasi Matahari yang diserap atmosfer dan permukaan Bumi harus dipancarkan kembali ke ruang angkasa dalam bentuk radiasi gelombang panjang. Tidak boleh ada radiasi yang menunpuk di Bumi. Bentuk dan kuantitas pancaran radiasi sistem atmosfer Bumi adalah (Gambar 9.2): 14 % hilang ke ruang angkasa dan tidak memanasi atmosfer, 6 % radiasi Bumi diserap atmosfer yang disebut radiasi efektif, 9 % diterima atmosfer melalui panas yang dibawa oleh arus turbulensi dan konveksi. 19 % diterima atmosfer melalui kondensasi dari uap air, dimana panas laten kondensasi dilepaskan.



Gambar 9.1. Keseimbangan Radiasi Matahari

Jadi jumlah radiasi yang dipancarkan ke ruang angkasa oleh atmosfer sama dengan 14 + 6 + 9 + 19 = 48 %, dan jumlah yang dipancarkan langsung oleh permukaan Bumi ke ruang angkasa adalah 17 %. Sehingga jumlah total radiasi yang pancarkan kembali oleh sistem atmosfer-Bumi ke rung angkasa adalah 48 + 17 = 65 %. Jumlah ini tepat seimbang dengan radiasi Matahari yang diserap oleh sistem atmosfer-Bumi, yaitu 65 % (Tjasyono, 2006).



Gambar 9.2. Keseimbangan Radiasi Bumi

B. Musim

Bagaimanakah pengaruh musim terhadap lamanya siang dan malam? Musim mempengaruhi lamanya siang hari dan lamanya insolasi. Di ekuator, lamanya siang dan malam hari sama yaitu 12 jam, sedangkan di daerah kutub, 6 bulan siang dan 6 bulan berikutnya malam. Pada tempat-tempat di lintang lain, lamanya siang dan malam hari tidak sama, seperti ditunjukkan pada Tabel 9.1.

Tabel 9.1. Hubungan Posisi Lintang dengan Lamanya Siang

Lintang tempat	Lamanya siang hari
0^o (ekuator)	12 jam
17^o	13 jam
41^o	15 jam
49^o	16 jam
63^o	20 jam

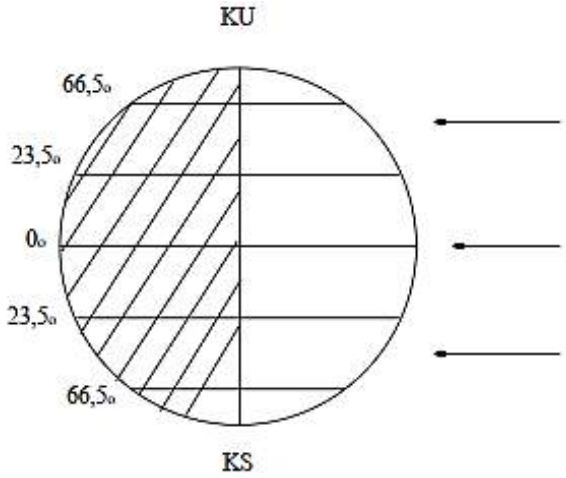
Lintang tempat	Lamanya siang hari
$66^o30'$	24 jam
$67^o21'$	1 bulan
$69^o51'$	2 bulan
$78^o11'$	4 bulan
90^o (kutub)	6 bulan

Di bumi terdapat empat jenis musim, yaitu: (Tjasyono, 2006).

1. Musim dingin, di belahan bumi bagian utara terjadi pada bulan Desember, Januari, dan Februari. Sedangkan di belahan bumi bagian selatan terjadi pada bulan Juni, Juli, dan Agustus
2. Musim semi, di belahan bumi bagian utara terjadi pada bulan Maret, April, dan Mei. Sedangkan di belahan bumi bagian selatan terjadi pada bulan September, Oktober, dan November.
3. Musim panas, di belahan bumi bagian utara terjadi pada bulan Juni, Juli, dan Agustus. Sedangkan di belahan bumi bagian selatan terjadi pada bulan Desember, Januari, dan Februari
4. Musim gugur, di belahan bumi bagian utara terjadi pada bulan September, Oktober, dan November. Sedangkan di belahan bumi bagian selatan terjadi pada bulan Maret, April, dan Mei.

Karena variasi temperatur sepanjang tahun sangat kecil, di Indonesia tidak lazim disebut musim panas dan musim dingin, dan lebih lazim disebut musim kering dan musim basah atau disebut musim kemarau dan musim hujan, karena variasi musiman curah hujan sangat besar. Musim yang terdapat di Indonesia adalah musim hujan yang biasa terjadi pada bulan-bulan Desember, Januari, dan Februari; musim pancaroba ke satu yang terjadi pada bulan-bulan Maret, April, dan Mei; musim kemarau yang terjadi pada bulan-bulan Juni, Juli, dan Agustus; dan musim pancaroba ke dua yang terjadi pada bulan-bulan September, Oktober, dan November.

Berapa kali dalam satu tahun kedudukan matahari tepat di ekuator? Kedudukan Matahari pada ekuator yang disebut Ekinoks, terjadi dua kali selama periode revolusi bumi (1 tahun), yaitu pada tanggal 21 Maret yang disebut ekinoks musim semi dan pada tanggal 23 September yang disebut ekinoks musim gugur. Sinar Matahari pada jam 12.00 (tengah hari) tepat berada di atas ekuator. Oleh karena itu sinar Matahari menyinggung kedua kutub (kutub utara dan selatan), dan dengan demikian maka lingkaran terang (penyinaran) juga melalui kedua kutub tersebut. Akibatnya di seluruh Bumi lamanya siang hari dan malam hari menjadi sama, yaitu masing-masing 12 jam. Pada saat ekinoks, energi Matahari yang diterima di daerah ekuator bernilai maksimum. Besar energi Matahari berkurang ketika kita bergerak dari ekuator ke arah kutub, dan pas di kutub, besar energi matahari menjadi nol. Posisi ekinoks Matahari ditunjukkan pada Gambar 9.3. (Tjasyono, 2006).



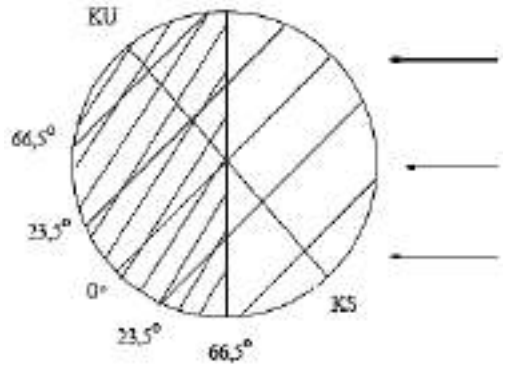
Gambar 9.3. Ekinoks, Lamanya Siang dan Malam Sama di Bumi

Berapa kali dalam setahun kedudukan Matahari berada pada titik balik gerak semunya? Kedudukan Matahari berada pada titik balik yang disebut Solistis, terjadi dua kali selama periode revolusi Bumi, yaitu posisi 23,5^o LU yang terjadi pada tanggal 22 Juni dan disebut solistis musim panas, dan posisi 23,5^o LS yang terjadi pada tanggal 22 Desember dan disebut solistis musim dingin untuk belahan Bumi bagian utara.

Solistis musim panas tanggal 22 Juni mempunyai ciri-ciri sebagai berikut: (Tjasyono, 2006).

1. kutub utara condong 23,5^o ke Matahari
2. Sinar Matahari jam 12.00 vertikal pada 23,5^{o}LU
3. Di belahan bumi bagian utara, sinar Matahari menyinggung 66,5^{o}LU setelah melewati kutub utara. Di belahan bumi bagian selatan, sinar matahari tidak menyinggung kutub selatan tetapi berakhir pada 66,5^{o}LS.
4. Lingkaran terang tidak membagi lintang sama besar, kecuali pada ekuator, sehingga lamanya siang tidak sama dengan malam hari kecuali pada ekuator.
5. Belahan Bumi bagian utara lebih luas mengarah ke arah Matahari daripada belahan Bumi bagian selatan, sehingga siang hari lebih lama di belahan Bumi utara. Daerah 66,5^o sampai 90^{o}LU siang hari mencapai 6 bulan.

Solistis musim panas ditunjukkan oleh Gambar 9.4,

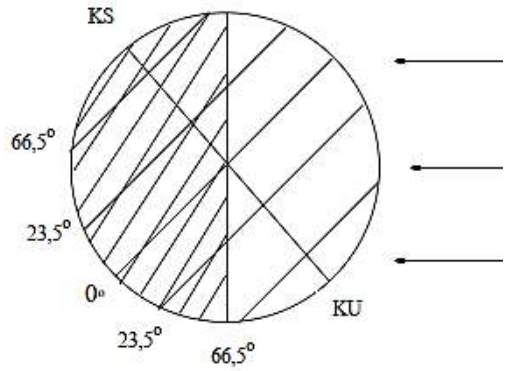


Gambar 9.4. Solistis Musim Panas

Solistis musim dingin tanggal 22 Desember mempunyai ciri-ciri sebagai berikut: (Tjasyono, 2006).

1. Kutub selatan condong 23,5^{o} ke Matahari
2. Sinar Matahari jam 12.00 vertikal pada 23,5^{o}LS
3. Di belahan bumi bagian selatan, sinar Matahari menyinggung 66,5^{o}LS sehingga ada cahaya, sedangkan pada 66,5^{o}LU tidak ada cahaya. Daerah 66,5^{o} sampai 90^{o} LU, malamnya sampai 6 bulan.
4. Lingkaran terang tidak membagi lintang sama besar, kecuali pada ekuator, sehingga lamanya siang tidak sama dengan malam hari kecuali pada ekuator.
5. Luas belahan Bumi bagian utara lebih kecil mengarah ke arah Matahari daripada belahan Bumi bagian selatan, sehingga malam hari lebih lama di belahan bumi utara.
6. Pada tanggal 22 Desember, di belahan Bumi bagian utara tempertur menjadi rendah, sehingga terjadi solistis musim dingin.

Solistis musim dingin di belahan bumi utara ditunjukkan oleh Gambar 9.5.



Gambar 9.5. Solistis Musim Dingin di Belahan Bumi Utara

LATIHAN

1. Coba identifikasi kembali bentuk dan kuantitas pancaran radiasi Matahari dan radiasi sistem atmosfer Bumi!
2. Sebutkan kembali ciri-ciri solistis musim panas tanggal 22 Juni dan solistis musim dingin tanggal 22 Desenber!

RANGKUMAN

Diperkirakan bahwa 35 % dari radiasi Matahari yang diterima pada batas atas atmosfer Bumi dikembalikan kembali ke ruang angkasa dalam bentuk gelombang pendek oleh proses hamburan, dan pemantulan-pemantulan oleh awan, oleh partikel-partikel debu, oleh molekul-molekul udara, dan oleh permukaan Bumi, sedangkan sisanya sebesar 65 % diserap oleh atmosfer Bumi dan permukaan Bumi. Radiasi yang diserap permukaan Bumi dipergunakan untuk memanasi atmosfer dari bawah. Dari 51 % radiasi yang diserap permukaan Bumi, 34 % berasal dari radiasi Matahari langsung, dan 17 % lagi dari radiasi difus atau radiasi langit (*sky radiation*).

Karena temperatur rata-rata tahunan Bumi secara keseluruhan konstan, artinya Bumi tidak bertambah panas atau bertambah dingin, maka 65 % dari radiasi Matahari yang diserap atmosfer dan permukaan Bumi harus dipancarkan kembali ke ruang angkasa dalam bentuk radiasi gelombang panjang.

Musim mempengaruhi lamanya siang hari dan lamanya insolasi. Di ekuator, lamanya siang dan malam hari sama yaitu 12 jam, di daerah kutub 6 bulan siang dan 6 bulan berikutnya malam, dan pada tempat-tempat di lintang lain, lamanya siang dan malam hari tidak sama. Di bumi terdapat empat jenis musim, yaitu musim dingin, musim semi, musim panas, dan musim gugur. Karena variasi temperatur sepanjang tahun sangat kecil, di Indonesia tidak lazim disebut musim panas dan musim dingin, dan lebih lazim disebut musim kering dan musim basah atau disebut musim kemarau dan musim hujan, karena variasi musiman curah hujan sangat besar.

Ekinoks yang berarti kedudukan Matahari pada ekuator, terjadi dua kali selama periode revolusi bumi (1 tahun), yaitu pada tanggal 21 Maret yang disebut ekinoks musim semi dan pada tanggal 23 September yang disebut ekinoks musim gugur. Solistis yang berarti kedudukan Matahari berada pada titik balik, terjadi dua kali selama periode revolusi Bumi, yaitu posisi $23{,}5^{o}$ LU yang terjadi pada tanggal 22 Juni dan disebut solistis musim panas, dan posisi $23{,}5^{o}$ LS yang terjadi pada tanggal 22 Desember dan disebut solistis musim dingin untuk belahan bumi utara.

Kegiatan Belajar 2
Hubungan Radiasi dengan Efek Rumah Kaca dan Penipisan Ozonosfer

PENGANTAR

Apakah aktivitas manusia dapat mengganggu keseimbangan panas Bumi? Aktivitas manusia di permukaan Bumi banyak menghasilkan polutan yang ditransfer ke atmosfer. Diantara polutan-polutan tersebut ada yang dapat menghambat radiasi Bumi menuju angkasa, yaitu gas CO_2. Gas ini akan menyerap radiasi gelombang panjang Bumi, sehingga radiasi tersebut terkungkung di atmosfer Bumi. Kungkungan ini akan menimbulkan efek pemanasan Bumi yang dikenal dengan istilah efek rumah kaca. CO_2 banyak dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil yang banyak terjadi pada sektor transportasi dan industri di Bumi.

Polutan-polutan juga dapat menyebabkan perusakan atau penipisan Ozonosfer. Kerusakan ini terjadi akibat adanya reaksi kimia antara lapisan ozon dengan khlor yang dihasilkan dari gas-gas khlorin seperti CFC yang banyak digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti gas pengisi refrigerator, atau alat pendingin udara.

A. Efek Rumah Kaca

Bagaimana mekanisme terjadinya efek rumah kaca? Karbon monoksida (CO) adalah senyawa karbon sebagai hasil pembakaran bahan bakar fosil (produk minyak bumi; bensin, solar, minyak diesel, dll) yang tidak sempurna, sedangkan karbon dioksida (CO_2) merupakan bentuk akhir senyawa karbon sebagai hasil pembakaran bahan bakar fosil yang sempurna. Sebenarnya CO_2 tidak beracun, tidak berbau, dan tidak berwarna, tetapi mempunyai waktu tinggal di atmosfer sekitar 4 sampai 6 tahun. Alasan bahwa CO_2 merupakan zat pencemar hanya karena dapat menimbulkan adanya efek rumah kaca saja.

Uap air menyerap radiasi dengan kuat pada panjang gelombang 5 μm sampai 7 mμ dan di atas 12 μm, sedangkan CO_2 menyerap radiasi matahari pada panjang gelombang 4 μm sampai 5 mμ dan di atas 14 μm. Karena radiasi matahari terletak dalam panjang gelombang pendek, maka sebagian radiasi matahari yang diterima Bumi dapat lewat melalui atmosfer yang mengandung uap air dan gas CO_2 mencapai permukaan Bumi. Akan tetapi pada saat permukaan Bumi meradiasikan kembali energi yang diserapnya ke atmosfer, maka radiasi permukaan Bumi tersebut akan segera diserap oleh uap air dan karbon dioksida, karena radiasi Bumi memiliki panjang gelombang yang lebih panjang dari radiasi Matahari. Semakin banyak kadar CO_2 di atmosfer, maka penyerapan radiasi Bumi oleh atmosfer akan semakin besar pula. Oleh karena itu kenaikan konsentrasi gas CO_2 pada lapisan atmosfer akan dapat meningkatkan pemanasan atmosfer Bumi. Efek pemanasan ini dikenal sebagai **efek rumah kaca** (Tjasyono, 2006).

Uap air dan CO_2 pada lapisan atmosfer membiarkan gelombang pendek radiasi Matahari melaluinya, tetapi menyerap gelombang panjang yang diradiasikan kembali oleh permukaan Bumi ke angkasa. Jadi variasi jumlah karbon dioksida pada atmosfer dapat menyebabkan perubahan iklim. Meskipun CO_2 merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi iklim Bumi, tetapi kadar CO_2 bukan satu-satunya penyebab perubahan iklim Bumi. Ada faktor-faktor lain yang juga berpengaruh pada perubahan iklim, misalnya kenaikan jumlah aerosol dan pembentukan awan dapat menyebabkan efek pendinginan yang besar pada atmosfer.

Bagaimana kecenderungan konsentrasi CO_2 di atmosfer Bumi dari masa ke masa? Konsentrasi CO_2 di atmosfer dari sekitar 295 ppmv (*part per million volume*) sebelum zaman industri hingga sekarang menunjukkan kecenderungan yang terus meningkat. Sebenarnya selama masih banyak pohon hijau di daerah hutan hujan tropis dan banyak tanaman hijau yang tumbuh di laut, para ilmuwan tidak mengkhawatirkan peningkatan pembakaran bahan bakar fosil sebagai sumber gas CO_2. Kekhawatiran mulai menghantui para ilmuwan manakala terjadi aktivitas pengrusakan hutan dan pengalihan hutan menjadi lahan pertanian atau perkebunan yang dilakukan secara besar-besaran dan liar, juga adanya kerusakan biota laut akibat pencemaran limbah. Kerusakan hutan dan plankton-plankton laut akan menyebabkan daur CO_2 menjadi terganggu, dan sebagai efeknya maka kadarnya di atmosfer akan terus meningkat.

Adakah zat selain CO_2 yang juga dapat menimbulkan efek rumah kaca? Selain gas karbon dioksida, diperkirakan terdapat gas-gas polutan lain yang juga dapat menimbulkan efek rumah kaca yang dapat mempengaruhi iklim Bumi, yakni nitrous oksida atau dinitrogen oksida (N_2O), metan (CH_4), khlorofluorokarbon (CFC) dan Ozon (O_3), seperti ditunjukkan pada Tabel 10.2. (Tjasyono, 2006).

Tabel 9.2. Hubungan Sumber Polutan dengan Efek Rumah Kaca

Sumber polutan	Polusi atmosfer	Efek Rumah Kaca
Energi dari bahan bakar fosil: - transportasi - industri - rumah tangga	Sulfur dioksida SO_2 Nitrogen oksida NO_x Hidrokarbon C_xH_y Karbon dioksida CO_2 Ozon O_3	- - - 55 % 5 %
Peternakan Pertanian Mikro-organisme Refrigerators Airconditioners Semprotan Aerosol	Amonia NH_3 Metan CH_4 Nitrous oksida N_2O Khlorofluorokarbon CFC	- 20 % 5 % 15 %

Jika ditelusuri lebih lanjut tentang asal-muasal gas-gas polutan tersebut, maka efek rumah kaca sangat erat kaitannya dengan aktivitas atau kegiatan manusia, seperti aktivitas transportasi, industri, dan rumah tangga.

B. Penipisan Ozonosfer

Bagaimana terjadi penipisan Ozonosfer dan apa akibatnya? Pada tahun 1974, Sherwood, Rowland dan Mario Molina dari Universitas California menyatakan bahwa Chlorin dari CFC (*Chloroflurocarbons*) dapat merusak lapisan Ozon di atmosfer. Bahan ini terutama $CFCl_3$ (Freon 11) dan $CFCl_2$ (Freon 12) telah banyak dipakai sebagai bahan pembakar (*propellants*) dalam kaleng-kaleng semprotan, gas alat pendingin (refrigerator), gas pengatur udara (*air conditioner*), dan sebagai agen busa untuk plastik. CFC sebenarnya tidak reaktif di lapisan atmosfer bawah dan relatif tidak larut (*insoluble*) dalam air, sehingga CFC tidak jatuh terbawa oleh tetes-tetes hujan ke permukaan Bumi. Kurang reaktifnya CFC membuat bahan ini secara komersial bermanfaat, tetapi waktu hidup CFC di atmosfer menjadi lebih lama, dan akhirnya dapat berdifusi masuk ke lapisan stratosfer. Diperkirakan beberapa juta ton CFC berada di lapisan atmosfer.

Ketika CFC berdifusi ke lapisan stratosfer, maka radiasi energi tinggi Matahari yaitu yang memiliki panjang gelombang dalam daerah antara 190 dan 225 nm menyebabkan fotolisis atau pemecahan ikatan karbon-klorin dari CFC melalui reaksi kimia seperti berikut: (Tjasyono, 2006).

$$CF_xCl_{4-x}\,(g) + hv \rightarrow CF_xCl_{3-x}\,(g) + Cl\,(g) \quad \text{..... (9.1)}$$

Dimana h adalah konstanta Planck yang nilainya 6,625 x 10^{-34} J.s, v adalah frekuensi radiasi, g artinya berbentuk gas, dan hv adalah energi foton (radiasi).

Dari reaksi tersebut dihasilkan atom khlor (Cl). Pembentukan atom khlor dengan laju terbesar terjadi pada ketinggian sekitar 30 km di atas permukaan Bumi. Atom khlor yang dihasilkan dapat bereaksi cepat dengan Ozon untuk membentuk khlor monoksida (ClO) dan molekul oksigen (O_2). Selanjutnya ClO dapat bereaksi dengan atom O untuk kembali membentuk atom khlor, menurut persamaan reaksi:

$$Cl(g) + O_3\,(g) \rightarrow ClO + O_2\,(g) \quad \text{..... (9.2)}$$

$$\underline{ClO\,(g) + O(g) \rightarrow Cl + O_2\,(g)} \quad \text{..... (9.3)}$$

$$O_3\,(g) + O \rightarrow 2O_2\,(g),\ neto$$

Hasil reaksi di atas adalah perubahan Ozon (O_3) menjadi O_2. Artinya lapisan Ozon (O_3) menjadi rusak. Dalam reaksi ini khlor berperan sebagai katalisator, karena Cl dipakai pada langkah pertama dalam mekanisme persamaan 10.2 yang kemudian terbentuk kembali dalam langkah kedua persamaan 10.3. Diperkirakan bahwa setiap atom Cl akan merusak sekitar 100.000 molekul Ozon sebelum khlor sendiri rusak oleh reaksi-reaksi lain.

Apakah efek dari penipisan lapisan Ozon ini bagi kehidupan mahluk hidup di Bumi? Meskipun kecepatan molekul CFC berdifusi kedalam lapisan stratosfer dari permukaan Bumi kemungkinan rendah, tetapi kerusakan Ozonosfer oleh CFC telah diyakini keberadaannya berdasarkan hasil observasi. Sejak akhir 1970an, para peneliti telah mendapatkan bukti penipisan lapisan ozon di kutub selatan yang terjadi selama musim semi Australia. Demikian juga di kutub utara. Salah satu fungsi ozon adalah melindungi Bumi dari radiasi-radiasi Matahari yang berbahaya bagi mahluk hidup yaitu yang dapat merusak

jaringan-jaringan sel mahluk hidup. Meningkatnya penyakit kanker kulit dan katarak, diyakini sebagai efek dari rusaknya lapisan Ozon ini. Sehingga apabila lapisan Ozon ini rusak maka tidak ada pelindung lagi bagi mahluk akan sengatan radiasi Matahari berenergi sangat tinggi.

LATIHAN

Petunjuk: Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan cermat.

1. Coba anda identifikasi kegiatan manusia yang dapat menghasilkan polutan-polutan yang dapat menimbulkan efek rumah kaca!
2. Ceritakan kembali dengan kata-kata anda sendiri, bagaimana mekanisme pengrusakan Ozon oleh CFC!

RANGKUMAN

CO_2 yang dihasilkan dari proses pembajaran bahan bakar fosil sebenarnya tidak beracun, tidak berbau, dan tidak berwarna, tetapi mempunyai waktu tinggal di atmosfer sekitar 4 sampai 6 tahun. Alasan bahwa CO_2 merupakan zat pencemar hanya karena dapat menimbulkan adanya efek rumah kaca saja. CO_2 dapat menyerap radiasi gelombang panjang 4 μm sampai 5 mμ dan di atas 14 μm. Karena radiasi matahari terletak dalam panjang gelombang pendek, maka sebagian radiasi matahari yang diterima Bumi tidak diserap oleh CO_2 dan dapat mencapai permukaan Bumi. Akan tetapi pada saat permukaan Bumi meradiasikan kembali energi yang diserapnya ke atmosfer, maka radiasi tersebut karbon dioksida, karena radiasi Bumi tergolong gelombang panjang. Semakin banyak kadar CO_2 di atmosfer, maka penyerapan radiasi Bumi oleh atmosfer akan semakin besar pula. Oleh karena itu kenaikan konsentrasi gas CO_2 pada lapisan atmosfer akan dapat meningkatkan pemanasan atmosfer Bumi. Efek pemanasan ini dikenal sebagai **efek rumah kaca**.

Selain gas karbon dioksida, diperkirakan terdapat gas-gas polutan lain yang juga dapat menimbulkan efek rumah kaca yang dapat mempengaruhi iklim Bumi, yakni nitrous oksida atau dinitrogen oksida (N_2O), metan (CH_4), khlorofluorokarbon (CFC) dan Ozon (O_3),

Konsentrasi CO_2 di atmosfer cenderung terus meningkat seiring dengan semakin maraknya pengrusakan hutan dan pengalihan fungsinya menjadi lahan pertanian atau perkebunan, seta kerusakan biota laut akibat pencemaran limbah. Kerusakan hutan dan plankton-plankton laut akan menyebabkan daur CO_2 menjadi terganggu. Jika ditelusuri lebih lanjut tentang asal-muasal gas-gas polutan tersebut, maka efek rumah kaca sangat erat kaitannya dengan aktivitas atau kegiatan manusia, seperti aktivitas transportasi, industri, dan rumah tangga.

Gas Chlorin dari CFC (*Chloroflurocarbons*) dapat merusak lapisan Ozon di atmosfer. Bahan ini terutama $CFCl_3$ (Freon 11) dan $CFCl_2$ (Freon 12) banyak dipakai sebagai bahan pembakar (propellants) dalam kaleng-kaleng semprotan, gas alat pendingin (refrigerator), gas

pengatur udara (*air conditioner*), dan sebagai agen busa untuk plastik. CFC sebenarnya tidak reaktif di lapisan atmosfer bawah dan relatif tidak larut (insoluble) dalam air.

Ketika CFC berdifusi ke lapisan stratosfer, maka radiasi Matahari yang memiliki panjang gelombang dalam daerah antara 190 dan 225 nm dapat menyebabkan fotolisis atau pemecahan ikatan karbon-klorin dari CFC yang akan menghasilkan atom khlor (Cl). Atom khlor yang dihasilkan dapat bereaksi cepat dengan Ozon untuk membentuk khlor monoksida (ClO) dan molekul oksigen (O_2). Selanjutnya ClO dapat bereaksi dengan atom O untuk kembali membentuk atom khlor. Hasil reaksi tersebut adalah perubahan Ozon (O_3) menjadi O_2. Dalam hal ini khlor berperan sebagai katalisator, Diperkirakan bahwa setiap atom Cl akan merusak sekitar 100.000 molekul Ozon.

Salah satu fungsi ozon adalah melindungi Bumi dari radiasi-radiasi Matahari yang berbahaya bagi mahluk hidup yaitu yang dapat merusak jaringan-jaringan sel mahluk hidup, dan jika lapisan Ozon ini rusak maka tidak ada pelindung lagi bagi mahluk akan sengatan radiasi Matahari berenergi sangat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Tjasyono, B., 2006, *Ilmu Kebumian dan Entariksa*, Rosdakarya, Bandung.
Suhandi A. 2001. *Efek Radiasi Matahari Terhadap Bumi*. Bandung. UPI. Press

GLOSARIUM

Ekinoks : Kedudukan Matahari pada ekuator, terjadi dua kali selama periode revolusi bumi (1 tahun),

Solistis : Kedudukan Matahari berada pada titik balik, terjadi dua kali selama periode revolusi Bumi

Polutan : Gas-gas buang hasil aktivitas manusia di permukaan Bumi yang ditransfer ke atmosfer, yang dapat menghambat radiasi Bumi menuju angkasa atau menyebabkan perusakan atau penipisan Ozonosfer

Efek Rumah Kaca : Efek pemanasan atmosfer Bumi akibat kenaikan konsentrasi gas CO_2 pada lapisan atmosfer yang menghambat radiasi Bumi menuju angkasa.

Ozonosfer : Lapisan di atmosfer yang banyak mengandung Ozon (O_3) yang berfungsi melindungi mahluk hidup di Bumi dari radiasi ultraviolet

CFC (*Chloroflurocarbons*) : Bahan ini terutama $CFCl_3$ (Freon 11) dan $CFCl_2$ (Freon 12) telah banyak dipakai sebagai bahan pembakar (*propellants*) dalam kaleng-kaleng semprotan, gas alat pendingin (refrigerator), gas pengatur udara (*air conditioner*), dan sebagai agen busa untuk plastik dapat merusak lapisan Ozon di atmosfer.

BAB 10
PLANET BUMI (1)

PENDAHULUAN

Pada Bahan Belajar Mandiri yang lalu Anda telah mempelajari tentang Tata Surya atau *Solar System.* Berdasarkan jaraknya terhadap matahari, dalam sistem tata surya, Bumi termasuk planet dalam (planet *inferior*) yang merupakan planet ketiga setelah planet Merkurius dan planet Venus. Berdasarkan perbandingan besarnya planet, Bumi termasuk kelompok planet minor/planet terestrial (Merkurius, Venus, Bumi, Mars) yang ukuran dan massanya relatif kecil. Planet Bumi merupakan satu-satunya planet yang dihuni oleh makhluk hidup. Seperti planet lain dalam sistem Tata Surya, dari jauh Bumi tampak sebagai bola yang melayang mengedari Matahari.

Bumi mempunyai atmosfer yang terdiri dari 78% N_2, 21% O_2 sedangkan sisanya terdiri dari Argon 0,9%, Karbondioksida 0,03% dan gas-gas mulia termasuk Ozon 0,07%. Permukaan Bumi sebagian besar tertutup air hingga 71%, komposisi dalam bumi merupakan selubung yang sebelah luarnya terdiri dari campuran Silisium dan Aluminium (Si Al), yang sebelah dalam terdiri dari campuran Silisium dan Magnesium (Si Ma). Bagian inti lebih banyak mengandung Nikel dan Ferum. Bumi hanya memiliki satu satelit yaitu Bulan atau Luna. Di Bulan tidak terdapat atmosfer, tekanannya hanya 10^{-9} atm.

Pada Bahan Belajar Mandiri ini, Anda akan mempelajari bentuk, ukuran, massa, dan umur Bumi; rotasi dan revolusi Bumi; serta kalender surya.

Setelah Anda mempelajari Bahan Belajar Mandiri ini, secara umum diharapkan Anda mengetahui dan memahami kedudukan Bumi dalam sistem Tata Surya dan hubungannya dengan Matahari sebagai pusat Tata Surya, sedangkan secara khusus Anda dapat:

1. menjelaskan kedudukan Bumi dalam Tata Surya,
2. menjelaskan tentang bentuk Bumi dan yang mempengaruhinya,
3. menjelaskan ukuran (luas, volume, massa, densitas/massa jenis) Bumi,
4. menjelaskan perkiraan umur Bumi,
5. menjelaskan rotasi Bumi beserta pengaruh-pengaruhnya, dan
6. menjelaskan revolusi Bumi beserta pengaruh-pengaruhnya.

Untuk membantu Anda mencapai tujuan tersebut, BAB ini diorganisasikan menjadi tiga Kegiatan Belajar (KB), yaitu:

KB 1: Bentuk, ukuran, dan umur Bumi,

KB 2: Rotasi dan Revolusi Bumi, dan

Agar Anda mudah mempelajari sendiri Bahan Belajar Mandiri ini sebaiknya memperhatikan beberapa petunjuk di bawah ini:

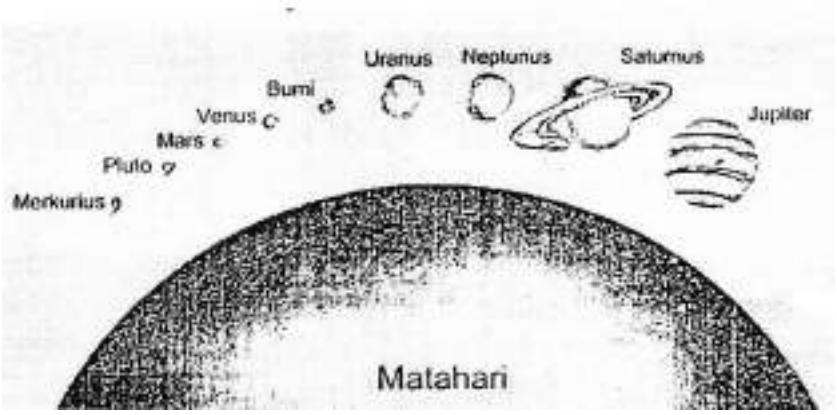
1. Bacalah dengan cermat bagian pendahuluan ini sampai Anda memahami secara tuntas bagaimana mempelajari materi Bahan Belajar ini.
2. Bacalah sepintas bagian demi bagian dan temukan kata-kata kunci dari kata-kata yang dianggap baru. Carilah dan baca pengertian kata-kata kunci tersebut dalam kamus yang Anda miliki.
3. Tangkaplah pengertian demi pengertian melalui pemahaman sendiri dan bertukar pikiran dengan teman yang lain atau dengan dosen/tutor Anda.
4. Untuk memperluas wawasan, baca dan pelajarilah sumber-sumber lain yang relevan. Anda dapat menemukan bacaan dari berbagai buku sumber termasuk dari *internet.*
5. Mantapkanlah pemahaman Anda dengan mengerjakan latihan dan diskusi dalam kegiatan tutorial dengan mahasiswa lain atau teman sejawat.
6. Jawablah soal-soal yang tercantum pada setiap akhir kegiatan belajar. Hal ini berguna untuk mengetahui kemampuan Anda dalam memahami materi Bahan Belajar Mandiri ini.

Selamat Belajar!

Kegiatan Belajar 1
Bentuk, Ukuran, dan Umur Bumi

Pada pendahuluan Bahan Belajar Mandiri ini, telah disampaikan bahwa kedudukan Bumi dalam Sistem Tata Surya (Solar Sistem) termasuk planet dalam (Planet Inferior) yang merupakan Planet ketiga dari Matahari setelah Planet Merkurius, dan Penus. Apabila dibandingkan dengan alam semesta yang tak terbatas luasnya, Planet Bumi hanyalah benda terlalu kecil sehingga dengan mudah dapat hilang dari pandangan dan hanya tampak sebagai titik yang tidak kelihatan. Meskipun demikian, sampai saat ini belum juga ditemukan tempat lain dalam jagat raya ini yang mampu dijadikan tempat kehidupan selain di Bumi ini.

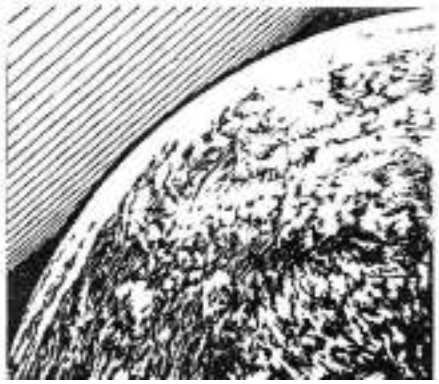
Bumi disebut juga "planet biru" karena tampak berwarna biru apabila dilihat dari luar angkasa. Planet bumi sangat unik dalam Tata Surya karena terdapat *air* dalam *tiga fasa* (padat, cair, dan gas) sehingga memiliki *lautan* dan *kutub es* serta terjadinya *siklus hidrologi* (di antaranya hujan) yang berkesinambungan. Di bumi juga berlangsung proses geologis secara aktif, yaitu terjadinya *daur (siklus) geologi* yang menyebabkan permukaan Bumi terus mengalami perubahan dan peremajaan (*rejufenation*) sepanjang waktu (Mulyo, A., 2004: 33).



Gambar 10.1. Ukuran Relatif Aktual Planet-Planet dan Matahari

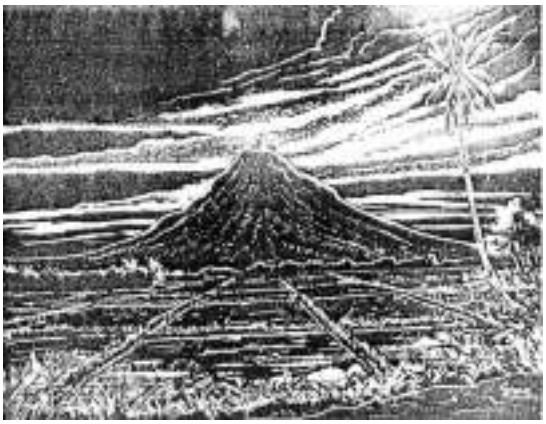
A. Bentuk Bumi

Berbagai bukti telah dikemukakan orang bahwa bentuk Bumi itu bulat. Bukti yang paling mutakhir adalah bentuk Bumi sebagaimana terlihat dari satelit buatan, dan kapal ruang angkasa pada abad ke-20 ini (Hidayat, B., 1978: 33). Hasil pengamatan itu terlihat seperti pada gambar 11.2 di bawah:



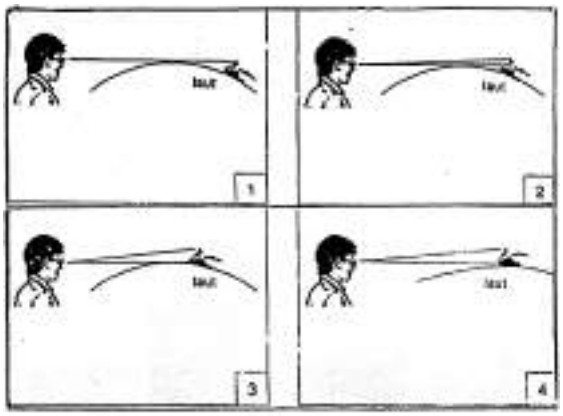
Gambar 10.2. Bumi Bulat Terlihat dari Kapal Ruang Angkasa

Selain itu, menurut Hidayat, B., (1978:34) bahwa Bumi bulat dan permukaannya melengkung dapat dibuktikan dengan kenyataan-kenyataan, seperti kita mengamati pada waktu matahari terbenam. Awan dan gunung yang tinggi di atas kita masih kelihatan terang, artinya masih mendapat sinar Matahari. Hal ini hanya mungkin bila permukaan Bumi melengkung. Bukti sejarah menyatakan jika kita berlayar terus ke satu arah, maka kita akan tiba kembali di tempat semula sebagaimana dilakukan oleh Magelhaens tahun 1522. Ini hanya mungkin terjadi bila Bumi bulat.



Gambar 10.3. Awan dan Gunung yang Tinggi Masih Terang Walaupun Matahari Baru Terbenam

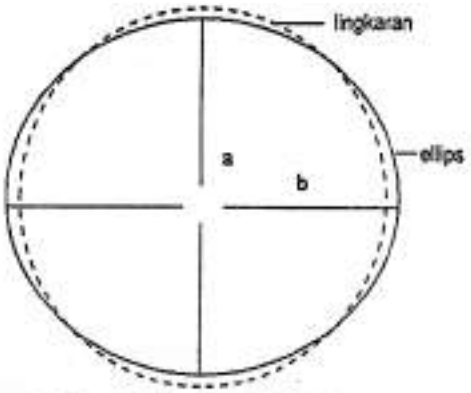
Jika Anda berdiri di tepi pantai di suatu pelabuhan memandang jauh ke laut lepas memperhatikan kapal yang datang menuju pantai. Pertama-tama Anda hanya akan melihat bendera kapal di ujung atas tiang, makin lama tampak seluruh tiang, disusul bagian atas kapal, dan akhirnya seluruh badan kapal. Keadaan itu mungkin terjadi apabila Bumi itu bulat (Didjosoemarno, S., dkk., 1991:471).



Gambar 10.4. Kapal Berlayar Menuju Pantai

Menurut Mulyo, A. (2004:38) berdasarkan pengukuran-pengukuran yang lebih akurat menunjukkan bahwa Bumi itu tidak bulat benar-benar seperti bola, melainkan menyerupai *oblate spheroid*, yaitu agak pepat pada kutub-kutubnya. Panjang jari-jari kutub 6.356,8 km dan di ekuator 6.378,2 km dengan luas permukaan 510.100.954 km^2. Bentuk seperti ini disebut *Geoid*, yaitu suatu bentuk yang berbeda dari bentuk planet-planet lainnya, dan hanya dimiliki oleh Bumi (*ellipsoid triaxial/krasovsky ellipsoid*), dan tak dapat disamakan dengan bentuk-bentuk geometris yang mana pun.

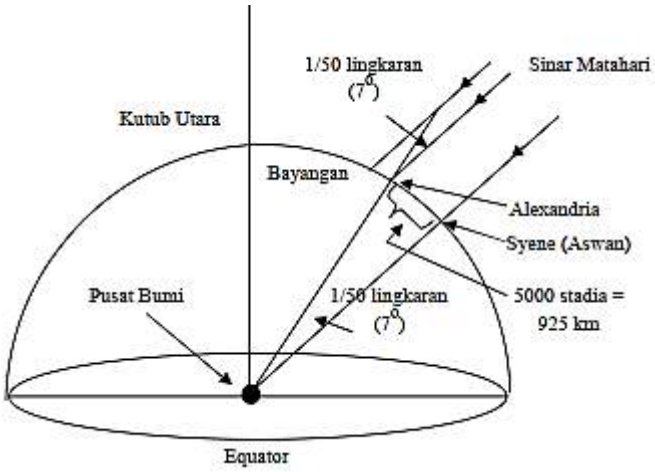
Secara teoretis pepatnya bola Bumi disebabkan adanya rotasi sejak awal pembentukannya ketika Bumi belum padat. Akibatnya, pada bagian yang searah dengan sumbu rotasi akan terjadi pemampatan, sedangkan yang tegak lurus, yaitu yang searah dengan ekuator akan mengalami pengembangan. Lihat gambar 11.5!



Gambar 10.5. Bentuk Bumi yang Bulat Pepat
(Hidayat, P., dkk.,1978:35)

B. Ukuran Bumi

Eratosthenes (276–194 sebelum Masehi) dari Yunani menentukan bahwa pada siang hari terpanjang pada musim panas, matahari berada tepat di atas kepala pada tengah hari (jam 12.00) di kota kuno Syne (sekarang disebut Aswan) Mesir. Pada hari yang sama pada tengah hari (jam 12.00) sebuah tiang pada Alexandria memberikan bayangan pada tanah yang panjangnya membuat sudut zenith matahari (sudut antara matahari dan vertikal) sebesar 1/50 lingkaran (7^0). Seperti dalam gambar 10.1.6 sudut itu (7^0) terbentuk oleh radius dari pusat bumi yang mengarah ke Alexandria dan Syne yang juga 1/50 lingkaran. Jarak dari Syne ke Alexandria diketahui 5.000 stadia atau sekitar 925 km. Erasthotenes menghitung bahwa keliling bumi harus 50 x 5.000 = 250.000 stadia ≅ 46.000 km = 29.000 mil. Jari-jari bumi dengan mudah dihitung dari kelilingnya dan diperoleh 4.600 mil. Hasil ini hanya sekitar 15 persen lebih tinggi daripada nilai sebenarnya (Tjasyono, 2006: 93).



Gambar 10.6. Perhitungan Keliling Bumi Menurut Eratosthenes

Selanjutnya Tjasyono (2006: 94) mengemukakan bahwa rasio (perbandingan) keliling lingkaran dengan diameternya (2 x radius) sama dengan 3,1416… yang disebut π (huruf Yunani, dibaca pi). Stadia (tunggal stadium) merupakan satuan panjang kuno, 1 stadium kira-kira 185 meter atau 605 kaki. Jadi 5.000 stadia = 925.000 m = 925 km. Tentu Anda masih ingat bahwa 1 kaki = 0,305 m dan 1 mil = 1.609 m atau 1,609 km. Sebagaimana dijelaskan di atas bahwa bentuk bumi yang sebenarnya bulat pepat/dempak (spheroid) sehingga jari-jari polar (jarak dari pusat bumi ke kutub) lebih pendek daripada jari-jari ekuator. Rujukan internasional tentang dimensi bumi yang diadopsi oleh IUGG (*the International Union of Geodesy and Geophysics*) mempunyai pendekatan sebagai berikut:

Jari-jari polar	= 6.357 km	= 3.951 mil
Jari-jari ekuator	= 6.378 km	= 3.964 mil
Jari-jari rata-rata	**= 6.371 km**	**= 3.960 mil**

Luas permukaan bumi dengan mudah dapat dihitung dari radiusnya, yaitu:

2 2 2

$V = 4\pi r^3/3 = 4/3 \times 3{,}14\ (6371\ km)^3 = 1{,}08 \times 10^{12}\ km^3$. Massa total bumi dapat ditentukan dari gaya gravitasi yang dilakukan dan diperoleh $5{,}98 \times 10^{27}$ gram. Densitas rata-rata bumi adalah $5{,}98 \times 10^{27}$ gram/$1{,}08 \times 10^{27}\ cm^3 = 5{,}52\ g\ cm^{-3}$ (densitas air murni = 1 g cm^{-3}).

Bumi diperkirakan lahir 4,5 miliar tahun yang lalu. Umur Bumi dapat diperkirakan dengan ditemukannya radioaktif, yang selanjutnya ditemukan pula bahwa bumi berisi unsur-unsur radioaktif. Bahan radioaktif akan meluruh (*decay*) dan memancarkan sinar alpha (α), beta (β) atau gamma (γ). Partikel (sinar) alpha (α) adalah inti atom helium (He), beta (β) adalah elektron-elektron dengan kecepatan tinggi, dan sinar gamma (γ) adalah radiasi dengan frekuensi tinggi seperti sinar x. Penyerapan radiasi ini di dalam Bumi mengubah energi radiasi menjadi panas sehingga menyebabkan temperatur yang tinggi di bawah permukaan Bumi.

Dengan adanya sinar α, β, dan γ maka unsur radioaktif secara sepontan berubah menjadi unsur lain. Transformasi (perubahan bentuk) ini terjadi dalam inti atom dan bergantung pada sifat-sifat inti. Isotop unsur adalah atom-atom yang mempunyai sifat kimia hampir identik dan menduduki tempat yang sama dalam susunan berkala unsur-unsur kimia, akan tetapi massanya berbeda satu sama lain. Isotop berasal dari bahasa Yunani (Greek, yaitu *iso* berarti sama dan *topos* berarti tempat. Tiap unsur kimia dilukiskan oleh jumlah proton dalam intinya yang disebut bilangan atom (*atomic number*). Selain mengandung proton dan elektron, inti atom juga mengandung partikel-partikel netral yang disebut netron. Jumlah proton dan netron dalam inti atom disebut bilangan massa. Isotop yang berlainan mempunyai bilangan atom sama tetapi bilangan massa berbeda. Sebagai contoh:

1. Uranium 238 adalah isotop uranium dengan bilangan atom 92 dan massanya 238, ditulis: $_{92}U^{238}$
2. Uranium 235 adalah isotop uranium dengan bilangan atom 92 tetapi massanya 235 (lebih ringan), ditulis: $_{92}U^{235}$.

Peluruhan isotop radioaktif mengakibatkan unsur tersebut berubah menjadi unsur lain, dan jika unsur ini juga radioaktif maka ia akan meluruh juga. Rantai radioaktif akan berakhir dengan isotop stabil (non radioaktif) yang tidak meluruh. Isotop radioaktif asal (original) disebut induk (*parent*) dan isotop dalam deretan peluruhan radioaktif disebut putri (*daughter*).

Setiap isotop radioaktif meluruh dengan kecepatan konstan dan biasanya dinyatakan dengan istilah *waktuparo* (*half time*) yaitu waktu yang dibutuhkan agar separo (1/2) massa isotop radioaktif hilang karena peluruhan atau waktu yang diperlukan agar separo dari atom isotop radioaktif ditransformasikan menjadi isotop lain. Waktuparo bahan radioaktif yang ditemukan di bumi kemudian dipakai untuk mengukur umur bumi.

Umur batuan (*rock*) ditentukan dengan mengukur besaran relatif dari isotop induk dan putri yang dihasilkannya. Hasilnya dinyatakan dengan *perbandingan isotop* yaitu

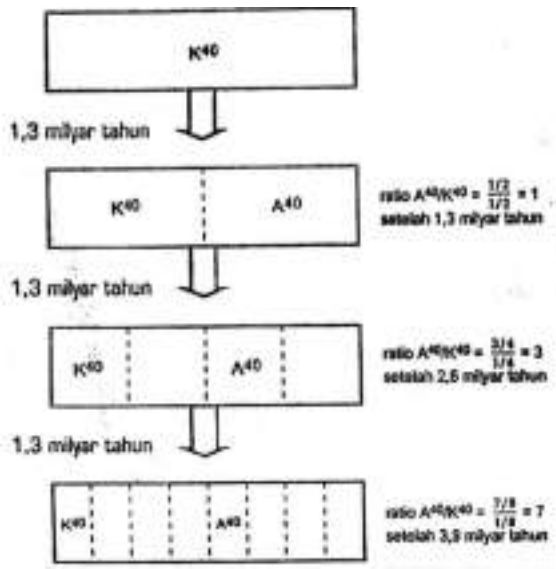
perbandingan dari besaran isotop induk yang masih tinggal. Perbandingan (*ratio*) ini bertambah dengan umur batuan. Dari perbandingan isotop dan waktu paro yang diketahui maka umur batuan dapat ditentukan. Perhatikan tabel 11.1 di bawah ini:

Tabel 10.1. Isotop Radioaktif Utama di Bumi

INDUK	PUTRI (STABIL)	WAKTU PARO (MILIAR TAHUN)
Uranium 238 (U^{238})	Timah 206 (Pb^{206})	4,5
Uranium 235 (U^{235})	Timah 207 (Pb^{207})	0,7
Thorium 232 (Th^{232})	Timah 208 (Pb^{208})	15,0
Rubidium 87 (Rb^{87})	Strotium 87 (Sr^{87})	60,0
Potasium 40 (K^{40})	Argon 40 (A^{40})	1,3

Misalkan perbandingan Argon 40 (A^{40}) dengan Potasium 40 (K^{40}) dalam batuan adalah 1, maka umur batuan adalah 1,3 miliar tahun dengan anggapan bahwa tidak ada Argon yang hilang. Oleh karena waktuparo Potasium 40 = 1,3 miliar tahun artinya separo jumlah Potasium mula-mula ditransformasikan menjadi Argon sehingga pada akhir massa waktuparo jumlah Potasium dan Argon adalah sama, yaitu $A^{40}/K^{40} = 1$. Pada akhir massa dua kali waktuparo, maka separo (1/2) Potasium yang tinggal meluruh menjadi Argon dan rasio A^{40}/K^{40} bertambah menjadi 3, setelah tiga kali waktu paro maka rasio A^{40}/K^{40} menjadi 7, dan seterusnya. Lihat gambar 11.7.

Peluruhan umur batuan (rocks) di Bumi diperkirakan 3,4 miliar tahun tetapi umur Bumi lebih tua daripada batuan. Dari analisis jumlah berbagai isotop timah (Pb) di Bumi dan dalam meteorit telah ditentukan bahwa Bumi dibentuk menjadi rupa (keadaan) sekarang kira-kira 4,5 miliar tahun (Tjasyono, 2006: 94-98).



Gambar 10.7. Peluruhan (*Decay*) Radioaktif dari Potasium (K) menjadi Argon (A)

LATIHAN 1

Setelah Anda mempelajari uraian di atas, untuk mengetahui tingkat pemahaman Anda jawab dengan singkat dan jelas atau kerjakan dengan baik latihan di bawah ini!

1. Mengapa dikatakan bahwa planet Bumi hanya satu-satunya yang menjadi pelabuhan kehidupan bagi makhluk hidup?
2. Planet Bumi itu dikatakan "unik" karena terdapat ai r *tiga fasa*. Berikan contoh bentuk air dalam *tiga fasa* di Bumi!
3. Jika Anda mengajarkan tentang bentuk Bumi kepada siswa sekolah dasar, bagaimana usaha-usaha Anda untuk meyakinkan bahwa bentuk Bumi itu bulat?
4. Apa sebabnya bentuk Bumi itu tidak bulat sempurna tetapi bulat pepat (*spheroid*)?
5. Bagaimana cara mengukur umur Bumi dengan peluruhan isotop radioatif?
6. Umur Bumi diperkirakan telah 4,5 miliar tahun berdasarkan isotop induk: Uranium 238 (U^{238}) tak mantap menjadi putri: Timah 206 (Pb^{206}) yang mantap. Coba jelaskan peluruhan radioaktif tersebut!

RANGKUMAN

Bumi termasuk planet minor dalam sistem tata surya. Bumi merupakan satu-satunya planet yang dapat dihuni oleh makhluk hidup.

Bumi disebut juga planet biru karena tampak dari luar angkasa berwarna biru. Air di Bumi mengalami tiga fasa, yaitu dalam bentuk cair seperti di lautan, bentuk es di kutub, dan bentuk gas dalam penguapan (siklus hidrologi). Permukaan Bumi mengalami perubahan dan peremajaan sepanjang waktu disebabkan adanya siklus (daur) geologi.

Bentuk bumi tidaklah bulat sempurna seperti bola (*sphere*), tetapi Bumi berbentuk dempak atau pepat (*spheroid*), disebabkan adanya rotasi sejak awal pembentukannya hingga sekarang. Diameter melalui ekuator sekitar 12.756 km, melaui kutub sekitar 12.714 km dengan rata-rata diameternya 12.742 km. Perbandingan keliling lingkaran Bumi dengan diameternya adalah 3,1416 (baca π, dari huruf Yunani pi). Luas permukaan Bumi adalah $4\,\pi\,r^2$ = 510 juta km^2 dan Volumenya adalah: $V = 4\,\pi\,r^3/3$ = 1,08 x 1012 km^2 dengan radius rata-rata bumi 6371 km. Massa total Bumi adalah 5,98 x 10^{24} kg dan densitas rata-ratanya adalah 5,52 g/cm^3 (densitas air murni = 1 g/cm^3). Untuk memperkirakan umur Bumi yang paling akurat adalah melalui peluruhan zat radioaktif. Zat radioaktif akan meluruh dan berubah menjadi unsur lain dengan memancarkan sinar alfa (α), beta (β), dan gamma (γ). Rantai zat radioaktif akan berakhir dengan isotop stabil (non radioaktif) yang tidak meluruh. Isotop radioaktif dengan kecepatan konstan yang disebut waktu paro (*half time*). Waktu paro zat radioaktif yang ditemukan di Bumi kemudian dipakai untuk mengukur umur Bumi. Dari analisis jumlah berbagai isotop timah (Pb), yaitu dari *induk* Uranium 238 (U^{238}) dan *putri* Timah (Pb^{206}) yang ada di Bumi, diperkirakan Bumi lahir 4,5 miliar tahun yang lalu.

Kegiatan Belajar 2
Rotasi, dan Revolusi Bumi

Anda telah mengetahui bahwa bumi berputar pada porosnya sambil mengelilingi Matahari. Arah perputaran Bumi pada porosnya sama dengan arah bumi mengelilingi matahari, yaitu dari barat ke timur. Anggapan pada zaman dahulu semua benda langit berputar mengelilingi Bumi yang kita kenal dengan paham geosentris (geo = bumi; sentris = pusat), selanjutnya berkembang paham heleosentris (heleo = matahari; sentris= pusat) yaitu paham yang menyatakan bahwa pusat peredaran adalah Matahari.

Perputaran Bumi pada porosnya dengan arah barat timur itu tidak dapat kita saksikan. Yang kita saksikan hanyalah gerakan Matahari dan benda-benda langit yang lain dari timur ke barat, yang disebut *gerak semu harian*. Begitu juga peredaran Bumi mengelilingi Matahari tidak dapat kita saksikan. Yang kelihatan adalah seakan-akan mataharilah yang bergeser dari ekuator (0^0) ke arah garis lintang utara ($23,5^0$ LU) kembali lagi ke ekuator, terus ke arah garis lintang selatan ($23,5^0$ LS) dan kembali lagi ke ekuator, dan seterusnya, yang disebut *gerak semu tahunan matahar*i.

A. Rotasi Bumi

Perputaran Bumi pada porosnya mengakibatkan adanya pembagian waktu pada permukaan Bumi, terjadinya pergantian siang dan malam, penggelembungan ekuator dan pemepatan polar bumi serta terjadinya angin pasat yang semula merupakan angin Utara dan angin Selatan menuju ekuator, karena perputaran bumi pada sumbunya membiaslah angin-angin itu menjadi angin Barat Laut dan Tenggara.

Pembagian tempat di Bumi berdasarkan satu tata koordinat menimbulkan hubungan antara jarak dan waktu. Kedudukan Matahari terhadap permukaan Bumi tidak sama, hal ini erat kaitannya dengan bentuk Bumi bulat. Pembagian waktu pada permukaan Bumi didasarkan pada pembagian koordinat Bumi. Oleh sebab itu kita sering mendapat informasi dari Arab Saudi pagi hari (pukul 06.00) di kita Pulau Jawa siang hari (pukul 10.00).

1. Pembagian Tempat di Bumi

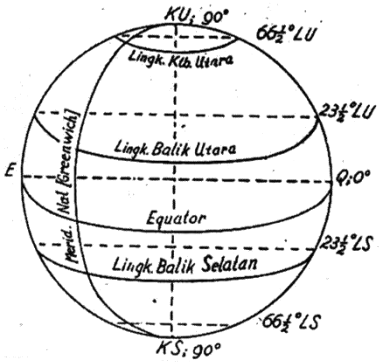
Anda tentu telah mengenalnya, bahwa untuk menentukan letak suatu tempat di muka Bumi yaitu dengan menentukan panjang geografi (*absis*) dan lebar geografi (*ordinat*), penerapannya dalam peta atau globe kita kenal dengan garis lintang dan garis bujur (*meridian*). Garis lintang pada peta arahnya dari kiri ke kanan (*absis/lintang*) sedangkan garis bujur arahnya dari bawah ke atas (*ordinat/bujur*).

Garis Lintang

Pada globe, Anda mendapatkan garis yang arahnya dari barat ke timur, garis ini membentuk suatu lingkaran. Garis yang membentuk lingkaran yang paling besar dan membelah tiruan Bumi menjadi dua bagian yang sama besar itu disebut garis Ekuator 0^0.

Garis Ekuator 0^0 membagi Bumi menjadi belahan Bumi Utara dan belahan Bumi Selatan. Garis khayal ini Anda ketahui melalui Kota Pontianak di Provinsi Kalimantan Barat. Kota ini terkenal dengan sebutan Kota Khatulistiwa.

Berpedoman pada garis Ekuator (lintang 0^0), kita buat lingkaran-lingkaran yang sejajar dengan Ekuator ke arah utara dan ke arah selatan. Garis-garis Lintang Utara bila berada di belahan Bumi utara dan Lintang Selatan bila terletak di belahan Bumi selatan. Lintang Utara dan Lintang Selatan dihitung dari Ekuator sampai titik Kutub Utara, demikian juga belahan Bumi selatan mulai dari Ekuator sampai titik Kutub Selatan. Perhatikan gambar 10.8 di bawah ini:



Gambar 10.8. Pembagian Bumi Berdasarkan Garis Lintang

Garis lintang yang membentuk lingkaran utara terletak $23{,}5^0$ LU disebut Lingkaran Balik Utara sedangkan garis lintang yang membentuk lingkaran selatan terletak pada $23{,}5^0$ LS disebut Lingkaran Balik Selatan. Lingkaran Kutub Utara terletak pada $66{,}5^0$ LU dan Lingkaran Kutub Selatan terletak pada garis $66{,}5^0$ LS.

Garis Bujur

Garis yang membentuk lingkaran bukan saja dibuat secara horizontal tetapi dapat pula dibuat garis yang membentuk lingkaran arah vertikal. Apabila kita lihat garis lingkaran ini akan melalui dua titik, yaitu titik Kutub Utara dan titik Kutub Selatan.

Lingkaran ini disebut lingkaran bujur atau lingkaran meridian, sehingga garisnya disebut garis bujur atau garis meridian. Lingkaran ini membagi Bumi menjadi dua bagian yaitu belahan Timur dan belahan Barat tepat 0^0 (meridian nol) yang melalui kota Greenwich dekat London Inggris. Garis ini disebut garis bujur/meridian primer. Dari meridian Greenwich ini dihitung ke arah Timur sampai 180^0 disebut sebagai Bujur Timur (BT) dan ke arah Barat sampai 180^0 disebut Bujur Barat (BB). Untuk 180^0 Bujur Timur dan 180^0 Bujur Barat sebenarnya kedua garis ini berimpit sebagai patokan untuk *penanggalan*, letaknya di kepulauan Fiji bagian timur di Samudra Pasifik. Garis ini disebut juga *garis penanggalan Internasional.* Perhatikan gambar 10.9!

Gambar 10.9. Pembagian Belahan Bumi Berdasarkan Garis Meridian

Panjang Geografi

Dalam penentuan pajang geografi dimulai dari 0^0 sampai 180^0 pada bujur khatulistiwa yang dimulai dari garis bujur 0^0 yang berpotongan dengan busur khatulistiwa. Sebagai meridian 0^0 ditetapkan secara Internasional yakni garis yang melalui kota Greenwich dekat London Inggris. Sebagaimana telah dikatakan di atas bahwa pembagian ke arah Timur sampai 180^0 disebut Bujur Timur (BB) dan ke arah barat sampai 180^0 disebut Bujur Barat (BB) sehingga bila ditentukan suatu kota dalam peta sebelah Barat Greenwich dinyatakan dengan Bujur Barat, contohnya kota San Fransisco 122^0 BB, dan yang terletak disebelah Timur disebut Bujur Timur, contohnya kota Tokyo 140^0 BT. Bila kita terbang dengan pesawat dari Tokyo ke arah Timur pada tanggal 2 Februari 2007 *sore hari,* setelah melewati garis penanggalan 180^0 pada *malam hari,* dan sampai di San Fransisco 2 Februari 2007 *sore hari* setelah melewati garis penanggalan pada malam hari, dan sampai di Tokyo *pagi hari* tanggal 4 Februari 2007. Hal ini dapat Anda pahami karena saat di Tokyo sore hari tanggal 2 Februari 2007, di San Fransisco dini hari tanggal 2 Februari 2007. Ketika sore hari di San Fransisco tanggal 2 februari 2007 maka di Tokyo telah tanggal 3 Februari 2007 dini hari. Perhatikan gambar 11.10. di bawah ini!

Gambar 10.10. Penetapan Batas Tanggal

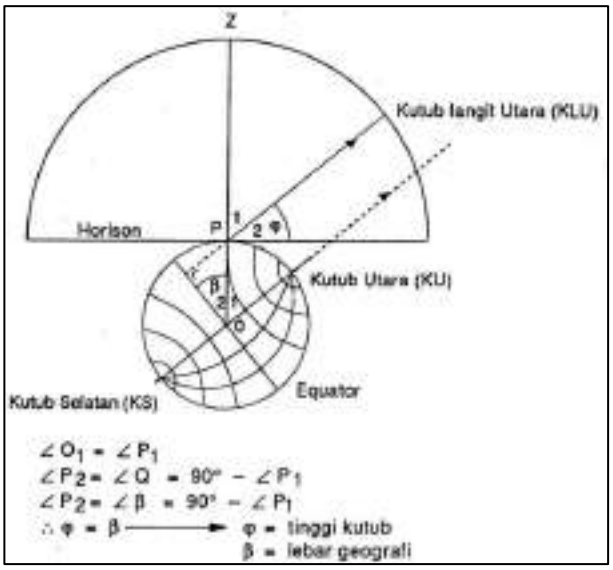
Lebar Geografi

Yang dimaksud dengan lebar geografi adalah garis yang membentuk lingkaran pada muka Bumi (*globe*) yang dihitung dari 0^0 di Khatulistiwa sampai 90^0 di titik Kutub Utara atau Kutub Selatan. Garis yang membentuk lingkaran ini disebut juga garis lintang. Garis ini berguna untuk menentukan letak suatu kota atau tempat di muka Bumi dengan menyatakan derajat dan terletak di lintang. Jadi lebar geografi suatu kota atau tempat, sama dengan lintang kota atau tempat tersebut. Dengan mengetahui lebar geografi dan panjang geografi, Anda mudah menentukan letak suatu kota atau tempat pada peta atau muka Bumi.

Lebar Geografi dan Tinggi Kutub Langit

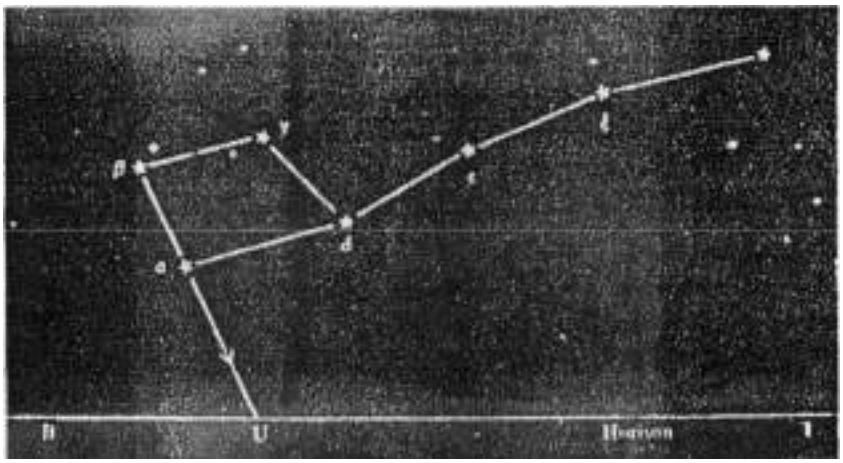
Sebagaimana Anda ketahui bahwa orang di Bumi dalam menentukan arah berpedoman pada benda-benda langit. Oleh sebab itu lebar geografi itu sama dengan tinggi kutub langit, artinya bila kutub langit diketahui maka lebar geografi atau lintang kota atau tempat diketahui juga.

Tinggi kutub adalah busur lengkung langit yang dihitung mulai dari titik kaki langit (horizon) sampai titik kutub, baik utara maupun selatan. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 11.12. berikut ini.

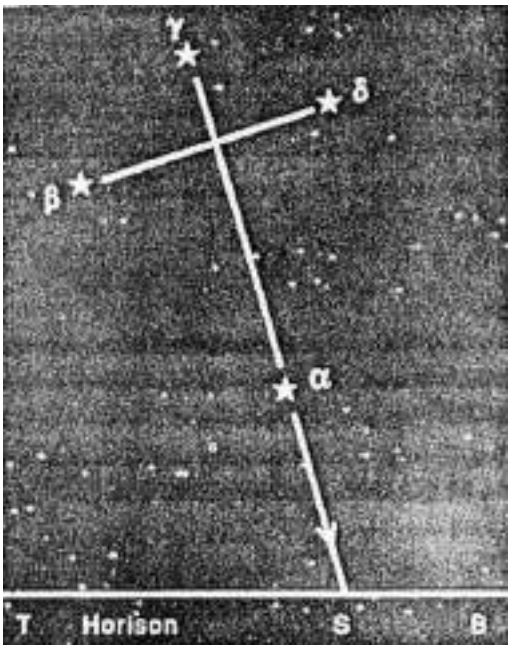


Gambar 10.12. Lebar Geografi (β) Sama dengan Tinggi Kutub (φ)

Dalam penggunaan ketetapan bahwa lebar geografi sama dengan tinggi kutub ini kita berpedoman pada Konstelasi Bintang. Konstelasi Bintang Ursa Mayor untuk mencari arah utara dan titik utara, Konstelasi Bintang Gux atau Pari atau Salib untuk mencari arah selatan dan titik selatan. Perhatikan gambar 11.13 dan 11.14.



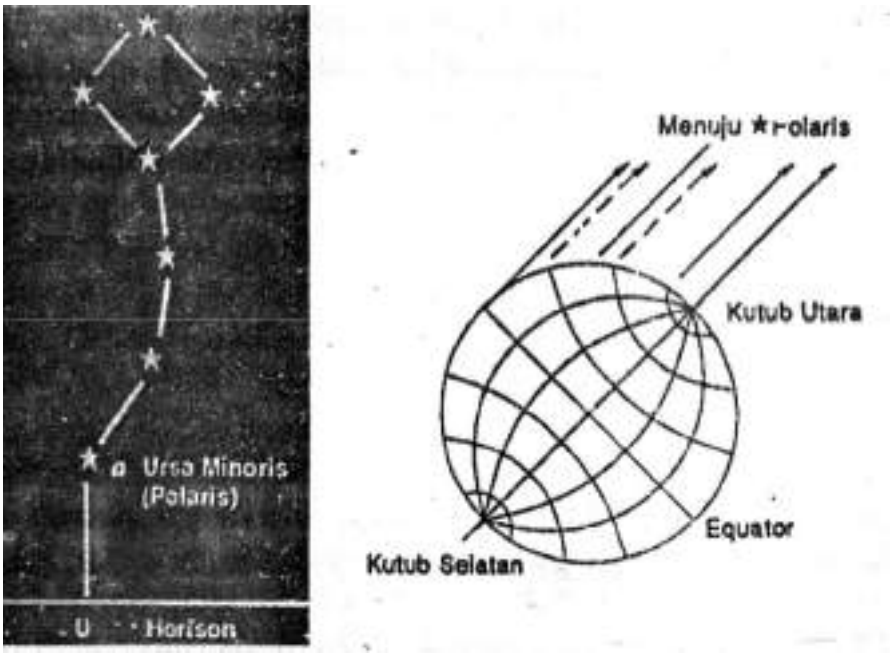
Gambar 10.13. Konstelasi Bintang Ursa Mayor untuk Menentukan Arah dan Titik Utara



Gambar 10.14. Konstelasi Bintang Pari Menunjukkan Arah dan Titik Selatan

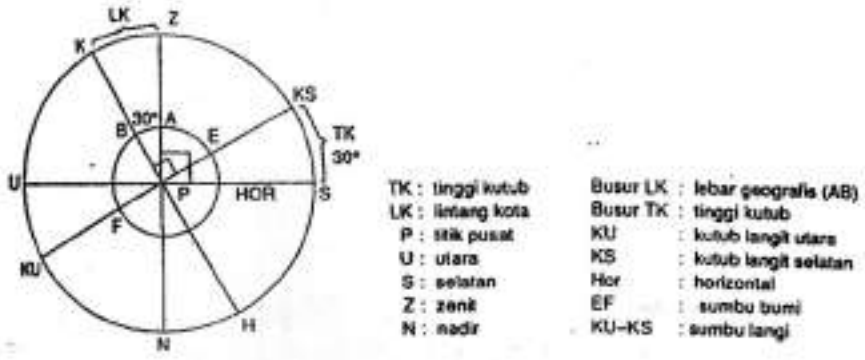
Selain Konstelasi Ursa Mayor (Beruang Besar) di bagian belahan Utara Anda akan mendapatkan pula Konstelasi Bintang Ursa Minor. Bentuk konstelasi bintang ini lebih kecil dari Ursa Mayor. Konstelasi Bintang Ursa Minor terdiri dari tujuh anggota.

Bintang “a” disebut Bintang Polaris karena bintang ini tepat berada di atas titik Polar (kutub) Utara. Untuk jelasnya, perhatikan gambar 11.15. berikut ini.



Gambar 10.15. Konstelasi Bintang Ursa Minor dengan Bintang "a" sebagai Bintang Polaris

Misalnya bila kita ukur Bintang Polaris dengan Teodolit (pengukur tinggi Bintang) dari horizon adalah 30^0, maka lebar geografis atau lintang sama dengan tinggi kutub tempat tersebut adalah 30^0. Perhatikan gambar 11.16 di bawah ini:



Gambar 10.16. Lebar Geografis Sama dengan Tinggi Kutub

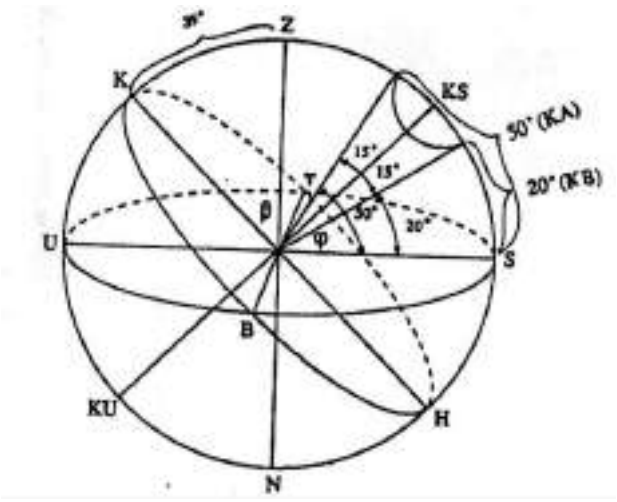
Sekarang bagaimana mencari meridian suatu tempat? Meridian atau garis bujur dapat ditentukan oleh sebuah alat yang disebut *chronometer* yaitu sebuah jam yang sangat teliti (sekarang banyak jam digital yang dilengkapi dengan *chronograf).* Dengan membandingkan waktu lokal dengan waktu GMT (Greenwich Mean Time) didapat perbedaan antara waktu

GMT dengan waktu lokalnya ini kita bagi dengan *4 menit*. Perbedaan waktu antara selisih *satu derajat* baik *Bujur Timur* maupun *Bujur Barat* adalah *4 menit*. Hal ini dapat kita hitung dengan patokan 2 x 180^0 = 360^0 adalah sehari semalam atau 24 jam, atau 180^0 adalah 12 jam. Jadi 12 jam atau 720 menit dibagi 180^0, sehingga didapatkan *4 menit* untuk *1 derajat.* Contohnya kita berada di suatu tempat di Bujur Timur waktu setempat (lokal) pukul 12.44 sedang jam GMT (Chronometer) menunjukkan pukul 12.00 maka selisih waktu 44 menit sehingga meridiannya (selisih meridian antara Greenwich dengan tempat tersebut) adalah 44: 4 = 11^0. Letak tempat tersebut berada pada 11^0 Bujur Timur.

Bagi tempat-tempat yang letaknya jauh dari khatulistiwa, akan terdapat Bintang yang lintasannya di atas horizon, dengan kata lain lintasan dari benda langit tersebut tidak pernah memotong horizon atau tidak pernah tenggelam. Bintang tersebut dinamakan *Bintang Sirkumpoler*. Bintang sirkumpoler yang tampak disebut *Sirkumpoler Tampak* dan Bintang sirkumpoler tak tampak disebut *Bintang Sirkumpoler tak Tampak*. Bintang ini mempunyai tinggi kulminasi atas dan tinggi kulminasi bawah. Cara menghitung lebar geografis suatu tempat berdasarkan Bintang Sirkumpoler adalah sebagai berikut:

a. Gambarlah bola langit dengan Z = zenit, N = nadir, S = selatan, U = utara, SBUT = horizon!
b. Ukur dari S sebesar 50^0 (didapat dari hasil pengukuran 50^0 kulminasi atas bintang tersebut) disebut KA, dan dari S sebesar 20^0 (didapat dari hasil pengukuran 20^0 kulminasi bawah bintang tersebut) disebut KB.
c. Bagi dua selisih antara busur KA (50^0) dan KB (20^0) ini adalah titik Kutub Selatan (KS).
d. Tarik KS dan KU melalui titik pusat (P). Garis ini disebut Sumbu Langit.
e. Tarik KH tegak lurus sumbu langit sehingga busur Z.K. besarnya sama dengan busur KS.S yakni sebesar 20^0 + ½ x 30^0 = 35^0.
f. Oleh karena Z, terletak sebelah selatan bola langit sebesar 35^0 maka letak kota tersebut jadi di 35^0 LS.

Gambar/lukisan Anda, cocokkan dengan gambar 10.17 di bawah ini!



Gambar 10.17. Cara Menentukan Lebar Geografis dengan Bintang Sirkumpoler

Penentuan Waktu

Di atas Anda telah mempelajari bahwa rotasi Bumi dengan arah timur barat tidak dapat kita saksikan. Yang dapat kita lihat hanyalah gerakan Matahari dan benda-benda langit lainnya yang bergerak dari timur ke barat. Gerakan ini disebut gerakan semu Matahari yang dapat digunakan dalam penentuan waktu (jam).

Hari Matahari

Simamora, P. (1975: 66-72) mengemukakan bahwa satu hari matahari adalah ditentukan oleh selang waktu antara dua kulminasi. Kulminasi Atas disebut tengah hari (pukul 12.00) dan Kulminasi Bawah adalah saat tengah malam (pukul 24.00 atau pukul 00.00). Dalam pengertian kita sehari-hari, *satu hari matahari* adalah waktu yang diperlukan Matahari bergerak semu mengelilingi Bumi, terhitung mulai titik Kulminasi Atasnya hingga kembali lagi ke titik Kulminasi Atasnya lagi. Dari hasil pengamatan ternyata panjang hari matahari (semu) selama setahun berbeda-beda (tidak konstan), hal ini disebabkan:

a. Bentuk lintasan revolusi Bumi adalah elips.

   Dalam perjalanan Bumi mengelilingi Matahari membuat lintasan berbentuk *elips* sehingga waktu lintasan dekat Matahari (perihelium) pergerakannya cepat dan pada waktu lintasan terjauh dengan Matahari (aphelium) pergeserannya pada ekliptika lambat. Dengan adanya kecepatan gerak Bumi mengelilingi matahari (revolusi) tidak sama sedang rotasi bumi tetap maka terjadilah pergeseran semu pada ekliptika tidak seragam, akibatnya saat Matahari mencapai kulminasinya tidak sama. Artinya panjang hari pada hari matahari setiap harinya tidak sama

b. Inklinasi ekliptika pada ekuator langit

Oleh sebab perputaran Bumi pada sumbunya (rotasi) miring maka kedudukan bidang ekuator langit dengan bidang ekliptika membentuk sudut $23,5^0$. Akibat dari itu sepanjang tahun Matahari seolah-olah bergeser ke arah Utara atau ke arah Selatan. Enam bulan berada di belahan Utara dan enam bulan di belahan bumi Selatan. Gerakan tersebut menyebabkan terjadi perbedaan panjang hari terutama pada lintang geografis sedang atau tinggi baik di belahan Bumi Utara atau belahan Bumi Utara.

Hari Bintang (Sidereal Day)

Hari Bintang adalah selang waktu yang diperlukan sebuah Bintang untuk berkulminasi pada tempat yang sama pada saat berikutnya dalam meridian langit yang sama dari suatu tempat. *Satu hari bintang* (sehari semalam bintang) adalah waktu yang diperlukan sebuah bintang (lebih umum disebut titik Aries) bergerak semu mengelilingi Bumi mulai dari titik Kulminasi Atasnya sampai ke titik Kulminasi Atasnya lagi. Hari Matahari lamanya 24 jam sedangkan hari Bintang adalah 23 jam 56 menit. Jadi perbedaan antara hari Matahari dan hari Bintang adalah 1/365 x 24 jam atau 1/365 x 1440 menit yaitu *3 menit 56 detik* dibulatkan menjadi *4 menit*. Jadi pada hari berikutnya Bintang tersebut akan berkulminasi 4 menit lebih awal. Anda dapat menghitung selama 30 hari menjadi 30 x 4 menit yaitu 120 menit atau 2 jam. Jadi setelah 12 bulan (1 tahun) yaitu 12 x 2 jam = 24 jam. Dengan demikian setahun kemudian baru Bintang tersebut akan berkulminasi pada jam yang sama. Jadi seolah-olah langit perbintangan berputar kurang lebih 1^0 setiap hari. Satu tahun Bintang 360^0 dibagi 365,25 hari Matahari.

Sebagai contoh, pada tanggal *22 Maret* Bintang Regulus berkulminasi pada *pukul 08.00*, pada tanggal *22 April* bintang tersebut berkulminasi *pukul 06.00*, dan pada tanggal *22 Mei* Bintang tersebut berkulminasi *pukul 04.00*. Dari pendataan tersebut maka:

a. 1 hari bintang = 1 hari matahari dikurangi 4 menit,
b. 1 jam bintang = 1 jam matahari dikurangi 1 detik.

Dari perhitungan di atas maka ada *tanggal-tanggal istimewa* untuk waktu Bintang dan waktu Matahari, yaitu:

a. Tanggal 21 Maret, pukul 00.00 waktu Bintang = pukul 12.00 waktu Matahari,
b. Tanggal 21 Juni, pukul 00.00 waktu Bintang = pukul 06.00 waktu Matahari,
c. Tanggal 23 September, pukul 00.00 waktu Bintang = pukul 00.00 waktu Matahari,
d. Tanggal 22 Desember, pukul 00.00 waktu Bintang = pukul 18.00 waktu Matahari.

Jadi hubungan antara *Lokal Siderial Times* (LST) atau waktu Bintang, dengan *Local Civil Times* (LCT) dan jumlah hari perbedaan sejak 22,7 September (dibulatkan 23 September) sampai tanggal yang ditentukan adalah: LST = LCT + (4.69/70) D. Catatan: 4.69/70 = 4 x 69/70 = 3 menit 56 Detik.

Hari Matahari Menengah (Matahari Khayal) dan Perata Waktu

Dari penjelasan diatas kita dapat mengetahui bahwa Matahari bukanlah penunjuk waktu yang sangat tepat. Oleh karena itu untuk keperluan pembagian waktu yang tepat yang kita gunakan sehari-hari, para ahli pun mendasarkan perhitungannya pada *Matahari khayal*. Matahari khayal ini adalah Matahari yang dianggap atau dimisalkan ada, yang kecepatan pergeserannya hampir serupa dengan pergeseran Matahari sebenarnya.

Perbedaannya bahwa Matahari khayal ini bergeser sepanjang ekuator langit dengan kecepatan pergeseran yang tetap (konstan) atau seragam, sehingga *panjang satu "hari matahari khayal" = panjang rata-rata "hari matahari sebenarnya".* Oleh karena itulah *hari matahari khayal* disebut pula *hari matahari menengah*.

Pada matahari menengah inilah didasarkan pembagian waktu pada jam yang kita gunakan sehari-hari, karena setiap *hari matahari menengah* panjangnya tetap sama sepanjang tahun.

1 hari matahari menengah = 24 jam waktu matahari menengah
1 jam waktu matahari menengah = 60 menit waktu matahari menengah
1 menit waktu matahari menegah = 60 detik waktu matahari menengah

Bandingkan:

1 hari matahari menegah = 24 jam waktu matahari menengah (jam kita)
= 24 jam 4 menit waktu bintang (24 jam 3menit 57 detik)
1 hari bintang = 24 jam waktu bintang
= 23 jam 6 menit waktu matahari menengah (tepatnya 23 jam 56 menit 4 detik)

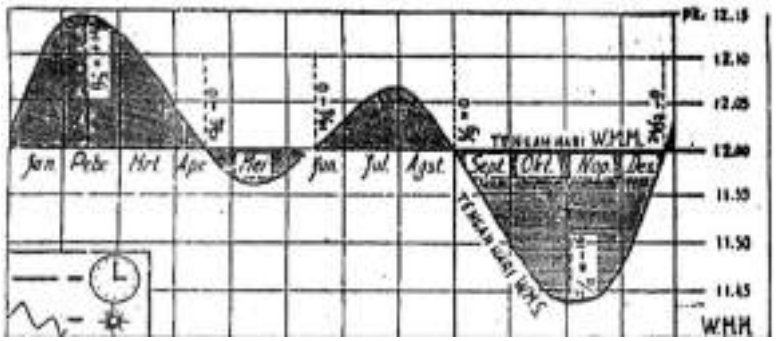
Waktu matahari menengah dimulai pada saat matahari menengah berada pada titik *Kulminasi Bawahnya* (pukul 00.00 waktu matahari menengah), untuk membedakannya dari *waktu bintang* yang dimulai pada saat titik Aries berada pada titik *Kulminas*i *Atasnya* (pukul 00.00 waktu bintang).

Hari Matahari Menengah kadang-kadang lebih pendek sedikit dari Hari Matahari Sebenarnya tetapi kadang-kadang lebih panjang. Perbedaan maksimal hanyalah sampai kira-kira seperempat jam. Perbedaan waktu ini disebut *Perata Waktu*, dengan rumus:

Perata Waktu = Hari Matahari Menengah – Hari Matahari Sebenarnya

(Simamora, P., 1975: 72)

Perata waktu ini dinyatakan dengan tanda positif (+) jika matahari menengah mendahului matahari sebenarnya dan tanda negatif (-) jika terjadi sebaliknya. Perata waktu terbesar terjadi pada 11 Februari, yaitu + 14 menit dan 2 November, yaitu–16 menit. Dalam satu tahun terjadi empat kali *panjang hari matahari menengah* sama dengan *pajang hari matahari sebenarnya*, yaitu 15 April, 14 Juni, 1 September, dan 24 Desember. Pada hari-hari ini perata waktunya adalah 0 menit. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 10.2.10 di bawah ini.



Gambar 10.18. Perata Waktu

Dari gambar di atas Anda dapat mengetahui pula bahwa sekitar bulan Januari, Februari, Maret, Juli, dan Agustus *matahari sebenarnya* lebih lambat sampai ke titik Kulminasi Atasnya, sehingga sore hari lebih lama terangnya.

Contoh:

Tanggal 11 Februari jam di tangan kita (waktu matahari menengah) menunjukkan pukul 12.00, tetapi Matahari di langit masih belum tiba di titik Kulminasi Atasnya, baru 14 menit kemudian hal itu terjadi, yaitu pada pukul 12.14 waktu matahari menengah. Sebaliknya, pada bulan Oktober, November, dan Desember matahari menengah lebih lambat daripada matahari sebenarnya. Pagi hari Matahari telah terbit sedangkan jam kita masih menunjukkan kurang dari pukul 06.00. Pada sore harinya pukul 06.00 sudah gelap.

Hal ini terjadi pada sekitar khatulistiwa (termasuk di Indonesia), di daerah-daerah sedang dan kutub tentunya berbeda (Simamora, P.,1975: 66-72).

Greenwich Mean Time (GMT)

Greenwich Mean Time (GMT) adalah waktu di Greenwich tempat yang menjadi patokan waktu dunia berada. Jika ditentukan waktu GMT dengan mudah kita dapat menghitung waktu-waktu di seluruh permukaan Bumi. Bagi daerah yang berada di *belahan barat* (meridian barat) waktu setempat adalah *waktu GMT* ditambah dengan *hasil kali perbedaan meridian dengan 4 menit* sedangkan daerah yang berada di *belahan timur* (meridian timur) waktu setempat adalah *waktu GMT* dikurangi dengan *hasil kali antara selisih meridian dengan 4menit*.

Rumus:

$$\mathbf{LMT = GMT \pm (M.4)}$$

(Dardjosoemarto, dkk., 1991: 445)

Keterangan:

LMT = Local Mean Time / Waktu Setempat

GMT = Greenwich Mean Time / waktu GMT
+ = + bila di BB dan –bila di BT
(M.4) = meridian (bujur) x 4 menit

Contoh:

1. Bila di Alaska yang terletak pada 165^0 BB menunjukkan pukul 0.8.15. Pukul berapa waktu GMT?
   Jawab:
   Posisi BB (+)
   GMT = LMT + (M.4) menit
   GMT = 08.15 + (165 x 4) menit
   GMT = 08.15 + 660 menit (= 11 jam)
   GMT = 08.15 + 11 jam
   GMT = 19.15
   Jadi waktu GMT menunjukkan pukul 19.15.
2. Suatu kota terletak 30^0 BT waktu GMT pukul 10.15, pukul berapa waktu setempat?
   Jawab: Posisi BT (-)
   LMT = GMT–(M.4)
   LMT = 10.15–(30 x 4) menit LMT = 10.15–120 menit (2jam)
   LMT = 08.15
   Jadi waktu setempat (LMT) menunjukkan pukul 08.15.

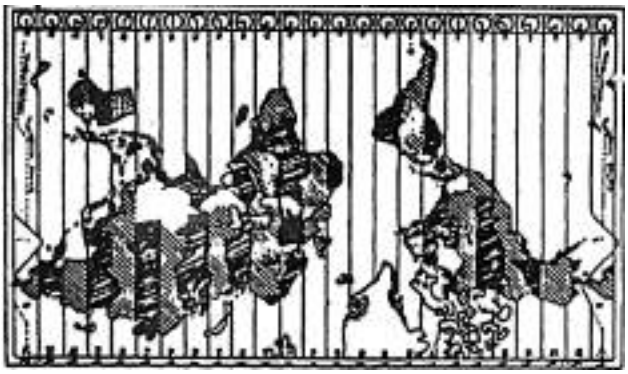
Berdasarkan penjelasan dan conto-contoh soal di atas, Anda dapat menghitung waktu di seluruh permukaan Bumi dengan berpedoman pada garis meridian/bujur.

Waktu Standar

Tempat-tempat yang terletak pada garis meridian yang sama, bersamaan pula waktunya. Jika demikian, seluruh permukaan Bumi terdapat 360 waktu yang bedanya empat menit. Hal ini tentu sukar dalam kehidupan sehari-hari. Oleh sebab itu disepakatilah untuk membagi permukaan Bumi atas *24 daerah waktu* saja yang disebut *waktu standar*.

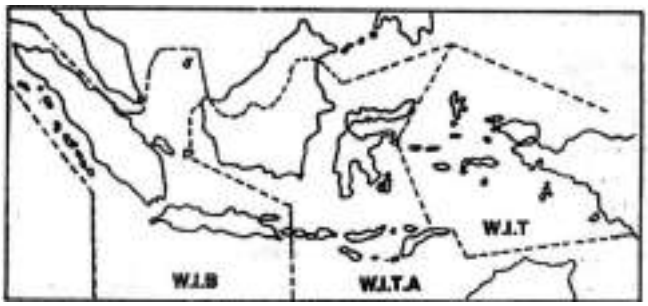
Waktu standar disebut juga *Zone Time*, yaitu waktu yang ditetapkan setiap selisih 15^0 adalah 60 menit (1 jam) dengan lingkup daerah yang berada pada 0^0–15^0 atau 15^0–30^0, dan seterusnya baik di Bujur Timur maupun Bujur Barat.

Keputusan Kongres Internasional mengenai garis-garis meridian (International Meridian Conference) di Washington menetapkan waktu standar dunia yang dibagi menjadi 24 daerah berdasarkan perbedaan meridian 15^0. Setiap daerah mempunyai selisih waktu 1 jam. Akan tetapi berdasarkan pembagian wilayah kepemerintahan atau kontinen (pulau/benua) maka ada sedikit pergeseran. Batas yang terdapat pada 180^0 BT dan 180^0



Gambar 10.19. Pembagian Daerah Waktu di Dunia
(Dirdjosoemarto, dkk., 1991: 447)

Setiap negara mempunyai pembagian daerah waktu yang berbeda-beda karena letak pada meridiannya berbeda. *Indonesia* terletak antara *95^0 BT–141 ^{0} BT*. Oleh karena Indonesia mempuyai rentang meridian 141^0–$95^0 = 46^0$, maka Indonesia di bagi menjadi 3 daerah waktu, yakni Waktu Indonesia bagian Barat (WIB), Waktu Indonesia bagian Tengan (WITA), dan Waktu Indonesia bagian Timur (WIT) dengan selisih satu jam. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar 11.20 di bawah.



Gambar 10.20. Pembagian Waktu di Indonesia (mulai 1–1–1964)
(Dirdjosoemarto, dkk., 1991: 447)

Indonesia mempunyai tiga meridian standar, yaitu meridian 105^0 BT untuk daerah WIB, 120^0 BT untuk daerah WITA, dan 135^0 untuk WIT. Dengan demikian waktu lokalnya (LMT) masing-masing adalah waktu Greenwich ditambah 105/15 untuk WIB, 120/15 untuk WITA, dan 135/15 untuk WIT. Jika waktu GMT pukul 12.00, maka: WIB = 12.00 + (105/15 = 7) yaitu pukul 19.00, WITA = 12.00 + (120/15 = 8) yaitu pukul 20.00, dan WIT = 12.00 + (135/15 =9) yaitu pukul 21.00 (Hidayat, B., 1978: 42).

Untuk mengetahui daerah waktu di negara-negara lain misalnya Amerika Serikat dan Eropa perhatikan tabel 10.2 dan 10.3 di bawah ini.

Tabel 10.2. Daerah Waktu di Amerika Serikat

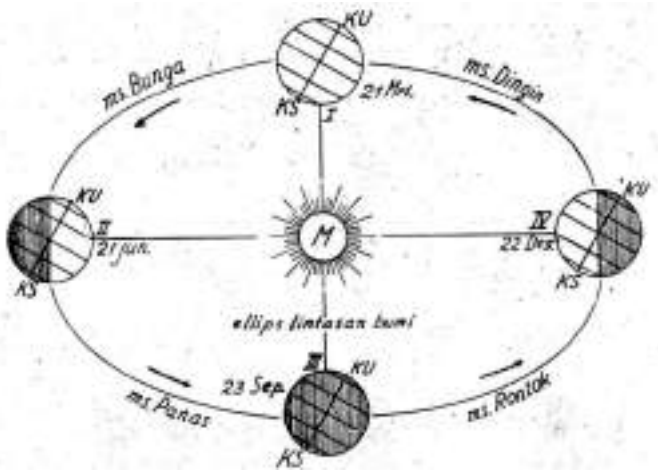
No.	Waktu Standar	Meridian Standar
1.	Eastern Standar Time (EST)	75^0 BB
2.	Central Standar Time (CST)	90^0 BB
3.	Mountain Standar Time (MST)	105^0 BB
4.	Pasific Standar Time (PST)	120^0 BB

Tabel 10.3. Daerah Waktu di Eropa

No.	Waktu Standar	Meridian Standar
1.	Daerah Waktu Eropa Barat	0^0
2.	Daerah Waktu Eropa Tengah	15^0 BT
3.	Daerah Waktu Eropa Timur	30^0 BT

B. Revolusi Bumi

Sebagaimana dijelaskan di atas, bahwa Bumi itu sambil berputar pada sumbunya (berotasi) beredar pula mengelilingi Matahari (berevolusi). Selama mengedari Matahari, sumbu Bumi miring dengan arah yang sama yang besarnya $23{,}5^0$ dari garis tegak lurus pada ekliptika. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar 10.21 di bawah ini:



Gambar 10.21. Kemiringan Sumbu Bumi Selama Mengedari Matahari

Pengaruh Revolusi Bumi

Dalam perjalanan Bumi dari tanggal *21 Maret sampai 21 Juni*, Kutub Utara kelihatan *makin condong ke arah Matahari*, sebaliknya Kutub Selatan *makin condong menjauhi Matahari*. Oleh karena itu belahan Bumi Utara mengalami *musim semi/bunga* dan belahan Bumi Selatan mengalami *musim gugur/rontok*. Sementara itu Belahan Bumi Utara mengalami siang hari yang makin lebih panjang daripada malam harinya sedangkan Belahan Bumi Selatan mengalami siang yang makin lebih pendek daripada malamnya.

Perjalanan Bumi dari tanggal *21 Juni sampai 23 September* kecondongan Kutub Utara ke arah Matahari makin kurang, sebaliknya kecondongan Kutub Selatan makin bertambah. Oleh sebab itu belahan Bumi Utara mengalami musim panas dan belahan Bumi Selatan musim dingin. Bersamaan dengan itu Belahan Bumi Utara mengalami siang yang makin pendek tetapi tetap masih lebih lama daripada malam hari. Sebaliknya Belahan Bumi Selatan mengalami siang yang makin panjang, tetapi masih tetap lebih pendek daripada malamnya.

Dari tanggal *23 September sampai 21 Desember* Kutub Utara kelihatan makin condong menjauhi Matahari dan Kutub Selatan makin condong ke arah matahari. Oleh karena itu Belahan Bumi Utara mengalami musim gugur/rontok dan Belahan Bumi Selatan mengalami musim semi/bunga. Sementara itu Belahan Bumi Utara mengalami siang makin lebih pendek daripada malam hari, sedangkan Belahan Bumi Selatan mengalami siang yang makin lebih panjang daripada malam harinya.

Dari tanggal *21 Desember sampai 21 Maret* kecodongan Kutub Utara ke arah Matahari makin bertambah, sedangkan kecondongan Kutub Selatan makin berkurang. Oleh sebab itu *Belahan Bumi Utara* mengalami *musim dingin* dan *Belahan Bumi Selatan* mengalami *musim panas*. Bersamaan dengan itu *Belahan Bumi Utara* mengalami *siang yang makin panjang* tetapi masih tetap lebih pendek daripada malam harinya, sebaliknya *Belahan Bumi Selatan* mengalami *siang yang makin pendek* tetapi masih tetap lebih panjang daripada malamnya.

Tepat pada tanggal 21 Maret dan tanggal 23 September baik Kutub Selatan maupun Kutub Utara sama jauhnya dari Matahari. Hanya letak Bumi pada orbitnya berseberangan. Pada kedua tanggal ini panjang siang dan malam sama di seluruh permukaan Bumi.

Sebetulnya pergantian musim tersebut di atas tidak dialami oleh seluruh muka bumi, tetapi hanya oleh bagian Bumi di sebelah utara Garis Balik Utara dan di sebelah selatan Garis Balik Selatan. Tempat-tempat itu tidak pernah mengalami Matahari tepat tegak lurus di atasnya, sungguhpun selama enam bulan siangnya lebih panjang daripada malamnya. Malahan daerah sekitar Kutub Utara atau Kutub Selatan mengalami siang selama enam bulan terus-menerus. Pada tanggal 21 Maret Kutub Utara menyaksikan Matahari terbit, mencapai titik tertinggi pada tanggal 21 Juni, kemudian menurun perlahan-lahan dan terbenam pada tanggal 23 September.

Tempat-tempat yang terletak antara $23{,}5^0$ Lintang Utara dan $23{,}5^0$ Lintang selatan mengalami Matahari tepat di atasnya dua kali dalam setahun. Bagian ini tidak mengalami pergantian keempat musim di atas. (Hidayat, B., dkk., 1975: 37-39).

Kalender Surya

Kalender berasal dari kata *colondro* (Yunani, *Colondro* = hari pertama). Untuk menentukan waktu manusia berpedoman pada benda-benda langit. Oleh sebab itu ada dua sistem penetapan tanggal, yaitu Kalender Surya dan Kalender Bulan (dibahas pada BAB 12). Kalender Surya atau Tahun Syamsiah perhitungannya berdasarkan pada lamanya

pergeseran semu Matahari sepanjang lingkaran ekliptika. Tentu Anda telah mengetahui bahwa Bumi mengelilingi Matahari satu kali dalam waktu 365,25 hari (tepatnya 265 hari 5 jam 48 menit 40 detik atau 365,242 hari).

Pada kesempatan ini, Anda akan mempelajari tentang Kalender Julian, dan Kalender Gregorius yang dikemukakan oleh Simamora, P. (1975: 75-76).

Kalender Julian

Kalender yang mendasarkan revolusi Bumi telah digunakan sejak tahun 45 sebelaum Masehi yang disebut Kalender Julian (kalender Gaya Lama).

Ketika Julius Caesar memegang tampuk pemerintahan, di Romawi mengalami kekacauan perhitungan kalender sehingga pada tahun 45 sebelum Masehi Julius Caesar mengakhiri kekacauan itu dengan membuat perhitungan kalender sebagai berikut:

1. Satu tahun ditetapkan rata-rata 565,25 hari.
2. Tahun biasa, yaitu tiga tahun berturut-turut berjumlah 365 hari.
3. Tahun *kabisat,* yaitu tahun keempat ditambah satu hari menjadi 366 hari. Tambahannya dimasukkan pada bulan Februari yang pada tahun biasa 28 hari pada tahun kabisat menjadi 29 hari.
4. Titik permulaan musim semi/bunga ditetapkan tanggal 24 Maret.
5. Permulaan tahun ditetapkan pada tanggal 1 Januari (sebelumnya pada tanggal 1 Maret).

Meskipun kalender Julian sudah cukup baik pada zamannya tetapi ada cacatnya, yaitu satu tahun rata-rata Julian sesungguhnya masih terlalu panjang dari tahun tropis, terpaut 365,25–365,242= 0,0078 = 1/128 hari atau 11 menit, artinya setelah 128 tahun perbedaannya menjadi satu hari penuh. Pada tahun 325 Masehi ketika Rapat Gereja (Konsili) di Nicea perbedaan itu telah menjadi 3 hari dengan tidak tahu seorang pun penyebabnya. Titik musim bunga pad zaman Julius jatuh pada tanggal 24 Maret, sedangkan pada waktu Konsili Nicea jatuh pada tanggal 21 Maret.

Sebelum Julius Caesar, orang-orang Romawi telah mengenal nama-nama bulan seperti:

1. Martius = 31 hari,
2. Aprilis = 29 hari,
3. Majus = 31 hari,
4. Junius = 29 hari,
5. Quintilis = 31 hari,
6. Sextilis = 29 hari,
7. September = 29 hari,
8. October = 31 hari,
9. November = 29 hari,
10. Dcember = 29 hari,
11. Januarius = 29 hari, dan

12. Februarius = 28 hari.

Jumlah hari pada setiap bulan dan awal tahun dirubah oleh Julius Caesar sehingga seperti yang kita miliki sekarang kecuali bulan Agustus, yang baru kemudian menjadi 31 hari.

Kalender Gregorius

Pada zaman Paus Gregorius XIII tahun 1582 Masehi ia menyaksikan musim bunga pada tanggal 11 Maret, bukan lagi tanggal 21 Maret seperti pada Konsili Nicea dalam Kalender Julian. Paus Gregorius memperbaiki kalender itu dengan cara:

1. Titik musim bunga ditetapkan jatuh pada tanggal 21 Maret, yaitu disesuaikan dengan keadaan waktu Konsili Nicea pada Kalender Julian. Untuk itu Paus Gregorius pada tanggal 4 Oktober 1582 mengumumkan perubahan tanggal kalender yaitu tanggal 5 Oktober 1582 (gaya lama) ditetapkan menjadi tanggal 15 Oktober 1582 pada Kalender Gregorius (gaya baru) sehingga tanggal 5, 6, 7, … 14 Oktober tidak pernah ada.
2. Tahun biasa berjumlah 365 hari dan tahun kabisat berjumlah 566 hari, sama dengan kalender Julian.

Meskipun demikian ada perbedaannya, yaitu semua tahun yang dapat dibagi 4, ditetapkan sebagai tahun *kabisat* kecuali tahun-tahun abad yang tidak dapat dibagi 400, seperti tahun 1700, 1800, 1900, 2100, 2200 dst. Tahun-tahun yang dapat *dibagi 4* dan dapat *dibagi 400*, seperti tahun 1600, 2000, 2400, dst. adalah *tahun kabisat* yang pada bulan Februari menjadi 29 hari. Kalender Julian berlaku sejak tanggal 1 Januari 45 S.M. hingga tanggal 5 Oktober 1582 (gaya lama) atau 15 Oktober 1582 (gaya baru).

Kalender Gregorius lebih umum disebut *Kalender Masehi* yang jumlah hari pada setiap bulan dan penetapan awal tahun seperti yang kita miliki sekarang. *Kalender Masehi* dimulai dari tanggal 1 Januari tahun 1, pukul 00.00, yaitu bertepatan dengan tanggal lahir Kristus. Akan tetapi ada yang berpendapat bahwa Kristus lahir 4 tahun sebelum tahun Masehi.

LATIHAN 2

Setelah Anda mempelajari uraian materi di atas, untuk mengetahui tingkat pemahaman Anda, coba jawab atau kerjakan latihan di bawah ini.

1. Bagaimana Anda menentukan sebuah titik/kota/tempat pada muka Bumi?
2. Bagaimana hubungan antara panjang geografi dengan waktu pada tritik/tempat yang ditentukan?
3. Apa yang dimaksud dengan hari matahari dan hari matahari khayal?
4. Apa yang dimaksud dengan waktu standar?
5. Jika waktu Greenwich (0^0) pukul 07.00. Pukul berapakah waktu Indonesia bagian barat WIB, waktu Indonesia bagian tengah (WITA) dan waktu Indonesia bagian timur (WIT)?

6. Sebutkan dua akibat revolusi Bumi?
7. Lengkapilah tabel di bawah ini:

Tanggal, Bulan	Belahan Utara Bumi	Belahan Selatan Bumi
-	Musim ……	Musim …….
-	Musim ……	Musim …….
-	Musim ……	Musim …….
-	Musim ……	Musim …….

RANGKUMAN

Bumi berputar pada sumbunya (berotasi) dari Barat ke Timur. Dalam perputarannya Bumi menjalani 360 derajat meridian dalam waktu 24 jam sehingga setiap satu derajat ditempuh dalam waktu empat menit.

Pembagian Waktu Standar (*Zone Time*), dunia dibagi atas 24 daerah berdasarkan perbedaan meridian atau bujur 15 derajat sehingga setiap daerah mempunyai selisih satu jam (60 menit). *Greenwich Mean Time* (GMT) adalah waktu Greenwich, yaitu yang menjadi patokan waktu dunia.

Indonesia yang terletak antara 91^0–141^0 BT mulai tanggal 1–1–1964 memiliki tiga meridian standar, yaitu 105^0 BT untuk WIB,120^0 BT untuk WITA, dan 135^0 BT untuk WIT dengan perbedaan waktu GMT ditambah 105/15, 120/15, dan 135/15 (7, 8, dan 9 jam).

Waktu Matahari dan waktu bintang selalu terpaut sebesar 4 menit, tepatnya 3 menit 56 detik. Hal ini karena Bumi mengelilingi Matahari. Yang dijadikan penetapan waktu di muka Bumi adalah dengan menggunakan hari Matahari Menengah (Khayal) dengan perata waktu.

Revolusi bumi dengan kemiringan sumbunya yang selalu searah mengakibatkan terjadinya pergantian musim dan perubahan lamanya siang dan malam serta terlihatnya rasi bintang yang berbeda dari bulan ke bulan.

Kalender Surya mendasarkan perhitungannya pada lamanya pergeseran semu Matahari sepanjang lingkaran ekliptika (satu tahun = 365,25 hari). Sejak tahun 45 sebelum Masehi Kalender Surya telah digunakan Di Romawi pada zaman Julius Caesar dengan perhitungan satu tahun adalah 365 hari, sisanya yang seperempat hari akan menjadi satu hari setelah empat tahun sehingga setiap tahun keempat dijadikan 366 hari. Tahun tersebut disebut tahun *kabisat* yang pada bulan Februari berjumlah 29 hari. Tahun *kabisat* pada waktu itu adalah angka tahun yang dapat dibagi *empat*, seperti tahun 1700,1800, dan 1900, dst.

Sebenarnya perhitungan Julius Caesar itu kelebihan 11 menit sebab tepatnya Bumi mengelilingi Matahari dalam waktu 365 hari 5 jam 48 menit 40 detik sehingga pada Zaman Paus Gregorius pada tahun 1582 menyaksikan musim bunga/semi itu bukan tanggal 21 Maret melainkan tanggal 11 Maret.

Untuk menyesuaikan dengan kalender Julian, Paus Gregorius mengumumkan pada 4 Oktober 1582 bahwa Kalender Julian dipakai sejak tanggal 1 januari 45 S.M. berakhir

tanggal 5 Oktober 1582 (gaya lama) atau 15 Oktober 1582 (gaya baru), sehingga tanggal 5, 6, 7, …14 Oktober 1582 tidak pernah ada. Kalender Gregorian (gaya baru) berlaku sampai sekarang. Disamping itu Paus Gregorius menyempurnakan tahun *kabisa*t, yaitu angka tahun yang habis dibagi empat dan angka abad habis dibagi 400.

DAFTAR PUSTAKA

Dirdjosoemarto, Soendjojo, dkk. (1991). *Pendidikan IPA 2, Buku II*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Pendidikan Tinggi.

Hidayat, B., dkk. (1978). *Bumi dan Antariksa 1*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Mulyo, Agung. (2004). *Pengantar Ilmu Kebumian*. Bandung: CV Pustaka Setia.

Rachman B. 2001. *Bulan Sebagai Satelit Bumi*. Bandung. Upi. Press

Simamora, P. (1975). *Ilmu Falak*. Jakarta: CV Pejuang Bangsa.

Tjasyono, B. HK. (2006). *Ilmu Kebumian dan Antariksa.* Bandung: PT Remaja Rosdakarya Bekerja Sama dengan Program Pascasarjana UPI.

GLOSARIUM

Absis	:	panjang geografi
Aphelium	:	lintasan terjauh, lintasan revolusi bumi atau bulan
Chronometer	:	alat atau jam yang sangat teliti
Colondro	:	kalender, hari pertama
Densitas	:	massa jenis
Ekliptika	:	garis edar (bumi)
Ekuator	:	garis lintang nol derajat, garis khatulistiwa
Elips	:	bulat panjang, lintasan planet-planet berbentuk elips
Geosentris	:	bumi yang menjadi pusat peredaran tata surya
Globe	:	tiruan bumi
GMT	:	Greenwich mean time, waktu Greenwich, tempat yang menjadi patokan waktu dunia
Half time	:	waktu paro
Heliosentris	:	matahari yang menjadi pusat peredaran tata surya
Horizon	:	garis yang mendatar sejajar dengan permukaan bumi, kaki langit
Inklinasi ekliptika	:	sudut inklinasi (kemiringan) terhadap ekliptika
Isotop	:	unsur yang bilangan atom sama tetapi bilangan massa berbeda
Kabisat	:	tahun kabisat, tahun ke-4 ditambah 1 hari sehingga menjadi 366 hari, bulan Februari menjadi 29 hari; tahun yang dapat dibagi 4 dan abad dapat dibagi 400
Konstelasi	:	menetapkan gejala atau tanda-tanda

Kulminasi	:	puncak tertinggi, kulminasi atas pkl. 12.00 dan kulminasi bawah pkl. 24.00 (00.00)
LMT	:	Local Mean Time, waktu setempat
Meridian	:	garis bujur, bujur timur (BT) dan bujur barat (BB)
Obled spheroid	:	→ spheroid
Ordinat	:	lebar geografi
Parent	:	induk, radioaktif asal (original)
Perihelium	:	lintasan terdekat, lintasan revolusi bumi atau bulan
Polars	:	kutub-kutub, kutub utara dan kutub selatan bumi
Rejufenation	:	peremajaan pada muka bumi
Revolusi	:	putaran, perkisaran; revolusi bumi, perputaran bumi terhadap matahari
Rotasi	:	revolusi bulan, perputaran bulan terhadap bumi
Sideral	:	putaran; rotasi bumi, perputaran bumi pada sumbunya
Spheroid	:	*sideral day*, hari bintang
Sphere	:	bentuk Bumi bulat pepat/dempak pada kutub-kutubnya
Stadium	:	bentuk Bumi tidak tepat berbentuk bola
Zone time	:	bentuk tunggal dari stadia 0 0

BAB 11
PLANET BUMI (2)

PENDAHULUAN

Pada bahan belajar mandiri (BAB) 10 di atas, Anda telah mempelajari tentang bentuk Bumi, ukuran Bumi, massa Bumi, densitas Bumi dan umur Bumi; serta rotasi dan revolusi Bumi. Pada bahan belajar mandiri (BAB) ini, Anda akan mempelajari tentang kemagnetan Bumi, sifat panas Bumi, dan interaksi Bumi (gravitas dan gravitasi). Setelah mempelajari BAB ini, secara umum Anda diharapkan mengetahui dan memahami tentang kemagnetan Bumi, sifat panas Bumi, dan interaksi Bumi (gravitas dan gravitasi) sedangkan secara khusus diharapkan Anda dapat:

1. menjelaskan proses terjadinya "Sabuk Van Allen" (*Van Allen Belts*),
2. menjelaskan pengaruh kemagnetan Bumi,
3. menjelaskan perbedaan antara Kutub Bumi dengan Kutub Magnet Bumi,
4. menjelaskan sifat panas Bumi,
5. menjelaskan konsep gravitas, dan
6. menjelaskan hubungan gravitas dengan gravitasi.

Untuk membantu Anda mencapai tujuan tersebut, bahan belajar mandiri ini diorganisasikan menjadi dua kegiatan belajar (KB), yitu: KB 1 : Kemagnetan dan Sifat Panas Bumi, dan KB 2 : Interaksi Bumi (gravitas dan gravitasi). Agar Anda mudah mempelajari sendiri bahan belajar mandiri ini, sebaiknya memerhatikan beberapa petunjuk di bawah ini:

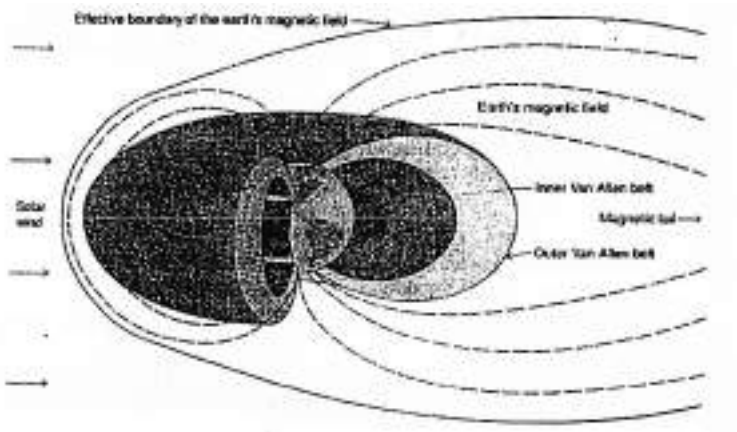
1. Bacalah dengan cermat bagian pendahuluan ini sampai Anda memahami secara tuntas bagaimana mempelajari materi Bahan Belajar ini.
2. Bacalah sepintas bagian demi bagian dan temukan kata-kata kunci dari kata-kata yang dianggap baru. Carilah dan baca pengertian kata-kata kunci tersebut dalam kamus yang Anda miliki.
3. Tangkaplah pengertian demi pengertian melalui pemahaman sendiri dan bertukar pikiran dengan teman yang lain atau dengan dosen/tutor Anda.
4. Untuk memperluas wawasan, baca dan pelajarilah sumber-sumber lain yang relevan. Anda dapat menemukan bacaan dari berbagai buku sumber termasuk dari *internet.*
5. Mantapkanlah pemahaman Anda dengan mengerjakan latihan dan diskusi dalam kegiatan tutorial dengan mahasiswa lain atau teman sejawat.
6. Jawablah soal-soal yang tercantum pada setiap akhir kegiatan belajar. Hal ini berguna untuk mengetahui kemampuan Anda dalam memahami materi Bahan Belajar Mandiri ini.

Selamat Belajar!

Kegiatan Belajar 1
Kemagnetan Bumi dan Sifat Panas Bumi

A. Kemagnetan Bumi

Menurut Mulyo, A. (2004: 39) bahwa Bumi memiliki medan magnet yang dibangkitkan oleh inti Bumi. Seperti halnya pada magnet batang, magnet Bumi juga memilki kutub-kutub (Utara dan Selatan), letaknya dekat dengan kutub-kutub Bumi. Di atas eksosfer ada satu daerah yang menunjukkan sifat-sifat magnetik Bumi dan berinteraksi dengan arus radiasi Matahari korpuskuler yang mengisi ruang antar planet yang disebut angin surya (*solar wind*) yang setelah sampai ke Bumi berinteraksi dengan magnet Bumi yang disebut *magnetosfera*. Akibat interaksi ini, *magnetosfera* bentuknya menjadi seperti komet karena adanya hembusan angin surya tersebut. Perhatikan gambar 11.1. berikut ini:



Gambar 11.1. Magnetosfer Bumi terbentuk akibat interaksi antara gaya magnet Bumi dengan angin surya

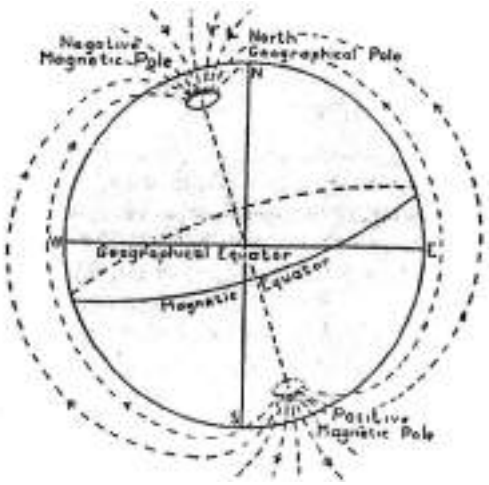
Magnetosfera merupakan perisai Bumi terhadap partikel-partikel dari Matahari yang dapat membahayakan kehidupan makhluk hidup di Bumi. Partikel-partikel yang datang ke arah Bumi dihadang oleh magnetosfera sehingga terkungkung di dalam medan ini. Daerah tempat terkungkungnya partikel-partikel tersebut dinamakan Sabuk Van Allen (*Van Allen Belts*) sesuai dengan nama yang menemukannya, James A. Van Allen. *Jadi Van Allen belts* adalah pita-pita radiasi yang berbentuk kue donat terbuat dari partikel-partikel bermuatan yang terperangkap dalam medan magnetik Bumi.

Aurora adalah lengkungan lembaran cahaya (seperti tirai) beraneka warna yang selalu bergerak-gerak di langit. Peristiwa ini akibat variasi medan magnet Bumi yang timbul karena adanya peningkatan aktivitas di Matahari sehingga intensitas angin surya yang menghantam Bumi bertambah besar. Ketinggian aurora sekitar 80–150 km bahkan ada yang

mencapai 1.000 km di atas permukaan Bumi. Kebanyakan aurora diamati dalam sabuk (*belt*) sekitar kutub geomagnetik antara lintang 15^0 dan 30^0, dengan frekuensi maksimum pada lintang sekitar $22{,}5^0$.

Kemagnetan Bumi ditandai oleh dua hal, yaitu inklinasi magnetik (*magnetic inclination*) dan deklinasi magnetik (*magnetic declination*).

Inklinasi magnetik adalah sudut inklinasi (kemiringan) antara jarum magnet terhadap horizontal. Di daerah belahan Bumi Utara, titik Utara jarum magnet berinklinasi ke arah horizontal, sedangkan di belahan Bumi Selatan, titik selatan jarum magnet berinklinasi ke arah horizon. Perhatikan gambar 11.2 berikut:



Gambar 11.2. Perbedaan antara Posisi Kutub Magnet dan Kutub Bumi

Sudut inklinasi berbeda-beda untuk setiap tempat yang berlainan. Dari ekuator ke arah kutub magnet, sudut inklinasi semakin besar dan tepat di kutub magnet harganya maksimum, yaitu jarum magnet berhenti pada posisi tegak lurus. Garis yang menghubungkan tempat-tempat di Bumi yang berinklinasi sama dinamakan *isoclines* (garis isoklin). Deklinasi magnetis adalah besarnya sudut yang dibentuk antara arah jarum magnet dengan garis bujur geografis, baik di sebelah timur maupun sebelah barat. Besarnya deklinasi berbeda-beda untuk setiap tempat. Garis yang menghubungkan tempat-tempat di Bumi yang berdeklinasi sama dinamakan *isogon*. Isogon yang deklinasinya nol disebut meridian magnetis.

Garis-garis isogon membujur dari satu titik di Utara menuju satu titik di Selatan. Titik-titik itu tidaklah sama dengan titik kutub-kutub geografis. Koordinat kutub Utara magnet adalah 70^0 05’ 03’’ Lintang Utara dan 96^0 45’ 03’’ Bujur Barat, sedangkan koordinat kutub Selatan magnet adalah 74^0 06’ Lintang Selatan dan 154^0 08’ Bujur Timur.

Secara definitif kita tidak dapat memberikan jawaban mengapa kutub-kutub magnet Bumi bukanlah kutub-kutub Bumi? Mungkin penyebabnya tidak meratanya distribusi

daratan dan air. Pada beberapa tempat di muka Bumi, arah garis isoklinik dan isogonik mengalami variasi definitif yang berhubungan dengan anomali-anomali magnetis. Anomali magnetis telah dibuktikan adanya batuan atau massa besar yang mengandung magnet, misalnya biji besi dan mineral-mineral logam lainnya yang terletak dekat permukaan Bumi. Juga hal itu dapat disebabkan adanya struktur patahan yang dapat memindahkan batuan dengan sifat-sifat megnetis berbeda menjadi saling bersentuhan.

Intensitas dan sifat magnetis Bumi berbeda untuk setiap tempat dan berubah-ubah sesuai posisi Bumi terhadap Matahari. Apabila jarum magnet secara tiba-tiba bergerak di luar batas variasi yang normal, hal ini menandakan adanya *magnetic storm* (badai magnetik). Gejala ini berlangsung dalam waktu yang singkat tetapi kadang-kadang sampai beberapa hari, biasanya akibat terjadinya petir, gempa bumi, atau letusan gunung berapi. Alat untuk mengukur intensitas kemagnetan dinamakan *magnetometer*.

Pengetahuan mengenai kemagnetan Bumi dapat digunakan untuk eksplorasi (pencarian) mineral dan bahan tambang lainnya dengan azas geofisika.

B. Sifat Panas Bumi

Bumi memilki sifat panas dari luar (*external heat*) dan dalam (*internal heat*). Panas dari luar bersumber dari pancaran sinar matahari, besarnya panas yang diterima oleh Bumi 10^{21} kalori setiap tahun. Penerimaan panas di permukaan Bumi tidak merata tergantung pada radian energi (*insolation*) dan beberapa faktor lain, misalnya distribusi daratan dan perairan, kedalaman, dan *crustal relief*, yakni tinggi rendahnya permukaan Bumi, penyebaran tumbuhan, arus laut, dan pergerakan udara (angin), serta ketandusan atau kegundulan suatu tempat. Faktor lain yang berpengaruh terhadap kemampuan menyerap panas Matahari adalah jenis batuan. Setiap penambahan tinggi 100 meter suatu tempat suhu turun $0{,}5^0$C (Mulyo, A., 2004: 42-44)

Gradien geotermal adalah tingkat kenaikan temperatur (^{0}C) apabila turun/masuk ke dalam Bumi setiap 100 meter. Untuk daerah Eropa rata-rata 3^0C/100 m sedangkan Amerika utara gradian geotermalnya $1{,}6^0$C/100 m.

Tempat-tempat yang semakin jauh dari khatulistiwa suhu udaranya semakin rendah. Suhu udara di daerah kutub rata-rata tahunannya minus 10^0C sampai minus 15^0C, bahkan lebih rendah dari itu. Akan tetapi suhu udara di gurun pasir mencapai 70^0C. Fluktuasi suhu udara di dekat permukaan Bumi sangat tinggi, kadang-kadang mencapai 100^0C. Namun, fluktuasi ini semakin berkurang apabila ke arah dalam Bumi, bahkan pada kedalaman tertentu hilang sama sekali. Daerah seperti ini dinamakan *zone of constant annual temperature*, yaitu zona yang suhunya tetap dari masa ke masa dalam setahun. Pada zona ini suhu tanah sama dengan suhu udara di atasnya karena bagian atasnya diselimuti *zona heliothermal*, yaitu lapisan kulit Bumi yang mendapat radiasi panas matahari.

Di bawah lapisan zona yang bersuhu konstan terdapat *zona geothermal*, yakni daerah yang suhunya tetap tinggi bukan berasal dari sinar Matahari melainkan dari dalam perut

Bumi sendiri. Derajat geotermik tidak sama pada setiap tempat, hal ini disebabkan beberapa faktor, yaitu:

1. Perbedaan sifat penghantar panas (*thermoconductivity*) dari lapisan tanah dan batuan. Semakin tinggi daya penghantar panasnya, semakin rendah derajat geotermiknya, begitu pula sebaliknya.
2. Proses reaksi kimia dari kandungan air yang terdapat dalam lapisan tanah dan batuan. Salah satu proses ini contohya reaksi antara air dengan batuan yang mengandung besi sulfida (FeS) yang banyak melepaskan panas.
3. Kondisi yang menyebabkan terbentuknya batuan. Pada lapisan batuan yang terlipat sehingga lapisannya miring atau tegak lurus maka kenaikan suhunya ke arah dalam lebih cepat dibandingkan lapisan batuan yang datar. Hal ini karena lapisan batuan penghantar panas lebih mendekati permukaan Bumi.
4. Gerakan air bawah permukaan. Tergantung aliran airnya panas atau dingin.
5. Gerakan air di permukaan Bumi. Daerah dekat lautan/laut derajat geotermiknya lebih tinggi daripada tempat-tempat yang jauh terhadap lautan atau laut.
6. Konsentrasi unsur-unsur radioaktif pada batuan. Pada tempat dengan konsentrasi radioaktifnya tinggi, derajat geotermikya menurun.

Dengan patokan derajat geotermik 33 meter untuk lapisan-lapisan litosfer, maka pada kedalaman 33 km suhunya 1.000^0C dan pada kedalaman 66 km dapat mencapai 2.000^0C. Pada suhu setinggi ini, batuan-batuan di bawah litosfera akan mencair, tetapi pada kedalaman tersebut tekanannya tinggi (11.000–14.000 atmosfer) menyebabkan batuan-batuan atau zat-zat berada dalam keadaan padat yang plastis. Apabila derajat geotermik tetap 33 meter, maka temperatur di pusat Bumi sekitar 193.060^0C. Ini berarti unsur-unsur yang berada di pusat dan mantel Bumi dalam keadaan cair. Dalam keadaan seperti ini lapisan permukaan Bumi (litosfera) juga akan mencair. Dengan demikian, suhu pada bagian dalam bumi tidak akan lebih antara 3.500^0–$4.000\ ^0$C. Hal ini dengan perhitungan adanya tekanan pada tempat tersebut sebesar 4.163.450 atm. Pada kondisi seperti ini maka batuan dalam mantel dan pusat Bumi bentuknya kenyal dan padat. Hal ini sesuai dengan data astronomis dan seismologis.

Pendapat terakhir menyatakan bahwa panas yang terjadi pada lapisan litosfera (lapisan batuan Bumi paling atas) berasal dari adanya reaksi zat-zat radioaktif. Unsur-usur yang mencair akibat reaksi ini akan bertambah volumenya sehingga tekanannya meningkat dan dapat mengakibatkan erupsi dalam bentuk massa air.

LATIHAN 1

Setelah Anda mempelajari uraian materi di atas, untuk mengetahui tingkat pemahaman Anda, coba jawab atau kerjakan latihan di bawah ini!

1. Apa yang dimaksud dengan:
   a. solar wind,
   b. magnetosfer,

c. aurora,
d. sabuk Van Allen (Van Allen belts),
e. inklinasi magnetik, dan
f. deklinasi magnetik.

2. Mengapa garis-garis isogon yang membujur dari titik Utara menuju titik Selatan tidak sama dengan titik kutub-kutub geografis?
3. Secara praktik, untuk apa kegunaan pengetahuan kemagnetan Bumi?
4. Yang mempengaruhi sifat panas Bumi adalah geotermal dan heliotermal. Jelaskan, apa yang Anda ketahui tentang hal itu?

RANGKUMAN

Di atas eksosfer ada daerah yang menunjukkan sifat magnetik Bumi dan berinteraksi dengan arus radiasi matahari yang disebut angin surya (*solar wind*) yang setelah sampai ke Bumi berinteraksi dengan medan magnetik Bumi yang disebut magnetosfera. Van Allen belts atau sabuk Van Allen adalah pita-pita radiasi yang berbentuk kue donat terbuat dari partikel-partikel bermuatan yang terperangkap dalam medan magnetik Bumi. Pada beberapa tempat di muka Bumi, arah isoklinik dan isogonik mengalami variasi definitif yang berhubungan dengan anomali magnetis. Aomali magnetis disebabkan adanya batuan atau massa besar yang mengandung magnet, seperti bijih besi dan mineral-mineral logam lainnya yang terletak di dekat permukaan Bumi. Pengetahuan mengenai kemagnetan Bumi dapat digunakan untuk eksplorasi (pencarian) mineral dan bahan tambang.

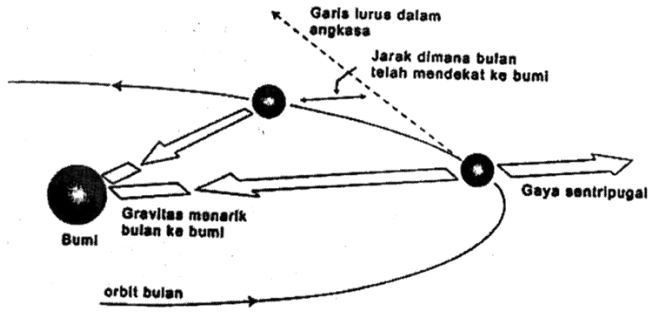
Bumi memiliki sifat panas yang dipancarkan dari luar (*external heat*) dan dari dalam (*internal heat*). Panas dari luar bersumber dari Matahari yang diterima oleh Bumi sebesar 10^{21} kalori setiap tahun. Setiap penambahan tinggi 100 m, suhu turun $0{,}5^0$ C. Di bawah lapisan zona yang bersuhu konstan terdapat zona *geothermal*, yaitu daerah suhunya tetap tinggi bukan karena pengaruh sinar Matahari tetapi panas dari dalam perut Bumi. Zona heliothermal, yakni zona yang suhunya tetap dari masa ke masa dalam setahun dan suhu tanah sama dengan suhu udara di atasnya akibat lapisan kulit Bumi mendapat radiasi panas Matahari.

Dengan patokan derajat geotermik 33 meter untuk lapisan-lapisan litosfer maka pada kedalaman 33 km suhunya 1.000^0 C dan pada kedalaman 66 km akan mencapai 2.000^0 C. Pada suhu setinggi ini jika tidak ada tekaan tinggi (11.000–14.000 atmosfer), batuan-batuan di bawah litosfer akan mencair. Oleh karena ada tekanan itu maka batuan-batuan tersebut tetap padat yang plastis.

Kegiatan Belajar 2
Gravitas dan Gravitasi Bumi

Menurut Tjasyono, B. HK. (2006: 103-106), konsep Gravitas (*gravity*) adalah salah salah satu dasar fisika klasik yang dapat menjelaskan fenomena berat, percepatan benda-benda yang jatuh, dan orbit satelit Bumi. Gravitas adalah universal, masuk ke dalam semua cabang fisika dan semua aspek kehidupan. Dalam geofisika, gravitas sangat menarik perhatian untuk berbagai alasan. *Pertama,* pengukuran gravitas dipakai untuk menentukan massa Bumi. *Kedua*, pengukuran gravitas memberikan informasi bentuk Bumi. Observasi gravitas yang teliti juga memberikan data tentang distribusi materi di bawah permukaan Bumi. Dalam penerapan praktis, pengukuran gravitas memungkinkan untuk mencari lokasi endapan minyak (oil deposits) dan ketidakteraturan (*irregularity*) komposisi lain dalam kerak Bumi. Walaupun gravitas mendekati konstan di atas permukaan Bumi tetapi gravitas bervariasi sedikit dan secara sistematik dengan lintang tempat. Gravitas juga bervariasi sekala kecil yang disebabkan oleh ketidakteraturan massa Bumi, misalnya pegunungan. Gravitas meter (*gravimeter*)yang teliti dipakai untuk mengukur dan memetakan anomali gravitas.

Newton memformulasikan hukum gravitas universal untuk menjelaskan gerak Planet dan Bulan. Menurut Newton, planet-planet tertarik ke Matahari oleh sebuah gaya gravitasi yang bekerja berdasarkan massa. Tentu Anda telah mempelajarinya pada Bahan Belajar Mandiri sebelumnya, bahwa besarnya gaya gravitasi sebanding dengan massa Matahari dan planet, dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua benda tersebut. Jarak antara kedua benda dalam hukum gravitasi adalah jarak antara pusat-pusat massa kedua benda. Planet "jatuh" ke arah Matahari sebagai akibat atraksi massa ini. Jadi, planet akan ditarik ke arah dalam, menjauhi dari sebuah garis lurus di angkasa dan memaksa untuk bergerak dalam lintasan lengkung (*eliptik*) di sekitar Matahari. Newton membuktikan hukumnya dengan menghitung efek gravitasional Bumi terhadap Bulan. Perhatikan gambar 11.3 berikut ini.



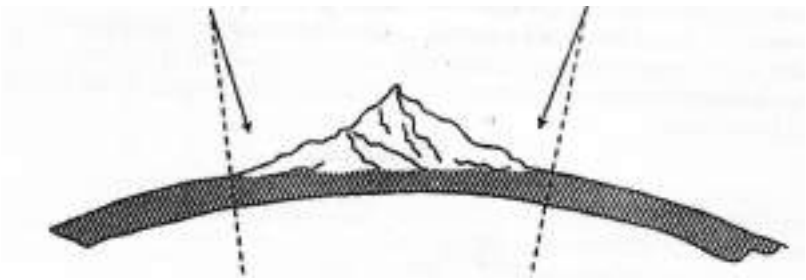
Gambar 11.3. Gerakan Sentripetal Bulan akibat Atraksi Gravitasional Antara Bulan dan Bumi

Gaya gravitasional menyebabkan Bulan/Planet mempercepat secara konstan ke arah Bumi/Matahari ketika Bulan/Planet bergerak dalam orbitnya, ini disebut percepatan *sentripetal*. Oleh karena adanya inersia (kelembaman), benda yang melakukan revolusi akan melakukan dalam sebuah garis lurus, jika tidak ada gravitas. Kecenderungan benda untuk bergerak dalam sebuah garis lurus dapat dinyatakan oleh gaya imaginer berarah keluar yang disebut gaya sentrifugal. Kita dapat menduga gravitas sebagai gaya lawan dari gaya inersial ini. Dengan membayangkan sebuah gaya sentrifugal, barangkali kita dibantu untuk melihat bagaimana benda yang melakukan revolusi akan tetap pada orbitnya. Gaya sentrifugal (F) sama dengan massa benda yang melakukan revolusi (m) dikalikan jarak radialnya dari pusat rotasi (R) dikalikan kuadrat kecepatan sudutnya (ω^2).

Untuk melengkapi karya Newton, perlu menentukan konstanta perbandingan (konstanta gravitasional universal) yang muncul dalam hukum gravitasi universal. Hal ini dapat dilakukan dengan mengukur massa Bumi atau di laboratorium dengan mengukur gaya gravitasional antara dua massa yang diketahui dengan jarak tetap. Setelah diketahui konstanta perbandingan maka dapat dihitung massa Bumi dari percepatan gravitasional. Dengan menentukan massa Bumi, maka dapat ditentukan massa Matahari, Bulan, dan Planet melalui hukum gravitasi.

Dalam abad ke-18, pengukuran gravitas yang tepat dapat menentukan bentuk Bumi lebih teliti. Bersamaan dengan itu, variasi gaya gravitas diamati dan dikaitkan dengan pegunungan dan iregularitas (ketidakteraturan) densitas Bumi. Penemuan penting berdasarkan pengukuran gravitas adalah fakta bahwa pegunungan (gunung) tampaknya "terapung" pada material yang relatif ringan yang terletak di bawahnya, suatu fenomena yang dikenal sebagai isostasi (*isostasy*). Pada tahun 1738, Bouguer berusaha tanpa hasil mengukur konstanta gravitas dengan mengukur defleksi sebuah garis timbangan (*plumb line)* yang disebabkan oleh tarikan gravitasional sebuah gunung di Peru, massa gunung diketahui dari pemboran.

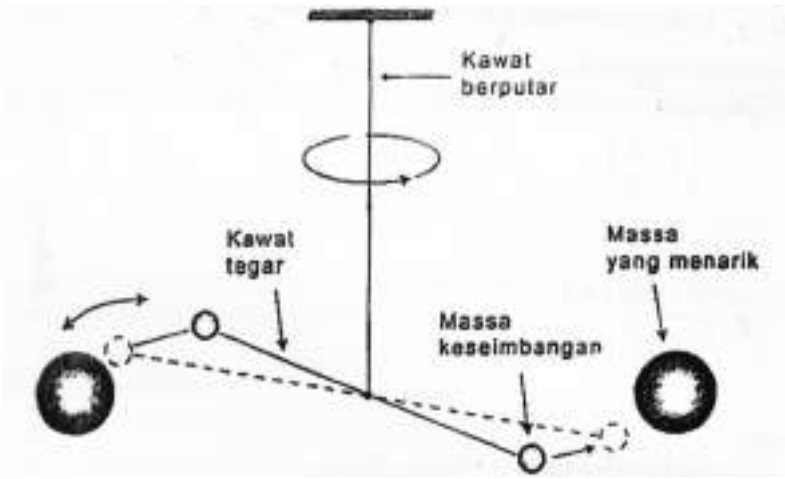
Pada tahun 1774 Marskelyn, di Skotlandia lebih sukses dalam menggunakan metode gunung, yang diilustrasikan dalam gambar 12.4. di bawah ini.



Gambar 11.4. Defleksi Garis Timbangan oleh Massa Gunung dengan Mengabaikan Efek Isostasi

Defleksi garis timbangan dari vertikal astronomis diukur dari dua lereng gunung. Massa gunung yang menyebabkan atraksi gravitasional horisontal dan defleksi garis timbangan, diukur secara bebas (*independently*) dari contoh (*samples*) batuan dan volume gunung, sehingga konstanta gravitasional dan massa Bumi dapat ditentukan. Diperoleh bahwa garis timbangan sebenarnya dapat disimpangkan jauh dari gunug tersebut akibat efek isostasi. Pada kenyataanya Bouguer (1738) dalam Tjasyono, B.HK. (2006: 106) telah menemukan secara menakjubkan bahwa gunung dalam percobaannya menyebabkan efek defleksi yang lebih kecil daripada yang ia perkirakan, sehingga Bouguer merupakan orang pertama yang melihat fenomena isostasi (keseimbangan isostatik).

Pengukuran konstanta gravitasional yang teliti dan pertama kali dilakukan oleh Hendry Cavendish (1731 - 1810) di sekitar tahun 1798. Cavendish memakai sebuah neraca puntir (*torsions balance*) dan mengetahui massa untuk mengukur gaya gravitas, seperti diilustrasikan dalam gambar 11.5 berikut ini.



Gambar 11.5. Pemakaian Neraca Torsi untuk Mengukur Konstanta Gravitasional Universal

Dengan mengukur defleksi massa yang melekat pada kawat yang menggantung, ketika dua massa yang lebih besar yang ditempatkan di dekat massa-massa yang melekat pada kawat tersebut saling menarik, Cavendish dapat mengukur gaya gravitasional antara benda-benda yang saling menarik. Oleh karena massa benda dan jarak antara massa-massa tersebut diketahui maka konstanta gravitasional universal dapat dihitung.

Konstanta gravitasional universal hukum Newton yang ditentukan oleh Cavendish (1798) adalah 6,67 x 10^{-8} cm^3 g^{-1} s^{-2}. Dari nilai ini, dapat dihitung massa Bumi, jika diketahui radius Bumi. Dalam satuan sistem internasional (SI), nilai konstanta (gravitasional) universal adalah G = 6,67 x 10^{-11} Nm^2 kg^{-2}, tentu Anda masih ingat pada persamaan Hukum Newton tentang gravitasi universal pada BAB yang lalu ($F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$)

Hubungan Gravitas dan Gravitasi

Jika massa Bumi M, dan massa atmosfer m, maka gaya tarik Bumi terhadap atmosfer scara vektor dapat ditulis sebagai berikut:

$$\overrightarrow{\mathbf{F_g}} = -\frac{\mathbf{GM\vec{m}r}}{\mathbf{r^2}} \quad \textbf{(11.2.1)}$$

$\vec{r}$ adalah vektor yang besarnya r dan arahnya dari M ke m, dan r adalah jarak antara benda M dan m. Tanda negatif adalah gaya tarik berlawanan dengan vektor jarak.

Gaya tarik Bumi per satuan massa atmosfer (m) atau percepatan gravitasi dapat ditulis:

$$\frac{\overrightarrow{\mathbf{F_g}}}{\mathbf{m}} = \overrightarrow{\mathbf{g}}* - \frac{\mathbf{GM\vec{m}r}}{\mathbf{r^2}} \quad \textbf{(11.2.2)}$$

g* adalah gaya gravitasi per satuan massa. Jika percepatan gravitasi pada paras laut rata-rata (*mean sea level*) adalah $\overrightarrow{g_0^*}$ maka percepatan gravitasi pada ketinggian z adalah:

$$\overrightarrow{\mathbf{g}^*} = \frac{\overrightarrow{\mathbf{g}^*}}{\mathbf{1}+\frac{\mathbf{z^2}}{\mathbf{a}}} \quad \textbf{(11.2.3)}$$

dengan

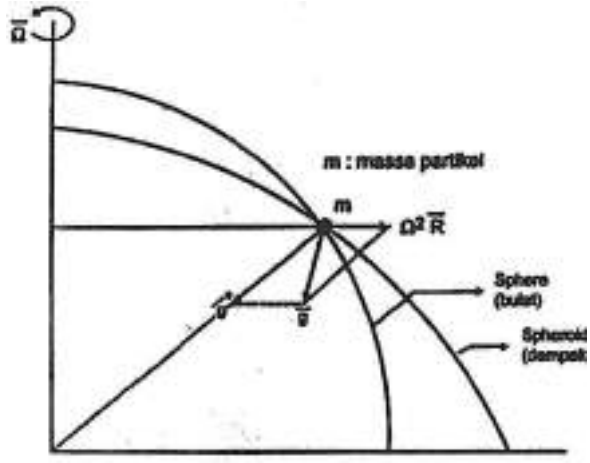
$$\overrightarrow{\mathbf{g_0^*}} = \frac{\mathbf{GM\vec{r}}}{\mathbf{a}}$$

Keterangan:
a = jari-jari Bumi
z = tinggi di atas paras laut rata-rata
r = a + z

Pada umumnya z << a, sehingga dapat dianggap g* =g_o*, dengan demikian → percepatan gravitasi dapat dianggap konstan.

Sebuah partikel yang diam di permukaan Bumi yang berputar dengan kecepatan sudut Ω akan mengalami gaya sentripugal sebesar $\Omega\ 2\vec{R}$ di mana $\vec{R}$ adalah vektor posisi dari sumbu rotasi sampai partikel. Gabungan antara gaya gravitasi persatuan massa (g*) dan gaya sentripugal per satuan massa ($\Omega^2\ \vec{R}$)) disebut gaya gravitas per satuan massa atau percepatan gravitas yang secara sederhana disebut "gravitas", yaitu:

$$\vec{g} = \vec{g}^* + \Omega^2 \vec{R} \quad \textbf{(11.2.4)}$$



Gambar 11.6. Gravitas (g) dan gravitasi (g*)

Gravitasi menuju ke arah pusat Bumi, gaya sentrifugal berarah menjauhi sumbu rotasi Bumi. Jadi gravitas tidak menuju pusat Bumi kecuali di ekuator dan kutub. Oleh karena Bumi berputar terhadap sumbu imaginernya maka bentuk Bumi dempak/pepat (spheroid) dengan jari-jari ekuator lebih besar daripada kutub dengan beda sekitar 21,5 km.

Persamaan empirik percepatan gravitas pada paras laut rata-rata fungsi litang ϕ adalah:

$$\mathbf{g^{\phi} = 980{,}616\ (1 - 0{,}002644 \cos 2\phi + 0{,}000007 \cos 2\phi)} \quad \textbf{(11.2.5)}$$

$g\phi$ adalah gravitas pada lintang tempat ϕ dalam cm s^{-2} dan ϕ dalam derajat. Menurut persamaan (11.2.5), gravitas pada lintang tempat 45^0 adalah: g_{45} = 980,616 cm s^{-2}, dan secara praktis persamaan (11.2.5) dapat di tulis:

$$\mathbf{g^{\phi} = 980{,}616\ (1 - 0{,}0026 \cos 2\phi)\ cm\ s^{-2}} \quad \textbf{(11.2.6)}$$

Di ekuator (ϕ = 0) gaya sentrifugal maksimum dan berarah menjauhi pusat Bumi sedangkan gravitasi menuju pusat Bumi, sehingga nilai gravitasi minimal, yaitu:

$$\mathbf{g_0 = 980{,}616\ (1 - 0{,}0026)\ cm\ s^{-2}} \quad \textbf{(11.2.7)}$$

Di kutub (ϕ = 0) gaya sentripugal nol, sehingga gravitas maksimum, yaitu:

$$\mathbf{g_{90} = 980{,}616\ (1 + 0{,}0026)\ cm\ s^{-2}} \quad \textbf{(11.2.8)}$$

Jika dibandingkan gravitas di ekuator, di kutub dan di lintang tempat ϕ = 45^0, diperoleh:

$$\frac{g_{90} - g_0}{g_{43}} = 0{,}0052 = 0{,}5\% \quad \textbf{(11.2.9)}$$

Ini berarti bahwa variasi gravitasi pada paras laut rata-rata sangat kecil (0,5%) dari nilai normal, karena itu variasi gravitas terhadap lintang tempat dapat diabaikan.

Perbandingan gravitas pada tinggi z dan gravitas pada paras laut rata-rata (z-0) adalah:

$$\frac{g}{g_0} = \frac{a^2}{(a+z)^2} \text{ atau } g_z = g_0 \frac{1}{1+\frac{z^2}{a}} \quad \text{..... (11.2.10)}$$

Keterangan:
a = jari-jari Bumi
z = tinggi paras laut rata-rata

Dengan mengabaikan $(z/a)^2$ maka persamaan 12.2.10 menjadi:

$$g_z = g_0\ 1 - 2\frac{a}{z} \quad \text{..... (11.2.11)}$$

Jika jari-jari Bumi rata-rata *a* dimasukkan ke persamaan (12.2.11) maka

$$g_z = g_0\ (1 - 3,14x10^{-7}z) \quad \text{..... (11.2.11)}$$

z dalam meter dan g dalam cm s^{-2}.

Percepatan gravitas sebagai fungsi lintang tempat ϕ dan tinggi tempat z dapat ditulis dengan ekspresi berikut:

$$g_{\phi,z} = 980,6\ (1–0,0026 \cos 2\ \phi\ )(1–3,14 \times 10^{-7}z) \text{ cm s}^{-2} \quad \text{..... (11.3.13)}$$

Persamaan (12.2.13) berlaku untuk atmosfer bebas, sehingga untuk daerah pegunungan harus dikoreksi dengan memperhitungkan gravitas gunung.

LATIHAN 2

Setelah Anda mempelajari uraian materi di atas, untuk mengetahui tingkat pemahaman Anda, coba jawab atau kerjakan latihan di bawah ini.

1. Mengapa gravitas di ekuator mempunyai nilai minimum?
2. Bagaimana caranya menentukan gravitas dengan bandul sederhana?

RANGKUMAN

Dalam geofisika, gravitas dapat dipakai untuk menentukan massa Bumi dan memberikan informasi bentuk Bumi. Pengukuran gravitas memungkinkan dapat mencari lokasi mendapat minyak dan ketidakteraturan (*irregularity*) komposisi dalam kerak Bumi. *Gravitas* tidak menuju pusat Bumi kecuali di ekuator dan di kutub, sedangkan *gravitasi* menuju pusat Bumi. Di ekuator (lintang 0^0) gaya sentrifugal maksimum berarah menjauhi pusat Bumi sedangkan gravitasi menuju pusat Bumi, sehingga nilai gravitasnya minimum. Sebaliknya di kutub (lintang 90^0), gaya sentrifugal nol sehingga nilai gravitasnya menjadi maksimum. Nilai gravitas pada atmosfer bebas perlu dikorekasi untuk daerah pegunungan dengan memperhitungkan gravitas gunung.

DAFTAR PUSTAKA

Mulyo, Agung. (2004). *Pengantar Ilmu Kebumian*. Bandung: CV Pustaka Setia.

Rachman B. 2001. *Bulan Sebagai Satelit Bumi*. Bandung. Upi. Press

Simamora, P. (1975). *Ilmu Falak*. Jakarta: CV Pejuang Bangsa.

Tjasyono, Bayong, HK. (2006). *Ilmu Kebumian dan Antariksa.* Bandung: PT Remaja Rosdakarya Bekerja Sama dengan Program Pascasarjana UPI.

GLOSARIUM

anomali	:	penyimpangan
aurora	:	gejala berupa cahaya di langit berbentuk berkas, pita, atau tirai yang biasanya berwarna merah, hijau dan ungu
atraksi	:	daya tarik
crustal relief	:	tinggi rendahnya permukaan bumi
defleksi	:	pembelokan, pengelakan
erupsi	:	letusan, ledakan; pemunculan
external heat	:	sifat panas bumi dari luar hal-hal yang dapat disaksikan dengan indra dan dapat diterangkan serta dinilai secara ilmiah
fluktuasi	:	perubahan yang terus-menerus
geotermal	:	panas dari dalam (perut) bumi
gradien	:	0 apabila turun/masuk ke dalam bumi setiap 100 meter
gravimeter	:	alat pengukur gravitas
gravitas, *gravity*	:	gaya berat; dapat menjelaskan fenomena berat, percepatan benda benda yang jatuh, dan orbit satelit bumi
gravitasional	:	gaya tarik
heliotermal	:	radiasi panas dari matahari
imaginer	:	khayal
inersia	:	kelembaman, kemalasan; dalam keadaan diam cenderung diam dan dalam keadaan bergerak cenderung terus bergerak
intensitas	:	kekuatan, keadaan (tingkatan)
magnetic declination	:	deklinasi magnetik, besarnya sudut yang dibentuk antara arah jarum magnet dengan bujur geografis
magnetic inclination	:	inklinasi magnetik, sudut kemiringan antara jarum magnet terhadap horizontal
magnetometer	:	alat pengukur intensitas kemagnetan
magnetosfera	:	pancaran-pancaran partikel matahari yang sampai di bumi berinteraksi dengan magnet bumi goyangan
osilasi	:	garis timbangan
plumb line	:	gaya tarik ke luar, bumi/planet ditarik ke arah matahari
sentrifugal	:	gaya tarik ke dalam, bulan ditarik ke arah bumi
sentripetal	:	angin surya, pancaran-pancaran partikel matahari

solar wind	:	*magnetic storm*, badai magnet
storm	:	sifat penghantar panas
thermoconductivity		
Van Allen belts	:	sabuk Van Allen, pita-pita radiasi yang berbentuk kue donat dalam medan magnet bumi
vektor, vector	:	panah, kecepatan yang mempunyai jarak dan arah

BAB 12
BULAN SEBAGAI SATELIT BUMI

PENDAHULUAN

Pada Bahan Belajar Mandiri yang lalu Anda telah mempelajari tentang Planet Bumi dalam sistem Tata Surya. Pada Bahan Belajar Mandiri ini Anda akan mempelajari tentang Satelit yang merupakan pengikut dari Planet. Dalam sistem Tata Surya tidak setiap Planet memiliki satelit. Planet Yupiter merupakan planet yang paling banyak memiliki satelit, yaitu 17 satelit, kemudian Saturnus 9 satelit, Uranus 5 satelit, Neptunus 2 satelit, Mars 2 satelit, dan Bumi memiliki 1 satelit.

Satelit Bumi bernama Bulan atau Luna. Di antara satelit-satelit planet, Bulan banyak memengaruhi gejala alam di Bumi, misalnya pasang surut air laut. Jarak antara Bulan dengan Bumi adalah 384 x 103 km, diameternya 0,27 kali diameter Bumi (3.476 km), densitas (massa jenis) Bulan 3,33 g/cm^3, dan gravitasinya 0,17 kali gravitas Bumi. Bidang orbit Bulan miring dengan sudut 5,1 derajat terhadap bidang ekliptika (bidang orbit Bumi).

Pada BAB ini, Anda akan mempelajari bagian Bulan, rupa Bulan, gerak Bulan fasa dan aspek Bulan serta kalender Bulan.

Setelah Anda mempelajari BAB ini, secara umum diharapkan Anda mengetahui dan memahami Bulan sebagai satelit Bumi dan pengaruh-pengaruh Bulan terhadap gejala alam di Bumi sedangkan secara khusus Anda dapat:

1. menjelaskan ukuran Bulan,
2. menjelaskan keadaan rupa Bulan,
3. menjelaskan bagian Bulan,
4. menjelaskan pergerakan Bulan,
5. menjelaskan perbedaan fasa dan aspek Bulan
6. menjelaskan perbedaan kalender syamsiah dan komariah
7. menjelaskan perbedaan gerhana Matahari dengan gerhana Bulan, dan
8. menjelaskan peristiwa pasang surut air laut.

Untuk membantu Anda mencapai tujuan tersebut, BAB ini diorganisasikan menjadi dua Kegiatan Belajar (KB), yaitu:

KB 1: Bagian, rupa, dan gerak Bulan serta fase dan aspek Bulan.
KB 2: Kalender Bulan, Gerhana dan pasang surut air laut.

Agar Anda mudah mempelajari sendiri Bahan Belajar Mandiri ini sebaiknya memerhatikan beberapa petunjuk di bawah ini:

1. Bacalah dengan cermat bagian pendahuluan ini sampai Anda memahami secara tuntas bagaimana mempelajari materi Bahan Belajar ini.

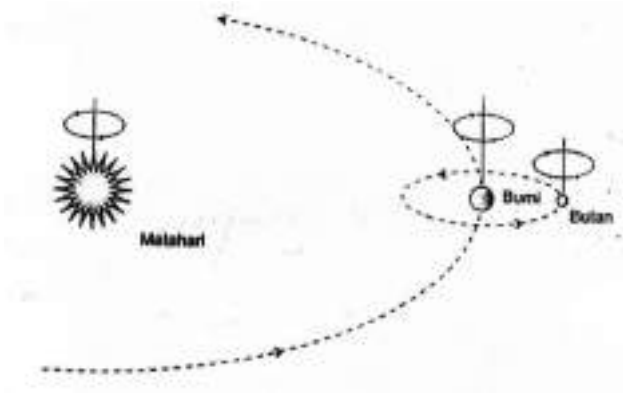
2. Bacalah sepintas bagian demi bagian dan temukan kata-kata kunci dari kata-kata yang dianggap baru. Carilah dan baca pengertian kata-kata kunci tersebut dalam kamus yang Anda miliki.
3. Tangkaplah pengertian demi pengertian melalui pemahaman sendiri dan bertukar pikiran dengan teman yang lain atau dengan dosen/tutor Anda.
4. Untuk memperluas wawasan, baca dan pelajarilah sumber-sumber lain yang relevan. Anda dapat menemukan bacaan dari berbagai buku sumber termasuk dari *internet.*
5. Mantapkanlah pemahaman Anda dengan mengerjakan latihan dan diskusi dalam kegiatan tutorial dengan mahasiswa lain atau teman sejawat.
6. Jawablah soal-soal yang tercantum pada setiap akhir kegiatan belajar. Hal ini berguna untuk mengetahui kemampuan Anda dalam memahami materi Bahan Belajar Mandiri ini.

Selamat Belajar!

Kegiatan Belajar 1
Bagian, Rupa, dan Gerak Bulan Serta Fasa, dan Aspek Bulan

Bulan merupakan satelit Bumi dalam sistem Tata Surya. Anda telah mempelajari pada BAB sebelumnya bahwa dalam sistem Tata Surya, benda yang paling besar adalah Matahari dengan diameter 109 kali diameter Bumi dan massanya 333.000 kali massa Bumi. Sebagaimana benda-benda langit lain, Bulan juga berbentuk bulat dengan diameternya adalah 3.476 km atau 2.59 mil, yaitu kurang lebih ¼ besar Bumi, sedangkan massa Bulan kurang lebih 1% massa Bumi. Jarak Bulan dengan Bumi terjauh atau *apogee* (Yunani: *ap* artinya jauh, *gee* artinya Bumi) adalah 253.000 mil (1 mil = 1,609 km), sedangkan jarak terdekatnya dari Bumi atau *perigee* (Yunani: *peri* artinya dekat, *gee* artinya Bumi) adalah 222.000 mil. Jarak rata-rata Bulan–Bumi adalah 238.860 mil atau 384.330 k m (Tjasyono, B.HK., 2006: 39).

Dalam sistem Matahari–Bumi–Bulan, revolusi Bumi mengelilingi Matahari, Bulan mengelilingi Bumi, dan rotasi ketiga benda tersebut berputar pada sumbu-sumbunya mempunyai arah yang sama. Perhatikan gambar 12.1. di bawah ini:



Gambar 12.1. Gerakan Sistem Matahari–Bumi–Bul an

Menurut Dirdjosoemarto, S., dkk. (1991: 405) permukaan Bulan terdiri dari bagian-bagian yang disebut:

1. *Terra*, yaitu daerah terlihat terang, ditaburi kawah.
2. *Marta*, yaitu daerah gurun batuan gelap yang diselubungi lava basah, hanya sedikit terdapat kawah.
3. *Lembah*, terdapat banyak lembah sempit (riil) ada yang memanjang hingga 100 km.
4. *Gunung*, ada yang mencapai ketinggian 8.000 m.

5. *Kawah,* diduga jumlahnya mencapai 40.000 dengan diameternya antara 2–200 km. Kawah ini kemungkinan berasal dari kegiatan vulkanis dan tumbukan meteorit.

Pada akhir-akhir ini pengetahuan tentang Bulan maju dengan pesat berkat berhasilnya pendaratan manusia di Bulan. Sungguhpun demikian belum ada manusia yang bisa menetap di sana. Seismometer yang dibawa pesawat angkasa Apollo menunjukkan bahwa Bulan lebih sunyi gempa bulan. Gempa di Bulan dapat berlangsung antara 60 sampai 100 menit. Umur batuan Bula yang dibawa misi Apollo berkisar antara 3.300 sampai 4.600 juta tahun, sedangkan umur batuan tertua di Bumi diduga 3.600 juta tahun, artinya bulan membeku lebih dahulu daripada Bumi (Dirdjosoemarto, S., dkk., 1991:405).

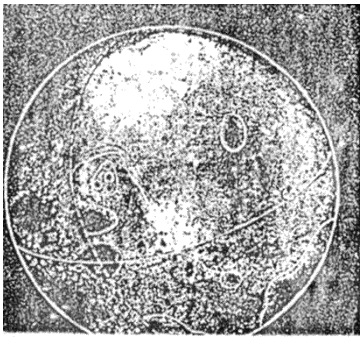
Pada waktu bulan purnama banyak bagian Bulan yang dapat diamati dari Bumi. Kawah-kawah yang telah dikenal manusia di antaranya Kawah Ptolomeus yang luasnya diperkirakan mencapai 150 km^2, Kawah Tycho yang pada waktu bulan purnama bercahaya kemilau dengan tebingnya yang tinggi, Kawah Pluto yang diameternya mencapai 90 km, Kawah Bruno diduga kawah yang paling muda, dan ribuan kawah lainnya.

Menurut Hidayat, B. (1978: 46-50), muka Bulan yang menghadap ke Bumi selalu sama. Separuh lagi tidak pernah berhadapan dengan Bumi. Jadi rupa Bulan yang kita saksikan hanyalah bagian Bulan yang menghadap Bumi saja. Rupa permukaan Bulan yang menghadap ke Bumi semakin jelas terlihat setelah diambil gambarnya dari jarak dekat, misalnya oleh pesawat antariksa Apollo. Ternyata ada bagian-bagian Bulan yang kelihatan agak gelap, halus, dan datar. Bagian ini sering dianggap sebagai *laut* atau *maria*. Yang dulu disangka laut ini sebenarnya hanyalah dataran yang kering dan halus permukaannya. Selain maria terlihat pula kawah-kawah, ada yang mengatakan bahwa kawah (kepundan) ini terjadi karena vulkanisme. Akan tetapi kemungkinan besar karena tabrakan meteorit karena di Bulan tidak memiliki atmosfer. Bulan pun mempunyai barisan-barisan pegunungan dan dataran tinggi. Perhatikan perbedaan rupa permukaan bulan yang terlihat dalam teropong dari Bumi (gambar 13.2) dan permukaan Bulan yang diambil dari jarak dekat (gambar 13.3) di bawah ini.

Gambar 12.2. Rupa permukaan Bulan yang terlihat dalam teropong dari Bumi.

Gambar 12.3. Rupa permukaan Bulan (foto) yang diambil dari jarak dekat.

Muka Bulan yang sebelah lagi, yaitu bagian belakang baru dapat dilihat gambarnya untuk pertama kalinya pada tahun 1959. Gambar ini dikirim oleh pesawat-pesawat antariksa. Muka bulan yang sebelah lagi dapat dilihat pada gambar 12.4 di bawah ini.



Gambar 12.4. Foto bagian belakang Bulan dari salah satu pesawat antariksa.

Telah diduga dari semula bahwa Bulan tidak memiliki atmosfer. Dugaan ini terbukti dari hasil pendaratan manusia di Bulan. Tidak adanya atmosfer ini menimbulkan beberapa akibat, antara lain:

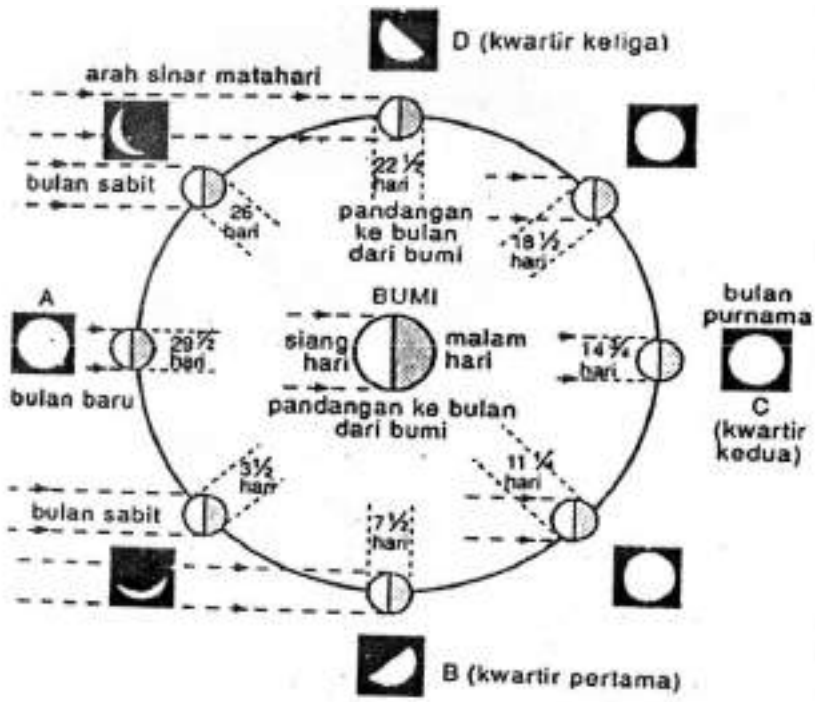
1. Suhu pada permukaan Bulan dapat berubah dengan cepat, yaitu suhu pada bagian yang mendapat cahaya Matahari melebihi titik didih mencapai 110^0 C, sedangkan di bagian yang tidak mendapat cahaya matahari mencapai minus173^0 C (-173^0 C).
2. Di Bulan tidak ada perambatan bunyi, karena itu kita tidak dapat mendengar suara sehingga Bulan merupakan tempat yang sepi.
3. Langit di Bulan hitam kelam, tidak biru seperti langit di Bumi. Langit Bumi kelihatan biru disebabkan adanya debu angkasa yang menyebarkan cahaya gelombang pendek yang berwarna biru lebih banyak daripada cahaya gelombang panjang. Anda masih

ingat tentang spektrum cahaya, bukan? Di Bulan penyebaran cahaya oleh angkasa itu tidak ada.

4. Oleh karena di Bulan tidak ada atmosfer, maka di Bulan tidak mengenal adanya siklus *biogeokimia* sehingga di Bulan tidak mungkin ada kehidupan.

Anda telah mempelajari pada Bahan Belajar Mandiri yang lalu dan tentu telah memahaminya bahwa Bulan melakukan tiga gerakan sekaligus. Pertama Bulan mengelilingi sumbunya sendiri atau gerakan rotasi; kedua, Bulan mengelilingi Bumi atau revolusi bulan; dan ketiga, bersama-sama dengan Bumi, Bulan itu mengelilingi matahari. Meskipun mempunyai tiga gerakan sekaligus, ternyata kala rotasi Bulan sama dengan kala revolusinya sehingga bagian Bulan yang menghadap ke Bumi selalu sama. Sebagaimana Bumi, Bulan pun tidak mempunyai cahaya sendiri. Cahaya Bulan yang sering kita saksikan adalah cahaya Matahari yang dipantulkannya.

Menurut Tjasyono, B.HK. (2006:40-42) bidang orbit Bulan miring dengan sudut $5{,}1^0$ (5^0) terhadap bidang ekliptika. Fasa atau bentuk Bulan tergantung pada posisinya relatif terhadap Bumi dan Matahari. Perhatikan gambar 12.5 berikut ini.



Gambar 12.5. Fasa Bulan ketika berevolusi terhadap Matahari

Dari kedudukan bulan muda (fasa bulan muda), Bulan berada dalam konjungsi (*konjuction*), yaitu Bulan berada antara Bumi dan Matahari yang pada waktu ini hanya sisi Bulan yang menjauhi Bumi disinari Matahari. Bulan beredar ke arah perempatan atau

kwartir pertama, yaitu titik B. Separuh bagian Bulan yang menghadap Bumi mendapat cahaya Matahari, karena itu kita dapat melihat Bulan setengah cakram atau piring. Begitu meninggalkan fasa bulan muda Bulan mulai kelihatan. Mula-mula seperti sabit, makin lama makin besar dan sampai *setengah cakram*. Yang setengah cakram ini sebenarnya seperempat dari seluruh bola Bulan. Pada waktu ini hanya sisi Bulan yang menjauhi Bumi disinari Matahari, dan fasa Bulan adalah bulan baru. Oleh karena itu bulan tampak di atas horison hanya pada siang hari dan masih tampak gelap.

Dari kwartir pertama, Bulan menuju kwartir kedua atau bulan purnama pada titik C, yaitu Bulan berada pada sisi Bumi yang membelakangi Matahari yang disebut bulan dalam oposisi. Pada saat ini Bumi berada antara Bulan dan Matahari. Seluruh bagian Bulan yang menghadap Bumi mendapat cahaya Matahari sehingga kita dapat melihat Bulan paling besar, yang disebut *bulan purnama* atau *bulan penuh*. Bulan kelihatan seperti *sebuah cakram*. Sebenarnya yang kita lihat separuh dari bola Bulan.

Dari bulan purnama, Bulan bergerak ke arah perempatan ketiga yaitu titik D. Keadaannya sama dengan kwartir pertama, tetapi yang kelihatan dari Bulan adalah setengah cakram yang sebelah lagi dari bagian bulan yang menghadap Bumi. Begitu meninggalkan bula purnama, Bulan yang kelihatan semakin kecil, sampai menjadi setengah cakram pada perempatan ketiga.

Selanjutnya Bulan kembali ke titik A. Bulan mengecil, lalu menghilang atau mati sehingga disebut *bulan mati*. Bulan mati ini berarti permulaan bagi bulan berikutnya. Oleh karena itu bisa disebut bulan baru atau bulan muda.

Keempat kedudukan Bulan dengan bentuknya masing-masing itulah yang dinamakan fasa atau bentuk utama Bulan. Setiap hari Bulan menjalani 360/27,3 atau 13,2 derajat dari garis edarnya (waktu revolusi bulan adalah 27,3 hari). Oleh karena arahnya sama dengan arah revolusi dan rotasi Bumi, maka Bulan selalu ketinggalan sejauh 13,5 derajat setiap hari, karena setiap derajat dijalani rotasi Bulan dalam waktu empat menit maka terbit Bulan selalu ketinggalan kira-kira 50 menit (13,2 x 4 = 52,8) dari waktu terbit semalam sebelumnya.

Interval waktu yang dibutuhkan agar bulan melalui seluruh fasanya, misalnya dari bulan baru ke bulan baru berikutnya disebut bulan sinodik dan sama dengan sekitar 29,5 hari (29 hari, 12 jam, 44 menit, 2,8 detik). Interval waktu ini adalah dasar dari bulan kalender.

Beda dengan bulan *sideral* yang periode revolusi bulan relatif terhadap Bintang, Bulan *sinodik* adalah periode revolusi Bulan relatif terhadap Matahari. Bintang-bintang dapat ditinjau berjarak tak terhingga, jadi cahaya Bintang dapat dianggap masuk ke tata surya sepanjang sinar-sinar yang paralel. Oleh karena Bumi berputar terhadap matahari, maka bulan harus melakukan perjalanan lebih jauh daripada satu revolusi sideral untuk melengkapi revolusi sinodiknya relatif terhadap matahari. Jarak ekstra (tambahan) sesuai dengan 1/12 sebuah lingkaran (1 bulan atau 1/12 x 1 tahun) dalam orbit Bumi, dan

karenanya sesuai dengan 1/12 sebuah lingkaran atau 2 1/3 hari dalam orbit Bulan, maka Bulan sinodik (dari fasa ke fasa) adalah 2 1/3 hari lebih lama daripada bulan sideral.

LATIHAN 1

Setelah Anda mempelajari uraian materi di atas, untuk mengetahui tingkat pemahaman Anda, coba jawab atau kerjakan latihan di bawah ini.

1. Planet-planet mana saja yang mempunyai satelit?
2. Mengapa muka Bulan yang menghadap ke Bumi selalu sama, dan mulai kapan manusia dapat melihat foto Bulan yang sebelah lagi (bagian belakang)?
3. Di Bulan pun mempunyai barisan-barisan pegunungan dan dataran tinggi serta kawah-kawah. Kawah-kawah ini ada yang memprediksi terjadi karena vulkanisme dan karena tabrakan meteor. Bagaimana pendapat Anda tentang hal itu? Berikan alasan pendapat itu!
4. Bagaimana posisi Bulan yang berada dalam konjungsi dan Bulan yang berada dalam oposisi?
5. Bagaimana Anda menjelaskan kepada siswa SD bahwa Bulan yang terlihat hanya bagian yang menghadap Bumi dan mendapat cahayanya dari Matahari!

RANGKUMAN

Bulan merupakan satelit Bumi dalam sistem Tata Surya. Diameter Bulan adalah 3.476 km, massa Bulan kurang lebih 1% dari massa Bumi (1% dari 5,98 x 10^{24} kg), dan jarak Bulan–Bumi rata-rata 384.330 km.

Bulan melakukan tiga gerakan sekaligus, yaitu Bulan mengelilingi sumbunya sediri (rotasi), Bulan mengelilingi Bumi (revolusi), dan bersama-sama Bumi, Bulan mengelilingi Matahari. Kala rotasi Bulan sama dengan kala revolusinya, artinya sekali Bulan mengelilingi Bumi, sekali pula mengelilingi sumbunya. Akibat dari itu bagian muka Bulan yang menghadap Bumi selalu sama. Bidang orbit Bulan miring dengan sudut 5^0 terhadap bidang ekliptika (bidang orbit Bumi).

Fasa (bentuk) Bulan tergantung posisinya relatif terhadap Bumi dan Matahari. Jika Bulan berada di antara Bumi dan Matahari dikatakan bulan berada dalam *konjungsi*, pada waktu itu hanya sisi Bulan menjauhi Bumi disinari Matahari, fasa Bulan adalah *bulan baru* atau *bulan muda*. Sebaliknya jika Bulan berada pada sisi Bumi yang membelakangi Matahari disebut Bulan dalam *oposisi* yang seluruh bulatan Bulan menghadap Bumi disinari cahaya Matahari, fasa Bulan adalah *bulan penuh* atau *bulan purnama*.

Bulan tidak memiliki atmosfer akibatnya suhu Bulan berubah dengan cepat, tidak ada perambatan bunyi sehingga keadaannya sepi, langitnya hitam kelam, dan meteor mudah jatuh menghancurkan permukaan Bulan.

Bulan sinodik adalah periode revolusi Bulan relatif terhadap Matahari, interval waktu dari bulan baru ke bulan baru berikutnya adalah 29,5 hari, sedangkan bulan sideral adalah periode bulan relatif terhadap Bintang (dari fasa ke fasa = 27,3 hari).

Kegiatan Belajar 2
Kalender Bulan, Gerhana, dan Pasang Surut Air Laut

Pada bahan belajar mandiri (BAB) yang lalu, Anda telah mempelajari tentang Kalender Surya atau Tahun Syamsiah yang berdasarkan perhitungan lamanya pergeseran semu Matahari sepanjang lingkaran ekliptika. Selain itu, sampai sekarang masih ada juga kalender yang berdasarkan perhitungan lamanya peredaran bulan mengelilingi Bumi, yaitu Kalender Bulan atau Tahun Komariah.

Revolusi Bulan mengelilingi Bumi dan keduanya bersama-sama mengeliligi Matahari, selain dijadikan dasar perhitungan kalender bulan juga menyebabkan peristiwa gerhana dan pasang surut air laut.

A. Kalender Bulan (Tahun Komariah)

Kalender bulan, perhitungannya berdasarkan bulan sinodik, yaitu interval waktu yang dibutuhkan agar bulan melalui seluruh fasanya, misalnya dari bulan baru hingga bulan baru berikutnya. Lamanya peredaran bulan sinodik sekitar 29,5 hari (tepatnya 29 hari 13 jam (Simamora, P., 1975: 78).

Kalender Hijriah (Kalender Islam)

Kaum Islam mendasarkan perhitungan kalender berdasarkan peredaran bulan sinodik sebagaimana dijelaskan di atas. Agar jumlah hari dalam sebulan bulat, maka umur bulan berselang-seling 30 dan 29 hari. Dengan demikian jumlah hari dalam satu tahun hijriah adalah 29,5 x 12 atau (6 x 30) + (6 x 29) hari = 354 hari. Kalender Hijriah atau Kalender Islam dimulai dengan Bulan Muharam yang berjumlah 30 hari. Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel 12.1 di bawah.

Tabel 12.1. Nama-nama bulan dalam Kalender Hijriah

Nomor Bulan	Nama Bulan	Jumlah hari
1.	Muharam	30
2.	Safar	29
3.	Rabiulawal	30
4.	Rabiulakhir	29
5.	Jumadilawal	30
6.	Jumadilakhir	29
7.	Rajab	30
8.	Sya’ban	29
9.	Ramadhan	30
10.	Syawal	29
11.	Zulkaidah	30
12	Zuljijah	29

Jumlah hari setiap bulan 30 dan 29 hari ini dimaksudkan untuk menyesuaikan pada peredaran bulan sinodik, tetapi waktu peredaran bulan sinodik ini masih berlebih sedikit dari 29,5 hari, yakni 29,53–29, 5 = 0,03 hari, maka dalam satu tahun jumlah ini menjadi 12 x 0,03 = 0,36 hari = $\pm$ 8,5 jam. Untuk membetulkan kelebihan ini maka diadakan tahun kabisat yang berjumlah 355 hari dengan menambah 1 hari pada bulan ke-12 (Bulan Zulhijah) yang pada tahun biasa 29, hari pada tahun kabisat berjumlah 30 hari. Tahun kabisat ini terjadi 11 kali dalam 30 tahun, yaitu tahun-tahun ke-2, ke-5, ke-7, ke-10, ke-13, ke-16, ke-18, ke-21, ke-24, ke-26, dan ke-28. Pada kenyataannya, untuk menentukan penanggalan Kalender Hijriah sering orang mengamati bulan pada saat tenggelam Matahari (ru'yat) untuk menentukan hari pertama (*Colondro*) dari bulan berikutnya.

Kalender Hijriah atau Kalender Islam lebih pendek 11 atau 12 hari dari Kalender Surya (Tahun Masehi/Gregorian). Oleh sebab itu hari-hari raya Islam tiap tahun lebih dahulu 11 atau 12 hari dari Kalender Masehi. Kalender Hijriah (Kalender Islam) dimulai dari tahun 622 Masehi, pada saat Nabi Muhammad S.A.W hijrah dari Mekah ke Madinah.

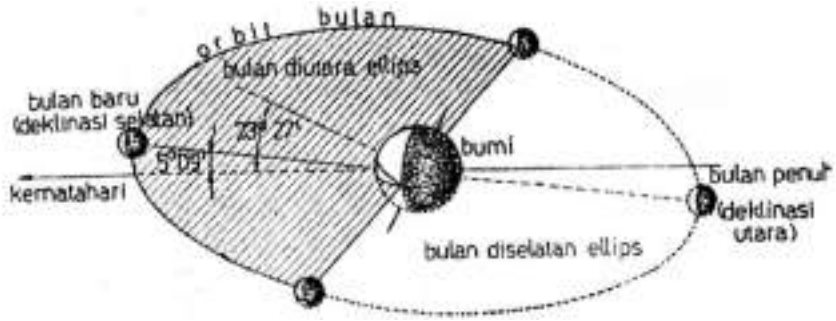
Kalender Syaka (Jawa Hindu), dan Kalender Sultan Agung (Jawa Islam)

Menurut Simamora, P. (1975: 78-79) bahwa Kalender Syaka mulai tahun 78 Masehi pada waktu raja bangsa Syaka di India naik takhta. Kalender ini mendasarkan perhitungannya pada pergeseran semu Matahari. Perhitungan kalender ini dibawa bangsa Hindu ke Indonesia sehingga kalender ini disebut Kalender Jawa Hindu.

Pada tahun 1555 Syaka (1093 Hijriah atau 1633 Masehi), Sultan Agung menyesuaikan Kalender Syaka dengan Kalender Hijriah. Kalender ini bernama Kalender Jawa Islam. Perhitungannya didasarkan pada peredaran bulan sinodik, tetapi bilangan tahun pada Kalender Syaka itu diteruskan sampai sekarang. Satu tahun pada Kalender Jawa Islam sama dengan Kalender Hijriah, yaitu 1 tahun biasa 354 hari dan 1 tahun kabisat 355 hari. Namun demikian, Kalender Jawa Islam dimulai dengan Bulan Suro (30 hari) dan tahun kabisatnya hanya 3 kali dalam satu windu (8 tahun).

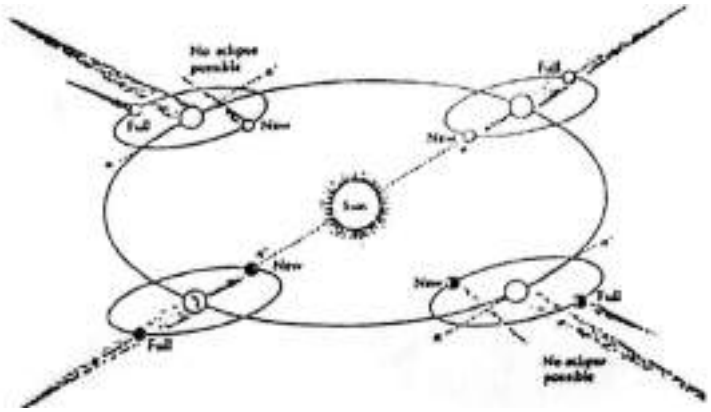
B. Gerhana

Sebagaimana Anda ketahui bahwa bidang edar Bulan miring membentuk sudut $5{,}1^0$ ($5{,}09^0$) terhadap ekliptika (bidang edar Bumi). Bumi beredar mengelilingi Matahari dan Bulan beredar mengelilingi Bumi. Jadi, dalam peredaran Bulan mengelilingi Bumi, Bulan itu memotong bidang edar Bumi sebanyak dua kali. Perhatikan gambar 13.6 di bawah!



Gambar 12.6. Sudut antara bidang edar Bumi dan Bulan sebesar $5{,}09^0$

Setiap satu bulan satu kali, Bulan akan berada antara Bumi dan Matahari, saat seperti itu disebut *fasa bulan baru*, yaitu Bulan dalam kedudukan *berkonjungsi*. Jika pada saat itu Matahari–Bulan–Bumi berada dalam satu garis lurus maka bayangan Bulan akan mengenai Bumi. Pada saat itu akan terjadi peristiwa *gerhana matahari*. Sebaliknya, jika Bulan berada di dalam bayangan Bumi, yaitu pada kedudukan Matahari - Bumi–Bulan terletak pada garis lurus m aka akan terjadi peristiwa *gerhana bulan*. Pada saat itu Bulan berada dalam *fase bulan purnama*, yaitu saat Bulan dalam kedudukan *beroposisi* (Dirdjosoemarto, S., dkk., 1991: 420). Kedudukan Matahari, Bumi, dan Bulan untuk kedua peristiwa terlihat pada gambar 12.7. di bawah ini.



Gambar 12.7. Kedudukan Matahari, Bumi, dan Bulan pada saat Gerhana matahari dan bulan

Gerhana Matahari (Solar Eclipses)

Untuk membicarakan gerhana matahari ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, karena jarak antara Matahari ke Bumi berubah antara 23.100r dan 23.900r serta jarak antara Bumi ke Bulan antara 57r dan 64r (r adalah jari-jari Bumi).

Gerhana Matahari mungkin terjadi bila:

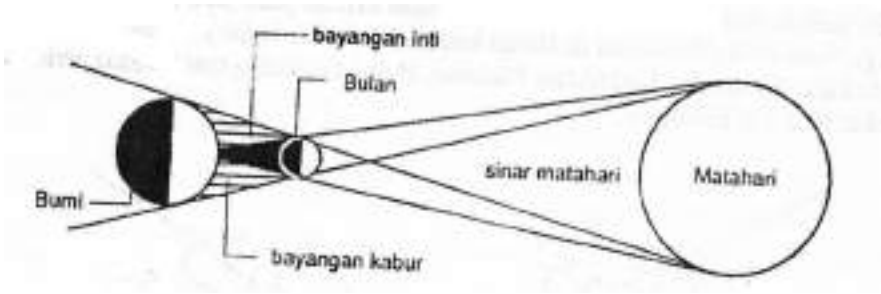
1. Kerucut bayang-bayang bulan cukup panjang untuk mengenai Bumi.

2. Bulan berada di simpul (*node*), atau pada jarak tertentu dari simpul.
3. Bulan dalam kedudukan konjungsi, yaitu pada bulan baru. (Dirdjosoemarto,S.,dkk., 1991: 421-425)

Ada tiga jenis gerhana matahari, yaitu:

1. Gerhana Matahari Total

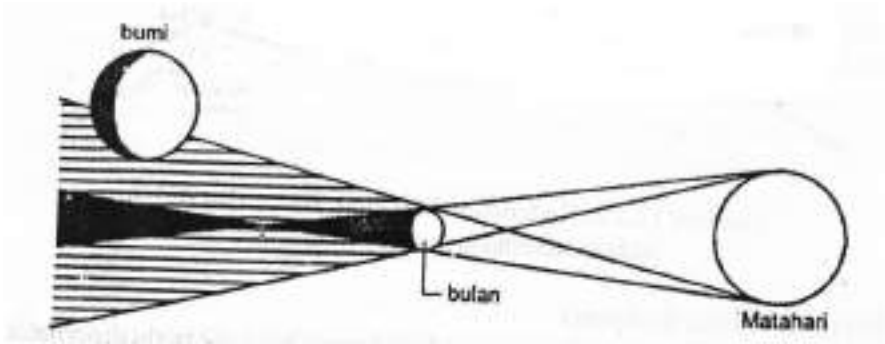
Gerhana Matahari Total terjadi pada saat jarak Bulan–Matahari yang paling jauh (563.319 km), sehingga bayangan inti Bulan dapat jatuh di Bumi. Perhatikan gambar 12.8!



Gambar 12.8. Gerhana Matahari total

2. Gerhana Matahari Partial

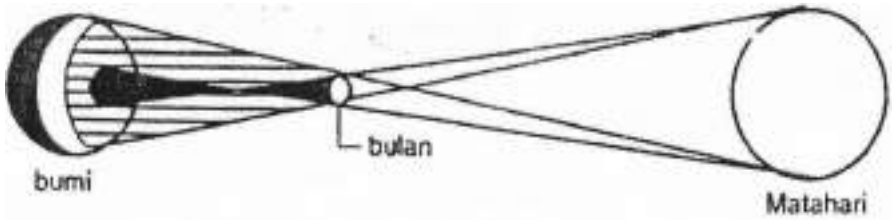
Gerhana Matahari Partial terjadi pada saat Bulan berada pada daerah bayangan penumbra sehingga ada bagian Matahari yang terlihat normal. Perhatikan gambar 12.9.



Gambar 12.9. Gehana Matahari Partial

3. Gerhana Matahari Cincin

Gerhana Matahari Cincin terjadi kalau jarak Bulan mencapai jarak terjauh dari Bumi (405.530 km), sehingga kerucut bayang-bayang inti (umbra) tidak sampai ke Bumi, permukaan Bumi hanya dikenai oleh perpanjangan umbra. Pengamat gerhana akan melihat matahari tampak sebagai cincin putih di sekitar bola hitam. Perhatikan gambar 12.10 di bawah.



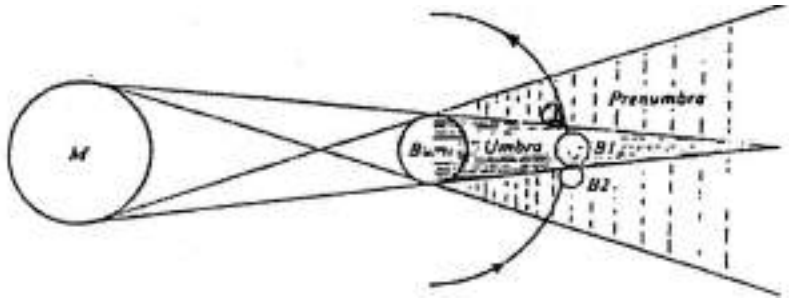
Gambar 12.10. Gerhana Matahari Cincin

Ada beberapa hal penting tentang Gerhana Matahari:

1. Gerhana Matahari akan terjadi jika bulan baru berada pada jarak 17^0 dari salah satu titik simpul.
2. Satu bulan kemungkinan dapat terjadi gerhana matahari dua kali.
3. Bagian Matahari yang tertutup lebih dahulu adalah bagian sebelah kanan (barat).
4. Gerhana Matahari hanya terlihat dari sebagian permukaan Bumi saja, yaitu permukaan yang tertutup oleh bayang-bayang Bulan.
5. Gerhana Matahari Total paling lama hanya tujuh menit, hanya terlihat di daerah sempit di permukaan Bumi, di luar daerah itu hanya terlihat gerhana sebagian.
6. Gerhana Matahari, sebenarnya Matahari tidak kehilangan cahayanya tetapi hanya sebagian cahayanya tidak sampai di Bumi karena terhalang oleh Bulan.

Gerhana Bulan (Lunar Eclipses)

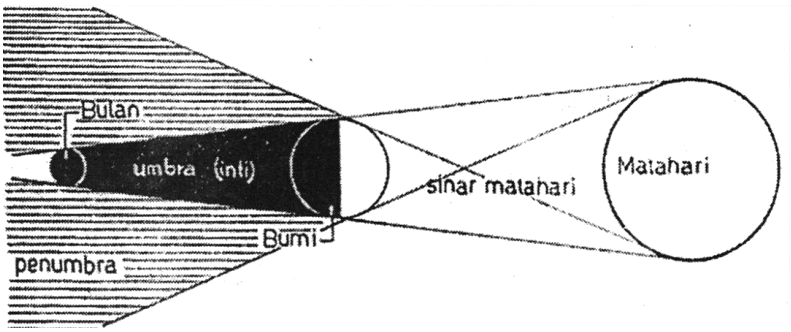
Bumi dan Bulan yang memperoleh pancaran sinar Matahari membentuk bayangan yang berbentuk kerucut. Bayangan Bulan terdiri dari dua bagian, yaitu bagian gelap yang disebut *umbra* dan bagian yang tidak begitu gelap disebut *penumbra*. Kedua bagian bayangan itu dapat dilihat pada gambar 12.11 Begitu juga Bumi memiliki bayangan umbra dan penumbra seperti yang terjadi pada Bulan.



Gambar 12.11. Bayangan Umbra dan Penumbra Bulan

Gerhana bulan terjadi bila lintasan peredaran Bulan dan ekliptika berimpitan, pada saat Bulan dan Matahari itu *beroposisi* (bertentangan), maka akan terjadi *gerhana bulan*

total. Hal itu terjadi karena Bulan seluruhnya masuk ke dalam kerucut bayangan inti (umbra) Bumi. Jika sebagian saja dari Bulan masuk ke bayangan umbra Bumi, terjadilah *gerhana bulan parsial* (sebagian). Akan tetapi bila Bulan hanya memasuki bayangan penumbra saja, maka tidak akan terjadi gerhana bulan (Gambar 13.12). Gerhana bulan parsial dapat terjadi sesudah dan sebelum terjadi gerhana bulan total.



Gambar 12.12. Gerhana Bulan Total

Ada beberapa hal penting dari gerhana bulan, yaitu:

1. Gerhana bulan hanya akan terlihat pada bulan purnama dan pada jarak 12^0 dari simpul (node).
2. Pada gerhana bulan, bagian Bulan sebelah kiri (timur) yang akan tertutup lebih dahulu kemudian berakhir pada bagian sebelah kanan (barat).
3. Dalam satu bulan sinodis, satu kali kemungkinan terjadi gerhana bulan.
4. Pada gerhana bulan total, seluruh peristiwa berlangsung 220 menit, 2 x 60 menit untuk 2 kali gerhana partial dan 100 menit berlangsungnya gerhana total.
5. Pada gerhana bulan, gejalanya dapat dilihat di seluruh bagian Bumi yang pada waktu itu dapat melihat Bulan
6. Bagian Bulan yang tertutup memang tidak memberi cahaya sebab Bulan tidak mempunyai cahaya sendiri.

Frekuensi Terjadinya Gerhana

Gerhana matahari total kira-kira sama seringnya dengan gerhana bulan dalam setiap tahun. Akan tetapi kita jauh lebih sering melihat gerhana bulan daripada gerhana matari total. Sebabnya daerah di Bumi yang mengalami gerhana matahari total hanya merupakan jalur yang sempit. Diameter umbra di permukaan Bumi paling besar hanya 264 km, sebalikya gerhana bulan dapat dilihat di semua tempat di Bumi pada malam hari.

Perlu dicatat suatu gerhana matahari total yang penting dapat dilihat di Indonesia pada tanggal 11 Juni 1983. Gerhana matahari total ini terlihat di Jawa Tengah dan Sulawesi bagian Selatan. Di tempat-tempat itu orang dapat melihat total selama 5,4 menit.

Terulangnya Gerhana yang Serupa

Untuk mengetahui terulangnya kembali gerhana, perlu kita definisikan dahulu beberapa macam bulan, yaitu:

1. Satu bulan *sinodis,* yakni waktu Bulan dari fasa ke fasa itu lagi = 29,5306 hari
2. Satu bulan *draconitis*, yakni waktu bulan dari dan ke suatu kedudukan yang sama terhadap garis simpul = 27,2222 hari
3. Satu bulan *anomalitis*, yakni waktu bulan dari dan ke suatu kedudukan yang sama terhadap *perigee* = 27,5545 hari.

Gerhana yang serupa akan terulang jika:

1. Bulan pada fasa yang sama (bulan baru atau purnama).
2. Kedudukan Bulan terhadap simpul sama.
3. Jarak Bumi-Bulan sama.

Jelas bahwa:
Syarat (1) dicapai setiap kelipatan bulan *sinodis*,
Syarat (2) dicapai setiap kelipatan bulan *draconitis*,
Syarat (3) dicapai setiap kelipatan bulan *anomalitis*.

Hal ini terjadi antara lain setiap:
223 bulan sinodis : 6.585,321 hari,
242 bulan draconitis : 6.585,357 hari,
239 bulan anomalitis : 6.585,538 hari,
selang waktu itu kira-kira 18 tahun.

Jangka waktu berulangnya gerhana serupa ini telah dicatat oleh orang-orang Babylon beberapa abad sebelum Masehi. Selang waktu itu disebut *periode saros*. Cara ini dapat digunakan untuk meramalkan gerhana. Gerhana yang serupa baik gerhana bulan maupun gerhana matahari, akan terulang setiap periode saros. Gerhana yang berurutan dalam selang 18 tahun itu dikatakan dalam *seri saros* yang sama. Tentu saja dalam selang 18 tahun itu terjadi banyak gerhana tetapi tidak pada seri yang sama.

Oleh karena 223 bulan sinodis tidak tepat sama dengan 242 bulan draconitis dan 239 bulan anomalitis, maka gerhana dalam *satu saros* tidak akan tepat sama. Dalam suatu seri, gerhana yang mirip akan terjadi setiap 18 tahun. Pada gerhana-gerhana berikutnya perbedaan ini mungkin besar. Setelah kira-kira 70 kali gerhana dalam suatu seri saros, garis simpul akan keluar dari batas ekliptika, dan gerhana dalam seri itu selesai.

C. Pasang Surut Air Laut

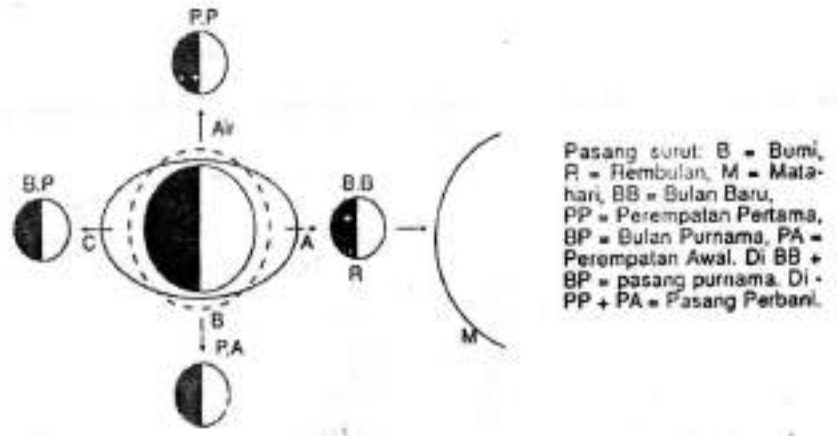
Air laut terjadi pasang naik dan pasang surut disebabkan gaya tarik Bulan atau gaya tarik Bulan dan Matahari terhadap Bumi berdasarkan hukum Newton.

Hukum Newton berbunyi:

Dua benda tarik menarik dengan kekuatan yang berbanding lurus dengan besarnya massa I dan massa II dan berbanding terbalik dengan pangkat dua jaraknya.

Menurut hukum Newton ini makin besar jaraknya makin kecil gaya tariknya.

Pasang itu disebabkan oleh gaya gravitasi Bulan dan Matahari terhadap Bumi. Akan tetapi karena Bulan jauh lebih dekat maka gaya gravitasinya lah terutama yang menyebabkan pasang. Memang pasang karena Matahari hanya 5/11 pasang karena Bulan, tetapi jika Bulan dan Matahari itu bekerja sama, yaitu pada waktu bulan baru dan bulan purnama, maka terjadilah pasang yang besar sekali. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 12.13 di bawah ini.



Gambar 12.13. Pasang Karena Gaya Gravitasi Bulan dan Bumi

Pasang Surut

Pasang surut umumnya terjadi dua kali dalam sehari yang di tengah laut juga dapat menyebabkan mengalirnya arus laut, yaitu dari daerah dimana sedang mengalami pasang (air laut naik) dan akan mengalir ke segala jurusan, sehingga air laut di sepanjang pantai itu terdesak dan naik maka terjadilah pasang.

Kejadian pasang surut umumnya di pantai lepas (samudra), sehingga semalam itu terjadi dua kali pasang surut. Pasang mulai kira-kira pukul 12.00 siang dan pukul 24.00 malam, sedangkan surut mulai pukul 06.00 pagi dan pukul 18.00 sore.

Pasang Purnama dan Pasang Mati

Selain dari pasang surut yang biasa dan terjadi dua kali sehari, dapat terjadi pula pasang surut yang istimewa tinggi dan rendahnya.

1. Pasang Purnama

   Pasang purnama terjadi pada kedudukan bulan baru dan pada bulan purnama.

a. Bulan baru

Pada kedudukan ini Bulan dan Matahari berada pada kedudukan konjungsi (searah), sehingga gaya tariknya saling membantu dan saling memperkuat. Air laut di A pada gambar 12.2.8, ditarik oleh Bulan dan Matahari sehingga terjadilah di A dan C pasang yang amat tinggi, lebih tinggi dari biasanya, yang kita sebut *pasang purnama*. Di C air laut itu juga naik, akibatnya gaya tarik Bulan dan Matahari lebih kecil daripada di A, karena jarak ke Bulan dan Matahari berbeda 2 x jari-jari Bumi yang panjangnya 6.576 km, sehingga air laut di sana cenderung ingin melambung ke atas karena gaya beratnya yang berkurang (seperti balon karet yang diisi gas karbit melambung).

b. Bulan Purnama

Pada kedudukan ini, Bulan dan Matahari berada pada kedudukan *oposisi* (berlawanan/berhadap-hadapan) dan gaya tariknya saling membantu pula sehingga di A dan C (gambar 12.2.8) terjadi pasang yang amat tinggi, yang disebut *pasang purnama*.

2. Pasang Mati

Pasang mati terjadi pada kedudukan bulan pada *perempatan awal* (PA) dan *perempatan akhir* (PP) pada gambar 12.2.8, ketika gaya tarik Bulan dan Matahari saling mengurangi, sehingga pasang di B dan D itu tidak begitu tinggi, dan disebut *pasang perbani* atau *pasang mati*.

LATIHAN 2

Setelah Anda mempelajari uraian materi di atas, untuk mengetahui tingkat pemahaman Anda, coba jawab atau kerjakan latihan di bawah ini.

1. Apa yang Anda ketahui tentang Kalender Bulan?
2. Mengapa gerhana tidak terjadi setiap bulan baik pada baru maupun pada bulan purnama?
3. Jelaskan, beberapa hal penting yang terjadi atau berhubungan dengan gerhana Matahari!
4. Jelaskan, beberapa hal penting yang terjadi atau berhubungan dengan gerhana bulan!
5. Jelaskan, mengapa pada kedudukan bulan baru dan bulan purnama terjadi pasang yang sangat tinggi?

RANGKUMAN

Kalender Bulan perhitungannya berdasarkan *bulan sinodik* yang lamanya 29 hari 13 jam. Kalender Bulan yang masih digunakan di Indonesia adalah kalender Hijriah dan Jawa Islam. Kalender Hijriah atau kalender Islam dimulai dengan bulan Muharam yang berjumlah 30 hari. Jumlah hari setiap bulannya adalah 30 dan 29 hari guna menyesuaikan dengan peredaran *bulan sinodik*. Untuk menentukan hari pertama (*colodro*) dari bulan berikutnya

sering orang dengan mengamati bulan pada saat tenggelam matahari, yang disebut *ru'yat*. Kalender Hijriah lebih pendek 11 atau 12 hari lebih pendek daripada kalender Masehi. Kalender Hijriah dimulai pada tahun 622 Masehi pada saat Nabi Muhammad S.A.W. hijrah dari Mekah ke Madinah.

Gerhana Matahari terjadi pada saat *fasa bulan baru*, yaitu Bulan dalam kedudukan *konjungsi*, Matahari–Bulan–Bumi berada dalam garis lurus. Sebaliknya Gerhana Bulan terjadi pada saat fasa *bulan purnama*, yaitu Bulan dalam kedudukan *oposisi*, Matahari–Bumi–Bulan terletak pada garis lurus (garis edar Bulan berimpitan dengan garis ekliptika). Gerhana yang serupa dapat terjadi setiap *periode saros*, yaitu kurang lebih berselang 18 tahun.

Terjadinya pasang naik dan pasang surut disebabkan gaya tarik Bulan, atau gaya tarik Bulan dan Matahari terhadap Bumi.

DAFTAR PUSTAKA

Dirdjosoemarto, Soendjojo, dkk.. (1991). *Pendidikan IPA 2, Buku II*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Pendidikan Tinggi.

Hidayat, Bambang, dkk., (1978). *Bumi dan Antariksa 1*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Rachman B. 2001. *Bulan Sebagai Satelit Bumi*. Bandung. Upi. Press

Simamora, P. (1975). *Ilmu Falak*. Jakarta: CV Pejuang Bangsa.

Tjasyono, B. HK. (2006). *Ilmu Kebumian dan Antariksa.* Bandung: PT Remaja Rosdakarya Bekerja Sama dengan Program Pascasarjana UPI.

GLOSARIUM

Apogee	:	bahasa Yunani: *ap* artinya jauh, *gee* artinya Bumi, lintasan terjauh ketika Bulan mengedari Bumi
Hijrah	:	pindah, pindahnya Nabi Muhammad S.A.W. dari Mekah ke Madinah
Kalender	:	bahasa Yunani: Colodro artinya hari pertama, penanggalan
Konjungsi	:	*conjuction*, searah, berhadap-hadapan
Marta	:	daerah gurun batuan gelap di Bulan
Meteorit	:	benda angkasa yang jatuh sampai di Bulan/Bumi
Oposisi	:	berlawanan
Perigee	:	bahasa Yunani: *peri* artinya dekat, *gee* artinya Bumi, terdekat
Sideral	:	bulan sideral, revolusi Bulan relatif terhadap Bintang
Sinodik	:	bulan sinodik, revolusi Bulan relatif terhadap Matahari
Terra	:	daerah yang terlihat terang (bagian Bulan)
Umbra	:	inti, bayangan inti pada gerhana

AKTIVITAS PUBLIKASI ILMIAH

Resyi A. Gani, M.Pd.

Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dan Proceedings

Resyi A. Gani. 2009. *Implementasi Go Green School (GGS) di SMK Wikrama Bogor*. Jurnal: Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup. Penerbit: Program Sekolah Pasca Sarjana Unpak.

Resyi Abdul Gani. 2016. *Pengembangan Kemampuan Menulis Melalui Teknik Copy The Master*. Pedagogial Jurnal Ilmiah Pendidikan Volume 8 Nomor 2 Tahun 2016 ISSN E: 2460-2175 ISSN P: 1693-5799 Website Penerbit: https://journal.unpak.ac.id/ Url.: https://repository.unpak.ac.id/tukangna/repo/file/files-20180629034818.pdf#page=33

Resyi A. Gani. 2017. Gaya Belajar Kinestetik Siswa Tunarungu Berprestasi. Website Penerbit: https://journal.unpak.ac. id/ Url.: https://repository.unpak.ac.id/tukangna/repo/file/files-20190320022755.pdf.

Ratih Purnamasari, Resyi A. Gani. 2018. Implementasi Model Learning Cycle 7e Melalui Penggunaan Peta Konsep Bermedia Komputer Pada Mata Kuliah Geometri. JPD: Jurnal Pendidikan Dasar P-ISSN 2086-7433 E-ISSN 2549-5801. DOI: doi.org/10.21009/ JPD.092.06. Url.: https://repository.unpak.ac.id/tukangna/repo/file/ files-20200206175714.pdf

Resyi A. Gani, R Septiana, Y Elizabeth. 2019. *Hubungan Kreativitas Belajar Siswa Dengan Hasil Belajar Ilmu Pengetahuan Alam*. Proceedings-Open Access Journal 1 (01), 06-10. Website Penerbit:

Yuli Mulyawati, Resyi A. Gani. 2019. *Comparison Of IPS Learning Results Using Monopoly Media And Power Point Media*. Jurnal: JHSS UNPAK. Website Penerbit: https://journal.unpak.ac. id/ Url.: https://journal.unpak.ac.id/ index.php/jhss/article/view/14 62/1216.

Nurma Alifianti, Resyi A. Gani, Dadang Kurnia. 2019. *Perbedaan Motivasi Berprestasi Peserta Didik Dilihat Dari Status Sosial Ekonomi Orang Tua*. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan 2019. Penerbit: PGSD Unpak.

Yuli Mulyawati, Resyi A. Gani. 2020. *The Use Of Monopoly Media In Social Students To Improve Motivation*. Proceding ICEE UPI. Website: http://proceedings2.upi. edu/ Url.: http://proceedings2. upi.edu/ index.php/icee/a rticle/view/776/692.

Resyi A. Gani, WS Anwar, S Aditiya. 2021. *Perbedaan Hasil Belajar Melalui Discovery Learning dan Problem Based Learning*. JPPGuseda UNPAK. Website Penerbit: https://journal.unpak.ac. id/ Url: .https://scholar.google.com/citationsview_op=list_works& hl=id&user=swMlLXwAAAAJ#d=gs_md_citad&u=%2Fcitations%3Fview_op%3Dview_citation%26hl%3Did%26user%3DswMlLXwAAAAJ%26citation_for_view%3DswMlLXwAAAAJ%3AW7OEmFMy1HYC%26tzom3D-420

Nintin Nurlela, Resyi Abdul Gani, 2019. *Analisis Sequensial Eksplanatory Implementasi Manajemen Sekolah Berbasis Lingkungan Ditinjau Dari Etika Lingkungan*. Prosiding ISC Template. Url.: https://repository.unpak.ac.id/index.php?p=detail&id_karya=2676.

Resyi A. Gani, Fitri Siti Sundari. 2021. *Pengaruh Efikasi Diri Mahasiswa PGSD Terhadap Keterampilan Dasar Mengajar*. Journal UMMAT 4 (PGSD Universitas Muhammadiyah Mataram), 7-12. Website: Http://Journal.Um mat. Url.: http://journal.ummat.ac.id/index.php/ elementary

AKTIVITAS PUBLIKASI

Yuli Mulyawati, M.Pd.

Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dan Proceedings

Fitri Siti Sundari, Yuli Muliyawati. 2017. Analisis Keterampilan Dasar Mengajar Mahasiswa. Jurnal Pedagonal UNPAK. Website: https://journal.unpak.ac. id/Url.: https://journal.unpak.ac.id/ index.php/pedagonal/article/vi ew/225

Yuli Mulyawati, Sumardi, Sri Elvira. 2019. *Pengaruh Disiplin Belajar Terhadap Hasil Belajar Ilmu Pengetahuan Sosial*. Jurnal Pedagonal UNPAK. Website: https://journal.unpak.ac.id/ Url.: https://journal.unpak.ac.id/index.php/pedagonal/article/view/980/ 835

Fitri Siti Sundari, Rukmini Handayani, Yuli Mulyawati. 2019 *Implementasi Pendekatan Saintifik Berbasis Lesson Study Terhadap Pengembangan Berpikir Kritis Mahasiswa Calon Guru Sekolah Dasar*. JSEP UNPAK. Website: https://journal.unpak.ac. id/ Url.: https://journal.unpak.ac.id/ index.php/jsep/article/view/37 9

Yuli Mulyawati, Citra Christine. 2019. *Pengaruh Pola Asuh Orang Tua Terhadap Kemandirian Belajar Siswa*. Jurnal: JPPGuseda UNPAK. Website: https://journal.unpak.ac.id/ Url.: https://journal. unpak.ac.id/index.php/JPPGuseda/article/ view/990/845

Fitri Siti Sundari, Yuli Mulyawati, Tustiyana Windiyani, Eva Mutia. 2019/ *Relationship Of Fine Motor Skills With Vertical Writing Skills At Papandayan Public Elementary School Bogor*. Jurnal Golden Age UNISBA. Website: https://elearning2.unisb a.ac.id/ Url.: https://elearning2.unisba.ac.id/ index.php/golden_age/article/ view/5265/3207

Yuli Mulyawati, Resyi A Gani. 2019. *Comparison Of IPS Learning Results Using Monopoly Media And Power Point Media*. Jurnal: JHSS UNPAK. Website Penerbit:

https://journal.unpak.ac. id/ Url.: https://journal.unpak.ac.id/ index.php/jhss/article/view/14 62/1216.

Yuli Mulyawati, Fitri Anjaswuri. 2020. *Analisis Penerapan Model Pembelajaran Debate Pada Mata Kuliah Budaya Masyarakat Demokratis Dalam Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kritis Mahasiswa Pgsd.* JPPGuseda UNPAK. Website: https://journal. unpak.ac.id/Url.:https://journal.unpak.ac.id/ index.php/JPPGuseda/ article/ view/2023/1621

Rini Sri Indriani, Yuli Mulyawati, Mira Mirawati. 2020. *Penggunaan Media Animasi Tulisan Tangan Untuk Meningkatkan Keterampilan Menulis Karangan Deskripsi Pada Mahasiswa*. Jurnal: JPPGuseda UNPAK. Website: https://journal.unpak.ac. id/ Url.: https://journal.unpak.ac.id/ index.php/JPPGuseda/article/ view/2019/1619

Yuli Mulyawati, Tustiyana Windiyani. 2020. *The Effects Of Using Snake And Ladder Media Towards Elementary School Students'Learning Outcomes* Jurnal: JTLEE UNRI Website: https://jtlee.ejournal.unr i.ac.id/ Url.: https://jtlee.ejournal.unri.ac.id/index.php/JTLEE/ article/view/7853/6793

Yuli Mulyawati. 2018. *Penerapan Pendekatan Saintifik Melalui Model Discovery Learninguntuk Meningkatkan Hasil Belajar Subtema Manfaat Energi.* Proceding: Semnas PGSD UNPAK 2018. Website: https://journal.unpak.ac. id/ Url.: https://journal.unpak. ac.id/index.php/proceedings/article/ view/1133/977

Fitri Anjaswuri, Yuli Mulyawati, Tustiyana Windiyani, Fitri Siti Sundari. 2020. *Application Of E- Learning Based On Constructivism Approach To Understanding Of Student Concept In The Study Of Social Students*. Proceding ICEE UPI 2020. Website: http://proceedings.upi.e du/ Url.: http://proceedings.upi.edu/ index.php/icee/article/view/76 3/679

Yuli Mulyawati, Resyi A Gani. 2020. *The Use Of Monopoly Media In Social Students To Improve Motivation*. Proceding ICEE UPI. Website: http://proceedings2.upi. edu/ Url.: http://proceedings2. upi.edu/ index.php/icee/a rticle/view/776/692.

Yuli Mulyawati, Tustiyana Windiyani. 2021. *The Effect Of The Use Of Snake Media On Students Learning Interests*. Proceding ICEE UPI. Website: http://proceedings2.upi.edu/ Url.: http://proceedings2.upi.edu/ index.php/icee/article/view/14 79

R.Teti Rostikawati, Yuli Mulyawati, Angelia Ma'wah. 2021. *The Relationship Between Learning Discipline And Learning Outcomes In The Sub-Theme Of Animal Movement Organs*. Proceding Mukernas ADRI 2021. Website: http://adri27.stkipsingk awang.ac.id. Url.: http://adri27.stkipsingkawang. ac.id

Fitri Siti Sundari, Elly Sukmanasa, Lina Novita, Yuli Mulyawati. 2020. *Keterampilan Dasar Mengajar*. Buku Penerbit: PGSD UNPAK. ISBN: 978-623-93590-0-3

AKTIVITAS PUBLIKASI

Fitri Siti Sundari, M.Pd.

Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dan Proceedings

Fitri Siti Sundari, Yuli Muliyawati. 2017. Analisis Keterampilan Dasar Mengajar Mahasiswa. Jurnal Pedagonal UNPAK. Website: https://journal.unpak.ac.id/ Url.: https://journal.unpak.ac.id/ index.php/pedagonal/article/vi ew/225

Fitri siti Sundari, Rukmini Handayani, Yuli Mulyawati. 2019. *Implementasi Pendekatan Saintifik Berbasis Lesson Study Terhadap Pengembangan Berpikir Kritis Mahasiswa Calon Guru Sekolah Dasar*. JSEP UNPAK. Website: https://journal.unpak.ac. id/ Url.: https://journal.unpak.ac.id/ index.php/jsep/article/view/ 37 9

Fitri Siti Sundari, Yuli Mulyawati, Tustiyana Windiyani, Eva Mutia. 2019/ *Relationship Of Fine Motor Skills With Vertical Writing Skills At Papandayan Public Elementary School Bogor*. Jurnal Golden Age UNISBA. Website: https://elearning2.unisb a.ac.id/ Url.: https://elearning2.unisba.ac.id/index.php/golden_age/article/view/ 5265/3207.

Elly Sukmanasa, Lina Novita, Fitri Siti Sundari, Yanti Suryanti. 2020. *Power Point Slide Media In 2013 Curriculum Learning For Elementary School Students*. Journal Of Community Engagment (Jce) Volume 02, Number 01, March 2020, Page 19-24 E-Issn: 2686-1046; P- Issn: 2686-1038. Url.: Https://Journal.U npak.Ac.Id/Index. Php/Jce

Yudhie Suchyadi, Fitri Siti Sundari, Entis Sutisna, Oding Sunardi, Sandi Budiana, Elly Sukmanasa,Tustiyana Windiyani. 2020. *Improving The Ability Of Elementary School Teachers Through The Development Of Competency Based Assessment Instruments In Teacher Working Group, North Bogor City*. Journal Of Community Engagement (Jce) Volume 02, Number 01, March 2020, Page 01-05 E-Issn: 2686-

1046; P-Issn: 2686-1038. Url.: Https://Journal.U npak.Ac.Id/Index. Php/Jce

Fitri Siti Sundari, Cicih Handayania. 2020. Analisis Gaya Belajar Siswa Disleksia. Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran Guru Sekolah Dasar (Jppguseda) Volume 03, Nomor 01, Maret 2020, Hal. 69 – 74 E-Issn: 2623-0232 ; P-Issn: 2623-0941. Url.: *Http://Journal.Un pak.Ac.Id/Index.P hp/Jppguseda*

Lina Novita, Fitri Siti Sundari. 2020. *Peningkatan Hasil Belajar Siswa Menggunakan Media Game Ular Tangga Digital*. Research & Learning In Elementary Education Jurnal Basicedu Volume 4 Nomor 3 Tahun 2020 Halm.716 – 724.

Nurlinda Safitri, Fitri Anjaswuri, Fitri Siti Sundari, Yudhie Suchyadi. 2021. *The Application Of Cooperative Script Model In Social Studies Learning In Fourth Grade Gunung Gede Elementary School Bogor Utara, West Java*. International Journal Of Multicultural And Multireligious Understanding (Ijmmu) Vol. 8, No. 5, May 2021. Url.: Http://Dx.Doi.Or g/10.18415/Ijmm u.V8i5.2527 Https://Ijmmu.Co m/Index.Php/Ijm mu/Article/View/ 2527/2213

Fitri Siti Sundari, Elly Sukmanasa, Lina Novita, Yuli Mulyawati. 2020. *Keterampilan Dasar Mengajar*. Buku. Penerbit: PGSD UNPAK. ISBN: 978-623-93590-0-3

Fitri Siti Sundari, Dita Destiana, Yudhie Suchyadi, Fitri Anjaswuri, Tustyana Windyani. 2020. Model Instrumen Penilaian Berbasis Kompetensi. Buku. Penerbit: PGSD UNPAK, ISBN: 978-623-93590-4-1.

Ilmu bumi dan antariksa adalah ilmu yang mempelajari tentang bumi dan segala komponen penyusunnya dan posisinya sebagai salah satu planet atau bagian dari tata surya serta mempelajari benda-benda angkasa yang lainnya. Pada buku ini akan dijelaskan tentang bumi dan antariksa, meliputi kajian konsep, pengetahuan, dan fakta. Buku ini terbagi menjadi beberapa bab BBM (Bahan Belajar Mandiri), yaitu litosfer; atmosfer; ekosistem hidrosfer; sumber daya alam; bentang alam; tata surya; anggota tata surya dan karakteristiknya; radiasi energi matahari; efek radiasi matahari terhadap bumi, planet bumi, dan bulan sebagai satelit bumi. Semoga informasi dalam buku ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Resyi A. Gani, S.Kom., M.Pd. Lahir di Palembang, 17 Agustus 1980, telah menyelesaikan studi S-1 Jurusan/Program Studi Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) di Universitas Pakuan tahun 2003. Lulus S-2 Jurusan/Program Studi Kependudukan dan Pendidikan Lingkungan Hidup tahun 2009. Saat ini adalah dosen tetap di Pendidikan Guru dan Sekolah Dasar (PGSD) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Pakuan dan aktif melakukan penelitian dan pengabdian masyarakat khusus Pendidikan Guru Sekolah Dasar.

Fitri Siti Sundari, M.Pd. Mengenyam Pendidikan S-1 Jurusan Biologi FMIPA di IPB. Kemudian menempuh kuliah S-2 Jurusan Pendidikan Dasar di UPI Bandung tahun 2010 dan lulus tahun 2012. Saat ini bertugas sebagai dosen tetap prodi Pendidikan Guru Sekolah Dasar Universitas Pakuan. Buku yang sudah dibuat adalah *Keterampilan Dasar Mengajar*. Buku ini digunakan pada mata kuliah Microteaching oleh mahasiswa PGSD. Penulis juga sudah melakukan berbagai penelitian yang diterbitkan dalam berbagai jurnal.

Yuli Mulyawati, M.Pd. Lahir di Cianjur, 17 Mei 1977, telah menyelesaikan studi S-1 Jurusan/Program Studi Keperdataan/Ilmu Hukum. Fakultas Hukum di Universitas Pasundan tahun 2000. Telah menyelesaikan studi S-1 Jurusan/Program Studi Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan (PPKN) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan di Universitas Pasundan tahun 2008. Lulus S-2 Jurusan/Program Studi Pendidikan Dasar Pascasarjana Universitas Pendidikan (UPI) tahun 2011. Saat ini adalah dosen tetap di Pendidikan Guru dan Sekolah Dasar (PGSD) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Pakuan dan aktif melakukan penelitian dan pengabdian masyarakat khusus Pendidikan Guru Sekolah Dasar.

Penerbit Deepublish (CV BUDI UTAMA)
Jl. Rajawali, Gang Elang 6 No.3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl. Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta 55581
Telp/Fax : (0274) 4533427
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)
cs@deepublish.co.id @penerbitbuku_deepublish
Penerbit Deepublish www.penerbitbukudeepublish.com

Kategori : Alam Semesta

ISBN 978-623-02-3604-1 (PDF)

9 786230 236341