

PENGANTAR ILMU KEBUMIAN

Oleh :

**Bayong Tjasyono HK.
Guru Besar Meteorologi Fisik
Institut Teknologi Bandung**

LOKAKARYA ILMU KEBUMIAN

**Kerjasama antara :
BRKP – BMG – GM – KAGI21 – ITB
Bandung, 21 – 22 Juni 2005**



**PROGRAM STUDI METEOROLOGI
DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS ILMU KEBUMIAN DAN TEKNOLOGI MINERAL
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**

2005

Definisi dan Disiplin Ilmu Kebumian (Geosains)

- Definisi : Geosains adalah sains tentang fenomena bumi yang menekankan pada interaksi manusia dengan alam dalam lingkup fenomena fisis.
- Disiplin Ilmu yang terkait dengan geosains
 - i. Geofisika, dalam arti luas adalah studi tentang proses fisis dari pusat bumi sampai atmosfer atas, dan dalam arti sempit disebut geofisika padat (*solid earth geophysics*) yaitu studi proses fisis dalam bumi padat atau litosfer.
 - ii. Meteorologi adalah studi tentang proses fisis atmosfer dan gejala cuaca, sedangkan Klimatologi adalah studi tentang hasil proses fisis atmosfer atau studi tentang iklim bumi. Klimatologi juga disebut meteorologi statistik.
 - iii. Sains Atmosfer adalah studi deskripsi dan pemahaman fenomena fisis dalam atmosfer bumi.
 - iv. Oseanografi adalah studi tentang osean (laut) termasuk sifat fisis dan kimia air laut, kedalaman dan dasar laut, flora dan fauna laut.
 - v. Geologi adalah sains tentang komposisi struktur dan sejarah bumi, termasuk studi tentang material bumi dan distribusi batuan kerak bumi.
 - vi. Geodesi adalah sains tentang pengukuran bentuk dan dimensi bumi, termasuk berat dan densitas bumi.
 - vii. Geografi adalah studi yang mendeskripsikan permukaan bumi yaitu rona (ciri) fisis, iklim, vegetasi, tanah, penduduk, dan distribusi unsur-unsur tersebut, lihat gambar 1.

Note : no. i s/d vi ada di ITB, dan no. i s/d iv ada di Departemen Geofisika dan Meteorologi, FIKTM – ITB.



Keilmuan Serumpun Geosains

- Setiap disiplin ilmu terdiri dari pohon ilmu yaitu ilmu major (utama), cabang dan ranting ilmu yaitu ilmu spesifik, dan akar ilmu yaitu ilmu-ilmu dasar (*basic sciences*) yang memperkokoh pohon ilmu.
- Disiplin ilmu serumpun dalam Geosains adalah Geofisika (GF), Meteorologi (ME), Oseanografi (OS), Geologi (GL), Geodesi (GD), Geografi, dan lain-lain. Untuk program-program studi yang ada di Departemen Geofisika dan Meteorologi mempunyai akar tunggang ilmu yang sama yaitu Fisika dan Matematika.
- Contoh disiplin ilmu Meteorologi termasuk dalam Program Studi Meteorologi, Departemen Geofisika dan Meteorologi, FIKTM – ITB, membentuk kelompok keilmuan (kepakaran) Meteorologi dan tiga sub kelompok keilmuan (SKK), yaitu :

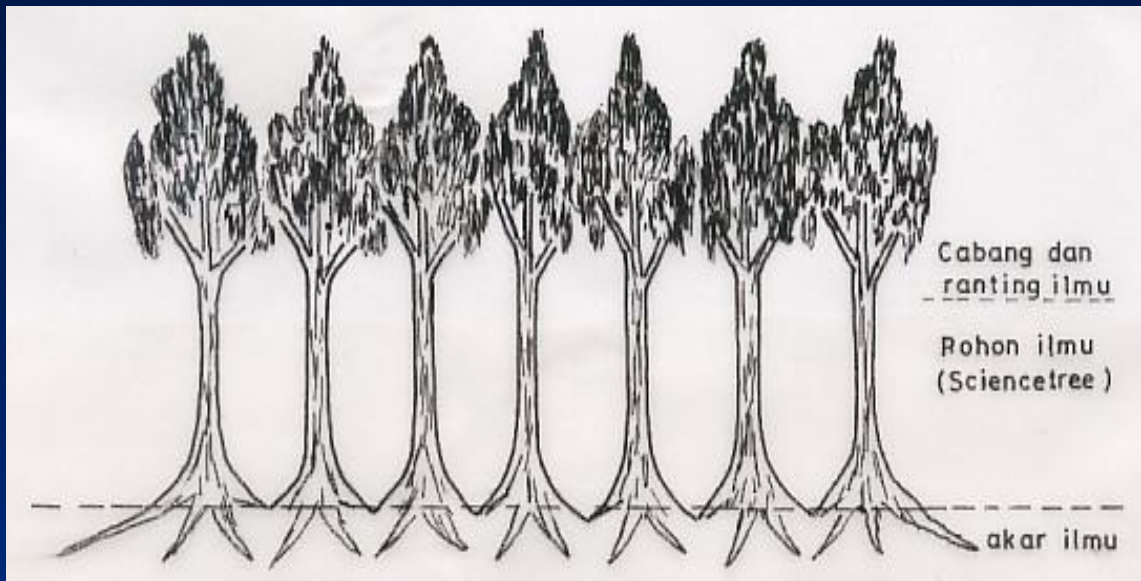
SKK : Fisika dan Dinamika Atmosfer

SKK : Meteorologi Lingkungan dan Enjiniring

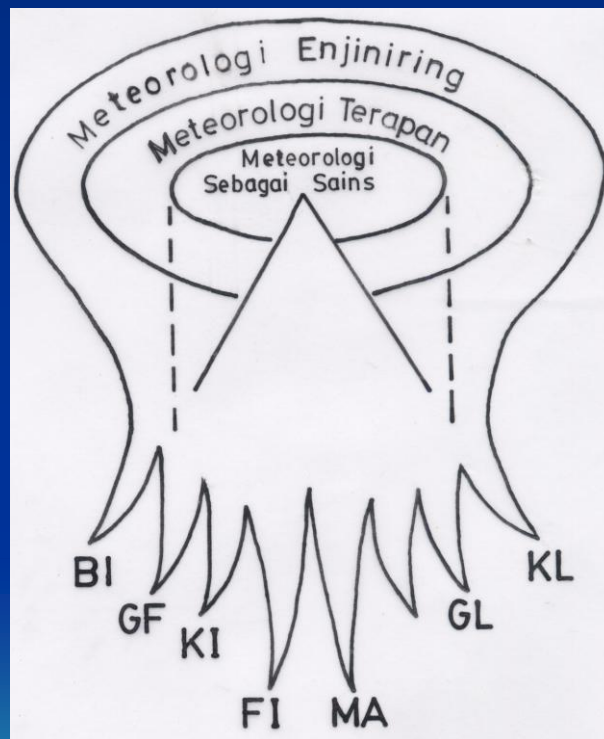
SKK : Dinamika Iklim

Meteorologi dapat berperan sebagai ilmu murni, meteorologi terapan (*applied meteorology*) dan meteorologi enjiniring (*engineering meteorology*). Ketiganya saling berkaitan dan saling melengkapi, tidak dapat dipisahkan.





Gambar 1. Keilmuan serumpun geosains.



Gambar 2. Pohon Ilmu Meteorologi, makin kedalam basic sciencenya makin kokoh.

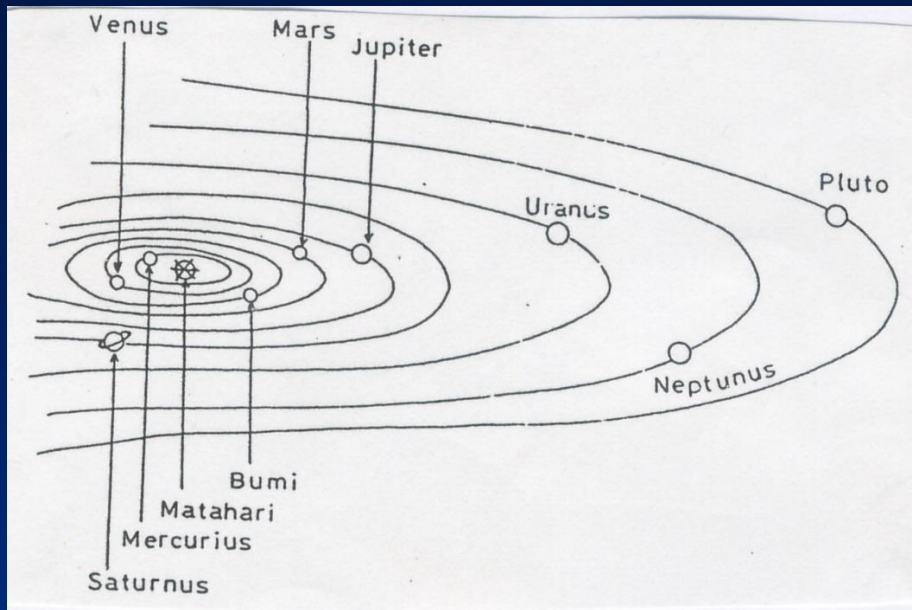
Konsep Geosains

- Geosains membahas bumi sebagai salah satu planet dalam sistem matahari (tata surya) dan membahas bumi sebagai “bawang” yang berlapis-lapis dari pusat bumi sampai puncak atmosfer atau rumbai-rumbai bumi (*fringe of the earth*).
- Sampai sekarang baru bumi satu-satunya planet yang dapat menopang kehidupan manusia, hewan dan tanaman. Bagian padat bumi (litosfer) didominasi oleh kehidupan bangsa cacing, bagian air bumi (hidrosfer) didominasi oleh bangsa ikan, sedangkan bagian gas bumi (atmosfer) didominasi oleh bangsa manusia.
- Bumi terbatas daya dukungnya. Jumlah penduduk bertambah terus lebih cepat dari pada jumlah pangan. Jadi pada mulanya jumlah pangan mengimbangi jumlah penduduk. Ukuran bumi yang terbatas menyebabkan SDA juga terbatas. Jumlah penduduk sekarang 6 milyar dan pada tahun 2025 diperkirakan penduduk dunia mencapai 8 milyar, sementara lahan pertanian terus berkurang yang menyebabkan bahaya kelaparan dan kemiskinan yang signifikan.

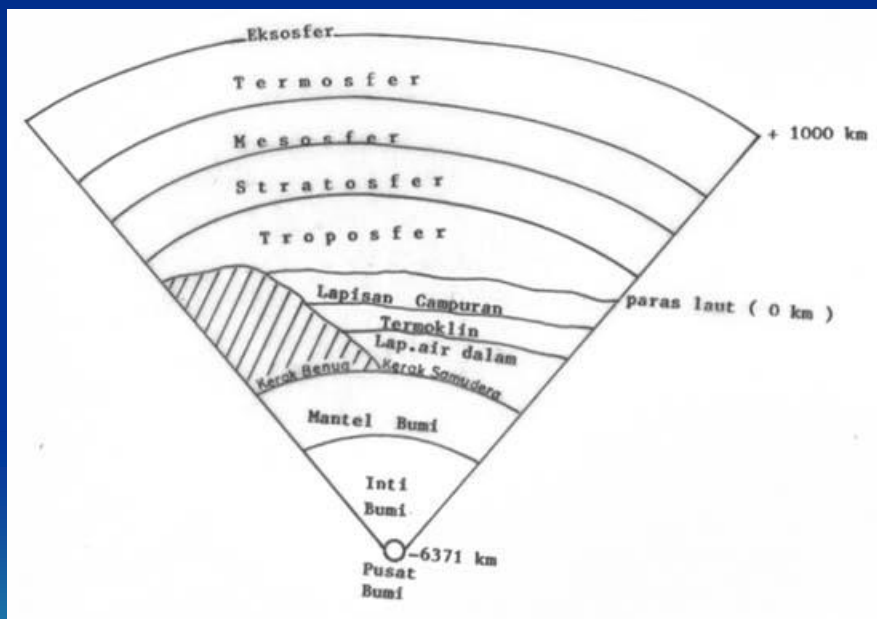


- Untuk mengimbangi ledakan jumlah penduduk dan keterbatasan daya dukung bumi diperlukan kecanggihan teknologi dengan IPTEK Kebumihan melalui pendidikan dan penelitian geosains. Dengan IPTEK Kebumihan dapat dieksploitasi, dieksplorasi dan dikelola SDA (*renewable* dan *non renewable*) dengan meminimasi kerusakan lingkungan sehingga dapat dipertahankan pembangunan terlanjutkan (*sustainable development*).
- Posisi strategis Indonesia ditinjau dari Geosains :
 - Termasuk daerah ekuatorial
 - Diantara dua benua dan dua samudera.
 - Dilalui oleh Arlindo dan Armondo.
 - Dilalui oleh dua jalur seismik (sabuk lingkak Pasifik dan Sabuk Mediteran).
 - Terdiri dari ribuan pulau, ratusan gunung api diantaranya masih aktif.
 - perairannya 70% dan daratan 30%.
 - Kaya akan sumber mineral dan hayati.





Gambar 3. Model tata surya heliosentris menurut Copernicus yang disempurnakan oleh Kepler



Gambar 4. Lapisan bumi (geosfer) dari pusat sampai rumbai-rumbai bumi (puncak atmosfer bumi).

Dimensi Bumi

- Jika dibanding dimensi tempuh manusia maka bumi yang mempunyai radius $r = 6.370 \text{ km}$ dan keliling $= 2\pi r = 2 \times 3,14 \times 6.370 \text{ km} \simeq 40.000 \text{ km}$ seolah-olah mempunyai dimensi yang sangat besar. Luas permukaan $= 4\pi r^2 \simeq 510 \times 10^6 \text{ km}^2$, volumenya $= \frac{4}{3}\pi r^3 \simeq 1,1 \times 10^{12} \text{ km}^3$. Densitas rata-rata $5,5 \text{ g cm}^{-3}$ dan massa total bumi $\simeq 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$.
- Tetapi jika dibanding dimensi alam semesta maka bumi dalam sistem matahari mempunyai dimensi yang tak terhingga kecilnya. Jarak antariksa memakai “satuan dengan bilangan besar”, misalnya Satuan astronomi ($1 \text{ SA} = 150 \times 10^6 \text{ km}$, jarak rata-rata matahari – bumi), Satuan tahun cahaya ($1 \text{ tahun cahaya} = 365,3 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s} \times 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} = 9,5 \times 10^{12} \text{ km}$, jarak yang ditempuh cahaya dalam 1 tahun), dan satuan megaparsek ($1 \text{ Mpc} = 10^6 \text{ parsek} = 3,1 \times 10^{19} \text{ km}$, $1 \text{ parsek} = 3,1 \times 10^{13} \text{ km}$). Jadi,

$$1 \text{ parsek} = \frac{3,1 \times 10^{13}}{9,5 \times 10^{12}} \text{ tahun cahaya} = 3,26 \text{ tahun cahaya}$$

- Diameter matahari $\simeq 14 \times 10^5 \text{ km}$ atau 109 kali diameter bumi. Massa matahari $\simeq 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$ atau 333400 kali massa bumi dan densitas matahari rata-rata $\simeq 1,4 \text{ g cm}^{-3}$ atau $\frac{1}{4}$ kali lebih kecil dibanding densitas bumi. Gambar 5, menunjukkan ukuran relatif planet bumi dibandingkan dengan ukuran planet-planet lain dan matahari.



Rotasi dan Revolusi Bumi

- Bumi berotasi mengelilingi sumbu imajinernya dengan periode 1 hari (23 jam 56 menit 42 sekon) dari barat ketimur. Rotasi bumi mengakibatkan gaya semu yang disebut gaya Coriolis,

$$F_c = 2\Omega \sin \phi, V$$

dimana :

Ω : kecepatan sudut rotasi bumi,

ϕ : lintang tempat

V : kecepatan angin.

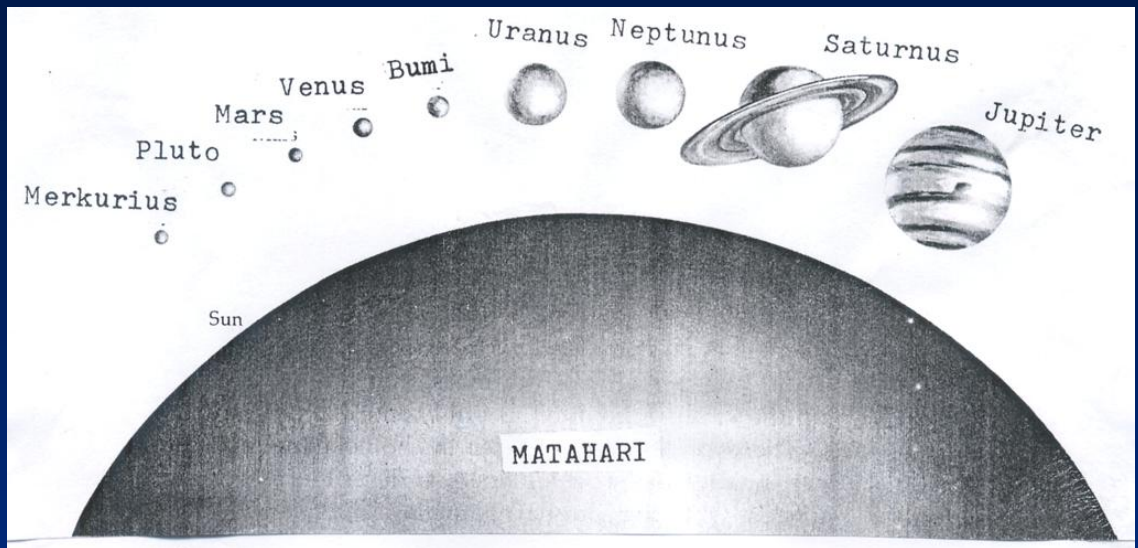
Gaya ini membelokkan angin kekanan di BBU (belahan bumi utara) dan kekiri di BBS (belahan bumi selatan).

- Besar kecepatan sudut rotasi bumi adalah :

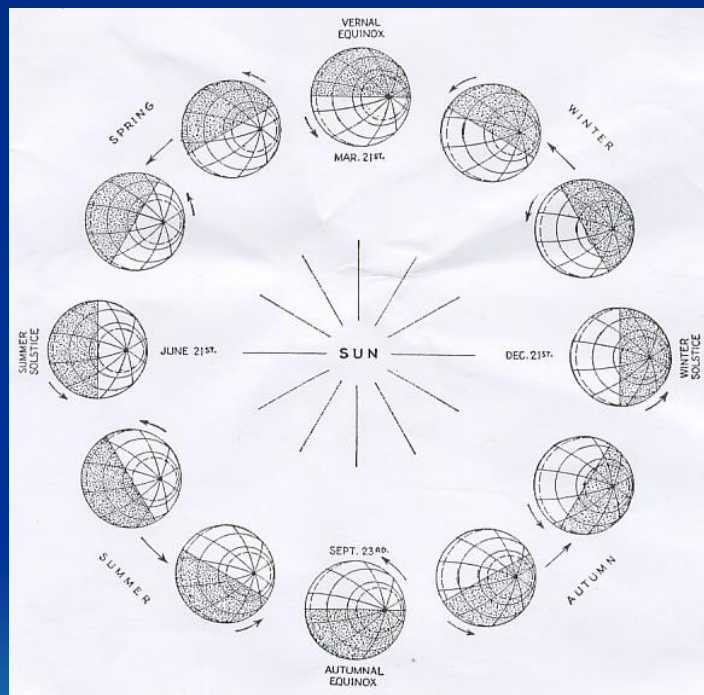
$$\Omega = \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ hari}} = \frac{2 \times 3,14 \text{ rad}}{23 \text{ j } 56 \text{ m } 42 \text{ s}} = 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$$

Karena kecepatan sudut rotasi bumi sangat kecil, lebih kecil dari kecepatan sudut rotasi ujung jarum pendek (jarum yang menunjuk jam) sebuah arloji, maka gaya Coriolis berpengaruh untuk partikel yang bergerak dalam jarak jauh, seperti angin pasat dan arus laut.

- Bumi melakukan revolusi mengelilingi matahari dengan periode 1 tahun ($365\frac{1}{4}$ hari). Rotasi dan revolusi bumi menyebabkan gerakan semu matahari dan musim. Pada tanggal 21 Maret dan 23 September, kedudukan matahari tepat di ekuator disebut ekinoks musim semi dan gugur. Pada waktu ekinoks semua tempat di Bumi mempunyai siang dan malam sama 12 jam. Pada tanggal 21 Juni dan 22 Desember kedudukan matahari berada paling jauh dari ekuator ($22,5^{\circ}$ LU dan $22,5^{\circ}$ LS) disebut solstis musim panas dan dingin di BBU, sebaliknya di BBS.



Gambar 5. Ukuran relatif planet terhadap matahari.



Gambar 6. Ekinoks dan solstis di BBU

Tabel 1. Durasi matahari terbit sampai terbenam (siang hari)

Lintang (derajat)	Solstis musim dingin	Ekinoks musim semi atau gugur	Solstis musim panas
0	12 jam 0 menit	12 jam 0 menit	12 jam 0 menit
10	11 jam 25 menit	12 jam 0 menit	12 jam 38 menit
20	10 jam 48 menit	12 jam 0 menit	13 jam 12 menit
30	10 jam 4 menittd>	12 jam 0 menit	13 jam 56 menit
40	9 jam 8 menit	12 jam 0 menit	14 jam 52 menit
50	7 jam 42 menit	12 jam 0 menit	16 jam 18 menit
60	5 jam 33 menit	12 jam 0 menit	18 jam 27 menit
70	0	12 jam 0 menit	2 bulan
80	0	12 jam 0 menit	4 bulan
90	0	12 jam 0 menit	6 bulan



Bumi Nyaman ?

- Atmosfer merupakan sumber daya alam (SDA) vital. Tanpa atmosfer, manusia hanya tahan hidup beberapa menit. Tanpa air, manusia dapat tahan hidup beberapa hari. Sedangkan tanpa makanan, manusia dapat tahan hidup beberapa minggu. Atmosfer juga pelindung kehidupan dari benda-benda angkasa (meteor) yang jatuh ke bumi, dan ozonosfer sebagai pelindung kehidupan di bumi dari sengatan radiasi matahari, terutama radiasi UV.
- Bumi (udara, air, tanah) merupakan SDA yang esensial bagi kehidupan manusia, namun sumber daya itu mengalami kerusakan yang semakin parah baik pada tingkat lokal, nasional, regional dan global. Misalnya hujan asam dapat menimbulkan kerusakan jutaan hektar hutan dan menurunkan hasil pertanian serta merusak gedung dan monumen bersejarah.
- Sejak revolusi industri (abad ke 18) yaitu pada waktu ditemukan mesin uap (mesin watt) yang memerlukan ketel uap yang dibakar oleh kayu atau bahan fosil maka kadar karbon dioksida dan masalah polusi udara terus meningkat. Bumi mengalami pemanasan global oleh gas rumah kaca (GRK) dan lubang ozonosfer oleh gas klorofluorokarbon (CFC). Jika tidak ada aksi terhadap pemanasan global maka “kapal angkasa” bumi yang nyaman akan menjadi “rumah panas” bumi.
- Pencemaran limbah industri, menunjukkan bahwa banyak kerusakan lingkungan sebagai akibat pembangunan industri yang mengabaikan kualitas lingkungan, pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) dan perubahan iklim. Meskipun telah ada UU Lingkungan hidup 1982, tetapi prakteknya masih sangat jauh dari sasaran dan pembangunan berwawasan lingkungan juga masih jauh dari harapan masyarakat.



Evolusi Atmosfer Bumi

- Dengan unsur-unsur radioaktif yang ditemukan dapat diperkirakan umur Bumi. Dari analisis jumlah berbagai isotop timah (Pb) dan dalam meteorit diketahui bahwa rupa bumi seperti sekarang ini telah terbentuk sekitar 4,5 bilion (milyar) tahun yang lalu.
- Pada mulanya atmosfer bumi mengandung CO₂ berkadar tinggi, karena efek rumah kaca (ERK) maka temperatur bumi juga tinggi. Pada waktu itu O₂ belum terbentuk dan ozonosfer belum ada, sehingga sinar UV radiasi matahari tidak mengalami atenuasi dan mencapai bumi dengan intensitas radiasi sangat kuat. Kondisi ini tidak memungkinkan adanya kehidupan di bumi, kecuali di perairan yang dalam.
- Sekitar 3,5 milyar tahun yang lalu, mulai ada evolusi makhluk hidup berklorofil yang dengan energi foton matahari dan CO₂ menyebabkan proses fotosintesis yang menghasilkan karbohidrat dan oksigen. Karenanya kadar CO₂ turun dan kadar oksigen bertambah yang dengan energi foton dapat membentuk ozonosfer (lapisan O₃). Dengan demikian temperatur muka bumi turun yang memungkinkan makhluk hidup ber-evolusi ke darat.



Bencana Alam Kebumihan

Tabel 2. Bencana alam periode 1964 – 1978.

Bencana	Total korban jiwa selama 14 tahun	Peristiwa terbesar
Siklon tropis	416.972	Bangladesh, 1970 300.000
Gempa bumi dan gelombang pasang	195.328	Peru, 1969 66.794
Banjir	26.724	S. Vietnam, 1964 8.000
Tornado, badai lokal	4.062	Bangladesh, 1969 540
Salju dan tanah longsor	5.790	Peru, 1974 1.450
Letusan vulkano	2.572	Zaire, 1973 2.000
Siklon ekstratropis	1.860	USA, 1966 166
Gelombang panas (dingin)	505	India, 1973 291
El Niño, 1982/1983	2.099 Selama El Niño	Indonesia, 340 korban jiwa kerugian US \$ 500.000.000
Tsunami, 12 Desember 1992 di Kabupaten Sika, Flores. Kekuatan gempa 6,4 skala Richter.	Korban jiwa 2000 orang dan kerugian harta benda 200 milyar rupiah	
El Niño, 1997	Indonesia 1000 korban jiwa dan kerugian lebih besar dari pada El Niño 1982/1983.	
Tsunami (gelombang pasang) 26 Desember 2004 di Aceh. Kekuatan gempa 9,0 skala Richter	Di Aceh dan Sumatera Utara diduga 124.000 mati dan sekitar 114.000 orang dinyatakan hilang.	

Siklon tropis

- Angin sirkular dengan pusat tekanan rendah dengan kecepatan > 64 knot atau $> 32 \text{ ms}^{-1}$ atau $> 115 \text{ km/j}$. Siklon tropis muncul pada laut yang panas $> 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ pada lintang di atas 5° agar gaya Coriolis mencukupi. Siklon tropis melemah jika memasuki laut yang dingin atau kedaratan. Dampak siklon tropis adalah kenaikan curah hujan, kecepatan angin dan tinggi gelombang. Siklon tropis diberi nama gadis, tidak memakai huruf pertama Q, U, X, Y, Z.

Gempa bumi dan Tsunami

- Gempa ialah getaran yang dirasakan di muka bumi akibat adanya sumber getar. Gempa bumi memancarkan energi melalui bumi dalam bentuk gelombang seismik. Pusat gempa bumi disebut hiposenter dan titik di muka bumi persis di atas hiposenter disebut episenter. Gempa yang sering menimbulkan kerusakan dan korban jiwa adalah gempa tektonik yang mempunyai intensitas di atas 6 dalam skala Richter.
- Jika episenter berada di laut maka akan menimbulkan tsunami. Tsunami berasal dari 2 kata yaitu **tsu** artinya pelabuhan dan **nami** artinya gelombang. Dalam bahasa Jepang tsunami secara harafiah berarti gelombang pelabuhan yang sering menghantam pelabuhan di daerah pesisir Jepang.
 - a) Tanggal 12 Desember 1992, terjadi tsunami di Maumere Kabupaten Sika di P. Flores, hiposenternya berada pada kedalaman 20 km dari permukaan laut, kekuatan gempa 6,8 skala Richter dan korban jiwa 2000 meninggal.
 - b) Tanggal 26 Desember 2004 jam 9.00 WIB juga terjadi tsunami yang terbesar sepanjang sejarah. Pusat gempa berada 30 km di bawah dasar laut, 149 km dari kota Meulaboh, Aceh Barat dengan kekuatan gempa mencapai 9,0 Richter. Korban jiwa di Indonesia (Aceh dan Sumatera Utara) diperkirakan 124.000 mati dan 114.000 dinyatakan hilang.

Badai Guruh

Wilayah Indonesia salah satu wilayah di bumi yang frekuensi petirnya paling besar dengan hari guruh antara 100 – 200 per tahun. Di Indonesia banyak terjadi badai guruh konvektif yang pertumbuhannya cepat sehingga menghasilkan hujan lebat, angin ribut (*squalls*), hujan es batu dan petir. Badai ini disebabkan oleh pemanasan permukaan dari radiasi matahari dengan gaya apung konvektif :

$$F = g \frac{T' - T}{T}$$

dimana :

T' : temperatur parcel udara

T : temperatur udara lingkungan

g : percepatan gravitasi lokal

Cahaya kilat melepaskan muatan 30 C, jika beda potensial antara tanah dan pusat muatan negatif awan 10^8 volt, maka energi elektrostatis yang dilepaskan selama satu cahaya kilat adalah :

$$E = q \cdot V = 30 \text{ C} \times 10^8 \text{ V} = 3 \times 10^9 \text{ J}$$

Energi ini setara dengan kerja yang diperlukan untuk menaikkan beban 3000 ton setinggi 100 m dengan memakai $g = 10 \text{ ms}^{-2}$.

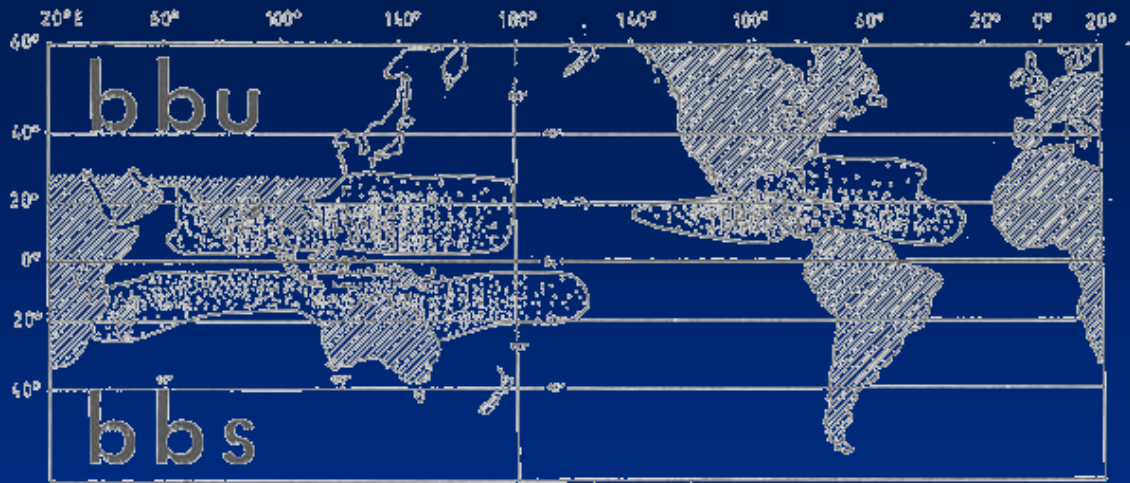


Bencana Kekeringan dan Banjir

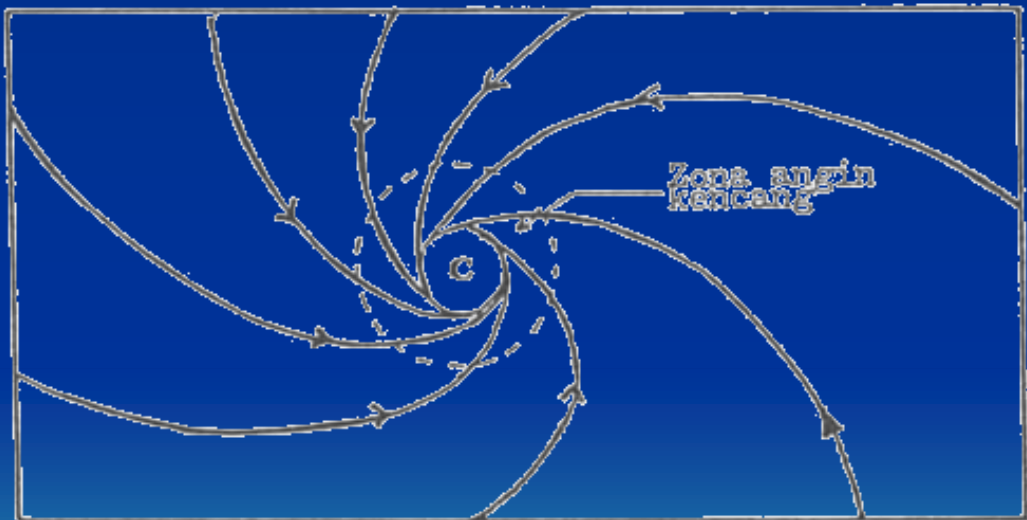
Kekeringan (*drought*) adalah kesenjangan antara air yang tersedia dengan air yang diperlukan, sedangkan ariditas (kondisi kering) diartikan sebagai kondisi dengan jumlah curah hujan sedikit. Kekeringan disebabkan oleh subsidensi yang menghalangi pembentukan awan sehingga terjadi defisiensi (kekurangan) curah hujan. Dalam peristiwa El Niño terjadi subsidensi di atas Indonesia dan awan hujan bergeser ke Pasifik tengah, sehingga di Indonesia mengalami kekeringan dan musim kemarau panjang. Di daerah monsun bencana kekeringan dan banjir hampir periodik, karena monsun adalah fenomena periodik.

Sebab utama bencana banjir adalah faktor meteorologis terutama curah hujan, distribusi dan durasi hujan. Sifat fisis permukaan tanah, misalnya kadar air tanah, tanah gundul, tanah lereng juga menentukan terjadinya bencana banjir dan tanah longsor. Baik awan konvergensi maupun awan siklon tropis mempunyai sistem cuaca skala meso atau makro yang dapat menyebabkan banjir skala luas jika terjadi ketidakseimbangan antara curah hujan, infiltrasi, dan limpasan, terutama jika *drainase* (saluran air) tidak berfungsi dengan baik. Wilayah Indonesia dilalui oleh daerah konvergensi antar tropis yang bergerak kesebelah utara atau selatan ekuator mengikuti gerak semu matahari.

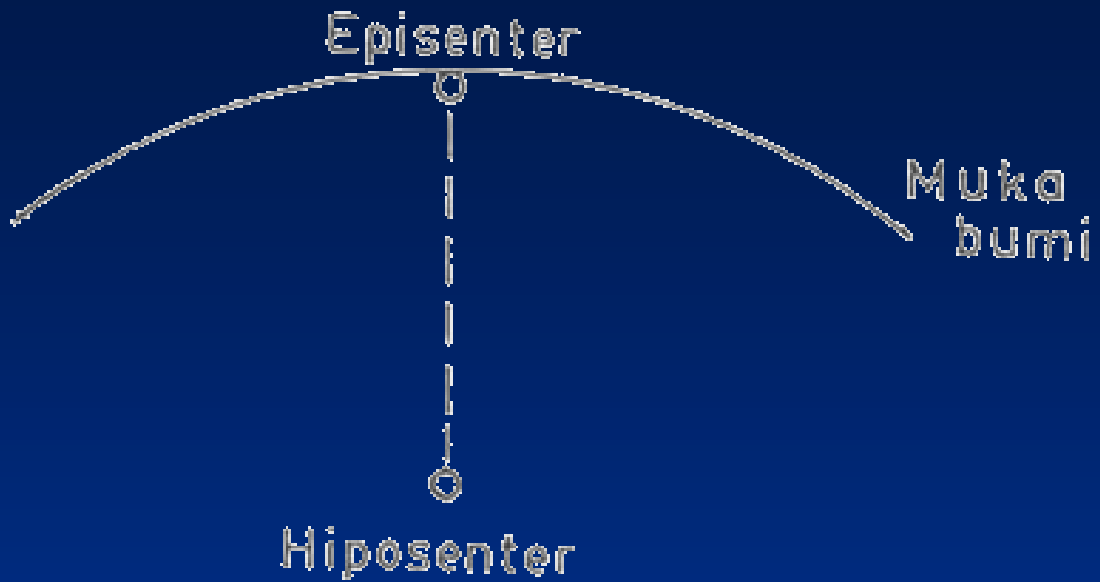




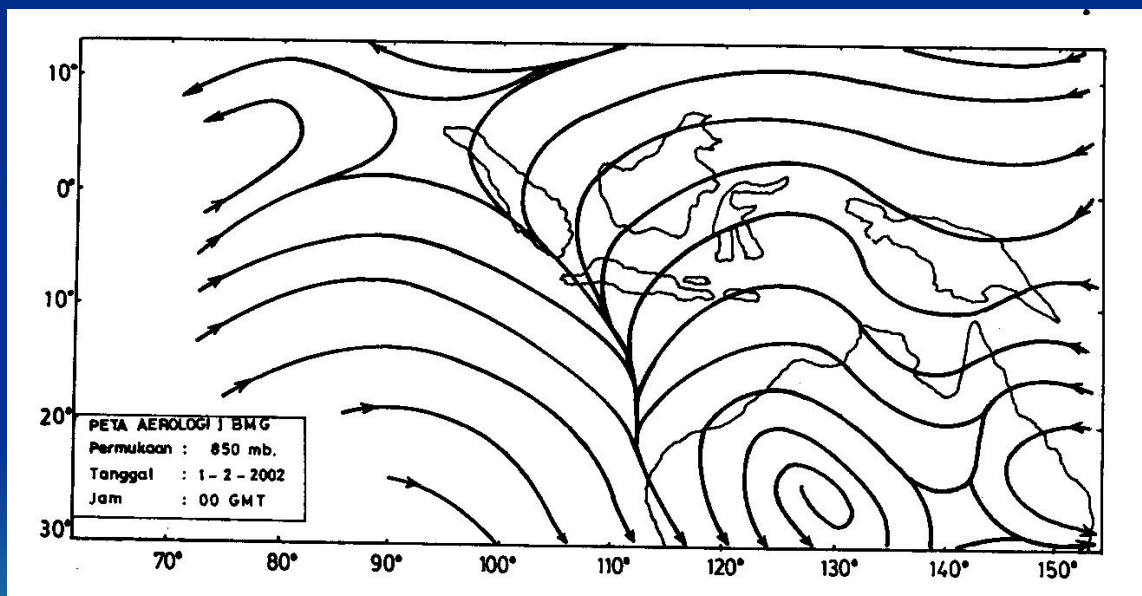
Gambar 7. Lokasi kejadian siklon tropis



Gambar 8. Pola angin siklon tropis di BBU dengan efek gesekan



Gambar 9. Lokasi hiposenter dan episenter gempa bumi



Gambar 10. Garis arus udara permukaan (850 mb), tanggal 1 Februari 2002, jam 07.00 WIB.

Referensi

- Anthes, R. A., 1982. Tropical Cyclones, Evolution, Structure and Effects, Meteorological Monographs, Vol. 19, No. 41, Amer. Meteor. Soc.
- Bayong Tj. HK., 2003. Geosains, Penerbit ITB, Bandung.
- Bayong Tj. HK., 2004. Klimatologi, Penerbit ITB, Bandung.
- Bayong Tj. HK., 2005. Georiksa, Penerbit P.T Rosda Karya, Bandung, segera terbit.
- Michael Zeilik, 1976. Astronomy, Hasper and Row Publisher, New York.
- Spar, 1962. Earth, Sea and Air, Eddison Wesley Publ. Co. Inc., London.
- Satrio, S. B., 2004. Tantangan abad ke 21, Workshop Membangun Indonesia Abad ke 21, MGB – ITB, Bandung.
- Strahler, A. N., and A. L. Strahler, 1973. Environmental Geoscience, Hamilton Publishing Company, California.
- Trenberth, K. E., 1996. El Niño definition, Workshop on ENSO and Monsoon, ICTP, Trieste, Italy.
- Trewartha, G. T., 1954. An Introduction to Climate, Mc Graw – Hill Book Company, Inc., London.
- Unsöld, A., and B. Bascheck, translated by W. D. Brewer, 1991. The New Cosmos, Springer – Verlag, Berlin.
- William, S. Von Arx, 1962. An Introduction to Physical Oceanography, Addison Wesley Publishing Company, Inc., London.



Biodata

Nama : Prof. Dr. H. Bayong Tjasyono HK., DEA.

Pendidikan : 1970 : Sarjana Muda Geofisika dan Meteorologi, ITB
1971 : Sarjana Satu Geofisika dan Meteorologi, ITB
1972 : Sarjana Geofisika dan Meteorologi, ITB
1976 – 1977 : Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA),
Meteorologi, Université de Clermont, Prancis.
1977 – 1979 : Doktor Meteorologi, Université de Clermont,
Prancis.

Pengajaran : Mengajar di ITB, UPI, dan pernah mengajar di UNPAD dalam matakuliah Meteorologi, Klimatologi, Geosains, Georiksa (IPBA), Sains Atmosfer, Meteorologi Monsun, Meteorologi Fisis dan Dinamis, Modifikasi Cuaca, Mikrofisika Awan dan Hujan. Membimbing Skripsi S1, Tesis S2, dan Promotor Disertasi S3.

Penelitian : Melakukan penelitian meteorologi yang dibiayai oleh ITB, DPPM – P & K, Bank Dunia, RUT, BMG, LAPAN dan lain-lain.

Eksperimen : Melakukan percobaan dan eksperimen bersama instansi riset seperti :

Peluncuran balon stratosfer di Watukosek, Jawa Timur, LAPAN.

Percobaan Hujan Buatan di Waduk Jatiluhur (Jawa Barat), Waduk Riam Kanan (Kalimantan Selatan), daerah Gunung Kidul (Yogyakarta), Soroako (Sulawesi Selatan), BPPT.

Percobaan petir di Ciater, Bandung dan Kebun Teh Gunung Mas, Bogor, Kerjasama Universitas Jepang dan Indonesia (ITB, LAPAN, PLN).

Monsoon Experiment, World Meteorological Organization (WMO).

Publikasi : Prosiding seminar nasional dan internasional, Jurnal Ilmiah, Buku Ajar (*text book*), Laporan Riset.

Pengabdian pada masyarakat : Memberi kursus, lokakarya dibidang meteorologi untuk media masa, instansi riset dan lain-lain, seperti BMG, LAPAN, Pusat Studi Lingkungan Hidup, dan instansi lain yang terkait (misalnya radio, Wartawan, Pensiun