

BUKU AJAR PENDIDIKAN MIPA

PERUBAHAN IKLIM

Dra. Nyimas Aisyah, M.Pd., Ph.D.
Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si.
Dr. Ismet, S.Pd., M.Si.
Dra. Cecil Hiltrimartin, M.Si., Ph.D.
Dr. Meilinda, M.Pd.

ISBN 978-623-399-099-8



BUKU AJAR PENDIDIKAN MIPA
PERUBAHAN
IKLIM

Dra. Nyimas Aisyah, M.Pd., ph.D
Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si
Dr. Ismet, S.Pd., M.Si
Dra. Cecil Hiltrimartin, M.Si., Ph.D
Dr. Meilinda, M.Pd



BUKU AJAR PENDIDIKAN MIPA PERUBAHAN IKLIM

Dra. Nyimas Aisyah, M.Pd., ph.D
Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si
Dr. Ismet, S.Pd., M.Si
Dra. Cecil Hiltrimartin, M.Si., Ph.D
Dr. Meilinda, M.Pd

UPT. Penerbit dan Percetakan
Universitas Sriwijaya 2022
Kampus Unsri Palembang
Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar Palembang 30139
Telp. 0711-360969
email : unsri.press@yahoo.com, penerbitunsri@gmail.com
website : www.unsri.unsripress.ac.id

Anggota APPTI No. 005.140.1.6.2021
Anggota IKAPI No. 001/SMS/96

137 halaman : 18,2 x 25,7 cm

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Hak Terbit Pada Unsri Press

ISBN : 978-623-399-099-8

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
RENCANA PEMBELAJARAN.....	v
BAB 1 PLANET BUMI DAN ATMOSFER.....	1
1.1 Matahari.....	2
1.2 Planet Bumi	6
1.3 Atmosfer	8
1.4 Troposfer	9
1.5 Stratosfer	11
1.6 Mesosfer.....	13
1.7 Termosfer	14
BAB 2 CUACA, IKLIM DAN MUSIM	16
2.1 Cuaca	17
2.1.1 Suhu atau Temperatur Udara	19
2.1.2 Tekanan Udara	22
2.1.3 Angin.....	23
2.1.4 Kelembaban Udara	27
2.1.5 Curah Hujan	27
2.2 Musim	29
2.3 Iklim	30
2.3.1 Iklim Matahari	30
2.3.2 Iklim Fisis	33
BAB 3 EFEK RUMAH KACA, GAS RUMAH KACA DAN PEMANASAN	
GLOBAL	35
3.1 Efek Rumah Kaca	36
3.2 Gas Rumah Kaca	39

3.3 Pemanasan Global	41
BAB 4 PERUBAHAN IKLIM	44
4.1 Apa itu Iklim? Apa Bedanya Dengan Cuaca?	45
4.2 Apa itu Perubahan Iklim?	46
4.3 Apa yang Menyebabkan Iklim Bumi Berubah?	48
4.4. Konsentrasi gas rumah kaca berada pada level tertinggi dalam 2 juta tahun.....	49
4.5 Orang-orang mengalami perubahan iklim dengan berbagai cara	50
4.6 Setiap peningkatan pemanasan global penting	50
4.7 Kami menghadapi tantangan besar tetapi sudah tahu banyak solusi ...	51
4.8 Kita dapat membayar tagihan sekarang, atau membayar mahal di masa depan	52
BAB 5 PERUBAHAN IKLIM DAN SISTEM BUMI	54
5.1 Bagaimana Sistem Iklim Bekerja	57
5.2 Peran manusia terhadap perubahan iklim	67
5.3 Gangguan antropogenik dari komposisi atmosfer	68
BAB 6 PEMODELAN MATEMATIKA DENGAN KONTEKS PERUBAHAN IKLIM.....	70
6.1 Pengertian Pemodelan Matematika	72
6.1.1 Proses Pemodelan Matematika	75
6.1.2 Tujuan Pemodelan Matematika	76
6.1.3 Jenis Model/Pemodelan	77
6.1.4 Karakteristik Model Matematika	81
6.2 Pemodelan Matematika dengan Konteks Climate Change	83
GLOSARIUM.....	125
REFERENSI.....	126
INDEX.....	128
TENTANG PENULIS.....	129

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah yang senantiasa memberikan kemudahan dalam menyelesaikan segala urusan hingga kami mampu menyelesaikan buku “Buku Ajar Topik Perubahan Iklim” ini yang merupakan hasil penelitian Kolaborasi Internasional tahun 2021 dan 2022 dengan Utah State University.

Terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada seluruh pihak yang telah membantu dan memberi dukungan moril dalam setiap tahap dan proses penyusunan buku ini.

Buku yang berada di tangan anda ini merupakan buku ajar yang berisi topik tentang perubahan iklim. Kami memberikan banyak pembahasan terkait mulai dari planet bumi dan atmosfer, pemanasan global, efek rumah kaca, gas rumah kaca, perubahan iklim dan pemodelan perubahan iklim. Buku ini disertai dengan penjelasan, artikel tambahan bacaan dan juga ada latihan evaluasi yang akan memberikan latihan lebih tentang topik setiap bab bahasan.

Akhirnya kami mengucapkan selamat membaca dan menjelajahi dunia tentang perubahan iklim melalui buku ini. Tidak lupa kami berharap kritik dan saran yang membangun bagi kami agar senantiasa terus berbenah bagi kemajuan kepenulisan berikutnya.

Palembang, November 2022

Penulis,

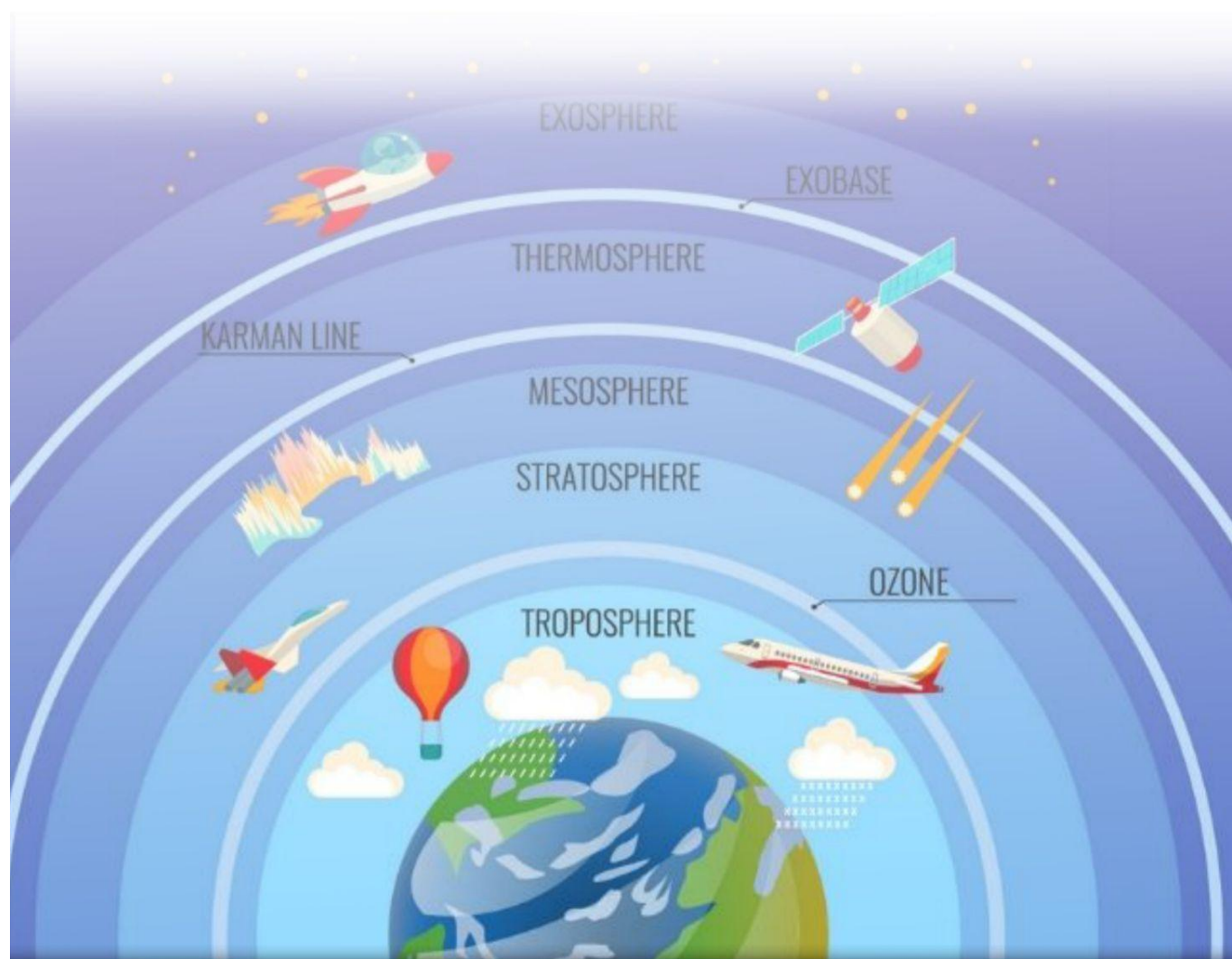
RENCANA PEMBELAJARAN
PERKULIAHAN PERUBAHAN IKLIM

No	Hari/Tanggal	Topik	Tugas
1	Pertemuan ke-1	Pendahuluan	Mencari dan mempresentasikan 2 Artikel Ilmiah tentang Planet Bumi dan Atmosfer
2	Pertemuan ke-2	Planet Bumi dan Atmosfer	Mencari dan mempresentasikan 2 Artikel Ilmiah tentang Cuaca, Iklim dan Musim
3	Pertemuan ke-3	Cuaca, Iklim dan Musim	Mencari dan mempresentasikan 2 Artikel Ilmiah tentang Efek Rumah Kaca, Gas Rumah Kaca dan Pemanasan Global
4	Pertemuan ke-4,5,6	Efek Rumah Kaca & Pemanasan Global	Mencari 2 Artikel tentang Efek Rumah Kaca dan pemanasan global
7	Pertemuan ke-7 dan 8	Perubahan Iklim dan sistem bumi	Menentukan Pemodelan Perubahan Iklim yang akan dipresentasikan dan bentuk praktikumnya
9	Pertemuan ke-9	Peran Manusia terhadap Perubahan Iklim	Mencari dan mempresentasikan 2 Artikel tentang Peran Manusia terhadap Perubahan Iklim
10	Pertemuan ke-10	Gangguan Antropogenik di Komposisi Atmosfer	Mencari dan mempresentasikan 2 Artikel tentang Gangguan Antropogenik di Komposisi Atmosfer
11	Pertemuan ke-11	Pemodelan, definisi dan jenis-jenisnya	Mempresentasi berbagai bentuk pemodelan berdasarkan artikel yang dibaca
12	Pertemuan ke-12	Pemodelan Matematika tentang perubahan iklim	-
13	Pertemuan ke-13	Presentasi	Presentasi Pemodelan Perubahan Iklim
14	Pertemuan ke-14	Presentasi	Presentasi Pemodelan Perubahan Iklim

15	Pertemuan ke-15	Presentasi	Presentasi Pemodelan Perubahan Iklim
16	Pertemuan ke-16	Evaluasi Semester	Mengumpulkan seluruh tugas evaluasi bab 1-6

BAB 1

PLANET BUMI DAN ATMOSFER



Learning Outcome_____

- 1 Mahasiswa memiliki pengetahuan konsep dasar tentang planet bumi dan atmosfer.
- 2 Mahasiswa memahami hubungan dan berbagai proses yang berkaitan dengan planet bumi dan atmosfer.
- 3 Mahasiswa dapat mengembangkan soal tentang planet bumi dan atmosfer pada level sekolah dasar dan menengah.
- 4 Mahasiswa menyusun ide untuk membuat soal tentang planet bumi dan atmosfer pada level sekolah dasar dan menengah.
- 5 Mahasiswa menyusun ide untuk membuat soal tentang planet bumi dan atmosfer pada level sekolah dasar dan menengah.

1.1 Matahari

Matahari adalah sumber energi bagi kehidupan di bumi dan merupakan bintang terdekat dengan diameter 1,4 juta kilometer dan merupakan bola gas utama; intinya cukup padat sehingga dapat menghasilkan reaksi termonuklir. Terdapat tekanan yang keluar dari ledakan nuklir yang terus terjadi pada matahari, namun tekanan yang besar tersebut ditahan oleh gravitasi antar atom yang menahan tekanan ke arah dalam sehingga menghasilkan keseimbangan tekanan yang stabil.

Para Ilmuwan mengemukakan bahwa terdapat perbedaan kecepatan pergerakan antara matahari, bulan dan bumi. Matahari bergerak dengan kecepatan 12 km per detik, bulan bergerak dengan kecepatan 18 km per detik dan bumi bergerak dengan kecepatan 15 km per detik. Selain itu, observasi para ilmuwan juga menunjukkan bahwa pergerakan matahari juga disertai oleh pergerakan planet lainnya dan terjadi gerakan edar di angkasa dengan kecepatan mencapai 30 km per detik menuju rasi bintang yang disebut dengan Hercules.

Matahari melewati kawasan yang membentang luas di kedua sisinya dalam gerak tahunannya. Kawasan yang dilewati ini kemudian dikenal dengan nama zodiak. Para ahli astronomi menyatakan adanya 12 zodiak yang terdapat dalam satu tahun, sehingga setiap bulannya terdapat satu zodiak. Garis edar matahari berbeda dengan garis edar bulan, sehingga dalam prosesnya matahari tidak mungkin sama dengan bulan dalam mengorbit. Garis edar atau orbit merupakan istilah yang digunakan dunia astronomi untuk menjelaskan proses berputarnya benda angkasa mengelilingi objek angkasa tertentu baik dalam skala kecil maupun besar. Orbit matahari dan bulan jelas berbeda, orbit bulan adalah mengelilingi bumi sedangkan orbit matahari adalah mengelilingi galaksi.

Seperti semua bintang, matahari terbuat dari awan gas dan debu yang menggumpal. Pada lapisan terluar terdapat partikel gas yang juga dikenal sebagai nebula, terus mengembang dan bergerak menuju pusat, di mana tarikan gravitasinya menyebabkan lebih banyak atom tercipta. Awan gas telah bertambah mampat dan panas selama 10 juta tahun. Kemudian perubahan penting terjadi pada saat itu. Karena tarikan gravitasi, tekanan yang semakin besar menyebabkan atom terjebak dalam proses fusi nuklir dan melepaskan sejumlah besar energi. Segera setelah itu, Matahari menjadi bintang.

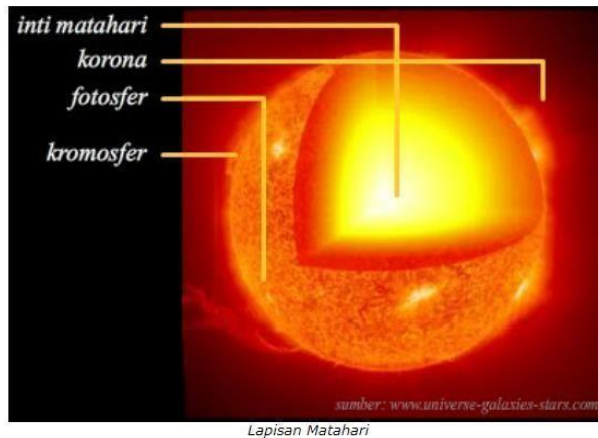
Matahari merupakan pusat dari peredaran benda-benda angkasa di tata surya. Selain itu, matahari juga menjadi salah satu bintang yang memiliki hubungan erat dengan kehidupan di bumi. Matahari juga sama dengan jenis bintang lainnya yang tersusun atas gas dengan tekanan tingkat tinggi. Matahari memiliki ukuran raksasa jika dibandingkan dengan benda angkasa lainnya, bahkan jika dibandingkan dengan planet terbesar sekalipun. Diameter matahari mencapai 109 kali lebih besar dibandingkan dengan diameter Bumi, yaitu 1,4 juta km. Matahari

memiliki berat lebih dari 300.000 kali berat bumi meskipun tersusun atas gas. Hal yang menakjubkan adalah suhu permukaan matahari yang mencapai 6.000 derajat Celcius dengan suhu inti yang mencapai 15-20 juta derajat Celcius. Panas ini kemudian ditransmisikan hingga sampai ke permukaan bumi dan bisa menyokong kehidupan di bumi. Matahari mengandung banyak energi dan juga dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Partikel elektromagnetik yang dimaksud berupa cahaya tampak, sinar x, sinar gamma, sinar ultraviolet, sinar inframerah dan sinar mikro.

Matahari tersusun atas empat lapisan yaitu: lapisan inti, fotosfer, kromosfer, dan korona. Komponen terdalam dari matahari adalah inti matahari. Terdapat reaksi yang berperan sebagai sumber energi matahari pada bagian ini. Suhu pada lapisan ini bisa mencapai 15.000.000 derajat Celcius. Energi hasil reaksi pada inti akan dilepaskan sampai ke lapisan terluar, kemudian dialihkan ke angkasa. Kedua yaitu lapisan Fotosfer yang merupakan komponen penerangan dalam kehidupan sehari-hari. Lapisan ini mengeluarkan cahaya untuk sumber energi yang dibutuhkan kehidupan di bumi. Lapisan ini memiliki suhu yang mencapai 16.000 derajat Celcius dan memiliki ketebalan 500 kilometer. Ketiga yaitu lapisan Kromosfer yang merupakan bagian di atas fotosfer yang berfungsi sebagai atmosfer bagi matahari. Kromosfer memiliki ketebalan 16.000 km dan suhu maksimum lebih dari 9.800 °C. Kromosfer akan terlihat layaknya gelang merah saat fenomena gerhana matahari total, bentuk ini akan terlihat mengelilingi matahari saat fenomena itu berlangsung.

Keempat adalah lapisan Korona yang merupakan lapisan atmosfer paling luar yang dimiliki matahari. Suhu Korona bisa mencapai lebih dari 1 juta derajat Celcius. Warna keabu-abuan dari lapisan ini diakibatkan

oleh adanya ionisasi pada atom-atom akibat suhunya yang sangat tinggi. Karena pada fenomena gerhana matahari total hampir semua cahaya matahari tertutup oleh bulan, Korona bereaksi dengan menjadi lapisan yang tampak pada fenomena tersebut. Bentuk korona, seperti mahkota dengan warnanya yang keabu-abuan.



Gambar 1 Lapisan Matahari
Sumber : www.kompas.com

Matahari sangat penting untuk kehidupan sehari-hari. Udara dan air bisa bersirkulasi akibat sinar yang menghangatkan bumi. Sinar Matahari juga memungkinkan tanaman untuk melakukan fotosintesis, yang nantinya menjadi makanan bagi manusia dan hewan. Matahari merupakan sumber energi untuk kehidupan sehari-hari dan fungsi berikut.

1. Panas matahari memiliki suhu yang cocok untuk kelangsungan makhluk hidup di Bumi. Matahari berperan untuk berbagai aktivitas yang menyokong kehidupan makhluk hidup sehari-hari. Terutama bumi akan menerima energi dan panas dalam jumlah yang cukup untuk membuat air yang merupakan sumber kehidupan tetap dalam bentuk cair agar bisa digunakan. Panas matahari juga memungkinkan adanya siklus air, siklus angin, cuaca dan juga iklim

2. Cahaya Matahari digunakan secara pasif oleh tumbuhan berklorofil untuk berfotosintesis, sehingga tumbuhan dapat tumbuh dan menghasilkan oksigen dan senyawa lain yang berfungsi sebagai makanan bagi manusia dan hewan.
3. Panel Surya diposisikan di atas rumah untuk menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik.
4. Adanya siang dan malam yang dipengaruhi oleh rotasi bumi karena menyebabkan adanya daerah yang mendapat sinar matahari dan tidak. Selain itu, pergerakan bumi mengelilingi matahari juga menyebabkan terjadinya pergantian musim secara tahunan.
5. Matahari menjadi pusat bagi planet-planet dan benda langit lainnya yang bergerak atau berotasi mengelilingi tata surya. Sistem secara keseluruhan dapat berjalan karena pengaruh medan gravitasi matahari yang sangat kuat.

1.2 Planet Bumi

Planet dan atmosfer merupakan dua hal yang tidak dapat dipisahkan karena merupakan kesatuan ekosistem stasioner yang satu sama lain saling berinteraksi. Di tata surya kita, jika bumi tanpa adanya atmosfer maka akan sama dengan planet lain yang kering, tandus, ekstrim dan bahkan tidak akan kehidupan didalamnya. Atmosfer telah berperan besar terhadap bumi dalam berbagai hal. Misalnya aja, keberlangsungan siklus air yang merupakan peran dari adanya atmosfer di bumi, kondisi suhu di permukaan bumi yang juga dipengaruhi atmosfer. Peran penting atmosfer ini tidak terlepas dari pentingnya keberadaan udara dan air bagi kehidupan makhluk hidup. Namun, ternyata tidak hanya bumi yang membutuhkan atmosfer namun juga sebaliknya, karena atmosfer tanpa bumi tidak akan berarti. Sebagian besar komponen bumi disusun dari

besi yang dengan medan magnet yang sangat kuat. Medan magnet ini membentang luas hingga beberapa kilometer. Fungsi utama medan magnet ini adalah menahan atom dan partikel di atmosfer agar tidak terlepas ke angkasa. Selain itu, medan magnet juga dapat melemahkan radiasi matahari yang sampai ke bumi, karena radiasi ini dapat menjadi bahaya bagi kehidupan makhluk hidup di bumi dalam jumlah yang berlebihan.

Bumi merupakan salah satu planet di tata surya. Pusat dari tata surya tersebut adalah matahari. Bumi terletak di urutan ketiga terdekat dari Matahari, setelah Merkurius dan Venus. Ilmuwan memperkirakan, Bumi terus berkembang sejak kira-kira 5.000 tahun yang lalu. Setelah Matahari terbentuk, Bumi pun mulai terbentuk. Permulaan bumi dapat ditelusuri kembali dari sebuah raksasa awan yang menggumpal. Awan tersebut menjadi lebih panas secara terus menerus dan pada akhirnya membentuk bola merah panas. Setelah itu, terjadi pendinginan bola panas tersebut secara perlahan-lahan. Permukaannya kemudian mengeras, seperti yang telah disebutkan. Namun, berbeda dengan permukaannya. kondisi di dalam inti Bumi masih sangat panas (mencapai 7.000 C), dan sebagian bagian berupa cairan. Dibandingkan dengan planet lain di tata surya kita, Bumi adalah planet yang paling padat. Nilai kerapatan Bumi mencapai 5.517 lebih besar dari kepadatan air. Saat ini Bumi merupakan satu-satunya planet yang berpenghuni dan menyediakan lingkungan yang bagi kehidupan manusia, hewan, dan makhluk hidup lainnya. Berbagai jenis makhluk hidup tersebut merasa nyaman hidup di bumi. Sekitar 71% daratan di wilayah Bumi merupakan air, baik berupa samudra, lautan, sungai, danau, maupun rawa. Sisanya 29% merupakan daratan. Tiga komponen utama penyusun Bumi adalah silikon, besi, dan oksigen. Pada ketiga unsur tersebut, sekitar 88% diantaranya merupakan besi.

Fakta tentang Bumi:	
Massa	: 5.880 x 10 ²¹ ton
Kerapatan	: 5.517 x kerapatan air
Volume	: 1.083.208.840.000 km ³
Permukaan area	: 510.100.500 km ²
Permukaan tanah	: 148.950.800 km ² atau lebih dari 29 % dari permukaan area
Permukaan air	: 361.149.700 km ² atau 71 %
Keliling ekuator	: 40.067 km
Keliling kutub	: 40.000 km
Diameter ekuator	: 12.756 km
Jarak rata-rata dari Matahari	: 140.407.000 km
Periode rotasi pada sumbunya	: 23 jam 56 menit dan 4,09 detik
Periode revolusi mengelilingi Matahari	: 365 hari 5 jam 48 menit dan 45,51 detik
Kecepatan rotasi	: 1.660 km/jam di garis ekuator
Kecepatan revolusi	: 29,8 km/detik
Kemiringan orbit	: 23,4°

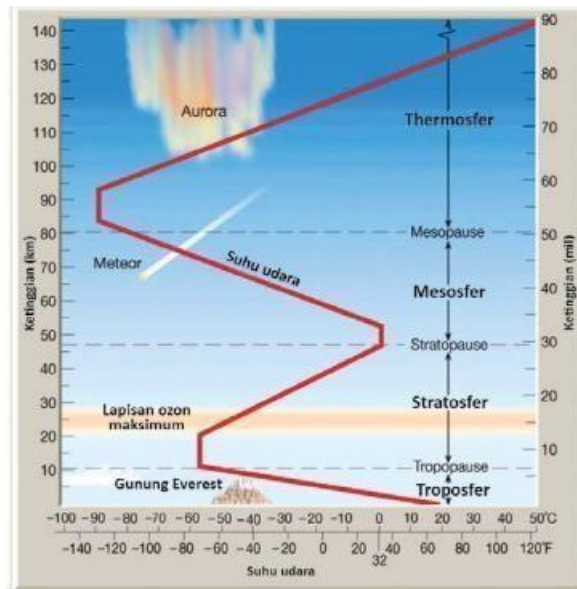
Gambar 2 Fakta Tentang Bumi
Sumber : Pustaka Anak Cerdas, Volume 1, 2008

1.3 Atmosfer

Atmosfer merupakan lapisan berupa gas yang menutupi sebuah planet. Termasuk bumi juga diselimuti oleh atmosfer, hal ini dapat dilihat dari adanya lapisan atmosfer dari permukaan bumi hingga ke luar angkasa. Kisaran atmosfer di permukaan bumi yaitu 0 km dari atas permukaan tanah hingga mencapai 560 km. Kandungan gas yang terdapat dalam atmosfer yaitu 78% nitrogen (N₂), 21% oksigen (O₂), 0,9% argon (Ar), dan 0,03 persen karbon dioksida (CO₂). Selain itu juga terdapat gas lain seperti helium (He), hidrogen (H), xenon (Xe), dan ozon membentuk zat ini (O₃). uap air, lalu debu kecil atau partikel aerosol. Massa atmosfer kira-kira 5 x 10¹⁸ kg, dengan 75% dari massa tersebut terletak di troposfer. Massa atmosfer akan semakin kecil untuk ketinggian yang semakin besar. Sehingga, tekanan atmosfer juga semakin mengecil. Atmosfer yang membentang 500 hingga 1.000 kilometer ke arah angkasa sangat penting bagi kehidupan di bumi. Tanpa atmosfer, semua kehidupan, termasuk manusia, hewan dan tumbuhan, akan

terbakar oleh Matahari pada siang hari. Sebaliknya, pada malam hari makhluk hidup diperkirakan akan membeku. Kemampuan atmosfer untuk menahan fluktuasi suhu udara dalam skala kecil melalui proses efek rumah kaca dan mendukung radiasi bahaya dari Matahari memungkinkannya melindungi manusia dari bahaya. Senada dengan itu, atmosfer juga menyediakan udara yang diperlukan makhluk hidup untuk tumbuh dan berkembang.

Atmosfer bumi memiliki ketebalan hingga ribuan mil (1 mil = 1.6093 km). Atmosfer tersusun atas beberapa lapisan. Lapisan yang paling luar mengandung partikel yang tipis dan renggang sehingga dapat bergerak bebas dan lepas ke luar angkasa dari medan gravitasi bumi. Partikel tersebut terlepas dan dibawa oleh solarwinds. Namun berlaku sebaliknya. lapisan atmosfer yang paling bawah dengan ketinggian 10-15 km sangat tebal dan mengandung gas, udara, debu serta elemen-elemen lainnya. Pada lapisan ini terjadi hujan sekaligus pergantian musim dan cuaca. Jika diurutkan dari lapisan yang paling rendah ke lapisan terluar dari atmosfer, maka akan terlihat lapisan troposfer, stratosfer, mesosfer, termosfer dan eksosfer (pada gambar 1.3). Pada lapisan troposfer dan stratosfer, ini berfungsi sebagai alat transportasi benda terbang.



Gambar 3 Kategori Lapisan Atmosfer
 Sumber : www.klikgeografi.blogspot.com

1.4 Troposfer

Lapisan ini terletak di tingkat yang terendah dan dekat dengan permukaan bumi, kandungan didalamnya merupakan komponen ideal untuk kebutuhan kehidupan makhluk hidup di bumi. Pada lapisan Troposfer kehidupan terlindungi dari radiasi matahari dan radiasi dari benda-benda Langit lainnya. Jika melihat ketebalannya dibanding dengan lapisan lain, lapisan ini adalah yang paling tipis (kurang lebih 15 kilometer dari permukaan tanah). Di bagian ini, terjadi fenomena yang beragam seperti cuaca, perubahan suhu yang mendadak, angin, tekanan, dan kelembaban yang dapat kita rasakan setiap hari dalam kehidupan. Suhu udara di permukaan cairan laut berkisar 30 derajat Celcius dan semakin tinggi lapisan maka suhunya akan turun. Setiap 100 m kenaikan suhu menjadi lebih hangat sebesar 0,61 derajat Celcius (sesuai dengan Teori Braak). Pada lapisan khusus ini terjadi fenomena cuaca seperti hujan, angin, musim salju, kemarau, dan lain-lain.

Lapisan yang paling dingin di atmosfer adalah yang paling jauh dari troposfer karena permukaan bumi memancarkan radiasi matahari dan memantulkannya ke udara. Pada umumnya, jika suhu turun, suhu udara akan menjadi lebih dingin dari biasanya, berfluktuasi antara 17 hingga -52 derajat Celcius. Anomali yang mempengaruhi gradien suhu tertentu dapat dihasilkan permukaan bumi saat ini, seperti daerah pegunungan dan dataran tinggi. Ada lapisan antara stratosfer dan troposfer yang dikenal sebagai Tropopause, yang menjembatani stratosfer dan troposfer.

Ketebalan lapisan troposfer sekitar 10 hingga 17 km dari permukaan bumi. Troposfer mengandung lebih dari 75% dari total massa gas yang ada di atmosfer, termasuk air dan debu. Pada lapisan troposfer terdapat dinamika cuaca. Ketika krisis pemanasan global terjadi, troposfer mengalami peningkatan tekanan suhu udara yang paling signifikan (lihat <http://www.mycleansky.com/?a=stratosphere>). Hubungan antara suhu udara dan ketinggian pada tropopause bersifat timbal balik. Saat lapisan semakin tinggi, suhu udaranya semakin lama semakin rendah. Ini menjelaskan mengapa, dibandingkan dengan pantai atau dataran rendah, suhu udara di puncak gunung terasa lebih dingin. Gunung tertinggi di dunia yaitu Gunung Everest memiliki ketinggian kurang lebih 8.850 meter di atas permukaan laut (dpl), dimana mengalami suhu yang sangat dingin sekitar -40 derajat Celcius. Inilah yang menyebabkan banyak salju dan lapisan es yang menyelimuti puncak Gunung Everest. Pendaki Gunung akan merasakan sensasi bangga jika mampu menaklukkan puncak yang berlapis salju dengan cuaca yang sangat ekstrim ini. Ada lapisan udara stratosfer yang sangat tebal dan padat di atas troposfer. Awan cirrus ada pada lapisan ini. Awan cirrus terdiri dari kristal es karena berada di lingkungan yang sangat dingin.



Gambar 4 Lapisan Troposfer
Sumber : www.lenterageografi.blogspot.com

1.5 Stratosfer

Transisi dari lapisan troposfer ke lapisan stratosfer berada pada ketinggian 11 km. Suhu lapisan stratosfer terbawah relatif stabil dan dingin jika dibandingkan dengan bagian lainnya yaitu suhu berkisar -70°F atau -57°C . Angin kencang terjadi di lapisan ini dengan pola tertentu. Selain itu, lapisan ini berfungsi sebagai lokasi penerbangan. Awan tinggi macam cirrus kadang-kadang terdapat di daerah yang paling dekat dengan troposfer, tetapi tidak terdapat pola cuaca yang berlangsung signifikan pada lapisan ini.

Lapisan stratosfer juga berfungsi sebagai batas pesawat komersil untuk melakukan penerbangan. Jadi, kalau kita sedang berada dalam pesawat terbang dengan perjalanan yang jauh jelas kita sudah ada di lapisan stratosfer. Jika kita perhatikan dengan seksama, pesawat yang kita naiki selalu menyemburkan gas buangan yang bersuhu tinggi. Gas buangan tersebut secara langsung telah mengalami kondensasi secara konstan di lapisan yang sangat dingin di stratosfer. Jika cuaca sedang cerah, maka dari kejauhan kita dapat melihat hasil dari kondensasi tersebut, yaitu sejenis awan yang berbentuk memanjang dengan letak di

belakang pesawat dan bentuk ini disebut juga sebagai contrail. Gas buangan yang dimaksud adalah karbon tak bermuatan. Para ilmuwan mengemukakan bahwa hasil kondensasi yang disemburkan pesawat pada lapisan stratosfer ini turut berkontribusi terhadap meningkatnya emisi gas rumah kaca di atmosfer.

Lapisan stratosfer bagi bumi ini sangat penting karena memiliki peranan bagi kehidupan makhluk hidup di Bumi. Pada lapisan ini juga terdapat satu lapisan penting yang kita kenal dengan nama ozon (O₃) yang memiliki fungsi untuk menghalangi radiasi sinar ultraviolet yang berasal dari cahaya matahari. Keberadaan Ozon ini berperan penting agar sinar ultraviolet tersebut tidak sampai ke permukaan bumi. Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa gelombang ultraviolet tersebut dapat menembus dan sampai ke permukaan bumi jika lapisan ozon terdapat lubang. Dampaknya, kita bisa mengalami keratosis jika gelombang tersebut terpapar ke kulit secara terus menerus. Selain itu, gangguan serius juga dapat mempengaruhi hewan dan tumbuhan jika radiasi ultraviolet terlalu kuat.



Gambar 5 Lapisan Stratosfer

Sumber : www.lenterageografi.blogspot.com

1.6 Mesosfer

Mesosfer merupakan lapisan atmosfer yang ketiga, pada lapisan ini atmosfer akan menjadi lebih sedikit dingin dengan peralihan ke lapisan berikutnya yaitu termosfer. Pada lapisan ini terjadi pengaruh terhadap pergeseran benda yang datang dari angkasa dan menghasilkan suhu yang cukup tinggi. Di lapisan ini, meteor jelas hancur sebelum sampai ke permukaan bumi. Lapisan ini 25 mil atau 40 kilometer jauhnya dari permukaan bumi, dengan suhu sekitar 290 Kelvin hingga 200 Kelvin, selain itu juga terdapat titik peralihan ke lapisan mesosfer ini. Suhu kembali berputar ketika suhu meningkat dalam hal ini, dan ditetapkan sekitar -143°C (di bagian atas dari lapisan ini, kurang lebih 81 km di atas permukaan bumi). Awan noctilucent, yang terbuat dari es kristal, mungkin terjadi karena suhu serendah ini. Ada lapisan mesopause di antara lapisan mesosfer dengan termosfer. Mesosfer yang umum dikenal memiliki suhu yang paling dingin, yaitu bisa mencapai -90°C . Hanya ada sedikit jumlah udara di mesosfer. Objek astronomi yang mengorbit di ruang angkasa dengan pesawat ulang-alik terletak di mesosfer (<http://eo.ucar.edu/kids/sky/air6.htm>).

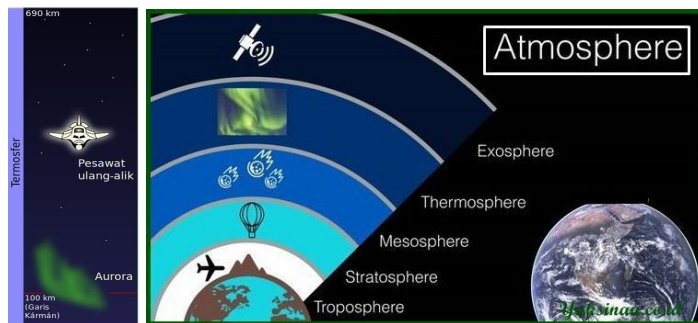


Gambar 6 Lapisan Mesosfer

Sumber : www.lenterageografi.blogspot.com

1.7 Termosfer

Peralihan dari lapisan mesosfer ke lapisan termosfer terdapat pada ketinggian sekitar 81 km dari permukaan bumi. Lapisan ini disebut termosfer dikarenakan adanya lonjakan suhu yang terjadi pada lapisan ini yaitu berkisar 1982°C. Penyebab fenomena ini adalah adanya sinar ultraviolet. Radiasi ini menyebabkan reaksi yang lebih dikenal dengan ionosfer. Reaksi ini berpotensi dalam memantulkan gelombang radio. Jika melihat sejarah, kita akan memahami bahwa sebelum era kemunculan satelit, pemancaran gelombang radio sangat membutuhkan keberadaan lapisan termosfer ini. Atmosfer yang sangat panas ini berpotensi mencapai 1.500°C bahkan bisa melebihi suhu tersebut terutama saat matahari sedang aktif. Hal ini juga kemudian dapat menyebabkan aurora yang terlihat di malam hari.



Gambar 7 Lapisan Termosfer

Sumber : www.lenterageografi.blogspot.com

EVALUASI

Untuk memperdalam pemahaman kalian mengenai materi di atas,

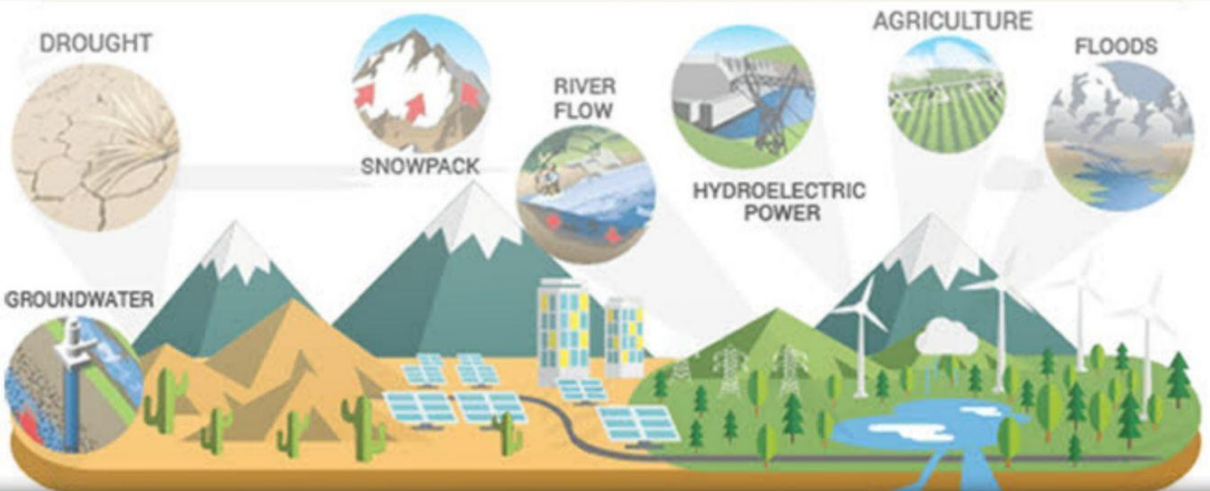
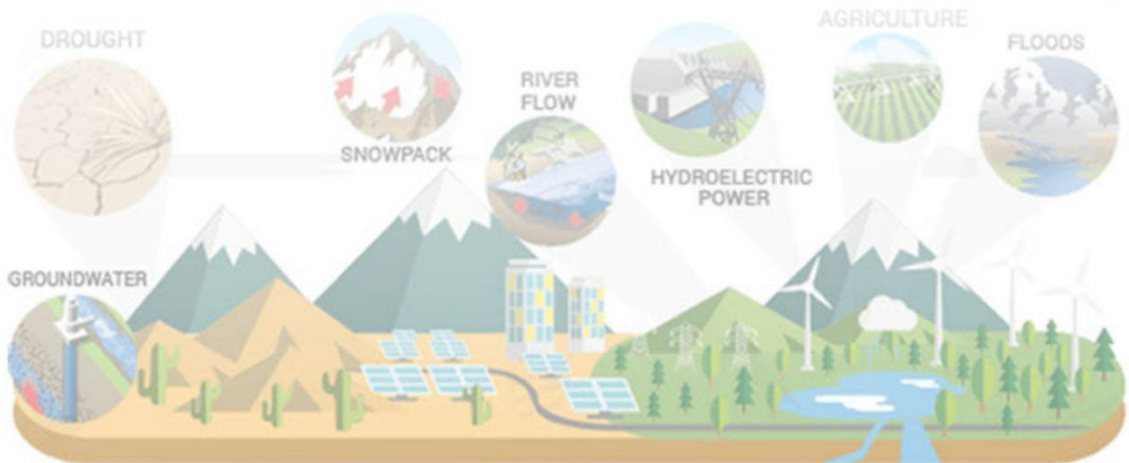
Kerjakanlah latihan berikut!

1. Jelaskan apa yang menyebabkan revolusi bumi mengelilingi matahari berbentuk spiral dan bukan berbentuk elips!
2. Jelaskan bagaimana proses terbentuknya matahari !
3. Jelaskan lapisan-lapisan penyusun matahari!
4. Sebutkan 5 contoh peran matahari bagi kehidupan!
5. Jelaskan bagaimana peristiwa terjadinya siang dan malam yang berhubungan dengan keberadaan matahari!
6. Jelaskan bagaimana kondisi planet bumi jika tidak memiliki atmosfer!
7. Sebutkan manfaat keberadaan atmosfer bagi kehidupan!
8. Jelaskan kenapa bumi bisa menjadi tempat hidup bagi makhluk hidup dibanding planet lainnya!
9. Jelaskan lapisan-lapisan atmosfer!
10. Buatlah tabel perbedaan antar lapisan atmosfer!

BAB 2

CUACA, IKLIM DAN MUSIM

Dr. Ismet, S.Pd., M.Si.



Learning Outcome_____

1. Mahasiswa memiliki pengetahuan konsep dasar dan dapat membedakan cuaca, iklim dan musim.
2. Mahasiswa memahami hubungan dan berbagai proses yang berkaitan dengan cuaca, iklim dan musim.
3. Mahasiswa dapat mengembangkan soal tentang cuaca, iklim dan musim pada level sekolah dasar dan menengah.
4. Mahasiswa menyusun ide untuk membuat soal tentang cuaca, iklim dan musim pada level sekolah dasar dan menengah.
5. Mahasiswa menyusun ide untuk membuat soal tentang cuaca, iklim dan musim pada level sekolah dasar dan menengah.

Pengamatan mengenai gejala alam yang berkaitan dengan lingkungan atmosfer telah memberikan suatu pola tertentu dengan masing-masing pola memiliki ciri khasnya masing-masing. Diantara pola-pola tersebut ada yang terjadi dalam rentang waktu harian, bulanan, tahunan, dekade atau bahkan abad. Selain itu posisi suatu tempat di muka bumi juga akan mempengaruhi gejala atmosfer yang terjadi. Hal ini berkaitan dengan intensitas cahaya matahari yang diperoleh daerah tersebut. Dari rentang waktu dan kedudukan yang berbeda beda tersebut maka kita dapat mengklasifikasikan tiga gejala alam yang berkaitan dengan atmosfer menjadi cuaca, musim dan iklim (Admiranto, 2009).

2.1 Cuaca

Cuaca dapat digambarkan secara rinci sebagai keadaan udara yang hanya dialami oleh wilayah yang sempit dan dalam kondisi tertentu. Cuaca juga hanya dapat ditinjau terbatas pada rentang waktu tertentu. Sebagai contoh, pertimbangkan prakiraan cuaca atau laporan cuaca

harian. Hal ini juga dapat kita perhatikan pada saat pembacaan berita mengenai cuaca hari ini dalam koran, radio ataupun televisi yang memberikan header meliputi waktu dan tempat (Nugroho, 2017).



Gambar 8 Laporan cuaca harian.

Sumber: www.kcci.com

Data yang diperoleh dengan cara ini diolah menjadi data rerata untuk prediksi cuaca harian. Selain itu, data ini juga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan prediksi cuaca di hari selanjutnya. Ruang lingkup cuaca berada pada lapisan troposfer dengan ketinggian <15 km dpl. Hal ini disebabkan karena aktivitas partikel di lapisan ini mempengaruhi dan berinteraksi dengan temperatur permukaan bumi (Tyson & Preston-Whyte, 2013). Suhu tanah, temperatur kawah gunung suhu permukaan laut dan sebagainya bercampur di lapisan ini sehingga fluktuasi unsur cuaca menjadi sangat ekstrem di lapisan ini. Unsur-unsur cuaca yaitu tekanan udara, kelembaban udara, aliran angin/udara, dan besaran curah hujan. Untuk lebih memperjelasnya, mari pelajari unsur-unsur berikut ini.

2.1.1 Suhu atau Temperatur Udara

Suhu atau temperatur udara merupakan produk sampingan berupa derajat panas aktivitas molekuler di atmosfer. Termometer

adalah istilah untuk alat yang digunakan untuk mengukur suhu atau derajat dari panas tersebut. Secara umum, suhu dinyatakan dalam satuan Celcius, Reamur, Kelvin dan Fahrenheit. Suhu dan temperatur sangat dipengaruhi oleh pancaran radiasi dari panas matahari ke bumi. Besarnya panas dari radiasi matahari yang diterima bumi dipengaruhi beberapa faktor tertentu yaitu:

- Sudut datang sinar matahari yang merupakan kondisi akibat posisi permukaan dari bumi terhadap arah datang sinar matahari. Jika kita hubungkan sudut datang sinar matahari dengan jumlah panas yang sampai ke bumi, maka diketahui bahwa semakin kecil sudut datang sinar matahari, maka akan semakin sedikit pula panas matahari yang akan diterima oleh bumi. Jika dibanding dengan sudut datang sinar matahari yang tegak lurus.
- Lama waktu penyinaran matahari, Semakin lama matahari bersinar di suatu wilayah, maka juga akan semakin banyak panas matahari yang akan diterima oleh bumi.
- Keadaan permukaan bumi (daratan dan lautan). Wilayah yang merupakan daratan akan lebih mudah dan cepat menerima panas, begitu juga dalam melepasnya. Sedangkan lautan bersifat sebaliknya, Selain itu, jumlah awan dan kondisi awan juga sangat mempengaruhi panas yang diterima bumi. Pada prinsipnya, semakin sedikit dan tipis awan, maka akan semakin banyak pula panas matahari yang diterima oleh bumi, dan sebaliknya.

Bagaimana dengan persebaran suhu dan temperatur udara? Ada dua jenis persebaran suhu atau temperatur udara, yaitu persebaran suhu secara horizontal dan vertikal. Untuk memperjelas, silahkan anda membaca penjelasan tentang persebaran suhu berikut.

1. Persebaran suhu atau temperatur udara horizontal

Keadaan suhu dan temperatur udara di berbagai daerah di permukaan bumi tidaklah sama. Untuk membedakan perbedaan suhu tersebut dibuat peta C yang menunjukkan adanya perbedaan suhu di berbagai wilayah di dunia. Kemudian dikenal istilah "isoterm" mengacu pada garis khayal yang menghubungkan daerah dengan rerata suhu dan temperatur udara yang sama. Persebaran horizontal terjadi secara tidak teratur disebabkan oleh keadaan lingkungan setempat, seperti beda kelembaban atau temperatur udara antara lautan dan daratan. Ada berbagai jenis isoterm, antara lain isoterm untuk bulan Januari, Juli, dan tahunan. Perhatikan Gambar 8 di bawah ini.



a. Pada bulan Januari



b. Pada bulan Juli

Gambar 9 Persebaran suhu atau temperatur udara secara horizontal

Sumber: www.ilmupengetahuan7.blogspot.com

Silakan baca penjelasan dari setiap isoterm di bawah ini untuk lebih jelasnya.

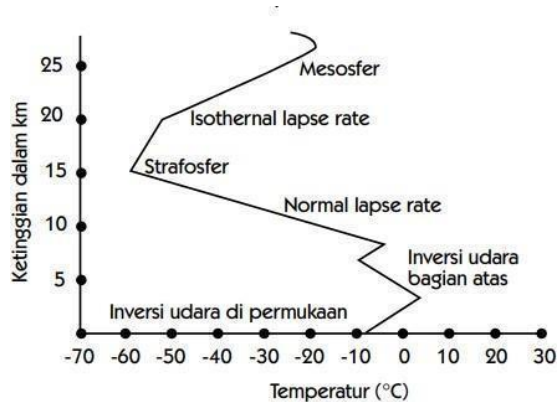
- Isoterm bulan Januari, terjadi di daerah terdingin di belahan bumi utara pada waktu matahari berada di belahan bumi Selatan. Siberia dan Greenland adalah contoh daerah terdingin, sedangkan Afrika dan Argentina adalah contoh daerah terpanas.

Coba gunakan peta atau atlas untuk mencari area yang disebutkan di atas.

- Isoterm bulan Juli, terletak di daerah dengan kondisi terdingin di bumi bagian bumi selatan yaitu Australia utara. Sedangkan untuk daerah terpanas di bagian belahan bumi utara yaitu Persia dan Arab.
- Isotherm Tahunan, yaitu keadaan isoterm pada daerah–daerah dengan rerata temperatur udara yang sama dalam kurun waktu tahunan. Wilayah ini terletak di dekat wilayah utara dan selatan garis khatulistiwa (22° LU/LS), khususnya Dakan, Sahara, Venezuela dan Meksiko.

2. Persebaran suhu atau temperatur udara vertikal.

Semakin tinggi suatu wilayah dari atas permukaan laut, maka suhu atau temperatur udaranya akan semakin mengalami penurunan. Secara umum, di setiap kenaikan 100 m ketinggian suatu wilayah maka akan terjadi penurunan suhu sebesar 0,5%. Prinsip ini dipengaruhi oleh faktor letak dan ketinggian tempat tersebut jika dibandingkan dengan permukaan laut. Selain itu, keberadaan selat dan laut akan sangat mempengaruhi kondisi sebaran suhu atau temperatur udara tersebut, hal ini kemudian menyebabkan suhu terendah dan suhu tertinggi di suatu wilayah tidak terlalu jauh berbeda. Pahami Gambar 9.



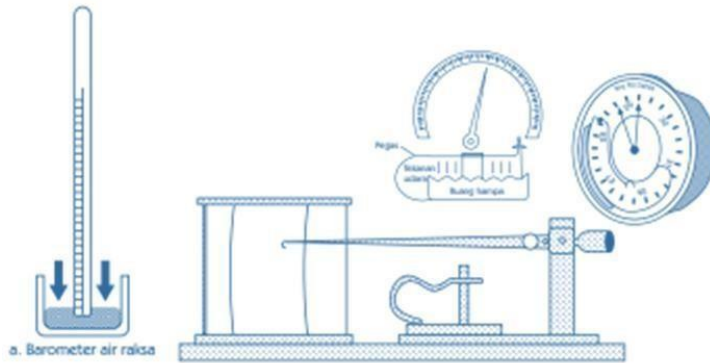
Gambar 10 Persebaran suhu atau temperatur udara secara vertikal

Sumber: www.ilmupengetahuan7.blogspot.com

Persebaran suhu kemudian dapat menyebabkan terjadinya gejala cuaca, kabur dan juga awan dengan variasi yang berbeda-beda, baik pada persebaran secara vertikal maupun horizontal.

2.1.2 Tekanan Udara

Tekanan udara merupakan unsur lain dari cuaca dan iklim yang tak kalah penting dibanding suhu atau temperatur udara. Tekanan udara didefinisikan sebagai gaya tertentu yang muncul sebagai akibat dari adanya berat dari lapisan udara tertentu. Di setiap tempat besarnya nilai tekanan udara ini dapat berubah-ubah setiap waktu. Secara umum, semakin tinggi keberadaan suatu wilayah dari permukaan laut, maka akan semakin rendah tekanan udara yang dimilikinya. Hal ini terjadi akibat dari adanya udara yang menekan semakin berkurang. Besarnya tekanan udara kemudian dapat diukur dengan alat yang disebut dengan Barometer, satuan ukurnya yaitu milibar (mb). Alat ukur tekanan udara ini terdapat beberapa jenis, yaitu :



Gambar 11 Macam-macam Barometer

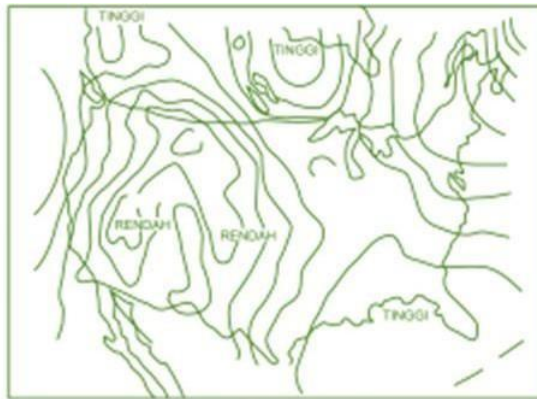
Sumber: www.ilmupengetahuan7.blogspot.com

- a. Barometer Air Raksa, yang menggunakan skala milimeter air raksa; (mmHg).
- b. Barometer Torricelli (1643). 2) Barometer aneroid yang menggunakan skala milibar (mb).
- c. Barograf, yaitu barometer yang secara otomatis mencatat suhu udara luar pada interval waktu tertentu dengan menggunakan skala milibar (mb).

Tekanan Udara Dapat Dibagi Menjadi 3 Jenis Yaitu :

1. Lebih dari 1013 mb tekanan udara tinggi.
2. Kurang dari 1013 mb, tekanan udara rendah.
3. sama dengan 1013 mb, Tekanan udara permukaan laut.

Garis khayal yang terdapat pada peta gambar 4 merupakan garis yang menghubungkan daerah dengan tekanan udara yang sama dan dikenal dengan istilah isobar. Jika diperhatikan dengan seksama, garis isobar memiliki pola dalam menghubungkan daerah yang memiliki tekanan udara yang sama (lihat gambar 4)



Gambar 12 Garis-Garis Isobar

Sumber: www.ilmupengetahuan7.blogspot.com

2.1.3 Angin

Angin adalah unsur penting yang mempengaruhi cuaca dan juga iklim. Angin didefinisikan sebagai suatu udara yang bergerak dari wilayah dengan tekanan udara yang tinggi ke daerah dengan tekanan udara yang rendah. Ada beberapa hal yang berkaitan erat dengan angin, penjelasan tentang hal tersebut dapat disimak pada paragraf berikut:

1. Kecepatan Angin

Kecepatan angin diukur dengan menggunakan suatu alat yang kita kenal dengan nama Anemometer. Berikut bentuk alat tersebut.



Gambar 13 Alat pengukur kecepatan angin
Sumber: www.ilmupengetahuan7.blogspot.com

Kecepatan angin dapat ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

a. Besar kecilnya gradien barometrik.

Gradien Barometrik merupakan angka yang menunjukkan perbedaan tekanan udara melalui dua isobar pada garis lurus, terjadi setiap 111 km (misalnya, 111 km di ekuator atau $\frac{1}{360} \times 40.000 \text{ km} = 111 \text{ km}$). Menurut hukum Stevenson, kecepatan angin lebih cepat dari gradien barometer. Semakin meningkat gradien barometer maka akan semakin meningkat pula kecepatan anginnya..

b. Relief Permukaan Bumi

Angin akan bertiup kencang pada daerah dengan relief yang rata dan tidak adanya rintangan. Sebaliknya, kecepatan angin akan berkurang jika bertiup di daerah dengan banyak relief dan banyak rintangannya.

c. Ada Tidaknya Tumbuh-tumbuhan

Banyaknya pohon-pohonan akan menghambat kecepatan angin dan sebaliknya, bila pohon-pohon nya jarang maka sedikit sekali memberi hambatan pada kecepatan angin.

d. Tinggi dari Permukaan Tanah

Akibat berada di dekat bumi, angin yang berada di dekatnya akan mengalami hambatan, sedangkan angin yang bertiup jauh diatas permukaan dari bumi akan lebih kecil kemungkinannya mengalami hambatan-hambatan.

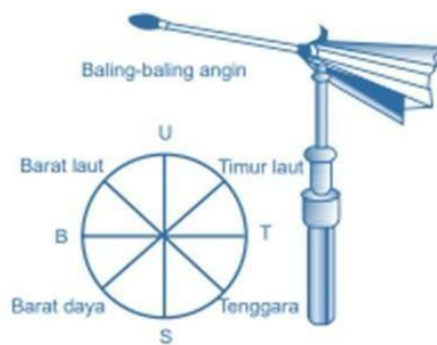
2. Kekuatan Angin

Kekuatan angin ditentukan oleh kecepatannya, dan ketika angin bertiup cepat, kekuatan angin akan semakin besar. Pada

tahun 1804, seorang Inggris Laksamana di Beaufort membuat daftar kondisi dan kecepatan angin yang digunakan untuk pelayaran. Data tersebut hingga kini masih digunakan di tingkat internasional.

3. Arah Angin

Ahli meteorologi lokal di Belgia bernama Buys Ballot, menyatakan hukum berikut ini : Udara mengalir dari daerah maksimum ke daerah minimum. Pada belahan utara bumi, udara/angin berbelok ke kanan dan di belahan selatan berbelok ke kiri.



Gambar 14 Alat Petunjuk Arah Angin

Sumber: www.ilmupengetahuan7.blogspot.com

4. Macam –macam angin

Tahukah, ada berapa macam angin? Kita harus membaca paragraf berikut untuk memahaminya. Angin dapat dibagi menjadi tiga bentuk yang berbeda, yaitu:

- a. Angin tetap, yaitu angin yang arah tiupnya berulang setiap tahun, seperti:
 - Angin passat, yaitu angin yang naik terus menerus dari daerah minimal 30° sampai 40° maksimum subtropis utara dan selatan menuju ke derajat minimum khatulistiwa.

- Angin barat, yaitu angin anti passat (30 km dan arahnya berlawanan dengan angin pasat)
 - Angin timur, yaitu angin yang meluas dari dua daerah kutub maksimum ke daerah subpolar terendah ($66 \frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ LU dan LS°).
- b. Angin periodik. Angin ini dibagi menjadi:
- Angin periodik harian meliputi angin darat dan angin laut, serta angin gunung dan angin lembah.
 - Angin periodik setengah tahunan, disebut dengan angin muson (musim).
 - Angin lokal, yaitu mengacu pada angin yang hadir di area tertentu dan pada waktu tertentu. Beberapa contoh termasuk: angin kumbang, angin fohn, angin brubu, angin bahorok, angin gending, dan hal-hal terkait lainnya.

2.1.4 Kelembaban Udara

Kelembaban udara merupakan unsur keempat yang dapat berdampak pada cuaca dan iklim di lokasi tertentu. Terdapat banyak gelembung uap air yang terdapat dalam massa atmosfer bumi pada waktu dan tempat tersebut. Alat untuk mengukur kelembaban udara disebut psychrometer atau hygrometer. Kelembaban udara dapat dibedakan menjadi:

1. Kelembaban mutlak atau absolut yang menunjukkan berapa gram partikel uap air yang terkandung dalam satu meter kubik ruang (1 m³).
2. Kelembaban nisbi atau kelembaban relatif, ini dikenal sebagai keseimbangan "nisbi" atau "relatif" karena ini menunjukkan

seberapa besar perbedaan antara jumlah uap air yang terkandung di dalam suatu benda dan jumlah maksimum yang dapat ditampung oleh benda itu.

2.1.5 Curah Hujan

Curah Hujan Jatuh di Indonesia disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, bentuk medan atau topografi; arah lereng medan; arah angin yang erat hubungannya dengan garis pantai; dan jarak perjalanan angin di atas medan datar.

Hujan adalah butiran-butiran udara yang dicurahkan dari atmosfer ke permukaan bumi. Sebaliknya, ada garis yang menghubungkan ke lokasi di Peta yang memiliki curah hujan yang disebut isohyet. Berdasarkan dari butiran yang diberikan dan keadaan yang ada, hujan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

Berdasarkan butiran-butiran yang telah diidentifikasi, hujan dapat dibedakan menjadi tiga golongan, yaitu:

- Hujan gerimis atau drizzle, merupakan hujan dengan diameter butiran kurang dari 0,5 mm
- Hujan salju atau snow, merupakan hujan salju yang terdiri dari kristal es dengan temperatur berada di bawah titik beku.
- Hujan batu es, merupakan hujan berbentuk curahan es yang turun dalam cuaca panas dari awan yang temperaturnya di bawah titik beku.
- Hujan deras atau rain, yaitu curahan air yang turun dari awan yang temperaturnya di atas titik beku dan butirannya sebesar 7 mm

Berdasarkan peristiwa yang terjadi saat ini, hujan dapat

diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu:

- Hujan front disebabkan oleh tumbukan dua jenis udara dengan suhu permukaan yang berbeda, yaitu udara panas/lembab dan udara dingin, yang menyebabkan terjadinya pengembunan dan menyebabkan terbentuknya hujan.
- Hujan konveksi atau disebut juga zenit hujan, disebabkan oleh kondisi yang disebut arus konveksi, yang mengakibatkan uap air dipaksa naik secara vertikal di daerah khatulistiwa dan menyebabkannya pengembunan air laut secara terus menerus lalu berkondensasi dan berubah menjadi hujan.
- Hujan orografi atau hujan gunung, yaitu terjadi dari udara yang mengandung uap air yang dipaksakan oleh angin mendaki lereng pegunungan berkondensasi dan turun sebagai hujan.
- Hujan buatan yaitu dibuat dengan menggunakan garam-garaman yang dengan cepat mengembun dengan ketinggian 3000 kaki di udara oleh awan hingga kemudian turun menjadi hujan

2.2 Musim

Musim merupakan sebutan untuk nama periode waktu tahunan yang ditentukan oleh adanya suatu perbedaan dalam kondisi cuaca, ekologi dan lamanya waktu penyinaran dari matahari. Musim juga terjadi akibat perputaran dari bumi pada porosnya mengelilingi matahari. Rotasi ini memiliki sumbu miring sebesar 23,5 derajat dari pusat sumbu tegaknya. Hal ini yang menyebabkan negara yang terletak jauh dari garis khatulistiwa memiliki empat musim yaitu panas, gugur, dingin dan semi. Namun, negara yang terletak dekat dengan garis khatulistiwa memiliki dua musim saja yaitu musim hujan dan kemarau. Contoh negara yang memiliki dua musim yaitu Indonesia.

Lebih luas dari cuaca, musim meliputi daerah yang luas dengan musim yang berlangsung dalam waktu sebulan atau setahun. Musim ini tidak hanya disebabkan oleh keberadaan atmosfer tertentu, namun juga dipengaruhi oleh letak wilayah tersebut terhadap garis katulistiwa (Nugroho, 2017). Akibatnya, musim yang ditransmisikan oleh daerah tersebut juga sangat bergantung dengan iklim wilayah. Ada dua jenis musim di daerah tropis dekat dengan khatulistiwa : musim kemarau dan penghujan, dengan rentang waktu putaran setahun. Indonesia yang berada di wilayah tersebut biasanya mengalami musim kemarau 4-5 bulan dan musim penghujan 4-5 bulan yang dipisahkan dengan waktu yang disebut pancaroba atau musim peralihan. Ini berbeda dengan daerah belahan bumi lainnya (Bagian Utara dan Selatan) yang memiliki empat musim berbeda: dingin, semi, panas, dan gugur. Menurut Ariestanti dan Andri (2013), Berikut [pemetaan waktu musim-musim yang ada di berbagai wilayah di bumi:

Tabel 1 Pemetaan waktu dari musim – musim yang ada di bumi

Penanggalan	Belahan bumi	
	Tropis	
April hingga September	musim kemarau	
Oktober hingga Maret	musim hujan	
	Belahan utara	Belahan selatan
21 Maret-21 Juni	musim semi	musim gugur
21 Juni-23 September	musim panas	musim dingin
23 September-21 Desember	musim	musim semi

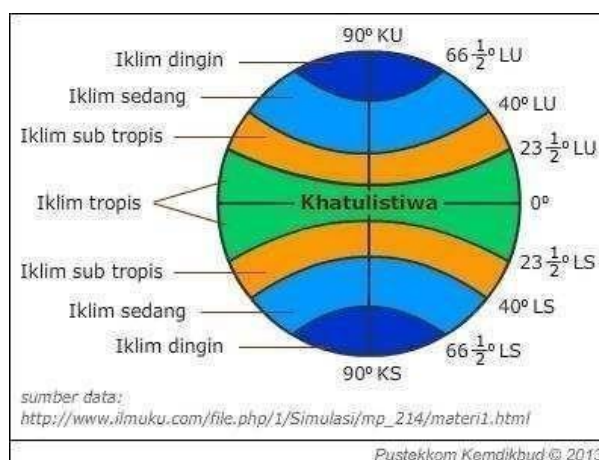
	gugur	
21 Desember-21 Maret	musim dingin	musim panas

2.3 Iklim

Komponen terakhir yang terjadi sebagai gejala alam di atmosfer adalah iklim. Iklim adalah keadaan cuaca yang proporsional pada ruang lingkup yang luas dan waktu yang lama. Secara umum, dari rentang 11 hingga 30 tahun. Iklim dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu iklim matahari dan iklim fisis, bergantung pada letak garis lintang dan ketinggiannya.

2.3.1 Iklim Matahari

Iklim matahari didasarkan pada banyak sinar matahari yang diterima oleh wilayah tertentu. Anda dapat melihat ini pada gambar berikut (gambar 23) :



Gambar 15 Pembagian daerah iklim matahari

Sumber: Pustekkom Kemdikbud, 2013

Untuk mempelajari lebih lanjut tentang pembagian iklim matahari, silakan baca penjelasan berikut.

1. Iklim Tropis

Wilayah yang terletak pada 0° hingga $23\frac{1}{2}^{\circ}$ LU/LS termasuk beriklim tropis dan sekitar 40% dari permukaan bumi merupakan wilayah dengan iklim tropis. Ciri-ciri wilayah yang beriklim tropis adalah sebagai berikut:

- Suhu udara rata-rata tinggi karena posisi bumi selalu vertikal. Biasanya, suhu antara 20 dan 23 derajat. Mungkin di beberapa tempat, suhu tahunan rata-rata di atas 30°C .
- Amplitudo suhu rata-rata tahunan kecil. Kisaran suhu di daerah tersebut adalah 1 hingga 5°C , tetapi amplitudo suhu rata-rata harian lebih tinggi.
- Tekanan udaranya rendah, dan perubahannya secara beraturan dan perlahan.
- Hujan yang lebih banyak dari daerah-daerah lain di seluruh dunia.

2. Iklim Sub Tropis

Kisaran letak wilayah beriklim subtropis antara $23\frac{1}{2}^{\circ}$ dan 40° LU/LS. Daerah ini merupakan tempat peralihan wilayah beriklim tropis dan sedang.

Ciri-ciri iklim sub tropis adalah sebagai berikut:

- Batas yang tegas sehingga tidak dapat ditemukan. Wilayah ini menjadi peralihan antara iklim tropis dan sedang.
- Terdapat empat musim pada wilayah ini yaitu musim panas, dingin, gugur dan semi. Tetapi musim dingin di wilayah ini

tidak terlalu dingin begitu pula dengan musim panas yang tidak terlalu panas.

- Suhu sepanjang tahun yang tidak terlalu ekstrim sehingga dikenal dengan suhu yang menyenangkan, karena tidak terlalu panas dan tidak terlalu dingin.
- Daerah subtropis ini memiliki musim hujan yang berlangsung pada musim dingin dan musim panasnya kering, wilayah ini juga dikenal dengan daerah iklim Mediterania dan jika hujan jatuh di musim panas dan musim dinginnya kering, wilayah ini dikenal juga dengan daerah iklim Tiongkok.

3. Iklim Sedang

Iklim sedang terletak antara 40° - $66\frac{1}{2}^{\circ}$ LU/LS. Ciri-ciri iklim sedang adalah sebagai berikut:

- Banyak sekali gerakan-gerakan udara siklonal, tekanan udara yang terus-menerus berubah-ubah, arah angin yang terus-menerus terjadi badai secara tiba-tiba.
- Dibandingkan dengan daerah tropis, amplitudo suhu tahunan lebih besar dan amplitudo suhu harian lebih kecil.

4. Iklim Dingin (Kutub)

Iklim dingin terdapat di daerah kutub. Oleh sebab itu iklim ini disebut pula sebagai iklim kutub. Iklim dingin dapat dibagi dua, yaitu iklim tundra dan iklim es. Ciri-ciri iklim tundra adalah sebagai berikut:

- Musim dingin berlangsung terus-menerus dalam waktu yang lama.
- Musim panas yang berjalan singkat.
- Udara yang kering.

- Tanahnya konsisten membeku sepanjang tahun.
- Tanah ditutupi es dan salju di musim dingin
- Banyak terdapat rawa yang luas akibat mencairnya es di musim panas
- Vegetasi berupa lumut dan semak.
- Wilayahnya meliputi : Amerika Utara, pulau di utara Kanada, pantai selatan Greenland dan pantai utara Siberia.

Sedangkan ciri-ciri iklim es atau iklim kutub adalah sebagai berikut:

- Suhu terus-menerus rendah sekali sehingga terdapat salju abadi.
- Wilayahnya meliputi: kutub utara, yaitu Greenland (tanah hijau) dan Antartika di kutub selatan.

2.3.2 Iklim Fisis

Iklim fisis didasarkan pada bukti-bukti atau fakta-fakta aktual yang telah terbentuk di suatu muka bumi tertentu sebagai akibat rusaknya ekosistem lingkungan daerah tersebut. Misalnya, pengaruh lautan, daratan luas, relief muka bumi, angin, dan curah hujan. Iklim fisis dapat dikategorikan menjadi iklim musim, iklim laut, iklim darat, iklim dataran tinggi, dan iklim gunung/pegunungan (muson).

Sebelum belajar tentang efek kaca, kamu pasti pernah melihat rumah kaca yang digunakan untuk menanam tanaman, kan?

EVALUASI

Untuk memperdalam pemahaman kalian mengenai materi di atas,

Kerjakanlah latihan berikut!

1. Jelaskan bagaimana pembuatan prakiraan cuaca!
2. Jelaskan unsur-unsur yang membentuk cuaca!
3. Jelaskan bagaimana suhu dan temperatur mempengaruhi cuaca!
4. Jelaskan jenis- jenis angin!
5. Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan di Indonesia!
6. Jelaskan proses pembentukan hujan buatan!
7. Jelaskan kenapa ada negara yang memiliki 4 musim dan ada yang memiliki 2 musim!
8. Buatlah tabel perbedaan negara yang memiliki 4 musim dan 2 musim!
9. Jelaskan apa yang dimaksud dengan iklim tropis, subtropis, sedang dan dingin!
10. Jelaskan bagaimana penggunaan alat penunjuk arah angin!

BAB 3

EFEK RUMAH KACA, GAS RUMAH KACA DAN PEMANASAN GLOBAL

Dr. Meilinda, M.Pd.



Learning Outcome_____

1. Mahasiswa memiliki pengetahuan konsep dasar dan dapat membedakan efek rumah kaca, gas rumah kaca dan pemanasan global.
2. Mahasiswa memahami hubungan dan berbagai proses yang berkaitan dengan efek rumah kaca, gas rumah kaca dan pemanasan global
3. Mahasiswa dapat mengembangkan soal tentang efek rumah kaca, gas rumah kaca dan pemanasan global pada level sekolah dasar dan menengah.
4. Mahasiswa menyusun ide untuk membuat soal tentang efek rumah kaca, gas rumah kaca dan pemanasan global pada level sekolah dasar dan menengah.
5. Mahasiswa menyusun ide untuk membuat soal tentang efek rumah kaca, gas rumah kaca dan pemanasan global pada level sekolah dasar dan menengah.
6. Mahasiswa memahami berbagai peristiwa dan topik terkait efek rumah kaca, gas rumah kaca dan pemanasan global dalam kehidupan masyarakat.

Mungkin Anda masih belum memahami sepenuhnya fungsi dari rumah kaca itu sendiri. Ya, rumah kaca tersebut memiliki kemampuan untuk melindungi tanaman dan sayuran yang dimaksud selain penamaan spesies tertentu. Karena kaca-kacanya dapat menangkap panas, maka rumah dalam hal ini menjaga tumbuhan dan sayuran yang ada di dalamnya agar tetap hangat. Lalu, apa itu efek rumah kaca?

3.1 Efek Rumah Kaca

Fenomena ini dikenal dengan istilah efek rumah kaca yaitu sebuah fenomena yang terjadi ketika radiasi/panas matahari di bumi yang terperangkap dan menyebabkan bumi semakin menjadi panas. Mirip dengan prinsip pada rumah kaca yang digunakan untuk keperluan menanam tanaman, kan? Sebenarnya jika efek rumah kaca terdapat di

atmosfer dengan jumlah yang sesuai maka akan menjadi lapisan yang dibutuhkan oleh bumi. Kondisi tersebut untuk menjaga perbedaan perubahan suhu di siang dan malam hari supaya perbedaan tersebut tidak terlalu tinggi. Meskipun begitu, jika terjadi dalam jumlah banyak, panas matahari yang terperangkap akan menjadi berbahaya.

Kemudian, apa penyebab terjadinya efek rumah kaca ini? Ternyata, penyebabnya adalah karena adanya peningkatan emisi gas karbon seperti CO₂ dan CO. Lalu pertanyaannya, kenapa bisa terjadi peningkatan gas emisi yang dihasilkan? Jawabannya, karena aktivitas manusia yang juga meningkat seperti penggunaan pendingin ruangan yang berlebihan dan penggunaan kendaraan pribadi secara terus menerus. Apalagi jika lahan terbuka hijau seperti hutan di bumi semakin berkurang akibat dari adanya penebangan liar dan pembabatan hutan secara terus menerus.



Gambar 16 Proses terjadinya efek rumah kaca
Sumber : www.blog.ruangguru.com

Sejak tahun 1824, para ilmuwan telah melakukan berbagai penelitian tentang efek rumah kaca. Salah satu ilmuwan, Joseph Fourier mengemukakan mengenai keberadaan gas rumah kaca dalam jumlah yang tepat merupakan penyebab iklim bumi sesuai untuk dihuni oleh

mahluk hidup. Tanpa efek rumah kaca, permukaan bumi diperkirakan akan berubah sekitar 60°F atau 15,6° C lebih dingin. Efek rumah kaca dikenal berdasarkan peristiwa yang terjadi sama dengan rumah kaca, yaitu panas yang masuk dan terperangkap di dalamnya sehingga tidak dapat menembus ke luar kaca. Hal ini yang kemudian menyebabkan suhu di dalam seisi rumah kaca menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan diluarnya. proses efek rumah kaca terjadi ketika adanya radiasi matahari yang mengenai atmosfer bumi. Radiasi matahari yang dipantulkan oleh bumi kemudian akan terhalang sehingga panas radiasi tersebut terperangkap di bumi. Proses terperangkapnya panas itu kemudian menyebabkan suhu bumi menjadi meningkat. Gas rumah kaca ini membiarkan radiasi matahari masuk ke bumi namun gas tersebut menyebabkan radiasi tersebut terperangkap di permukaan bumi.

Untuk memastikan bahwa perbedaan suhu antara siang dan malam tidak terlalu besar, diperlukan efek rumah kaca seperti yang disebutkan sebelumnya. Namun efek rumah kaca yang berlebihan akan mengakibatkan pemanasan global yang akan menyebabkan suhu di bumi akan naik secara signifikan. Efek ini akan dibarengi dengan faktor lain seperti mencairnya es kutub, keadaan ekosistem yang rusak, naiknya ketinggian permukaan air, dan perubahan iklim yang ekstrim.



Gambar 17 Mencairnya es di kutub
Sumber : www.catatanyr.blogspot.com

Beberapa hal yang dapat kita lakukan untuk mengurangi efek rumah kaca antara lain :

1. Efisiensi dalam penggunaan tenaga listrik dengan mematikan lampu yang tidak digunakan serta mencabut alat elektronik yang tidak digunakan dari sumbernya.
2. Mengurangi penggunaan kendaraan bermotor pribadi untuk sebagai upaya pengendalian jejak karbon.
3. Mengurangi penggunaan air minum kemasan dan sedotan plastik. Gunakan tempat minum dan sedotan yang dapat didaur ulang.
4. Mengelola sampah yang dihasilkan dengan mengubah sampah menjadi kompos dan memilah sampah organik dan anorganik
5. Amati penggunaan kertas saat menggunakan teknik bolak-balik atau menggunakan kertas bekas.

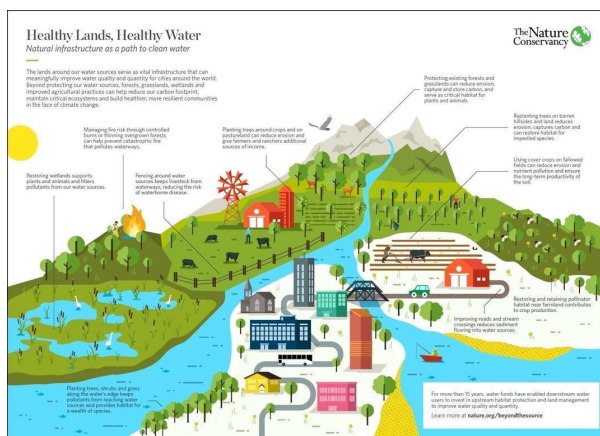
3.2 Gas Rumah Kaca



Gambar 18 Gas rumah kaca

Sumber : www.agrozine.id

Tujuan bangunan rumah kaca adalah agar sinar matahari yang ditangkap pada pagi hari terperangkap ke seluruh bangunan sehingga pada malam hari suhu akan tetap hangat. Hal ini biasanya dilakukan oleh para petani di negara-negara dengan empat musim agar aktivitas bercocok tanam tetap berjalan walaupun suhu di malam hari menjadi dingin. Prinsip efek rumah kaca sama dengan keadaan yang ada pada rumah kaca, yaitu panas yang terperangkap mengakibatkan suhu bumi menjadi hangat. Gas-gas di atmosfer yang dapat menangkap panas matahari dikenal sebagai gas rumah kaca. Gas yang termasuk gas rumah kaca antara lain karbon dioksida (CO₂), nitrogen dioksida (N₂O), metana (CH₄), dan freon (SF₆, HFC dan PFC).



Gambar 18 Contoh Gas – Gas rumah kaca
 Sumber : www.rimbakita.com

Namun demikian, sejak tahun 1950, emisi CO₂ telah meningkat secara dramatis, yang disebabkan oleh semakin banyaknya industri yang menggunakan lebih banyak energi. Sumber penghasil gas rumah kaca yang kita jumpai di sekeliling kita seperti penggunaan listrik, aktivitas menggunakan kendaraan bermotor dan membakar sampah. Bahkan, saat mengonsumsi makanan, juga merupakan penyumbang karbon

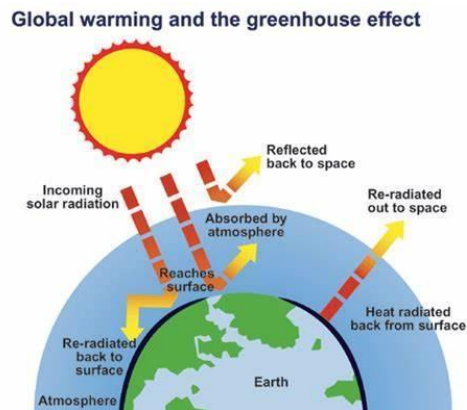
monoksida yang juga merupakan gas rumah kaca. Nasi dan sayur berasal dari pertanian yang menggunakan pestisida, dan daging berasal dari peternakan dimana kotoran hewannya menghasilkan gas metana. Limbah makanan dari sisa makanan yang membusuk juga mengandung gas metana.

3.3 Pemanasan Global

Proses peningkatan suhu rata-rata tahunan atmosfer, lautan, dan wilayah bumi ini dikenal dengan pemanasan global atau *global warming*. Suhu rata-rata global di permukaan Bumi telah meningkat sebesar 0.74 ± 0.18 °C (1.33 ± 0.32 °F) selama seratus tahun terakhir. “sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia melalui efek rumah kaca” (menurut Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)). Sebanyak 30 institusi akademik, termasuk semua akademi nasional negara-negara G8, telah mengemukakan kesimpulan dasar tersebut. Namun, masih ada beberapa akademisi yang tidak sependapat dengan berbagai kesimpulan yang telah diidentifikasi IPCC.

Model iklim resmi IPCC memperkirakan bahwa antara tahun 1990 dan 2100, suhu rata-rata global akan naik sebesar 1,1 hingga 6,4 °C (2,0 hingga 11,5 °F). Perbedaan angka perkiraan ini disebabkan oleh penggunaan skenario-skenario yang berbeda mengenai emisi gas di masa mendatang dan adanya model sensitivitas iklim yang juga berbeda. Meskipun sebagian besar penelitian berfokus pada periode hingga tahun 2100, pemanasan dan kenaikan muka air laut diperkirakan akan berlanjut selama lebih dari satu dekade, meskipun tingkat gas yang dikeluarkan dari rumah dan bisnis telah stabil, namun ini

mencerminkan besarnya kapasitas panas dari lautan. Pemanasan global diperkirakan akan mengakibatkan berbagai perubahan, antara lain perubahan kualitas udara, intensitas fenomena cuaca ekstrim, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi. Penyebab keprihatinan global lainnya adalah hasil pertanian, hilangnya gletser, dan punahnya berbagai jenis hewan.



Gambar 20 Pemanasan Global
Sumber : www.blogs.ntu.edu.sg

Beberapa isu yang belakangan ini mengemuka di kalangan akademisi menyangkut besaran pemanasan yang diantisipasi akan terjadi di masa mendatang dan bagaimana pemanasan dan perubahan yang terjadi di masa mendatang akan berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya. Saat ini, masih ada diskusi politik dan publik di seluruh dunia tentang apa yang perlu dilakukan untuk memperkuat, mengklarifikasi, atau meninjau rencana jangka panjang atau melakukan penyesuaian sebagai tanggapan atas konsekuensi yang ada. Mayoritas pemerintah di seluruh dunia yang memiliki kekuasaan untuk membuat undang-undang telah meratifikasi dan mengesahkan Protokol Kyoto, yang mengarah pada pembatasan emisi gas rumah kaca dari aktivitas rumah tangga.

EVALUASI

Untuk memperdalam pemahaman kalian mengenai materi di atas,

Kerjakanlah latihan berikut!

1. Jelaskan apa yang dimaksud efek rumah kaca dan penyebabnya!
2. Bagaimana proses terjadinya efek rumah kaca!
3. "Efek rumah kaca dibutuhkan untuk menjaga suhu bumi" Jelaskan apakah pernyataan tersebut benar atau salah!
4. Jelaskan hal yang dapat dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi efek rumah kaca!
5. Jelaskan kegiatan alamiah makhluk hidup yang menghasilkan gas rumah kaca!
6. Apa yang akan terjadi jika bumi tidak memiliki gas rumah kaca!
7. Bagaimana dampak buruk peningkatan gas rumah kaca terhadap daerah kutub Antartika!
8. Jelaskan bagaimana perilaku pengurangan penggunaan produk plastik dapat mengurangi peningkatan gas rumah kaca!
9. Jelaskan yang akan terjadi pada kehidupan jika pemanasan global terus terjadi!
10. Bagaimana anda memprediksi pemanasan global dan efek rumah kaca yang akan terjadi kedepannya dengan kondisi bumi saat ini yang anda rasakan!

BAB 4

PERUBAHAN IKLIM

Prof. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si.



Learning Outcome_____

1. Mahasiswa memiliki pengetahuan konsep dasar perubahan iklim.
2. Mahasiswa memahami hubungan dan berbagai proses yang berkaitan dengan perubahan iklim.
3. Mahasiswa dapat memahami isu-isu perubahan iklim yang berkembang di masyarakat.
4. Mahasiswa dapat mengembangkan soal tentang perubahan iklim pada level sekolah dasar dan menengah.
5. Mahasiswa menyusun ide untuk membuat soal tentang perubahan iklim pada level sekolah dasar dan menengah.
6. Mahasiswa memahami berbagai peristiwa dan topik terkait perubahan iklim dalam kehidupan masyarakat.

4.1 Apa itu Iklim? Apa Bedanya Dengan Cuaca?

Anda mungkin tahu apa itu cuaca. Cuaca adalah perubahan konstan yang kita rasakan dan alami dari hari ke hari. Ada kemungkinan hari ini hujan dan kemudian hari cerah. Kadang hari panas dan kadang hari dingin. Cuaca juga berubah dari satu lokasi ke lokasi lain. Orang-orang di satu tempat mungkin menggunakan celana pendek dan bermain di luar. Pada saat yang sama, orang di lokasi lain mungkin sedang bermain salju.

Iklim adalah cuaca yang biasanya terjadi di satu lokasi. Iklim mungkin berbeda untuk musim yang beragam. Suatu tempat mungkin hangat dan kering di musim panas. Tempat yang sama mungkin sejuk dan basah di musim dingin. Tempat lainnya mungkin memiliki iklim yang berbeda. Anda mungkin tinggal di tempat yang bersalju, namun beberapa orang mungkin tinggal di tempat yang cukup hangat untuk beruang untuk hidup diluar !

Ada juga iklim Bumi. Iklim bumi adalah apa yang Anda dapatkan ketika Anda menggabungkan semua iklim di seluruh dunia bersama-sama.

4.2 Apa itu Perubahan Iklim?



Gambar 21 Perubahan iklim
Sumber : www.indonesia.un.org

Perubahan iklim terjadi dalam jangka panjang dengan mengacu pada suhu dan pola cuaca. Dalam hal ini, perkembangannya mungkin sedikit, seperti siklus matahari. Namun, sejak tahun 1800, aktivitas manusia telah menjadi pendorong utama perubahan iklim, terutama sebagai akibat meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas. Pembakaran bahan bakar fosil membuktikan emisi gas rumah kaca yang beraksi, menjebak panas matahari, dan menaikkan suhu, seperti selimut yang melilit Bumi.

“Perubahan Iklim adalah berubahnya baik pola maupun intensitas unsur iklim pada periode waktu yang dapat dibandingkan (biasanya terhadap rata-rata 30 tahun). Perubahan iklim dapat merupakan suatu perubahan dalam situasi cuaca rata-rata atau perubahan dalam distribusi kejadian cuaca terhadap kondisi rata-ratanya”.

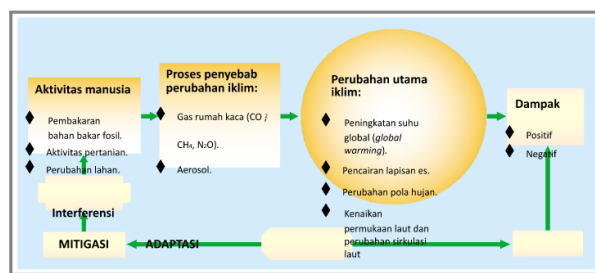
Contoh emisi gas rumah kaca yang menyebabkan perubahan iklim yaitu karbon dioksida dan metana. Hasil ini misalnya dari penggunaan

bensin untuk mengendarai kendaraan atau batu bara untuk mengelola kegiatan industri. Pembukaan lahan dan hutan juga dapat melepaskan emisi karbon dioksida. Sumber utama emisi metana adalah lokasi pembuangan sampah. Selain itu, energi, industri, transportasi, bangunan, pertanian, dan tata guna lahan termasuk industri penghasil emisi tertinggi.

Penumpukan gas rumah kaca di atmosfer akan menyebabkan pengumpulan energi dari radiasi yang kemudian diserap atmosfer. Hukum fisika tentang kekekalan energi menjelaskan bahwa energi yang terkumpul di atmosfer akan tetap bertahan dan hanya dapat berubah bentuk ke jenis lainnya. Ada tiga jenis energi yang mengalami perubahan, yaitu:

1. Energi panas atau kalor dalam bentuk peningkatan suhu Bumi dan mencairnya es di daratan yang menyebabkan peningkatan muka air laut.
2. Energi gerak atau kinetis dalam bentuk angin puting beliung, badai, topan, dan siklon tropis.
3. Energi berat atau potensial dalam bentuk turunnya hujan air dan es yang lebih deras.

Jika kita mencermati gejala yang muncul karena perubahan bentuk energi tersebut sebenarnya perubahan berbagai parameter iklim seperti suhu, angin dan hujan atau dengan kata lain terjadi perubahan siklus air di muka bumi.



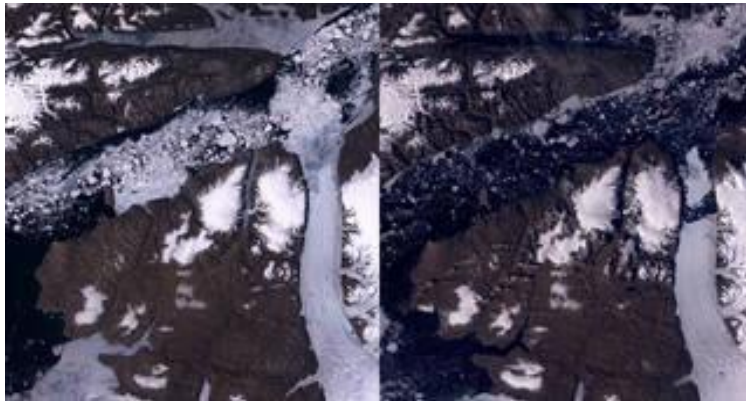
Gambar 22 Skema Perubahan Iklim
 Sumber : www.indonesia.un.org

Selain suhu, angin, dan hujan, parameter iklim lainnya yang diperkirakan akan berubah adalah penguapan, kelembaban, dan tutupan awan. Dalam satu kalimat, transisi energi akibat krisis lingkungan global telah menyebabkan perubahan siklus air yang mengarah pada perubahan iklim.

4.3 Apa yang Menyebabkan Iklim Bumi Berubah?

Ada banyak hal yang dapat menyebabkan iklim berubah dengan sendirinya. Jarak bumi dari pagi mungkin berubah. Matahari memiliki kemampuan untuk memberikan lebih banyak atau lebih sedikit energi. Lautan dapat berubah warna. Itu bisa melemahkan iman kita ketika gunung itu rusak parah.

Sejumlah besar ilmuwan menyatakan bahwa manusia juga menyebabkan perubahan iklim. Misalnya orang-orang yang mengendarai kendaraan pribadi, orang yang memasak makanan dan semua hal yang membutuhkan energi menjadi salah satu pemicu perubahan iklim. Karena salah satu cara kita untuk mendapatkan energi tersebut dengan membakar batu bara, minyak dan gas. Pembakaran inilah yang menyebabkan pelepasan emisi ke atmosfer. Gas tersebut menyebabkan udara menjadi lebih panas dan hal ini yang kemudian mengubah iklim suatu tempat. Hal ini juga dapat menyebabkan perubahan iklim bumi secara global.



Gambar 23 Sisi kiri gambar ini adalah Gletser Petermann di Greenland. Gambar itu diambil 26 Juni 2010. Sebuah gunung es besar pecah dari gletser. Gambar di sebelah kanan diambil pada 13 Agustus 2010. Air yang lebih hangat di bawah es yang mengapung dan di permukaan laut mungkin menjadi penyebabnya. (credit: NASA)

4.4. Konsentrasi gas rumah kaca berada pada level tertinggi dalam 2 juta tahun

Konsentrasi gas rumah kaca terus mengalami peningkatan. Sebagai bukti, suhu Bumi saat ini sekitar $1,1^{\circ}\text{C}$ lebih hangat dibandingkan tahun 1800, satu dekade terakhir (2011–2020) adalah patokannya. Banyak orang percaya bahwa perubahan iklim, khususnya, berarti suhu yang hangat. Tapi itu hanya awal dari permasalahan ini. Karena semua yang ada di Bumi terhubung sebagai sebuah sistem, setiap perubahan yang terjadi di satu daerah dapat memengaruhi perubahan yang dilakukan di daerah lainnya juga.

Konsekuensi dari perubahan iklim saat ini meliputi kekeringan hebat, kelangkaan air, kebakaran hebat, naiknya permukaan laut, banjir, es kutub yang mencair, badai dahsyat, dan penurunan keanekaragaman hayati.



Gambar 24 Ilustrasi Perubahan iklim
Sumber : www.indonesia.un.org

4.5 Orang-orang mengalami perubahan iklim dengan berbagai cara

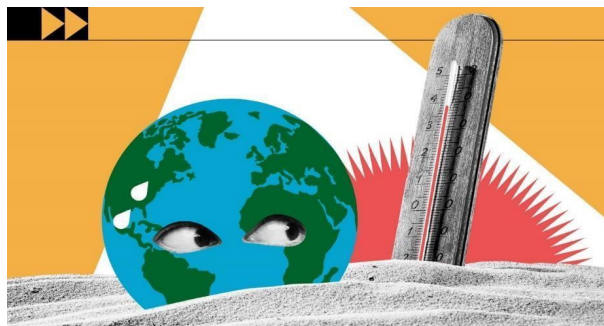
Perubahan iklim berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya serta mengganggu aktivitas manusia seperti kemampuan penanaman pangan, perumahan, keselamatan bahkan pekerjaan. Beberapa dari kita lebih rentan terhadap perubahan iklim, seperti orang yang tinggal di pulau kecil atau di negara berkembang. Kondisi kenaikan permukaan laut dan air asin telah meningkat setiap tahunnya sehingga menyebabkan penduduk di suatu wilayah harus pindah. Selain itu, kekeringan berkepanjangan juga terus terjadi di wilayah tertentu yang meningkatkan resiko kelaparan. Jumlah “pengungsi iklim” atau orang-orang yang terdampak perubahan iklim di masa depan diperkirakan akan terus meningkat.

4.6 Setiap peningkatan pemanasan global penting

Berdasarkan laporan PBB, ribuan ilmuwan dan pengamat pemerintah sepakat bahwa membatasi pemanasan global hingga kurang dari 1,5°C akan membantu kita menghindari pola iklim memburuk dan mempertahankan agar iklim tetap menjadi layak huni. Namun, berdasarkan

proyeksi iklim nasional saat ini, rata-rata suhu global diperkirakan akan mencapai sekitar 3,2°C pada akhir abad ini.

Emisi yang menyebabkan perubahan iklim datang dari setiap penjuru dunia dan mempengaruhi semua orang, tetapi beberapa negara menghasilkan lebih banyak daripada yang lain. 100 negara dengan total emisi terendah menghasilkan 3 persennya. 10 negara dengan total emisi terbesar menyumbang 68 persen. Setiap orang harus mempraktekkan pengendalian diri, tetapi orang dan negara yang menghasilkan lebih banyak emisi harus memiliki tanggung jawab yang lebih besar dan bertindak lebih awal dari yang lainnya.



Gambar 25 Ilustrasi Perubahan Iklim
Sumber : www.indonesia.un.org

4.7 Kami menghadapi tantangan besar tetapi sudah tahu banyak solusi

Berbagai solusi untuk perubahan iklim dapat meningkatkan kesejahteraan manusia secara ekonomi sekaligus meningkatkan keadaan dan melindungi lingkungan. Selain itu, terdapat hubungan kerja global dan kemampuan untuk menangani permasalahan iklim, seperti dari Perjanjian Paris, Konvensi Kerja PBB tentang Perubahan Iklim, dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. Mengurangi emisi, menyesuaikan dengan iklim, dan pembatasan yang diperlukan adalah tiga kategori aksi yang luas. Suatu sistem yang mentransfer energi dari bahan bakar fosil ke sumber energi yang baru dikembangkan yaitu mengurangi emisi yang

berkontribusi terhadap perubahan iklim. Tapi kita harus mulai sekarang. Berbeda dengan kesepakatan negara demi negara untuk mencapai emisi nol bersih pada tahun 2050, hampir setengah dari pengurangan emisi harus dilakukan pada tahun 2030 untuk mencapai tujuan menjaga pemanasan global di bawah 1,5°C. Produksi bahan bakar fosil harus diturunkan sekitar 6 persen setiap tahun antara tahun 2020 dan 2030. Menjadi lebih mudah beradaptasi berpotensi menguntungkan orang, rumah, bisnis, bahan kerajinan, infrastruktur, dan ekosfer global. Dampaknya dapat dirasakan saat ini dan dan kemungkinan di masa mendatang. Adaptasi akan diperlukan di mana-mana, tetapi perlu diprioritaskan saat ini bagi orang-orang yang paling rentan untuk menangani krisis bahaya iklim.

4.8 Kita dapat membayar tagihan sekarang, atau membayar mahal di masa depan

Aksi iklim memerlukan investasi moneter yang signifikan dari pihak pemerintah dan pelaku bisnis. Salah satu langkah penting yang harus dilakukan oleh negara-negara industri adalah memenuhi komitmen untuk menyediakan \$100 miliar per tahun kepada negara berkembang sehingga dapat beradaptasi dan bergerak menuju ekonomi yang lebih maju.



Gambar 26 Ilustrasi Perubahan Iklim
Sumber : www.indonesia.un.org

EVALUASI

Untuk memperdalam pemahaman kalian mengenai materi di atas,

Kerjakanlah latihan berikut!

1. Jelaskan yang dimaksud perubahan iklim dan penyebab-penyebabnya !
2. Jelaskan bagaimana skema perubahan iklim terjadi!
3. Jelaskan perilaku yang dapat meningkatkan perubahan iklim!
4. "Greenpeace Indonesia merupakan salah satu kelompok masyarakat yang peduli terhadap lingkungan, Greenpeace Indonesia bersama berbagai organisasi lingkungan hidup lainnya di Kalimantan melakukan protes terhadap pembabatan hutan Kalimantan karena program food estate yang dilakukan pemerintah. Greenpeace Indonesia mengklaim bahwa hal tersebut menjadi salah satu penyebab perubahan iklim. Jelaskan bagaimana pendapatmu!
5. Media sosial saat ini diramaikan dengan aksi pembersihan lingkungan oleh beberapa kelompok pemuda di berbagai daerah, jelaskan bagaimana tindakan tersebut dapat berpengaruh terhadap perubahan iklim!
6. Gas rumah kaca disebut sebagai faktor utama penyebab perubahan iklim. Jelaskan bagaimana hal itu bisa terjadi!
7. Bagaimana pengaruh perubahan iklim terhadap kehidupan manusia!
8. Jelaskan hal-hal sederhana yang dapat diajarkan kepada orang-orang sekitar sebagai upaya mengatasi perubahan iklim!
9. Menurutmu, apa yang dapat dilakukan pemerintah sebagai kontribusi dalam mengurangi perubahan iklim!
10. Apa dampak dari keberadaan perubahan iklim!

BAB 5

PERUBAHAN IKLIM DAN SISTEM BUMI

Dr. Meilinda, M.Pd.

ARTH
STEM

CCP

CLOUDS CO

EARTH SYSTEM OBSERVATORY

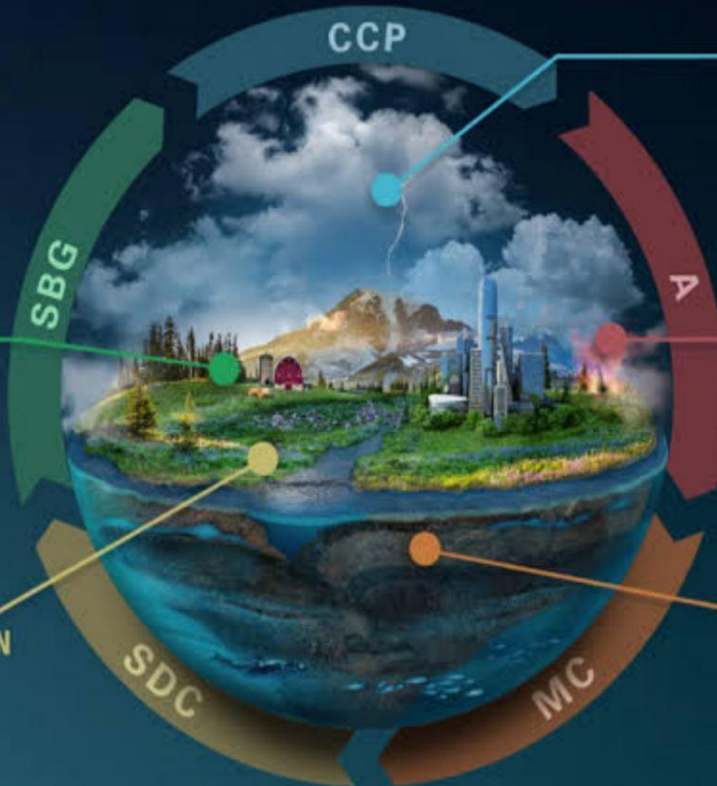
INTERCONNECTED
CORE MISSIONS

SURFACE BIOLOGY AND GEOLOGY

Earth Surface and
Ecosystems

SURFACE DEFORMATION AND CHANGE

Earth Surface Dynamics



CLOUDS, CONVECTION AND PRECIPITATION

Water and Energy in
the Atmosphere

AEROSOLS

Particles in the
Atmosphere

MASS CHANGE

Large-scale Mass
Redistribution

56

Learning Outcome_____

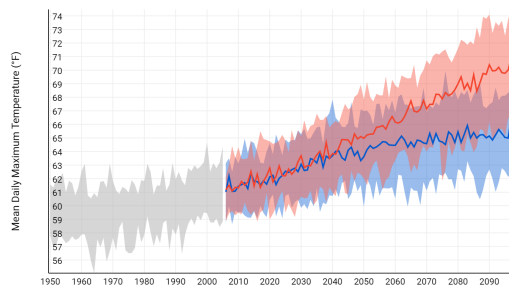
1. Mahasiswa memiliki pengetahuan konsep dasar dan hubungan perubahan iklim dengan sistem bumi.
2. Mahasiswa memahami hubungan dan berbagai proses yang berkaitan dengan perubahan iklim dan sistem bumi.
3. Mahasiswa dapat memahami isu-isu perubahan iklim dan sistem bumi yang berkembang di masyarakat.
4. Mahasiswa dapat mengembangkan soal tentang perubahan iklim dan sistem bumi pada level sekolah dasar dan menengah.
5. Mahasiswa menyusun ide untuk membuat soal tentang perubahan iklim dan sistem bumi pada level sekolah dasar dan menengah.

Iklim digambarkan sebagai simfoni cuaca yang berada dalam rentang suatu wilayah baik dalam kondisi ekstrim maupun reratanya. Ahli klimatologi menyatakan bahwa iklim merupakan perhitungan rerata cuaca dalam kisaran tiga puluh tahun dengan beberapa variabel seperti suhu harian, curah hujan, hujan salju, suhu tertinggi dan suhu terendah. Jika hanya diukur dalam waktu jam, harian atau mingguan maka dinyatakan sebagai cuaca saja.

Kehidupan di bumi dimungkinkan terjadi karena adanya iklim yang mendukung kehidupannya. Misalnya rerata permukaan suhu di bumi memungkinkan air dalam bentuk cair tersedia secara melimpah dan suhu yang dapat memungkinkan hidupnya berbagai makhluk di dalamnya. Namun rerata suhu permukaan bumi telah berubah dari waktu ke waktu, rerata suhu global saat ini 11^oC lebih tinggi dibandingkan masa era mesozoikum atau masa dinosaurus. Perubahan suhu tersebut sangat mempengaruhi kondisi lingkungan di bumi beruntungnya bumi ialah karena

memiliki atmosfer tipis yang menyelubunginya dan mampu menjaga dan menahan sebagian besar energi yang dipancarkan oleh matahari.

Dua planet terdekat bumi yaitu Mars dan Venus memiliki atmosfer yang berbeda dari Bumi, karena itu maka suhu permukaan tersebut sangat berbeda, Venus hampir mirip dengan Bumi tapi karena lebih dekat dengan cahaya matahari maka suhunya melebihi 450°C dan atmosfer 100 kali lebih padat dari atmosfer bumi dengan kandungan 96% terdiri dari karbondioksida (CO_2). Sementara itu Mars yang lebih jauh dari matahari jika dibandingkan dengan Bumi memiliki atmosfer yang mirip dengan Venus yaitu mengandung 95% CO_2 dengan atmosfer yang jauh lebih padat dari Bumi dan suhu permukaan rata-rata -53°C . Suhu bumi yang tidak terlalu panas ataupun terlalu dingin membuat bumi sangat nyaman untuk ditinggali.



Gambar 27 Dampak Perubahan Iklim terhadap Temperatur
Sumber : www.ucanr.edu

Ada beberapa hal yang membuat suhu di Bumi bervariasi dan terjaga diantaranya ialah: 1) Gas rumah kaca di permukaan bumi membuat bumi lebih hangat dari seharusnya, tanpa gas rumah kaca kemungkinan suhu rerata bumi akan berada di minus 0°C ; 2) Peristiwa konveksi, peristiwa konveksi terjadi akibat perbedaan jumlah radiasi matahari yang diterima antara daerah kutub dan daerah khatulistiwa, karena khatulistiwa lebih banyak menerima cahaya matahari maka suhu di daerah tersebut lebih

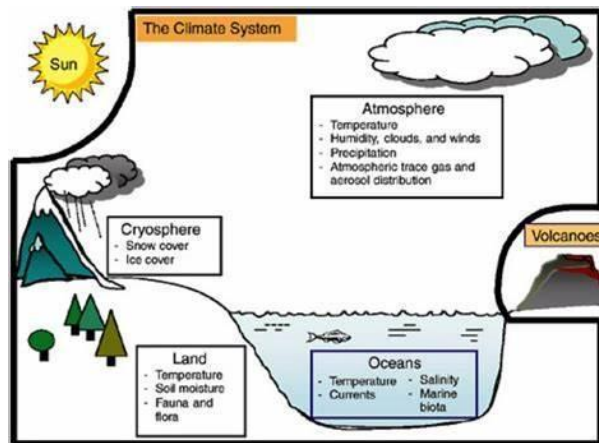
hangat dari daerah kutub. Udara hangat yang berasal dari daerah khatulistiwa mengalir ke daerah kutub menjadi dingin dan mengalir kembali ke daerah kutub; 3) Efek Coriolis merupakan efek yang terjadi akibat adanya rotasi bumi yang memaksa udara yang tadinya mau bergerak lurus menuju kutub menjadi bergerak ke samping dan fenomena ini dinamakan efek coriolis. Rotasi bumi membuat udara yang harusnya bergerak ke arah kutub menjadi turun sekitar 30 derajat lintang pada masing-masing kutub. Peristiwa konveksi dan efek coriolis membuat pergerakan global udara dalam mendistribusikan panas bumi dari khatulistiwa ke kutub dan daerah sekitarnya.

5.1 Bagaimana Sistem Iklim Bekerja

Sistem berfungsi sebagai jaringan yang luas dengan karakter yang beragam (Klir, 2001). Karakteristik dari keseluruhan sistem: 1) Memiliki "loop masukan-keluaran-umpan balik" pada tempatnya. 2) memiliki batasan dengan "lingkungan", 4) memiliki hierarki, 3) berperilaku dinamis. variasi atau konformitas 12) bersifat terbuka/tertutup, 13) kompleks/sederhana, 14) multilevel/single level, 15) memiliki persepsi semantik/sintaksis, 16) memiliki batasan yang jelas/ambigu, 17) menghasilkan informasi/menghasilkan informasi, dan memiliki dua ciri utama suatu sistem, yaitu terbuka dan tertutup.

Tidak ada sistem alami yang bersifat tertutup termasuk diantaranya sistem iklim. Iklim sebagai sebuah sistem yang terbuka akan selalu berusaha mencapai keseimbangannya untuk satu atau lebih periode dengan waktu yang terbatas karena itu karakter yang seimbang pada sistem alami hanyalah merupakan karakter sementara karena selalu ada kondisi yang mengganggu keseimbangan tersebut yang dimaknai sebagai kondisi chaos. Karakter yang dinamis pada sistem yang terbuka tersebut menyebabkan struktur pada

sistem selalu berevolusi dan selalu menyesuaikan bentuknya terhadap fungsinya untuk mencapai tujuan dalam sebuah sistem (Richmond, 2003).



Gambar 28 Ilustrasi Sistem Iklim

Sumber : www.gurugeografi.id

Memahami perubahan iklim sebagai sebuah sistem yang terbuka akan membantu siswa memahami dengan baik yang dimaksud dengan sistem karena konten materi perubahan iklim selama ini biasanya diajarkan dengan pendekatan reduksi yaitu sebab, dampak dan akibat dari perubahan iklim. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya inkoherensi dalam memahami perubahan iklim atau memahami peristiwa perubahan iklim dengan cara yang parsial.

Sistem adalah sekumpulan bagian-bagian komponen dalam sistem yang saling berinteraksi, dalam sistem iklim bumi, semua komponen dan proses dalam sistem tersebut saling berinteraksi dan memiliki dampak yang global terhadap iklim. Untuk dapat memahami sistem yang sangat kompleks seperti sistem iklim di bumi, para ilmuwan mengamati dan menganalisis komponen-komponen dan interaksinya serta bagaimana komponen-komponen tersebut saling berdampak dan mengubah sistem dan komponen lainnya. Iklim bumi merupakan sistem yang kompleks artinya

sistem iklim memiliki banyak bagian yang setiap bagian tersebut saling berinteraksi. Pembelajaran berorientasi sistem pada konten perubahan iklim merekomendasikan untuk mengenalkan iklim dengan mengenalkan komponen-komponen perubahan iklim seperti atmosfer, hidrosfer, geosfer, biosfer, kriosfer serta matahari sebagai faktor yang dominan dalam sistem iklim (Sheparson, 2012).

Perilaku yang sangat penting dari sistem iklim adalah umpan balik (Feedback) antar komponen dalam sistem iklim. Umpan balik dapat memperkuat perilaku sistem (baik umpan balik positif maupun umpan balik negatif). Contoh siklus umpan balik positif adalah ketika mencairnya es di lautan. Es di lautan terbentuk ketika air laut membeku di permukaan laut, dampaknya ialah lautan jadi lebih terang dan lebih reflektif memancarkan radiasi cahaya matahari daripada air laut di sekitarnya. Warna es yang terang membuat lapisan es ini mampu memantulkan sinar matahari masuk kembali ke atmosfer. Jika es di lautan ini mencair meskipun sedikit, akan membuat lebih banyak cahaya matahari yang diserap dan air menjadi lebih hangat sehingga lebih banyak lagi es di lautan yang mencair. Sementara itu contoh umpan balik negatif atau disebut penyeimbang adalah bagaimana dampak awan terhadap temperatur yang panas di muka bumi. Udara yang hangat di atmosfer mengandung lebih banyak uap air daripada udara dingin dan udara hangat ini menyebabkan lebih banyak awan berada di atmosfer. Namun saat awan yang berwarna putih itu sudah banyak di atmosfer, awan akan mengakibatkan lebih sedikit cahaya matahari yang dapat mencapai permukaan bumi dan hal ini pada akhirnya berdampak pada pendinginan iklim. Dengan demikian awan berpotensi untuk menangkal pemanasan global meskipun tidak diketahui seberapa besar potensi tersebut.

Ilmu tentang sistem bumi adalah ilmu yang mempelajari komponen-komponen sistem bumi yang terdiri dari atmosfer, hidrosfer dan

lautan, kriosfer atau daratan es, biosfer dan sebagainya yang saling berinteraksi membentuk berbagai hal yang terjadi di bumi termasuk iklim. Sistem iklim global secara umum disebabkan oleh adanya energi dari matahari dan dipengaruhi juga oleh tarikan gravitasi bulan dan panas inti bumi. Meskipun sistem iklim global dipengaruhi beberapa diatas namun pada dasarnya perubahan iklim memiliki model sistem yang sangat kompleks. Untuk memudahkan cara mempelajari sistem iklim di bumi, maka para ahli membagi pemodelan tersebut menjadi dua jenis yaitu sistem model iklim sederhana dan sistem model iklim kompleks yang perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 1.

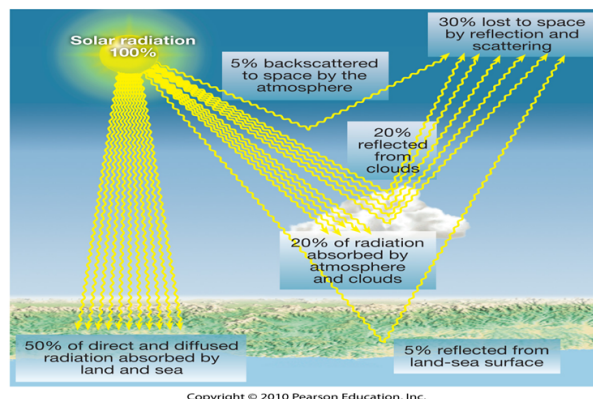
Tabel 1. Perbandingan model iklim yang kompleks dan sederhana

Models Iklim yang Kompleks	Models Iklim yang Sederhana
<p>Simulasi dari variasi temperature masa lalu dan masa kini seperti halnya variabel dari hal-hal yang mempengaruhi iklim seperti hujan, evaporasi, kelembaban tanah, perawanan, angin, dan indikator iklim lainnya dalam skala benua</p>	<p>Rerata cuaca dalam zona lokal maupun global dan hanya untuk variabel temperatur dan perubahannya. Sementara itu variabel yang lainnya diabaikan.</p>
<p>Memiliki potensi untuk menstimulasikan perubahan yang mempengaruhi variabilitas iklim seperti misalnya El Nino</p>	<p>Tidak bisa menstimulasikan perubahan yang paling memungkinkan dalam variasi iklim sebagai luaran yang</p>

	semata-mata terdiri dari sinyal perubahan iklim semata.
Banyaknya proses fisik yang distimulasi secara langsung, dibutuhkan untuk jangka pendek. Tapi juga memungkinkan untuk menggunakan resolusi dalam siklus diurnal	Dampak dari proses fisika merupakan approximated berbasis kondisi global atau rerata kondisi kewilayahan (zonasi) dengan resolusi temporal yang rendah
Sensitivitas iklim dan bagian dari subsistem lainnya berbasis komputasi yang dikombinasikan dengan hukum fisika dan parameter model skala subgride	Sensitivitas iklim dan bagian dari subsistem lainnya harus lebih spesifik berbasiskan hasil dari model yang kompleks atau observasi. Properties ini bisa sangat siap diubah untuk tujuan tes sensitivitas
Harga komputasi sangat dibatasi pada jumlah kasus yang bisa di investigasi dan kemampuan untuk menginisiasi hal yang telah stabil	Kecepatan yang cukup dengan skenario berulang bisa disimulasikan dan bisa berjalan dalam cakupan parameter nilai yang luas untuk bisa dieksekusi, bisa diinisiasi dalam kondisi yang stabil dengan sedikit harga komputasi

<p>Sangat berguna untuk mempelajari proses-proses yang fundamental yang bisa diselesaikan dengan pemodelan</p>	<p>Berguna pada penelitian yang sensitif yang melibatkan interaksi dalam skala luas dari komponen sistem iklim</p>
<p>Perilaku model merupakan hasil dari banyak proses interaksi seperti halnya kondisi di dunia nyata. Mempelajari model yang kompleks mengindikasikan proses apa saja yang dibutuhkan untuk digabungkan dalam model yang sederhana dan pada beberapa kasus ialah tentang bagaimana mereka di parameterisasi</p>	<p>Analisis yang mudah karena model yang sederhana meliputi beberapa proses. Interpretasi dari hasil model yang sederhana akan memberikan wawasan kepada perilaku model yang lebih kompleks</p>
<p>AOGCMs bisa menstimulasi perubahan mayor dalam sirkulasi lautan tapi waktu dan perubahan yang terjadi di alam yang mungkin belum terjadi</p>	<p>Satu dimensi model tidak bisa menstimulasi iklim yang tiba-tiba, contohnya perubahan sirkulasi lautan yang mendadak. Model lautan dua dimensi akan memberikan beberapa wawasan pada beberapa perubahan</p>

Matahari menjadi sumber energi terbesar dan konstan di muka bumi. Energi matahari yang masuk ke bumi mencapai sekitar 30% dan dipantulkan kembali ke luar angkasa, sementara 70% lainnya diserap oleh permukaan bumi, lautan dan gas di atmosfer. Jika bumi menyerap dan memantulkan energi dalam jumlah yang sama maka suhu bumi akan tetap sama, namun jika lebih banyak energi yang diserap daripada dipantulkan maka bumi akan mulai menghangat. Ilmuwan memisahkan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan iklim menjadi tiga kategori yaitu forcing, feedback, dan Tipping Point. Forcing merupakan bagian yang menstimulasi terjadinya iklim. Bagian-bagian yang termasuk forcing adalah radiasi matahari, emisi gas rumah kaca



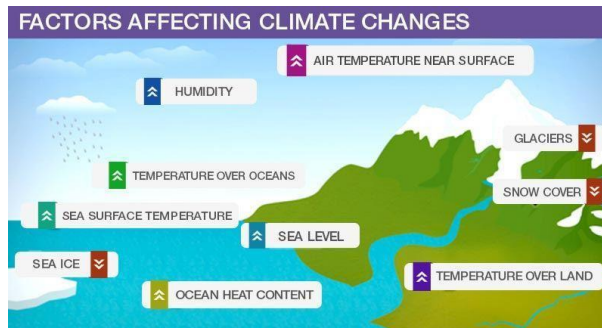
Gambar 29 Serapan dan Pantulan Radiasi Matahari
Sumber : www.pnnl.gov

Radiasi matahari adalah sejumlah cahaya atau sinar matahari yang diterima oleh bumi, melalui berbagai penelitian yang mengukur jumlah cahaya matahari yang mencapai permukaan bumi ditemukan bahwa radiasi atau cahaya matahari yang sampai ke bumi memiliki siklus yang disebut siklus 11 tahunan dan siklus ini mempengaruhi iklim dan curah hujan di muka bumi. Kedua yang tergolong forcing iklim adalah emisi gas rumah

kaca. Sejak revolusi industri, konsentrasi gas rumah kaca meningkat sangat signifikan di atmosfer (misalnya : karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan nitrogen oksida (N₂O). Hal ini disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi dan gas dari 280 part per million menjadi 416 part per million. Emisi gas rumah kaca ini mampu menyerap dan memancarkan kembali panas dari cahaya matahari ke atmosfer bumi. Ketika hal ini terjadi maka permukaan bumi akan semakin panas dan hal itu jelas berdampak terhadap perubahan iklim. Ada banyak hal yang mempengaruhi peningkatan emisi gas rumah kaca di atmosfer, selain karena pembakaran bahan bakar karbon, partikel udara pada emisi gas rumah kaca dapat berasal dari letusan gunung berapi dan aktivitas manusia lainnya. Meskipun emisi gas rumah kaca cenderung meningkatkan panas bumi namun ketika partikel-partikel tersebut sampai ke bagian stratosfer maka akan lebih mendinginkan suhu di permukaan bumi karena itu juga partikel dalam bentuk aerosol, dust, smoke and soot.

Kategori kedua adalah proses umpan balik (Feed back), umpan balik merupakan proses yang dapat memperkuat ataupun mengurangi efek dari iklim. Jika umpan balik ini memperkuat gejala awal maka umpan balik dan jika sebaliknya maka disebut umpan balik negatif. Ada beberapa proses feedback pada iklim yaitu: awan, hujan, hutan yang kehijauan maupun kecoklatan, hamparan es sebagai albedo, dan uap air. Awan, keberadaan awan memberikan dampak yang sangat besar terhadap iklim di permukaan bumi termasuk ukuran, jenis dan lokasi keberadaannya. Awan mampu merefleksikan atau memantulkan kembali cahaya matahari yang masuk ke atmosfer bumi. Temperatur yang hangat di permukaan bumi sebagian besar sebenarnya disebabkan oleh adanya titik-titik air berupa embun yang ada di atmosfer, embun ini menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah awan sehingga kemudian menghalangi cahaya matahari masuk ke permukaan

bumi, panas yang lebih sedikit ini terserap (absorbed) yang menyebabkan perlambatan peningkatan panas bumi. Sebaliknya perubahan jumlah awan yang lebih sedikit akan menyebabkan bumi menjadi lebih cepat panas. Curah hujan pada model iklim global menunjukkan bahwa hujan akan meningkat saat jumlah air yang tertahan di atmosfer yang lebih hangat, namun meningkatnya jumlah hujan di suatu wilayah akan mengakibatkan kekeringan di wilayah lainnya. Perubahan pola curah hujan dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman baik secara positif maupun negative. Penghijauan dan pencoklatan hutan akibat proses alami seperti pertumbuhan atau gugur pada pohon akan mempengaruhi setengah emisi karbon yang dilepaskan oleh manusia ke atmosfer setiap tahunnya, meskipun sampai saat ini para ilmuwan sedang mempelajari kemana sebagian besar perginya karbon dioksida di alam. Keseimbangan yang terjadi antara penyerapan dan pelepasan karbondioksida oleh lautan dan kawasan hutan merupakan objek penelitian banyak ilmuwan, beberapa bukti menunjukkan bahwa kemampuan lautan dan hutan dalam menyerap karbon semakin menurun dan akan berdampak pada laju pemanasan suhu di bumi yang semakin cepat meningkat dan sementara laju emisi dari aktivitas manusia semakin banyak. Albedo pada lapisan es di permukaan bumi. Warna putih pada es sangat kontras dengan warna permukaan lautan yang cenderung gelap sehingga jika lautan cenderung untuk menyerap panas maka warna putih pada lapisan es membuat lapisan tersebut memantulkan radiasi yang datang, kembali ke atmosfer. Berikutnya adalah uap air. Uap air merupakan gas rumah kaca yang paling berlimpah, bertindak sebagai umpan balik untuk memperkuat terjadinya pemanasan iklim. Uap air yang meningkat di atmosfer membuat suhu meningkat sehingga bumi menjadi lebih hangat. Kondisi ini merupakan salah satu bentuk mekanisme umpan balik yang penting yang menciptakan efek rumah kaca.



Gambar 30 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Perubahan Iklim

Sumber : www.byjus.com

Faktor ketiga yang mempengaruhi perubahan iklim ialah Climate Tipping Points. Climate Tipping Points merupakan kondisi ketika iklim bumi bergerak diantara dua periode iklim yang relatif stabil. Ada beberapa hal yang merupakan bagian dari climate tipping points yaitu ocean circulation, Ice loss, dan rapid release of methane atau percepatan pelepasan metana. Sirkulasi lautan terbentuk saat es dan lapisan laut di lautan Arctic dan Greenland mencair. Sirkulasi air laut di Atlantik dapat memperlambat arus di teluk dan perubahan ini akan mengubah pola iklim regional meskipun tidak secara global. Perubahan arus air di teluk akan mengakibatkan pendinginan suhu air laut yang cukup signifikan di Eropa barat yang akan menyebabkan pemanasan yang cepat dan kenaikan permukaan laut yang lebih besar. Hal lain yang merupakan climate tipping points adalah ice loss. Ice loss terjadi karena umpan balik yang kuat dari albedo lapisan es, ketika cukup banyak lapisan es yang mencair maka bumi akan menyerap panas lebih banyak. Menyusutnya jumlah lapisan es di daratan yang berkontribusi pada kenaikan permukaan laut yang pada akhirnya akan berdampak pada berkurangnya luas daratan bahkan tenggelamnya sejumlah pulau. Hal berikutnya yang menjadi Climate Tipping Points ialah rapid release of methane atau pelepasan metana secara

cepat. Sekitar seperempat belahan bumi bagian utara ditutupi oleh lapisan es dan di bawah lapisan es tersebut terdapat deposit metana dan karbon dioksida beku yang terletak dibawah lapisan es daerah kutub. Saat lingkungan menghangat dan lapisan es mencair, endapan metana dan karbondioksida beku tersebut dilepaskan ke atmosfer dan menimbulkan resiko terjadinya peningkatan panas. Beberapa hal lain yang mempengaruhi iklim adalah manusia dan gangguan antropogenik dari komposisi atmosfer di muka bumi.

5.2 Peran manusia terhadap perubahan iklim



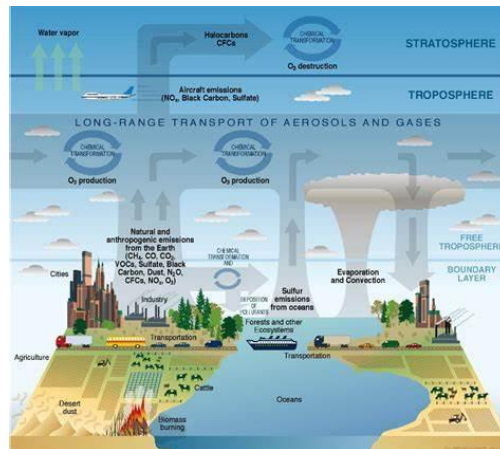
Gambar 31 Peran Manusia terhadap Perubahan Iklim

Sumber : www.ditjenppi.menlhk.go.id

Manusia, seperti organisme hidup lainnya selalu dipengaruhi dan mempengaruhi lingkungan hidup disekitar mereka. Namun sejak revolusi industri pada abad ke-18, dampak aktivitas manusia sangat berdampak pada lingkungan sekitar baik secara regional maupun lokal. Aktivitas manusia yang paling signifikan dalam mempengaruhi iklim ialah penggunaan bahan bakar fosil untuk penggunaan skala industri maupun domestik yang menghasilkan gas rumah kaca maupun aerosol serta emisi klorofluorokarbon (CFC) dan klorin lainnya yang berdampak pada penipisan lapisan ozon di stratosfer. Hal kedua adalah aktivitas manusia

dalam pembukaan lahan hutan dan pertanian karena faktor urbanisasi yang mempengaruhi sifat fisik dan biologi permukaan bumi.

5.3 Gangguan antropogenik dari komposisi atmosfer



Gambar 32 Komposisi Atmosfer akibat gangguan alamiah dan antropogenik
Sumber : www.bioma-indonesiaku.blogspot.com

Kira-kira seribu tahun sebelum revolusi industri, jumlah gas rumah kaca relatif konstan, namun sejak revolusi industri, telah terjadi peningkatan jumlah karbondioksida di atmosfer lebih dari 30% dengan laju pertumbuhan tahunan sebesar 0,4%. Penyebab utama peningkatan ini adalah penggundulan hutan dan pembakaran bahan bangunan berbasis bahan bakar fosil. Perubahan komposisi isotop menunjukkan bahwa peningkatan CO₂ di atmosfer tersebut diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar fosil. Sementara itu konsentrasi atmosfer lainnya seperti metana dan dinitrogen oksida juga meningkat seiring karena kegiatan pertanian, industri, Nitrogen Dioksida (NO dan NO₂) serta karbon monoksida, meskipun gas-gas ini bukan merupakan gas rumah kaca namun mereka berperan dalam perubahan komposisi zat di atmosfer dan mengakibatkan meningkatnya jumlah ozon yang menjadi emisi gas rumah kaca saat berada di troposfer.

EVALUASI

Untuk memperdalam pemahaman kalian mengenai materi di atas,

Kerjakanlah latihan berikut!

1. Buatlah tabel perbedaan cuaca dan iklim!
2. Mars dan Venus merupakan dua planet terdekat dengan bumi, jelaskan bagaimana perbedaan atmosfer kedua planet tersebut dibanding dengan atmosfer bumi!
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan sistem iklim!
4. Jelaskan bagaimana pengaruh besaran energi matahari yang diserap dan dipantulkan bumi terhadap suhu dan temperatur bumi!
5. Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan iklim!
6. Jelaskan bagaimana peran manusia terhadap perubahan iklim!
7. Selain hutan, lautan juga menjadi salah satu bagian penting dari upaya mengatasi perubahan iklim. Jelaskan mengapa hal itu bisa terjadi!
8. Kenaikan permukaan air laut semakin meningkat karena perubahan iklim. Jelaskan bagaimana hal tersebut bisa terjadi!
9. Jelaskan pendapatmu, jika terjadi kenaikan permukaan air laut, apakah jumlah air di bumi juga bertambah!
10. Jelaskan bagaimana sistem iklim bekerja!

BAB 6

PEMODELAN MATEMATIKA DENGAN KONTEKS PERUBAHAN IKLIM

Dra. Nyimas Aisyah, M.Pd., Ph.D.

Dra. Cecil Hiltrimartin, M.Si., Ph.D.



Learning Outcome

1. Mahasiswa memiliki pengetahuan konsep dasar pemodelan matematika dan proses pemodelan matematika.
2. Mahasiswa dapat mengembakan soal pemodelan matematika level Sekolah Dasar.
3. Mahasiswa dapat mengembakan soal pemodelan matematika level Sekolah Menengah.
4. Mahasiswa menyusun ide untuk membuat soal pemodelan matematika level Sekolah Dasar.
5. Mahasiswa menyusun ide untuk membuat soal pemodelan matematika level Sekolah Menengah.
6. Mahasiswa mampu melakukan simulasi pembelajaran pemodelan matematika

Perubahan iklim merupakan perubahan dalam skala global dan dalam jangka panjang yang memengaruhi berbagai sektor dan menurunkan kualitas hidup manusia sampai ke lingkungan global (Setiani, 2020). Oleh karena itu, perubahan iklim dinilai sebagai isu penting yang harus segera disikapi oleh setiap orang bahkan secara nasional dan global.

Perubahan iklim salah satunya disebabkan oleh aktivitas manusia yang ditandai dengan peningkatan suhu permukaan dari yang sebelumnya dan peningkatan intensitas kejadian cuaca dan iklim yang berbahaya. Dibutuhkan pengetahuan untuk memahami bagaimana masalah saat ini akan diselesaikan dalam periode waktu yang akan datang. Pemahaman tentang perubahan iklim ini harus segera dilakukan, kemungkinan dimulai pada tingkat pendidikan dasar dan menengah. Satu hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan pemahaman peserta tentang perubahan undang-undang

saat ini adalah dengan menggunakan konteks yang telah diintegrasikan ke dalam kertas terbuka. Penggunaan konteks perubahan iklim ini diharapkan dapat semakin mendekatkan peserta didik dengan fenomena yang terjadi di dunia saat ini sehingga diharapkan dapat meningkatkan keingintahuan peserta didik untuk mencari solusi terhadap dampak yang timbul akibat perubahan iklim.

Di dalam pembelajaran matematika, konteks perubahan iklim merupakan ide abstrak yang masih harus diterjemahkan ke dalam Bahasa matematika. Proses penyederhanaan konteks nyata ke dalam bentuk matematika ini merupakan bagian dari proses pemodelan matematika. Sehingga, pada bagian ini akan membahas secara mendalam pengertian dan Langkah-langkah pemodelan matematika berdasarkan konteks *Climate Change*.

6.1 Pengertian Pemodelan Matematika

Pemodelan merupakan istilah yang tidak asing di dalam matematika. Pemodelan secara umum adalah proses penyederhanaan dari suatu realitas atau kejadian yang kompleks yang disusun dengan tujuan tertentu. Secara khusus dalam matematika, pemodelan adalah proses menghasilkan model abstrak atau model konseptual dari suatu masalah nyata yang memerlukan penyelesaian.

Definisi:

Mathematical Modelling is the activity of translating a real problem into a mathematical form. The mathematical form (or model) is solved and then interpreted back to help explain the behavior of the real problem.

Contoh:

Di bidang ekonomi, ini dikenal sebagai "aturan permintaan" dan "aturan penawaran," yang menyatakan bahwa ketika harga turun, permintaan (banyak barang yang diminati pembeli) dan penawaran (banyak barang yang akan dijual) akan turun, dengan implikasi faktor lain akan tetap berperan.

Di sebuah kota kecil, diketahui bahwa jika harga sandal jenis tertentu sekitar Rp 3000, dan harga penawaran sebesar sekitar 2 satuan, padahal permintaan 14 satuan per bulan. Namun jika harga dipatok sekitar Rp 8000, maka penawaran menjadi 12 satuan sedangkan jumlah permintaan hanya sekitar 9 satuan. Dengan menaikkan harga ke P, penawaran dengan Q_s dan permintaan dengan Q_d , serta kesadaran bahwa hubungan dalam kerangka hukum penawaran permintaan tersebut di atas adalah hubungan linier.

Hukum penawaran akan mempunyai rumus:

$$P = 0,5 Q_s + 2 \text{ atau } Q_s = 2P - 4$$

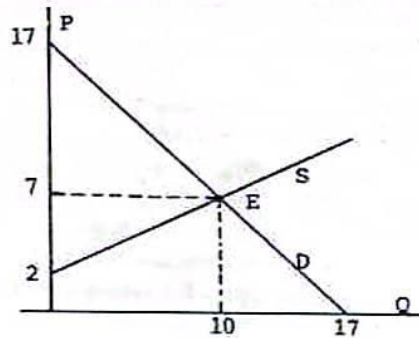
(dengan grafik garis lurus S)

Hukum permintaan akan mempunyai rumus:

$$P = - Q_d + 17 \text{ atau } Q_d = 17 - P$$

(dengan grafik garis lurus D)

Nilai P yang menyebabkan $Q_s = Q_d$ disebut harga keseimbangan pasar yang dalam contoh ini ternyata adalah Rp7000,- dan sesuai dengan $Q_s = Q_d = 10$ (lihat titik E).



(P dalam ribuan rupiah)

(Gambar 1)

Contoh di atas menggambarkan bagaimana suatu gejala dalam bidang ekonomi dapat ditirukan/digambarkan dengan rumus-rumus matematika untuk dapat mengenali sifat-sifatnya atau menarik kesimpulan mengenai lebih lanjut. Tiruan dalam rumus Matematika ini dinamai model matematika bagi gejala ekonomi tadi.

Pada contoh di atas, sesudah rumus penawaran dan permintaan diperkirakan, maka dapat dihitung penawaran, permintaan dan harga pada keadaan keseimbangan pasar. Inilah tujuan penyusunan model. Lebih lanjut, model tersebut dapat dilengkapi/disesuaikan lagi bila ada faktor lain, misalnya subsidi atau pajak, sehingga dapat diperkirakan keadaan keseimbangan yang baru. Dalam hal ini, adanya pajak dapat dianggap sebagai suatu masalah bagi penjual, malahan, dengan diketahuinya perkiraan keseimbangan pasar yang baru, penjual dapat merencanakan untuk memaksimumkan keuntungannya (optimisasi), karena bila ia memasang harga di atas maupun di bawah harga keseimbangan pasar, mungkin ia malah akan merugi.

Berdasarkan masalah di atas, sekilas sudah dapat diketahui apa saja manfaat suatu model. Seseorang dapat dengan jelas melihat representasi

objek yang lebih detail, terlibat dalam percakapan "bermain-main" dengan model tanpa mempengaruhi objek dan membuat sebuah gambaran untuk masa mendatang. Manfaat ini dapat dirasakan apabila eksperimen atau percobaan yang dilakukan terhadap objek mengandung suatu resiko yang sangat besar atau sama sekali tidak dapat dikerjakan, misalnya kumpulan keahlian harga bahan pangan pokok yang dilakukan secara coba-coba dapat menggoncangkan masyarakat, atau seorang dokter yang ingin mengadakan percobaan pengaruh racun terhadap darah manusia tidak mungkin melakukannya terhadap manusia yang masih hidup.

6.1.1 Proses Pemodelan Matematika

Pemodelan matematika secara sederhana merupakan suatu aktivitas atau proses translasi dari masalah yang ada di kehidupan nyata ke dalam sebuah model matematika, seperti tergambar pada Diagram 2.1 berikut.

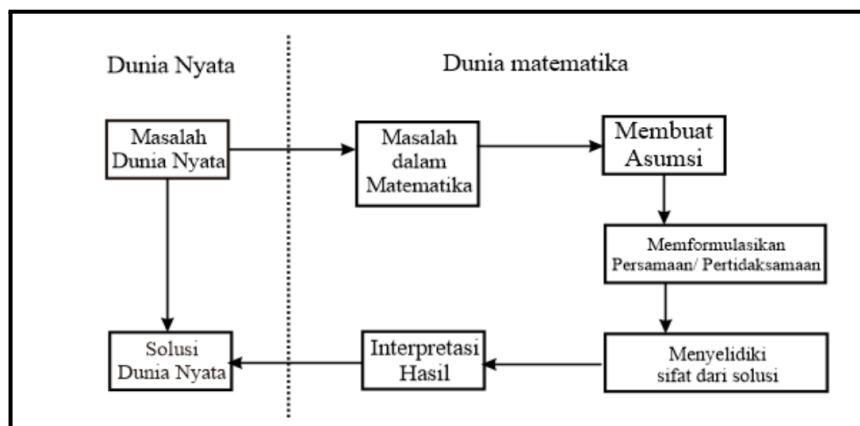


Diagram 1 Proses Pemodelan Matematika

Berdasarkan Diagram 1 di atas, terdapat langsung yang dapat dilakukan dalam melakukan pemodelan matematika.

1. Menerjemahkan permasalahan nyata ke dalam model matematika

Tahap ini adalah tahap memahami situasi nyata yang dilanjutkan dengan mengkonstruksi situasi model. Pada tahap ini dilakukan identifikasi variabel variabel yang terlibat di dalam masalah dan dibuat hubungan antar variabel tersebut. Pada tahap ini tidak menutup kemungkinan diperlukan asumsi. Jika diperlukan pula, (dan biasanya memang terjadi), diadakan penyederhanaan masalah dengan cara misalnya, memotong perubah yang kurang relevan, menyederhanakan hubungan, memperkecil lingkup dan sebagainya. Sebagai hasil diperoleh suatu penghampiran terhadap masalah sesungguhnya yang lebih sederhana dan diharapkan lebih mudah untuk dirumuskan.

2. Memformulasikan persamaan/ pertidaksamaan

Memformulasi artinya semua perubah dan relasinya kemudian dinyatakan menggunakan simbol matematika, kemudian coba untuk mengenali pola permasalahan matematika yang sesuai untuk memecahkan masalah tersebut. Langkah ini kadang perlu juga disisipi dengan menggunakan langkah penyederhanaan model.

3. Menyelesaikan Masalah

Bila sudah menemukan pola masalah dan cara penyelesaian modelnya, kemudian dapat dilakukan penyelesaian secara langsung. Namun terkadang, terdapat pola baru sehingga diperlukan penyusunan model baru untuk menyelesaikan masalah tersebut dan ditambah dengan sedikit penyesuaian terhadap masalah yang dihadapi.

4. Menafsirkan Kembali Hasil.

Setelah selesai penyelesaian matematikanya, hasil yang didapat harus bisa ditafsirkan. Hasil tafsiran ini kemudian harus dikaji apakah sudah benar dan sesuai dengan pola sebelumnya. Jika ternyata hasil ini masih menyimpang maka harus kembali dilakukan langkah 1 dan 2 hingga mendapat hasil yang sesuai.

6.1.2 Tujuan Pemodelan Matematika

Penyusunan model matematika dapat digunakan untuk pembahasan permasalahan dalam berbagai bidang seperti fisika, biologi, ekonomi dan juga bidang-bidang lainnya yang memerlukan sebuah penyusunan model untuk menyederhanakan permasalahan.

Pengetahuan matematika tersebut antara lain :

Pengetahuan fungsi

Pengertian persamaan linier, sistem persamaan linier

Pengertian persamaan diferensial

Pengertian aljabar matriks

Pengetahuan program linier

Tujuan disusunnya model matematika dapat dibedakan menjadi :

- Untuk memahami hubungan antara besar tunggal dan besar lainnya yang terlibat dalam permasalahan yang sedang dibahas. Dalam hal ini diharapkan pengetahuan tentang besaran atau pengaruh tertentu dapat diperoleh sebagai akibat dari perubahan besaran lain yang terkait dengan bentuk model tertentu.
- Untuk menentukan nilai besaran tertentu yang hadir dalam permasalahan tersebut di atas untuk periode kencana yang akan datang. Pemodelan matematika dalam konteks ini biasanya dianggap sebagai model dari masalah tertentu yang muncul selama periode waktu tertentu.
- Untuk menentukan harga terbaik dari suatu besaran tertentu mengingat variabilitasnya yang melekat dan permasalahan yang sedang dibahas saat ini, itu perlu. Model matematika ini merupakan salah satu jenis model untuk masalah optimasi.

6.1.3 Jenis Model/Pemodelan

- Model Keterkaitan

Model keterkaitan dapat dibagi menjadi berbagai bentuk model berdasarkan pengetahuan matematika yang dipergunakan sebagai alat penyusun model, antara lain :

1. **Model diskrit**, pada bentuk model matematika ini yang terkait adalah variabel diskrit. Bila suatu besaran dinyatakan sebagai fungsi dari besaran lain yang merupakan variabel diskrit maka fungsi tersebut merupakan fungsi tidak kontinu dan dibatasi merupakan fungsi berharga tunggal.

Contoh :

Model matematika yang merupakan model diskrit untuk laju pertumbuhan populasi suatu spesies adalah :

$$N(t) = N_0 \left(1 + R_0 \Delta t\right)^{\frac{t-t_0}{\Delta t}}$$

Jika $(1 + R_0 \Delta t) > 0$ maka persamaan menjadi :

$$N(t) = N_0 e^{\alpha \left(\frac{t-t_0}{\Delta t}\right)} \text{ dengan } \alpha = \ln \ln (1 + R_0 \Delta t)$$

Contoh soal :

Suatu kehidupan mempunyai laju pertumbuhan a persen tiap tahun dan diketahui bahwa besar populasi pada awal pengamatan adalah N_0 . Bilamana besar populasi menjadi dua kali lipat ?

Penyelesaian :

Pada contoh ini diketahui bahwa laju pertumbuhan populasi adalah konstan, yaitu $R_0 = \frac{a}{100}$ dan $t = 1$ tahun.

Dari bentuk model matematika untuk laju pertumbuhan, dapat dihitung selang waktu yang diperlukan agar besar populasi menjadi dua kali lipat besar populasi semula, ini berarti :

$$N(t) = 2N_0$$

$$N(t) = N_0 \left(1 + \frac{a}{100}\right)^{t-t_0}$$

$$\text{Maka : } 2N_0 = N_0 \left(1 + \frac{a}{100}\right)^{t-t_0}$$

$$t - t_0 = \frac{\ln 2}{\ln \left(1 + \frac{a}{100}\right) - \ln 100} = \frac{0,693}{\ln \left(1 + \frac{a}{100}\right) - 4,605}$$

Berarti setelah selang waktu $\left(\frac{0,693}{\ln \left(1 + \frac{a}{100}\right) - 4,605}\right)$ tahun, besar populasi dari spesies tersebut akan menjadi dua kali lipat.

2. **Model kontinu**, pada bentuk model matematika ini yang terkait adalah variabel kontinu ataupun variabel yang dapat dianggap kontinu. Fungsi yang terkait pada bentuk model matematika ini pada umumnya merupakan fungsi berharga tunggal dan kontinu.

Contoh Model eksponensial dengan laju pertumbuhan konstan

$$N(t) = N_0 e^{R_0 (t-t_0)}$$

Contoh soal :

Menurut temuan studi tentang pertumbuhan populasi bakteri, setelah delapan jam populasi tumbuh dua kali lebih besar, mula-mula. Tentukan laju pertumbuhan populasi tersebut

Penyelesaian :

Untuk menentukan besar laju pertumbuhan populasi bakteri tersebut dapat dipergunakan persamaan :

$$N(t) = N_0 e^{R_0 (t-t_0)}$$

Dari persamaan ini didapat :

$$R_0 = \frac{1}{t-t_0} \ln \ln \left(\frac{N(t)}{N_0} \right) = \frac{1}{8} \ln \ln 2 = 0,0866$$

Jadi laju pertumbuhan bakteri tersebut (dianggap konstan) adalah $R_0 = 0,0866$

3. **Model persamaan diferensial**, pada bentuk model matematika ini yang terkait adalah variabel kontinu dan fungsi-fungsi kontinu ataupun yang dapat dianggap kontinu. Bentuk model ini disajikan dalam suatu bentuk persamaan diferensial/ masalah syarat batas.

Contoh Model persamaan diferensial :

$$\frac{dN(t)}{dt} = R_0 N(t), N(t_0) = N_0$$

- Model untuk pendugaan

Model matematika untuk melakukan pendugaan :

1. Model Persamaan

$$N(t_0 + n. \Delta t) = N_0 (1 + R_0 \Delta t)^n$$

2. Model sistem Persamaan

$N(t + n. \Delta t) = A^n N(t)$, dengan A matriks koefisien dari sistem Persamaan.

- Model Optimasi

Model matematika untuk menentukan optimisasi, dengan model berbentuk permasalahan program linier :

$$\begin{aligned} x_t + s_{t-1} - s_t &= r_t \\ x_t - x_{t-1} - y_t + z_t &= 0 \end{aligned}$$

$x_t \geq 0, s_t \geq 0, y_t \geq 0, z_t \geq 0, r_t \geq 0$ untuk $t = 1, 2, 3, \dots, n$

Fungsi yang dioptimalkan :

$$F(s_t, y_t) = \sum_{t=1}^n s_t + c \sum_{t=1}^n y_t$$

6.1.4 Karakteristik Model Matematika

Proses pemodelan matematika menekankan identifikasi pada karakteristik permutasi abstrak yang paling sesuai untuk permasalahan yang dihadapi saat ini. Model matematika umumnya termasuk kedalam salah satu dari kategori model statis atau dinamis. Model statis hanya memberi informasi mengenai model peubah pada titik tunggal saja. Sebaliknya, model dinamis dapat mengekstrak jeda waktu dari model peubah-peubahnya. Model dinamis lebih bersifat rumit dan mahal untuk dibuat tetapi memiliki dasar yang lebih kuat untuk mempelajari dunia nyata.

Klasifikasi lain bergantung pada apakah model abstrak yang dimaksud menggunakan pandangan mikro atau makro. Tujuan dari model mikro adalah untuk mengidentifikasi setiap unit individu yang ada di dunia nyata, seperti mobil di landasan transportasi atau pembeli di pintu masuk pasar. Dalam model makro, individu kehilangan identitasnya karena peubah model terkait erat dengan agregasi unit sistem. Contoh kasus dari perspektif makro adalah peubah listrik, kecepatan mobil di raya, penyediaan dan pelayanan dalam struktur ekonomi.

Bergantung pada bagaimana model diklasifikasikan, dapat dibagi ke dalam kategori berikut: (i) mikro-statik, (ii) makro-statik, (iii) mikro-dinamis, dan (iv) makro-dinamis. Penggunaan model-model ini tergantung pada tujuan analisis sistem dan diperjelas dalam rumusan permasalahan yang digunakan pada tahap evaluasi akhir.

Teknik pemodelan yang digunakan mempengaruhi definisi model juga. Model yang didasarkan pada teknik bahasa dan memperhitungkan ketidakpastian dikenal sebagai model stokastik atau probabilistik. Karena masalah yang biasanya melibatkan keputusan yang mengandung ketidak-menentuan, model sistem ilmu yang dimaksud sering digunakan. Hukum model ini adalah model kuantitatif yang dikenal sebagai model deterministik karena tidak memperhitungkan struktur linguistik yang mendasarinya. Model "program linier" adalah contoh yang diberikan di sini. Model saat ini menekankan pentingnya faktor kritis yang memiliki nilai samar-samar dan gigih pada waktu tertentu. Sebaliknya, teori probabilitas model biasanya menggunakan data atau informasi yang tersedia untuk menentukan apakah tindakan tertentu harus diambil sehubungan dengan peristiwa saat ini atau yang akan datang dengan asumsi bahwa informasi yang relevan akan tersedia nanti.

Dalam kasus yang dihadapi, sebuah model dibuat hanya untuk deskripsi matematis standar dari kondisi dunia nyata. Model ini dikenal dengan model deskriptif dan sering digunakan untuk mempermudah penulisan berbagai jenis esai. Model ini fleksibel dan mampu mengevaluasi hasil dari berbagai pilihan input data. Ketika sebuah model digunakan untuk membandingkan alternatif, itu disebut sebagai model optimal. Solusi dari model ini adalah bilangan optimal yang bergantung pada kriteria input yang digunakan. Program Dynamics dan Goal Programming adalah teladannya, sedangkan model deskriptif yang hanya menyatakan asumsi kunci adalah regresi multivariat.

Setelah sistem dinyatakan dalam notasi matematika dan format umum, akan ada manfaat yang dihasilkan dari kemampuan

manipulatif matematika. Seorang peneliti dapat memasukkan nilai numerik yang berbeda ke dalam model matematika dan kemudian belajar tentang operasi sistem. Uji kepekaan dari sistem dilakukan dengan perubahan peubah-peubah sistem itu sendiri pada pengkajian masalah-masalah tertentu.

Bahasa simbolik juga sangat membantu komunikasi karena kata-katanya lebih tepat dan jelas daripada deskripsi tertulis. Memanfaatkan format matematis membuat penulisan lebih teliti dan konsisten mampu menangkap koneksi yang tidak dapat sepenuhnya diungkapkan dalam ringkasan meja sistem tertentu. Akibatnya, dapat dikatakan bahwa pemodelan sistem adalah proses penerapan logika untuk mengilustrasikan karakteristik sistem dalam format matematika. Karena itu, prosesnya sering disebut sebagai pemodelan abstrak karena hasil akhirnya adalah sekelompok orang yang terhubung secara fungsional.

6.2 Pemodelan Matematika dengan Konteks Climate Change

Topik tentang *climate change* atau perubahan iklim sering disisipkan dalam pembelajaran matematika baik di sekolah maupun di perguruan tinggi. Peserta didik umumnya akan merasa tertarik untuk membahas konteks perubahan iklim ini karena fenomena perubahan iklim adalah sesuatu yang dapat dirasakan dan dapat diamati. Sebuah fenomena yang dekat dengan kehidupan manusia dan memiliki dampak langsung bagi manusia.

Dari bab sebelumnya telah diuraikan bahwa terdapat banyak faktor penentu terjadinya perubahan iklim. Baik perubahan yang diakibatkan karena alam maupun perubahan yang diakibatkan oleh pola hidup manusia yang terus menerus dibiarkan dan berlangsung selama ratusan tahun.

Perubahan iklim yang terjadi karena hasil perbuatan manusia diantaranya yaitu perubahan pola hidup masyarakat yang dahulu lebih banyak menggunakan bahan-bahan yang bersifat natural atau organik, menjadi terlalu banyak menggunakan bahan plastik atau non-organik lainnya, pestisida, gas dari kendaraan bermesin, yang jika diakumulasikan dapat mengganggu kesehatan lingkungan.

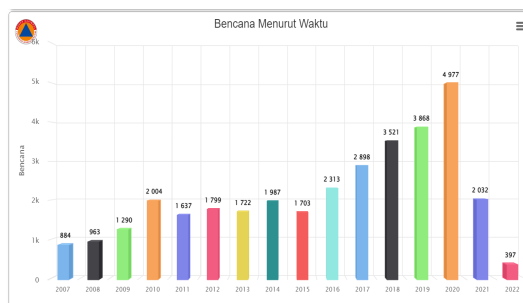
Selain manusia, perubahan iklim ini juga terjadi secara alamiah, yakni diakibatkan oleh pergeseran jarak antara bumi dan matahari, perubahan besarnya energi yang dikirimkan matahari ke bumi, gunung api yang meletus, dan berbagai fenomena alam lainnya yang saling terhubung dan dalam kurun waktu yang sangat lama berdampak pada iklim di bumi kita.

Perubahan-perubahan yang terjadi dapat saja terukur dan dapat dibuat sebuah model untuk memprediksi suatu kejadian, namun lebih banyak terjadi secara fluktuatif dan tidak terpola. Banyaknya variabel penentu dan variabel pendukung yang saling terkait mengakibatkan prediksi perubahan iklim di bumi ini sulit diprediksi secara akurat untuk memperkirakan apa yang akan terjadi kemudian. Dengan demikian, dalam bab ini penulis ingin memberikan batasan tentang ruang lingkup pembahasan *climate change* dari sudut pandang matematika, yakni akan difokuskan pada kasus-kasus khusus yang lebih terukur dan dapat dituangkan melalui kalimat-kalimat *modeling* dan diimplementasikan dalam pembelajaran di sekolah menengah maupun di perguruan tinggi.

Perubahan iklim merupakan fenomena yang saat ini sedang diperbincangkan di seluruh dunia, tidak hanya di Indonesia (Guciano, 2019; Budiarmo, 2019). Perubahan iklim, juga dikenal sebagai perubahan dalam skala global dan dalam jangka panjang yang memengaruhi berbagai sektor dan menurunkan kualitas hidup manusia sampai ke lingkungan global

(Setiani, 2020). Perubahan Iklim adalah satu-satunya persoalan yang tidak dapat diselesaikan oleh Makhluk di Bumi (Radhiyah & Hariyono, 2022).

Dampak yang sangat nyata dari perubahan iklim dirasakan oleh seluruh penghuni bumi. Meningkatnya suhu bumi akan mempengaruhi peningkatan bencana alam terutama di Indonesia. Sekitar 397 bencana alam telah terjadi pada tahun 2022. Di bawah ini adalah data bencana harian Indonesia berdasarkan data bencana harian Indonesia.



Gambar 33 Data Informasi Bencana Indonesia

Sumber: www.dibi.bnpb.go.id

Contoh Permasalahan Pemodelan dengan Konteks *Climate Change* :

Tabel 2 Data Hasil Produksi Teh di Sumatera

No.	Provinsi/Province	Tahun/Year					Pertumbuhan/ Growth 2019 over 2018 (%)	
		2016	2017	2018	2019	2020*)		
		2021**)						
1	Aceh	-	-	-	-	-	-	
2	Sumatera Utara	7.111	8.017	7.943	7.834	8.966	9.070	-1,37
3	Sumatera Barat	6.359	7.020	7.527	6.972	6.503	6.770	-7,37
4	Riau	-	-	-	-	-	-	0,00
5	Kepulauan Riau	-	-	-	-	-	-	0,00
6	Jambi	3.555	5.750	3.606	3.651	2.926	2.960	1,24
7	Sumatera Selatan	3.375	3.375	2.626	2.589	3.029	3.067	-1,42
8	Kepulauan Bangka Belitung	-	-	-	-	-	-	0,00
9	Bengkulu	1.319	1.321	2.619	1.776	1.349	1.367	-32,20
10	Lampung	-	-	-	-	-	-	0,00

Sumber: www.pertanian.go.id

Data di atas merupakan data hasil produksi teh di pulau Sumatera.

Buatlah model matematika untuk menentukan pertumbuhan produksi Teh di atas 2019 dibandingkan dengan tahun 2018!

Dan periksa kebenaran mengenai model yang telah dibuat

Penyelesaian :

1. Mengidentifikasi dan menentukan masalah yang akan diselesaikan:

- **Apa permasalahan yang terdapat pada teks di atas :**
Membuat model matematika pertumbuhan hasil produksi teh di sumatera pada tahun 2019 dibandingkan 2018
- **Informasi apa yang di dapatkan dari wacana di atas**
 - a. Persentase pertumbuhan hasil produksi teh di sumatera pada tahun 2019 dibandingkan dengan tahun 2018
 - b. Hasil produksi teh di sumatera pada tahun 2016-2021

2. Membuat Asumsi dan Mengidentifikasi Variabel

Asumsi :

persentase pertumbuhan produksi teh = P

Tahun yang akan dihitung = a

Tahun yang dibandingkan = b

3. Menyelesaikan Permasalahan

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Tahun yang akan dihitung} - \text{Tahun yang akan dibandingkan}}{\text{Tahun yang dibandingkan}} \times 100\%$$

Model matematika:

$$P = \frac{a-b}{b} \times 100\%$$

4. Memeriksa Kembali Hasil yang diperoleh

Menyelesaikan permasalahan lain yang serupa :

Hitunglah besar persentase pertumbuhan produksi teh di Sumatera selatan pada tahun 2021 dibandingkan pada tahun 2020!

Penyelesaian :

Mendidentifikasi Masalah :

Produksi Teh di Sumatera selatan pada tahun 2021 sebesar 3067 ton

Produksi Teh di Sumatera selatan pada tahun 2020 sebesar 3029 ton

Yang ditanyakan :

Menghitung besar Persentase produksi Teh di Sumatera selatan pada tahun 2021 dibandingkan pada tahun 2020

Membuat Asumsi dan Variabel :

persentase pertumbuhan produksi teh = P

Tahun yang akan dihitung = a

Tahun yang dibandingkan = b

Menyelesaikan Permasalahan

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Tahun yang akan dihitung} - \text{Tahun yang akan dibandingkan}}{\text{Tahun yang dibandingkan}} \times 100\%$$

Model matematika:

$$P = \frac{(a-b)}{b} \times 100\%$$

$$P = \frac{(3067-3029)}{3029} \times 100\%$$

$$P = 1,25\%$$

5. Kesimpulan

Dari hasil di atas dapat kita simpulkan bahwa untuk menentukan persentase pertumbuhan produksi teh bisa menggunakan model matematika berikut :

$$P = \frac{(a-b)}{b} \times 100\%$$

Kasus Efek Pemanasan Global:

Efek pemanasan global dapat dilihat jika kita mempertimbangkan beberapa contoh perubahan iklim yang dapat diamati. Selain itu, peristiwa gelombang panas ekstrim di daerah tropis juga sering terjadi, seperti halnya peristiwa angin siklon tropis, dan peristiwa banjir di pesisir kota akibat kenaikan muka air laut. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), sebuah organisasi PBB yang memantau perubahan iklim, menegaskan bahwa rata-rata permukaan air laut global kemungkinan akan mengalami perubahan pada tahun 2100. Rata-rata permukaan laut global pada tahun 2100 diprediksi akan semakin dekat atau sama dengan 0,25 m dari sekarang. Diketahui bahwa ketinggian rata-rata langit dunia saat ini adalah 0,85 m. Jika x menyebutkan laju permukaan laut global pada tahun 2100, tentukan kisaran kenaikan rata-rata permukaan laut global pada tahun 2100 dalam satuan meter!

Penyelesaian:

1. Mengidentifikasi dan menentukan masalah yang akan diselesaikan

:

- **Apa permasalahan yang terdapat pada teks di atas :**
kisaran kenaikan rata-rata permukaan laut global dengan menentukan pemodelan matematika dari rata-rata permukaan global dan penyimpangannya
- **Informasi apa yang di dapatkan dari wacana di atas**
 - a. Rata-rata permukaan laut global sekarang adalah 0,85m
 - b. Penyimpangannya kurang dari atau sama dengan 0,25 m dari rata-rata sekarang

2. Membuat Asumsi dan Mengidentifikasi Variabel

Asumsi :

Menyatakan rata-rata permukaan laut global pada tahun 2100 = x

Sifat nilai mutlak: $|x| \leq a \Leftrightarrow -a \leq x \leq a$

3. Menyelesaikan Permasalahan

Rata-rata permukaan laut global sekarang adalah 0,85 m.

Penyimpangannya $\leq 0,25$ m dari rata-rata sekarang,

maka pemodelan matematikanya: $|x - 0,85| \leq 0,25$

4. Memeriksa Kembali Hasil yang diperoleh

Berdasarkan sifat nilai mutlak, maka kisaran kenaikan rata-rata permukaan laut global:

$$-0,25 \leq x - 0,85 \leq 0,25 \quad -0,25 + 0,85 \leq x \leq 0,25 + 0,85 \quad 0,6 \leq x \leq 1,1$$

5. Kesimpulan

Dari hasil di atas dapat kita simpulkan bahwa untuk menentukan Dengan

kisaran kenaikan rata-rata permukaan laut global adalah

$$0,6 \leq x \leq 1,1$$

menggunakan model matematika berikut :

$$|x - 0,85| \leq 0,25$$

EVALUASI

**Untuk memperdalam pemahaman kalian mengenai materi di atas,
Kerjakanlah latihan berikut!**

1. Suhu $T^{\circ}\text{C}$ sel surya selama periode 24 jam dimodelkan sebagai berikut:

$$T = 20 - k\left(15 - \frac{5t}{4}\right)^2, \quad 0 \leq t \leq 24$$

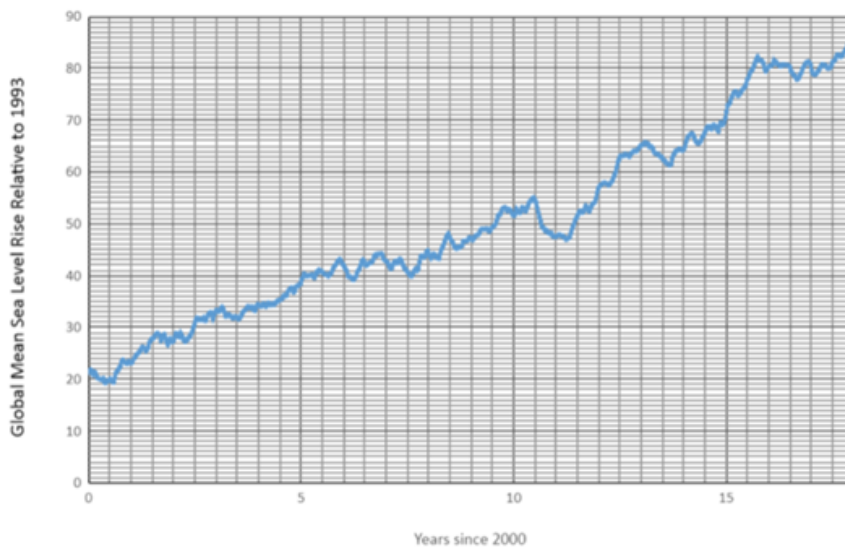
di mana t adalah waktu dalam jam setelah tengah malam dan k adalah konstanta positif. Suhu sel surya pada tengah malam adalah 5°C .

- Gunakan informasi yang ada untuk mencari nilai k dalam model.
 - Berdasarkan model tersebut tentukan suhu sel surya pada jam 08.30
 - Tentukan suhu matahari terbesar dan waktu terjadinya suhu tersebut
2. Sebuah negara ingin mencapai emisi CO_2 nol bersih dalam 50 tahun. pada awal program emisi mereka adalah $800\text{MtCO}_2 \text{ tahun}^{-1}$. Mereka memutuskan bahwa mereka akan dapat mengurangi emisi mereka pada tingkat yang stabil sehingga setiap tahun berikutnya mereka mengeluarkan 12MtCO_2 lebih sedikit dari tahun sebelumnya.
- Hitung total emisi yang dihasilkan negara tersebut selama 50 tahun, berikan jawaban Anda dalam MtCO_2
 - Tunjukkan bahwa grafik MtCO_2 yang diproduksi per-tahun terhadap tahun mengikuti garis lurus dengan persamaan: $y = 800 - 12x$
 - Pada saat yang sama untuk mengurangi emisi mereka, negara memutuskan untuk memulai program penghilangan karbon dioksida, di mana sejumlah karbon dioksida ditangkap dari atmosfer dan ditinggalkan di bawah tanah setiap tahun. Program dimulai pada tahun kesepuluh. Ketika grafik MtCO_2 dihapus per tahun diplot terhadap tahun, mengikuti kurva dengan persamaan $y = 0,1x^2 - x$. Tentukan apakah negara tersebut mencapai tujuannya dengan mencari tahun di

mana emisi yang dihilangkan sama dengan emisi yang dihasilkan, dan dengan demikian emisi bersih dari negara tersebut adalah nol.

- d) Setelah program 50 tahun, emisi negara-negara tersebut stabil pada nilai akhir. $MtCO_2$ yang diserap per tahun mengikuti tren yang sama seperti sebelumnya. Negara tersebut berkeinginan untuk tidak berkontribusi sama sekali terhadap pemanasan global sejak awal program. Untuk mencapai hal ini, total emisi CO_2 bersih mereka di seluruh program harus nol. Dengan informasi di atas, dengan menggunakan kalkulus, Tunjukkan bahwa dibutuhkan 109 tahun bagi negara untuk memiliki efek nol bersih pada pemanasan global sejak awal penelitian.

3. Grafik berikut menunjukkan pengukuran satelit kenaikan permukaan laut global sejak tahun 2000 diplot relatif terhadap tahun 1993. Pada grafik ini sumbu y diukur dalam mm .



- a) Gambarlah garis yang paling sesuai dengan data di atas dan tulislah persamaan untuk garis tersebut dalam bentuk

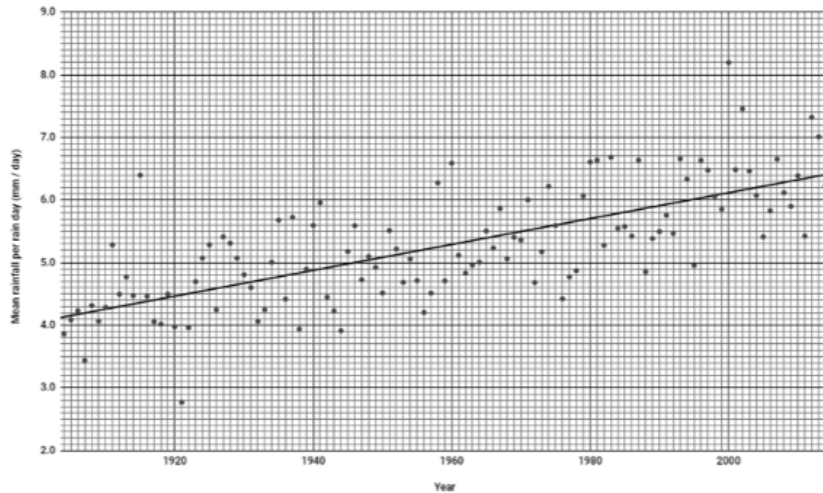
$y = mx + c$, untuk menunjukkan bagaimana permukaan laut naik sepanjang waktu

- b) Menggunakan persamaan pada a), cari tahu seberapa tinggi permukaan laut dalam waktu 50 dan 100 tahun.

4. Sebuah negara memutuskan untuk memulai program penghijauan, mulai tahun 2020, secara bertahap meningkatkan jumlah pohon yang ditanam per tahun dengan jumlah yang sama setiap tahun. Jadwal untuk tahun-tahun pertama ditunjukkan di bawah ini:

Year:	2020	2021	2022	2023
Trees planted:	6.0×10^5	1.4×10^7	2.2×10^7	3.0×10^7

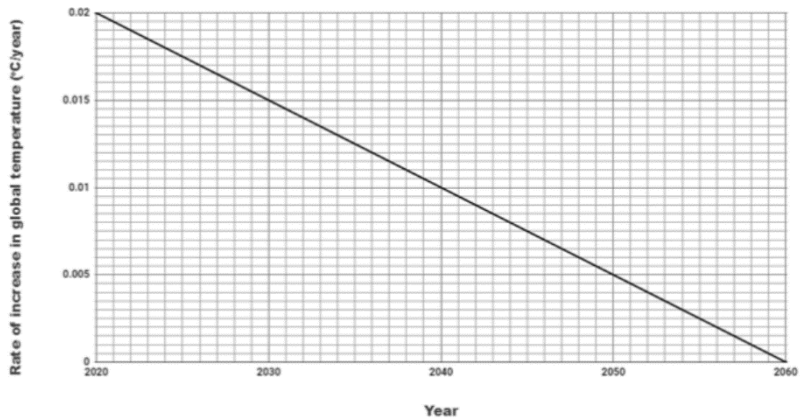
- a) Tentukan model dalam hal n untuk jumlah pohon yang ditanam pada tahun n
- b) Hitung berapa jumlah pohon yang akan ditanam jika program ini diikuti selama 10 tahun.
- c) Pemerintah akan menyatakan program ini berhasil setelah $2,45 \times 10^9$ pohon telah ditanam secara total, mengingat bahwa negara tersebut menanam semua pohon yang akan diprediksi model pada tahun k , tetapi mencapai target sebagian sepanjang tahun $(k + 1)$, tunjukkan bahwa $(2k - 49)(k + 25) < 0$ memenuhi
5. Saat atmosfer menghangat, udara menampung lebih banyak uap air, dan ini dapat menyebabkan peristiwa curah hujan yang lebih intens, yang mengakibatkan peningkatan risiko banjir, dalam pertanyaan ini, asumsikan setiap tahun memiliki 365 hari. Pada grafik di bawah ini menunjukkan bagaimana rata-rata curah hujan (dalam mm/hari) bervariasi berdasarkan waktu.



Titik-titik pada grafik menunjukkan curah hujan rata-rata yang diamati dalam mm/hari.

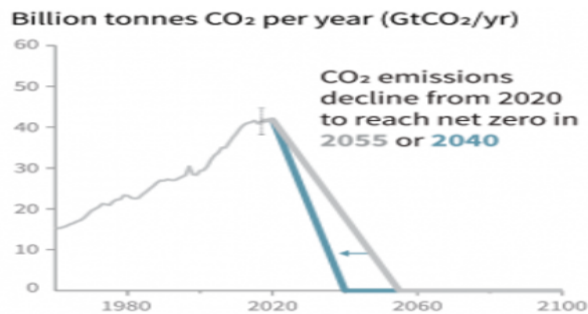
- a) Berapa curah hujan rata-rata yang diamati pada tahun 2000 (dalam mm/hari) ?
 - b) Pada unrealistic model, siswa mengasumsikan bahwa setiap hari sepanjang tahun adalah hujan. Tentukan total banyaknya hujan yang terjadi pada tahun itu?
 - c) Hitung persentase rata-rata peningkatan turun hujan antara tahun 1939-1998?
 - d) Hitung persentase peningkatan banyaknya turun hujan antara tahun 1910 dan 1920, dan antara tahun 2000 dan 2010?
6. Pemanasan akibat manusia saat ini meningkat sebesar $0,02^{\circ}\text{C}/\text{tahun}$.
- a) Jika pemanasan akibat manusia adalah $0,9^{\circ}\text{C}$ pada 2010, apa yang terjadi di tahun 2020?

Grafik berikut menunjukkan bagaimana tingkat pemanasan yang disebabkan oleh manusia akan turun antara tahun 2020 dan 2060 jika kita mengurangi emisi global dengan cepat hingga nol selama periode tersebut. Suhu global akan terus meningkat selama tingkat pemanasan yang disebabkan oleh manusia lebih besar dari 0.



- b) Hitung total peningkatan pemanasan yang disebabkan oleh manusia antara tahun 2020 dan 2060
- c) Hitung tingkat pemanasan yang disebabkan oleh manusia pada tahun 2060

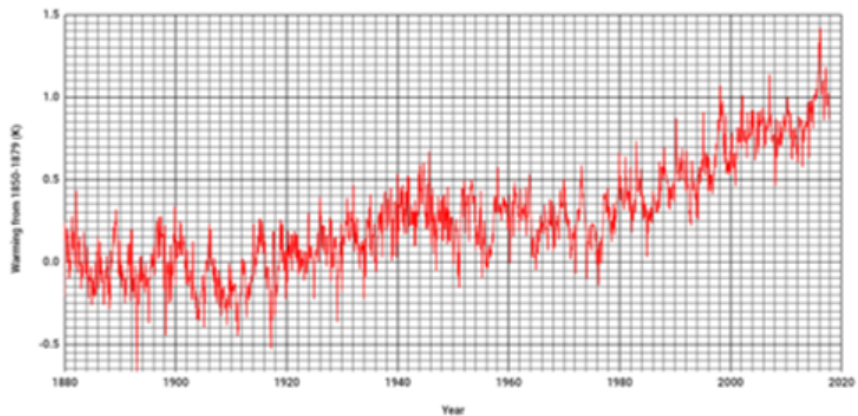
7. Pada grafik di bawah, dari laporan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), menunjukkan bagaimana tingkat emisi karbon dioksida dapat turun antara 2020 dan 2040, atau antara 20220 dan 2055.



Jika emisi mengikuti garis lurus dari tahun 2020 hingga 2040, perkiraan emisi yang diprediksi pada tahun 2030 (dalam miliaran ton)!

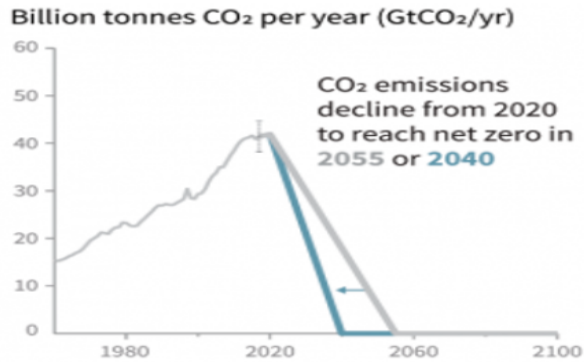
8. Grafik suhu-waktu dari <http://globalwarmingindex.org> menunjukkan bagaimana suhu bulanan rata-rata global bumi telah bervariasi dari tahun 1880. Dalam kondisi ini, suhu global bulanan mengacu pada perbedaan

antara suhu di bulan tertentu dan suhu rata-rata selama periode 1850-1879.



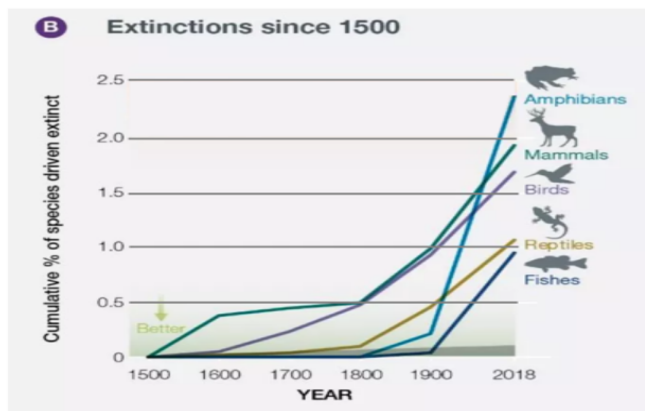
- Tahun apa yang memuat bulan yang suhu globalnya pertama kali melebihi $0,5^{\circ}\text{C}$ di atas rata-rata tahun 1850-1879?
- Perkirakan nilai suhu global bulanan tertinggi yang tercatat sejak 1880 dan sebutkan tahun di mana suhu tersebut tercatat?
- Perkirakan nilai suhu global bulanan rata-rata antara 1980 dan 2000?
- Berapa suhu global bulanan terendah yang tercatat sejak tahun 2000?

9. Grafik berikut, dari laporan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), menunjukkan bagaimana tingkat emisi karbon dioksida dapat bervariasi di mana emisi karbon dioksida global menurun hingga mencapai nol pada tahun 2040 atau pada tahun 2055 (hanya fokus pada garis biru yang mencapai nol pada tahun 2040).



- Setelah tahun 2020, grafik menjadi linier. Bagian linier dari grafik melewati titik $(2020, y)$ dan $(2040, 0)$. Jumlah karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer selama tahun-tahun tersebut adalah $4,2 \times 10^{14}$ kg. Carilah nilai y !
- Tentukan persamaan garis dalam bentuk $y = mx + c$
- Tuliskan persamaan garis yang sejajar dengan garis tersebut

10. Perubahan iklim mempengaruhi banyak habitat dan lingkungan spesies, beberapa di antaranya tidak akan mampu beradaptasi cukup cepat untuk bertahan hidup di habitat baru mereka. Grafik di bawah ini menunjukkan persentase spesies yang punah sejak tahun 1500 dari spesies yang ada sekitar tahun 1500.



- Hitung peluang suatu spesies reptil yang punah pada tahun 1900.

- b) Hitung peluang spesies amfibi yang tidak punah pada tahun 2018.
- c) Dari sampel 60.000 spesies yang hidup pada tahun 1500, dengan asumsi jumlah spesies amfibi, mamalia, burung, reptil, dan ikan yang sama dimasukkan. Dengan terlebih dahulu mengambil rata-rata, berapa banyak spesies yang diharapkan belum punah pada tahun 2018.

11. Jenis baru pembangkit listrik berbahan bakar gas melepaskan rata-rata $1,73 \times 10^4 \text{ kg}$ karbon dioksida murni (CO_2) setiap hari. Massa jenis CO_2 tersebut adalah $1,98 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

- a) Berapa volume CO_2 murni yang akan dikeluarkan dari pembangkit listrik setiap hari?
- b) Saat memasuki atmosfer dan 'diencerkan' oleh molekul udara lain sehingga menempati volume yang lebih besar. Di atmosfer, untuk setiap juta (1.000.000) molekul udara, ada 400 molekul CO_2 . Tentukan volume yang sekarang.
- c) Sebuah teknologi baru ditambahkan ke pembangkit listrik untuk menangkap karbon dioksida ini dan menyimpannya sebagai cairan. Ladang minyak seluas 1.150 m^2 yang sudah habis berisi reservoir yang dalamnya 150 m . Reservoir ini dapat digunakan untuk menyimpan karbon dioksida cair. Evaluasi berapa tahun karbon dioksida yang dipancarkan dari pembangkit listrik dapat disimpan di ladang minyak ini!

12. Tabel berikut menunjukkan informasi tentang kenaikan permukaan laut sejak tahun 1990 karena perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia.

Sea level rise in 2006 (mm)	Sea level rise in 2016 (mm)
40	80

Lian mengklaim, "dari 2016 hingga 2026 kenaikan permukaan laut akan meningkat dengan persentase yang sama seperti dari 2006-2016". Dia menghitung:

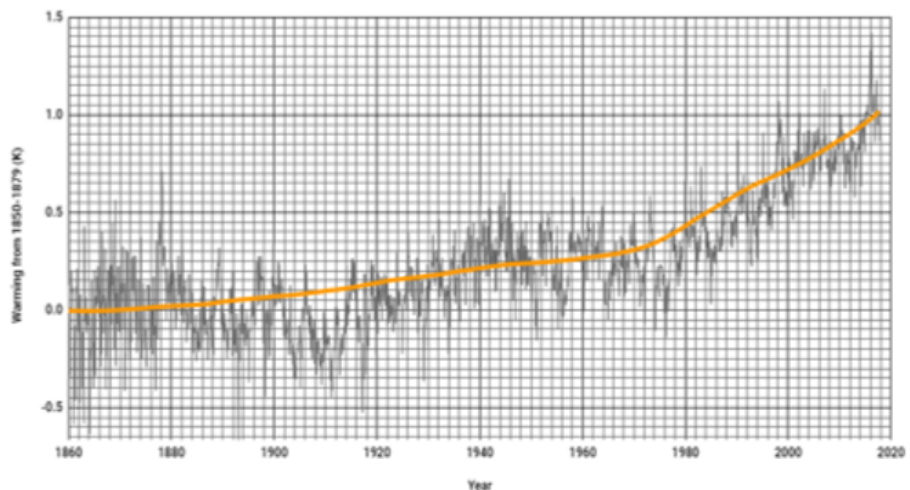
Kenaikan muka air laut dari tahun 2006 ke 2016 = $80 - 40 = 40$

Kenaikan muka air laut pada tahun 2026 = $80 + 40 = 120$.

Apakah kenaikan permukaan laut 120 mm sesuai dengan klaimnya?

Berikan penjelasan

13. Grafik di bawah ini menunjukkan bagaimana suhu berubah terhadap waktu. garis abu-abu menunjukkan suhu bulanan dan garis oranye menunjukkan perkiraan kontribusi pemanasan yang disebabkan manusia terhadap suhu tersebut selama periode yang sama.



- Jelaskan perbedaan antara garis yang menunjukkan suhu bulanan dan pemanasan yang disebabkan oleh manusia.
- Pada tahun berapa pemanasan akibat ulah manusia mencapai $0,5K^0C$?

- c) Gunakan grafik di atas untuk memperkirakan laju perubahan pemanasan yang disebabkan oleh manusia pada tahun 1970.
- d) Gunakan grafik untuk memperkirakan laju perubahan pemanasan yang disebabkan oleh manusia pada tahun 2000.
- e) Apa perbedaan antara laju pada tahun 1970 dan laju pada tahun 2000 memberitahu kita tentang bagaimana pemanasan yang disebabkan oleh manusia berubah?

14. Chernobyl adalah situs dari bencana nuklir yang terjadi pada tahun 1986. karena peluruhan elemen radioaktif yang lambat, situs tersebut masih sangat berbahaya hingga saat ini. Pada tahun 2016, para insinyur menutupi reaktor nuklir utama yang rusak dengan penutup beton raksasa, seperti yang ditunjukkan di bawah ini.



Penampang penutup ini dapat dimodelkan dengan persamaan parametrik:

$$x = 8(t + 10), y = 100 - t^2 - 19 \leq t \leq 10$$

- a) Tentukan persamaan kartesius dari model ini!
- b) Tentukan lebar tutup sesuai dengan modelnya!

15. Dalam model sederhana, luas permukaan, $S \text{ km}^2$, dari hutan hujan yang menyusut bergantung pada waktu, t (dalam tahun) sejak 1980. Informasi berikut tersedia untuk hutan hujan A.

- Luas permukaannya pada tahun 1980 adalah 300.000 km^2

- Luas permukaannya setelah satu tahun adalah 294.000 km^2

a) Gunakan model eksponensial untuk membentuk persamaan yang mungkin menghubungkan S dengan t . Luas permukaan hutan hujan A yang dipantau selama periode 30 tahun, luas permukaannya setelah 30 tahun adalah 150.000 km^2

b) Evaluasi keandalan model yang sudah di peroleh berdasarkan informasi untuk hutan hujan B:

- memiliki luas permukaan yang sama, pada tahun 1980, seperti hutan hujan A
- lebih sulit diakses melalui jalan darat, sehingga laju deforestasi lebih kecil dari hutan hujan B dan luas permukaannya menurun lebih lambat daripada hutan hujan A.

16. **Letak relatif dua titik.** Serombongan anggota kelompok speleologi (ilmu ke-gua-an) mengadakan kegiatan di suatu dataran tinggi. Mereka masuk vertikal ke bawah lewat lubang L_1 , sampai di dasar mereka mengikuti lorong yang hampir datar ke timur 3 km, kemudian ke timur laut 3 km lalu membelok siku-siku ke kanan dan berjalan sejauh 5 km, disambung ke arah utara 6 km dan sampai ke simpang tiga ialah pertemuan dengan lorong yang membujur ke arah barat-timur. Rombongan memutuskan untuk belok ke timur, berjalan sejauh 4 km tetapi ternyata lorongnya buntu, maka mereka kembali ke simpang tiga lalu terus ke arah barat sejauh 7 km yang berakhir dengan sebuah gua dengan suatu sumber air yang cukup besar. Inilah yang mereka cari,

karena kemudian tanah akan dibor tepat di atas gua tersebut untuk memasang pipa dan pompa untuk menaikkan air ke permukaan tanah. Bila titik tempat pengeboran dinamai L_2 , maka timbullah masalah, ke arah mana dan berapa jauh letak L_2 terhadap titik pangkal mereka, ialah L_1 ? Perlu dicatat bahwa kilometer (alat pengukur kemiringan) mereka rusak, untung bahwa lorong-lorongnya relatif datar sehingga pengukuran jarak mengikuti lorong di atas dapat dianggap sebagai jarak yang mendatar (horizontal) dengan mengabaikan kemiringan lorong.

Pertanyaan:

- Buatlah gambar vector translasi di atas kertas berskala dan perkiraan jawaban masalah di atas.
- Buat model matematika dengan menyusun daftar komponen vektor translasi yang ke arah barat-timur dan ke arah utara-selatan (dengan menggunakan sistem koordinat) dan temukan koordinat L_2 untuk menemukan jawaban yang diminta.
- Apa tujuan penyusunan model di atas?
- Apa jenis model dalam pertanyaan 1)?
- Alat matematika apa yang digunakan dalam penyusunan model dalam pertanyaan 2) di atas?

<i>km</i>	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	
peserta	2	5	6	4	3	1	2	orang

17. **Nilai rata-rata.** Sebuah pabrik menyediakan fasilitas antar-jemput bagi pegawai dengan pembayaran ringan, ialah Rp.10 per *hm* jarak per minggunya, jadi yang dijemput pada km 4,8 (= 48 *hm*) harus membayar Rp.480 per minggunya. Sekarang pimpinan pabrik akan mengganti alat angkut yang biasanya pick up dengan penumpang maksimum 9 orang, dengan bus mini dengan kapasitas 38 orang, tetapi

dalam jarak 1 km , bis hanya akan berhenti di satu tempat saja. Dari data jemputan yang lampau, untuk suatu daerah di antara km 6 dan km 7 terlihat distribusi peserta sebagai berikut:

Jika pimpinan ingin supaya tarif tidak berubah dan juga penerimaan total tidak berubah, maka

Pertanyaan:

- a) Dimanakah seharusnya tempat pemberhentian bis untuk daerah tersebut di atas? (Namakan M)
- b) Berapa ongkos mingguan yang baru bagi mereka yang dijemput di M tadi?
- c) Alat apa yang digunakan untuk menyelesaikan model di atas?
- d) Bila jalan raya diganti dengan bentangan batang besi pada jembatan misalnya dan panjang km diganti menjadi meter dan jumlah peserta dianggap sebagai besar gaya vertikal yang bekerja di titik-titik yang bersesuaian (dengan satuan kg), maka apa makna titik M di sini?
- e) Apakah penafsiran “penerimaan total” dalam masalah gaya ini?

18. **Kekeringan.** Politik Indonesia masih bergejolak dengan fenomena ENSO (El-Nino Southern Oscillation). El-Nino adalah penyebab utama kekeringan yang terjadi ketika suhu di permukaan pasifik ekuador mengalami kenaikan suhu ke segala arah, dari timur ke barat. Pengaruh El-Nino di musim kemarau sangat kuat dibanding musim hujan. Biasanya, El Nino berdampak negatif terhadap Indonesia dengan memperburuk suhu permukaan air di sekitar negara tersebut, yang diperparah dengan pembentukan awan yang menyebabkan curah hujan semakin parah. Dengan curah hujan yang turun maka akan mengakibatkan terjadinya kemarau panjang di Indonesia.

Konten ini telah tayang di Kompasiana.com dengan judul "Kekeringan Tiada Hentinya Melanda Indonesia", Klik untuk baca:

<https://www.kompasiana.com/yamin1234/59ab90b09ada0c01ad788d2/kekeringan-tiada-hentinya-melanda-indonesia>.

Berikut ini merupakan data hasil panen padi sawah 4 provinsi di Indonesia:

Provinsi	Tahun	2014	2015	2016	2017	2018
	Jawa Tengah		1,717,270	1,804,556	1,882,979	1,933,627
DI Yogyakarta		115,667	113,027	116,180	114,385	108,719
Jawa Timur		1,934,293	2,021,766	2,112,563	2,136,412	2,110,625
Bali		142,476	137,254	139,462	141,425	139,782

Sumber: www.pertanian.go.id

Indonesia merupakan salah satu negara yang terdampak perubahan iklim. Salah satu dampak yang sangat dirasakan oleh masyarakat di Indonesia adalah berkurangnya hasil panen pertanian mulai dari kebutuhan pokok maupun kayu-kayuan. Data di atas merupakan hasil panen padi sawah di beberapa provinsi di Indonesia. Hitunglah besar persentase pertumbuhan hasil panen padi sawah di atas dari tahun 2014-2018.

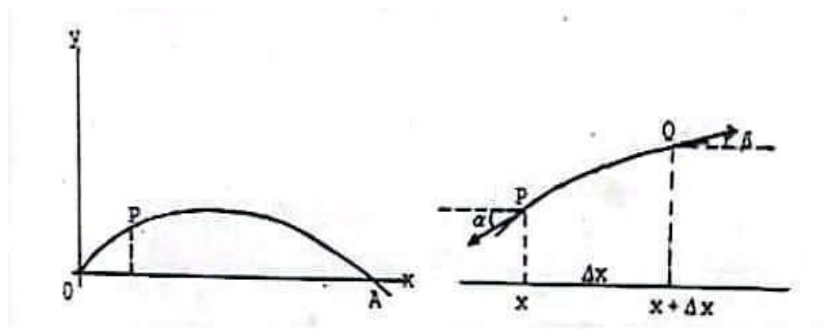
19. Banjir

REPUBLIKA.CO.ID, BATURAJA -- Sebanyak 495 rumah warga di Baturaja, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan terdampak **banjir** akibat intensitas curah hujan tinggi yang terjadi pada Ahad (13/3/2022) malam. Kepala Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Ogan Komering Ulu (OKU), Amzar Kristopa didampingi Manager Pusdalpos, Gunalfi di Baturaja, Senin (14/3/2022) mengatakan, akibat hujan deras dan berlangsung lama tadi malam merendam ratusan rumah penduduk di dua kecamatan meliputi Baturaja Barat dan Baturaja Timur.

Sumber: [495 Rumah Terendam Banjir di Sumatera Selatan Republika Online](#)

Baturaja, Ogan Komering Ulu merupakan salah satu kabupaten yang ada di Sumatera Selatan yang memiliki luas daerah $274,38 \text{ km}^2$. Hujan deras di daerah tersebut mengakibatkan terendahnya 495 rumah. Hitunglah besar kemungkinan luas daerah di baturaja yang tidak terendam banjir!

20. **Getaran dawai (senar).** Sepotong dawai (misalnya senar gitar) diregangkan dengan ujung-ujungnya terikat di O dan A, dipetik di suatu titiknya, timbullah getaran (yang dapat menjadi sumber bunyi). Dicari model matematika untuk getaran tersebut.



Ternyata model yang sungguh-sungguh baik, menjadi sangat rumit, maka diciptakan beberapa anggapan sebagai berikut:

1. Getaran terjadi dalam bidang datar
2. Gaya tarik F dalam dawai konstan

3. F relatif besar terhadap berat dawai, sehingga gaya berat dapat diabaikan
4. Panjang dawai konstan (sehingga busur PQ) dianggap sama panjang dengan Δx , dan gerak suatu titik dianggap vertikal.

Bila u = massa jenis dawai dalam keadaan diam (seimbang),

y = simpangan di $P(x, y)$, jadi $y = y(x, t)$

$u \cdot \Delta x$ = massa unsur $\cdot \Delta x$

$\frac{d^2 y}{dt^2} = a$ = percepatan, maka gaya arah vertikal menjadi

$$ma = u \cdot \frac{\Delta x d^2 y}{dt^2} \text{ (gaya petik dawai).}$$

Gaya di atas akan saling menghapus dengan resultane gaya tarik dawai ialah $F(\sin \beta - \sin \alpha)$

$$\text{Jadi } u \cdot \Delta x \frac{d^2 y}{dt^2} = F(\sin \beta - \sin \alpha)$$

$$\text{di P : } \sin \alpha = \frac{tg \alpha}{\sqrt{1+tg^2 \alpha}} \approx tg \alpha = \left(\frac{dy}{dx}\right)_x$$

$$\text{di Q : } \sin \beta = \frac{tg \beta}{\sqrt{1+tg^2 \beta}} \approx tg \beta = \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x+\Delta x}$$

α kecil sekali, $tg^2 \alpha$ diabaikan terhadap $tg \alpha$. Juga dengan β .

$$u \cdot \Delta x \frac{d^2 y}{dt^2} = F \left(\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x+\Delta x} - \left(\frac{dy}{dx}\right)_x \right) \text{ ---->}$$

$$u \frac{d^2 y}{dt^2} = F \frac{\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x+\Delta x} - \left(\frac{dy}{dx}\right)_x}{\Delta x} \text{ ambil limit } \Delta x \text{ ---> } \emptyset$$

Terdapat: Persamaan getaran

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = c^2 \frac{d^2 y}{dx^2} \quad \text{dengan } c^2 = \frac{F}{u}$$

Bentuk model ini berupa persamaan diferensial parsial. Dengan beberapa syarat batas yang diketahui, akan diperoleh penyelesaian yang berupa hubungan fungsi $y = f(x, t)$ yang menyatakan besar simpangan y untuk suatu jarak x tertentu dan pada saat t tertentu.

Hasil ini antara lain dapat dimanfaatkan untuk menentukan nada bunyi yang dihasilkan oleh dawai.

Pertanyaan :

- Mana yang memperlihatkan Langkah 1 dalam cerita di atas?
- Mana pula yang memperlihatkan 3?
- Berapa apa hasil Langkah 3?
- Besaran fisika apa saja yang diperlukan di atas dan apa satuan tetapan c ?
- Alat matematika apa yang diperlukan untuk menyelesaikannya?

PETUNJUK JAWABAN LATIHAN

Apabila Anda menemui kesulitan dalam mengerjakan soal-soal Latihan tersebut, Anda dapat mengikuti penyelesaian berikut!

1. Warming Up A Solar Cell

a) $5 = 20 - 225k$

$$k = \frac{1}{15}$$

b) $t = 8,5, T = 18,7^{\circ}C$ (3 s. f.)

$$\frac{dT}{dt} = \frac{5}{24}t - \frac{5}{2} \frac{5}{2} = \frac{2}{24}tt = 12pm$$

2. 50 Years To Net-Zero

- a) Using arithmetic series formula:

$$S_{51} = \frac{51}{2}[(2 \times 800) - (50 \times 12)]S_{50} = 25.500$$

Allow full marks for the correct answer obtained using the area of a trapezium, with a and b values -0.5 and 50.5, respectively.

- b) At the start of the trial $y = 800$ when $x = 0$

y decreases by 12 per year (x)

therefore $y = 800 - 12x$ (as needed)

$$0,1x^2 - x = 800 - 12x$$

$$x^2 + 110x - 8000 = 0(x + 160)(x - 50) = 0x \neq 160$$

c) Therefore $x = 50$ and the country achieves their goal

d) $\int_0^T 0,1x^2 - x = \text{total emissions sequestered}$

$$25.500 + 200(T - 50) = \int_0^T 0,1x^2 - x$$

$$= \left[\frac{1}{30}x^3 - \frac{1}{2}x^2 \right]_0^T = \frac{T^3}{30} - \frac{T^2}{2} - 200T - \frac{46.450}{3}$$

Solving for T:

$$T = 109$$

3. Graphing Global Sea Level Rise

a) Roughly $y = 3,14x + 22,3$ (gradient = m , y intercept = c)

b) In 50 years time: Let $x = 50$ $y = 3,14(50) + 22,3 = 179,3\text{mm}$

In 100 years time: Let $x = 100$ $y = 3,14(100) + 22,3 = 336,3\text{mm}$

4. Arithmetic Afforestation

a) $a = 6.0 \times 10^6$, $d = 8 \times 10^6$

$$\text{thus } a_n = 8 \times 10^6 n - 2 \times 10^6$$

b) $S_{10} = \frac{10}{2} [2 \times 6.0 \times 10^6 + (10 - 1) \times 8 \times 10^6]$

$$S_{10} = 4.2 \times 10^8$$

c) $S_k = \frac{k}{2} (8 \times 10^6 k + 4 \times 10^6)$

$$S_k = 4 \times 10^6 k^2 + 2 \times 10^6 k + 2k < 2450$$

$$2k^2 + k - 1225 < 0$$

$$(2k - 49)(k + 25) < 0, \text{ as needed}$$

5. Increasing Rainfall

a) 8.2mm/day

b) $8.2 \text{ mm/day} \times 365 \text{ day} = 2993\text{mm} \div 1000\text{m} = 2.993\text{m} = 2.99\text{m}$ (3sf)

c) $\frac{6,08-4,86}{4,86} \times 100 = 25,1\%$ (allow $\pm 0,5\%$)

1910 – 1920 area of trapezium:

$$\frac{1}{2} \times (4,25 + 4,45) \times 10 \times 365$$

$$= 15.877,5 \text{ mm}^2 \quad 2000 – 2010 \text{ area of trapezium: } \frac{1}{2} \times (6,1 + 6,3) \times 10 \times 365$$

$$= 22.630$$

$$\text{Percentage difference: } \frac{22.630-16.877,5}{15.877,5} \times 100 = 42,5\% \text{ (allow } \pm 1\%)$$

6. Finding the amount of Warming By 2060

$$\text{a) } 0.02 \times 10 = 0.2$$

$$0.9 + 0.2 = 1.1^\circ\text{C}$$

$$\text{b) } 0.5 \times 0.02 \times 40 = 0.40\text{C}$$

$$\text{c) } 1.1 + 0.4 = 1.50\text{C}$$

7. IPCC Carbon Dioxide Predictions

$$\text{a) } 42 \text{ billion tonnes} = 4.2 \times 10^{13} \text{ kg}$$

$$\text{b) } = 12 \times 42 = 21 \text{ billion tonnes}$$

8. Graphing Rising Temperatures

$$\text{a) } 1940$$

$$\text{b) } 1,42^\circ\text{C}, 2016$$

$$\text{c) } \sim 0,5^\circ\text{C}$$

$$\text{d) } 0,46^\circ\text{C}$$

9. Graphing the IPCC Carbon Dioxide Predictions

$$20 \times y \times \frac{1}{2} = 4,2 \times 10^{14} \text{ (area under graph)} \quad y = 4,2 \times 10^{14} \times 2 \div 20 y$$

$$= 4,2 \times 10^{13} \text{ (or } 42 \times 10^{12}, \text{ can do reality check against graph)}$$

$$\text{Gradient of graph} = \frac{\text{change in } y}{\text{change in } x}$$

$$= \frac{42 \times 10^{12} - 0}{2020 - 2040} = -2,1 \times 10^{12} y$$

$$= -2,1 \times 10^{12} x + c \text{ Substitute in the point (2040, 0)}$$

$$= -2,1 \times 10^{12} (2040) + c \quad 0 = -4,284 \times 10^{15} + c$$

$$= 4,284 \times 10^{15} \text{ so } y$$

$$= -2,1 \times 10^{12} x + 4,284 \times 10^{15}$$

$$\text{a) Any graph in this form:}$$

$$y = -2,1 \times 10^{12} x + c \text{ for example: } y = -2,1 \times 10^{12} x + 20$$

10. Surviving Species

- a) $p = 0,005$
- b) $p = 0,976$
- c) Average % = 1,6%
Thus the number of species not extinct
= $0.984 \times 60,000 = 59.040$

11. A New Power Station

- a) $volume = \frac{mass}{density} = \frac{1,73}{1,98} \times \frac{10^4}{1,98} = 8737,373737 = 8740m^3$
- b) $8737,373737 \times \frac{1000000}{400} = 2,1843434 \times 10^7 =$

12. Calculating Sea Level Rise

No, it doesn't match his claim.

First find the percentage increase between 2006 and 2016:

$$\frac{80-40}{40} \times 100 = 100$$

There is a 100% increase.

So, between the years 2016 and 2026 the sea level should rise by 100% of 80mm, $80mm + 80mm = 160mm$

13. Rates Of Human Induced Warming

- a) Monthly- jumps around a lot Human Induced: smooth line
- b) 1984 (show working on graph)
- c) $0,010^{\circ}C/year$ (0.005-0.015) Draw tangent
- d) $0,016^{\circ}C/year$
- e) the rate of temperature change is increasing, not staying the same

14. A Nuclear Disaster

$$t = \frac{x}{8} - 10y = 100 - \left(\frac{x}{8} - 10\right)^2 y = \frac{5}{2}x - \frac{x^2}{64}$$

$$0 = x\left(\frac{5}{2} - \frac{x}{64}\right) = 0, x = 160$$

Thus the width of the arch is 160m

15. A Shrinking Rainforest

- a) Equation will be of the form $S = 300.000 \times x^t$
When $t = 0$, $S = 300.000$
when $t = 1$, $S = 294,000$

Therefore $x = \frac{49}{50}$

Thus equation is: $S = 300.000 \times \frac{49}{50}^t$

b) Using the equation found in (a):

When $t = 30$, $S = 164.000$

Comparative statement.

e.g. the exponential model predicts a value close to the true value, thus the model is reliable.

16. Letak relatif dua titik.

Tentukan posisi dengan mengikut aturan beriku:

Vertikal ke bawah lewat lubang L_1 3 km ke Timur

Timur 3 km lanjut 3 km ke Timur Laut 3 km siku-siku 6 km

17. Tentukan arah pemberhentian, gunakan grafik untuk menetapkan lokasi

18. Kekeringan

Hitung terlebih dahulu persentase pertumbuhan hasil panen padi sawah di atas dari tahun 2014-2018

19. Assumption the **area average** = $96m^2$

$$\text{Area of Flood} = 495 \times 96 = 47.520m^2$$

Area not flooded = total area - area of flood = $274.380.000 - 47.500$ so, the model of: $y = 274.380.000 - 495x$

20. Getaran dawai

Bila u = massa jenis dawai dalam keadaan diam (seimbang),

y = simpangan di $P(x, y)$, jadi $y = y(x, t)$

$u \cdot \Delta x$ = massa unsur $\cdot \Delta x$

$\frac{d^2y}{dt^2} = a =$ percepatan, maka gaya arah vertical menjadi

$$ma = u \cdot \frac{\Delta x d^2y}{dt^2} \text{ (gaya petik dawai).}$$

RANGKUMAN

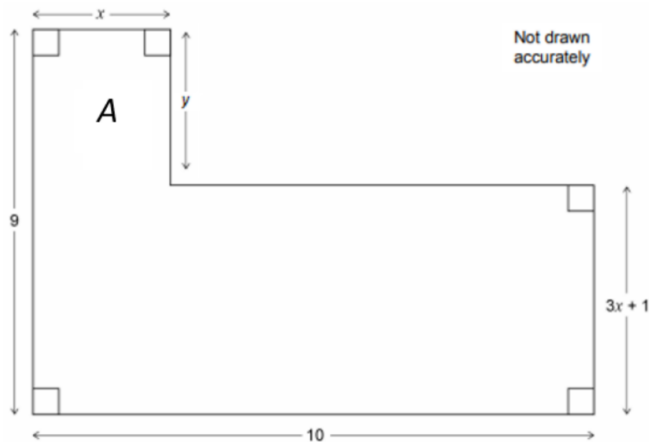
Anda telah diperkenalkan dengan makna model, yang kurang-lebih berarti gambaran/perwakilan suatu objek (kejadian, proses, system dan sebagainya) yang disusun dengan tujuan tertentu. Tujuan ini mungkin sekedar untuk mengenali objek, atau untuk memperbaiki keadaan, atau mengadakan optimisasi. Manfaat model terasa sekali misalnya bila percobaan-percobaan tidak mungkin atau mahal sekali/riskan bila dikerjakan langsung terhadap obyek, paling tidak dengan model orang akan dapat lebih mudah untuk mengadakan manipulasi/penelitian. Secara garis besar, model dapat dibagi atas jenis-jenis: ikonik, analog, dan simbolik (matematika).

Langkah-langkah yang menyangkut model matematika dapat dirinci menjadi 6 langkah, dari penyederhanaan masalah nyata, penyusunan model (perumusan dalam bahasa Matematika), penyelesaian dalam model, mengembalikan ke sistemnya dan akhirnya pelaksanaan/penggunaan hasilnya. Model disebut baik bila ia cukup dekat/mirip dengan objeknya, sesuai dengan tujuan penyusunan semula.

TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Perubahan iklim (atau pemanasan global) dapat menyebabkan luas gurun (lahan yang sangat kering) meningkat, mempengaruhi kehidupan satwa liar dan ekosistem di sekitarnya. Sebelum pemanasan global dimulai, luas gurun Sahara adalah $9.200.000 \text{ km}^2$. Pemanasan 1°C telah menyebabkan luas gurun Sahara meningkat sebesar $2x\%$. Setelah pemanasan 1°C , luas gurun Sahara adalah $9.936.000 \text{ km}^2$, pemanasan lebih lanjut dari 1°C ke 2°C menyebabkan peningkatan tambahan di area gurun Sahara sebesar $2x\%$. Berapa luas gurun Sahara setelah pemanasan total 2°C .
 - A. $11.525.760 \text{ km}^2$
 - B. $17.936.000 \text{ km}^2$
 - C. $9.736.000 \text{ km}^2$
 - D. $6.936.000 \text{ km}^2$
 - E. $9.636.000 \text{ km}^2$
2. Seorang warga ingin mengurangi jejak karbon mereka, jadi memutuskan untuk menanam produk mereka sendiri di kebun mereka. Area yang ditetapkan untuk menanam sayuran ditunjukkan di bawah ini, dan mereka ingin menempatkan gudang di area bertanda A.



Luas total plot adalah $65m^2$. Temukan nilai x dan y sehingga dapat diketahui panjang dan lebar gudang yang perlu mereka beli.

- A. 5 dan 7
- B. 5 dan 3
- C. 6 dan 4
- D. 4 dan 6
- E. 5 dan 6

3. Pemanasan global akan mempengaruhi jumlah terumbu karang. Saat bumi mengalami pemanasan global sebesar $2^{\circ}C$, maka kita akan kehilangan 99% terumbu karang. Saat bumi mengalami pemanasan global sebesar $1,5^{\circ}C$, maka kita akan kehilangan 81% terumbu karang. Nyatakan persentase hilangnya terumbu karang saat terjadi pemanasan global sebesar $2^{\circ}C$ dalam bentuk pecahan dari jumlah terumbu karang yang hilang saat bumi memanaskan sebesar $1,5^{\circ}C$. Berikan jawaban kalian dalam bentuk paling sederhana.

- A. **11/9**
- B. 9/11
- C. 3/4
- D. 4/3
- E. 4/9

4. Salah satu cara untuk mengurangi karbon dioksida di atmosfer dan memperlambat pemanasan global adalah dengan menanam pohon yang menyerap karbon dioksida dari atmosfer. Seorang ilmuwan menanam beberapa pohon di hutan hujan Amazon dan hutan hujan Tongass. Ilmuwan membandingkan karbon dioksida yang diserap dari atmosfer oleh pohon yang ditanam di hutan hujan Amazon dengan pohon yang ditanam di hutan hujan Tongass.

Amazon	
Carbon absorbed per tree	$\frac{1}{5}$ more than in the Tongass
Number of trees planted	$\frac{1}{4}$ less than in the Tongass

berapa perbandingan total karbon dioksida yang diserap oleh pohon yang ditanam di Amazon dibandingkan dengan total karbon dioksida yang diserap oleh pohon yang ditanam di hutan hujan Tongass?

- A. $10/9$
B. $9/10$
 C. $4/10$
 D. $1/4$
 E. $\frac{3}{4}$
5. Coklat terbuat dari tanaman yang disebut kakao, yang tumbuh di pohon. Kakao merupakan salah satu tanaman yang dapat terkena dampak perubahan iklim. Perubahan iklim meningkatkan frekuensi dan intensitas cuaca ekstrem, misalnya banjir dan kekeringan, yang berarti semakin banyak pohon kakao yang tidak bertahan untuk berhasil menghasilkan kakao setiap tahunnya. Jumlah pohon kakao yang berhasil diberikan oleh

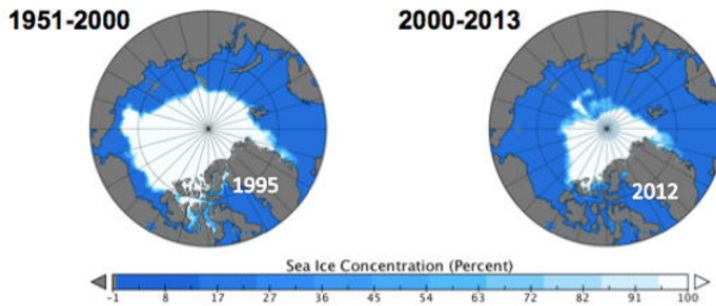
model matematika $C = 16500 \times 0,82^n$, di mana n adalah jumlah tahun setelah pohon kakao pertama kali ditanam. Tunjukkan bahwa jumlah pohon kakao yang berhasil setelah 4 tahun kurang dari setengah jumlah pohon yang pertama kali ditanam!

- A. $7460 < 8250$
- B. $7260 < 8250$
- C. $7400 < 8150$
- D. 7460
- E. 8250

6. Perubahan iklim dapat menyebabkan kepunahan spesies melalui perubahan habitat dengan cepat, tidak meninggalkan waktu bagi spesies untuk beradaptasi, pemanasan pada saat itu adalah 1°C . Sebuah penelitian terhadap 105.000 spesies menunjukkan bahwa untuk setiap 1°C tambahan pemanasan diatas suhu pra-industri, 9% spesies akan punah. Misalnya, pada pemanasan 3°C , 9% spesies yang masih ada pada pemanasan 2°C akan punah. Tentukan jumlah spesies yang belum punah pada pemanasan 4°C .

- A. 791.24**
- B. 78.124
- C. 85.663
- D. 85.762
- E. 85.672

7. Meningkatnya suhu global akibat perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia menyebabkan es di kutub mencair, terutama selama musim panas, Juli hingga September .



Pada bulan september 1999, terdapat $6,2 \text{ juta km}^2$ es laut kutub. Pada september 2015, ada $4,6 \text{ juta km}^2$ es laut kutub. Tentukan persentase penurunan es laut kutub dari september 1999 hingga september 2015.

- A. 25%
- B. 25,8%**
- C. 12%
- D. 27,5%
- E. 21%

Pada soal 8 – 9 perhatikan informasi berikut:

Gunakan substitusi $u = 4 - \sqrt{s}$ untuk menunjukkan bahwa

$$\int \frac{dh}{4-\sqrt{s}} = -8 \ln|4 - \sqrt{s}| - 2\sqrt{s} + k, \text{ dimana } k \text{ adalah konstanta.}$$

Terumbu karang tumbuh kembali setelah laju pemanasan global mulai melambat. Laju perubahan luas yang dicakup oleh terumbu karang dimodelkan oleh persamaan diferensial berikut:

$$\frac{ds}{dt} = \frac{t^{0,25}(4-\sqrt{s})}{20}$$

di mana s adalah luas permukaan terumbu karang dalam m^2 dan t adalah waktu dalam tahun, setelah terumbu mulai tumbuh kembali.

8. Berdasarkan model, kisaran daerah yang dapat dicakup oleh terumbu karang adalah
- A. $543 m^2$

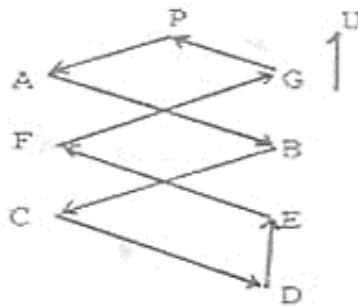
- B. $523 m^2$
- C. $453 m^2$
- D. $443 m^2$
- E. $643 m^2$

9. Terumbu karang memiliki luas permukaan $1 m^2$ saat mulai tumbuh kembali, sesuai dengan modelnya, hitung waktu yang diperlukan karang tersebut untuk menempuh jarak $12 m^2$ dan nyatakan satu batasan model!
- A. 2 tahun
 - B. 4 tahun
 - C. 3 tahun
 - D. 6 tahun
 - E. 5 tahun
10. Penangkapan dan penyimpanan karbon adalah metode menghilangkan karbon dioksida dari atmosfer dan menyimpannya sebagai cairan di bawah tanah. Penangkapan dan penyimpanan karbon adalah salah satu metode yang mungkin untuk memperlambat perubahan iklim (dalam pertanyaan ini abaikan massa wadah dan hanya mempertimbangkan massa karbon dioksida cair yang dikandungnya). Jika karbon dioksida cair disimpan dalam silinder volume $3,8 m^3$, dan massa jenis karbon dioksida cair adalah $\frac{1100kg}{m^3}$. Tentukan massa karbon dioksida cair tersebut!
- A. 2.500 kg
 - B. 2.200 kg
 - C. 3.100 kg
 - D. 2.450 kg
 - E. 1.875 kg

TES FORMATIF 2

1. Lintasan Patrol

Sebuah pesawat terbang digunakan untuk mengawasi suatu daerah seluas $140 \times 80 \text{ km}^2$ dengan mengadakan patrol dengan pola seperti terlukis pada Gambar 5, melalui lintasan PABCDEFG lalu pulang ke P. panjang PA, PG, DE masing-masing 40 km, sedang AB, BC, CD, EF, FG, masing-masing 80 km. arah PA, GF, BC adalah 120° dari utara putar kanan. Menjelang sampai di E, pilot baru ingat bahwa ketika berangkat dia hanya membawa bahan bakar sebanyak 160 liter, sedang pesawat menggunakan 1 liter untuk 3 km penerbangan. Untuk itu dia meminta anda membantu membuat model dengan koordinat untuk menentukan langkah selanjutnya dari E.



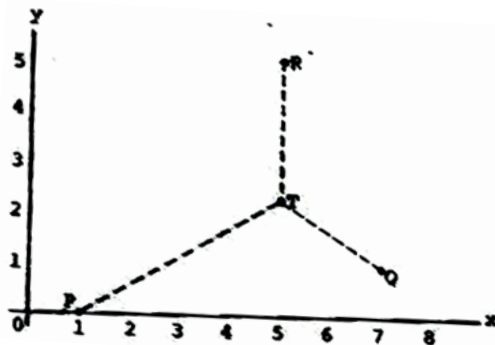
(Pilihlah satu di antara A, B atau C)

- 1) Bahan bakar:
 - A. Masih cukup untuk menyelesaikan tugas
 - B. Masih cukup untuk sampai ke F lalu langsung pulang
 - C. Hanya cukup untuk langsung pulang
- 2) Model koordinat yang anda susun termasuk jenis:
 - A. Ikonik
 - B. Analog
 - C. Simbolik (matematika)
- 3) Tujuan penyusunan model di atas ialah untuk:
 - A. Mengetahui jarak/arah P dari E

- B. Optimisasi bahan bakar
 - C. Mengenali objek dan dipergunakan untuk menentukan sejauh mana tugas dapat diselesaikan
- 4) Alat matematika yang anda perlukan ialah:
- A. Gambar vector
 - B. Aljabar vector dan koordinat
 - C. Geometri analitik

2. Memilih letak pabrik

Di suatu daerah terdapat 3 buah tempat pemboran minyak (namakan P, Q, dan R) dengan kapasitas produksi yang rata-rata sama. Timbullah masalah, dimana sebaiknya menempatkan pabrik penampungan/penyulingan minyak untuk ketiganya dengan maksud supaya jumlah jaraknya ke P, Q, dan R minimum (sehingga pengeluaran untuk membeli pipa penghubung sekecil mungkin). Untuk soal ini, geometri sudah mempunyai penyelesaian, ialah suatu titik T yang memenuhi $\angle PTQ = \angle QTR = \angle RTP = 120^\circ$. Dipilih $P(1, 0)$, $Q(7, 1)$, $R(5, 5)$ maka titik $T(x, y)$ dengan $x \approx 5$ dan $y \approx 2,2$ akan memenuhi syarat, cara kedua adalah lewat cara analitik sebagai berikut:

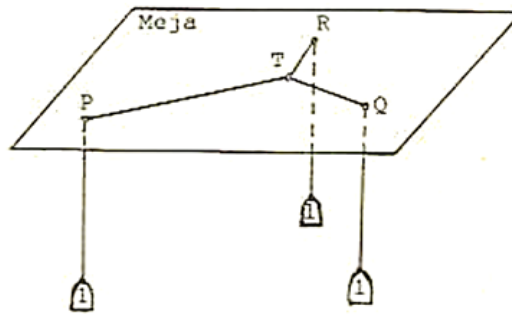


Misalkan $T(x, y)$, jumlah jarak yang harus diminimalkan dapat ditulis

$$f(x, y) = \sqrt{(x - 1)^2 + y^2} + \sqrt{(x - 7)^2 + (y - 1)^2} + \sqrt{(x - 5)^2 + (y - 5)^2}$$

(alatnya ialah kalkulus dan cukup sulit!) Rupanya, bidang fisika mempunyai cara sendiri untuk menyelesaikan masalah di atas secara penghampiran (lihat

Gambar 7). Karena sifat tegangan tali maka gelang pada T akan menunjukkan letak yang dicari.



P, Q, R lubang licin

(pilih satu di antara A, B, atau C)

1) Cara kedua di atas menghasilkan model:

- A. Ikonik
- B. Analog
- C. Simbolik (matematika)

2) Cara fisika di atas menghasilkan model:

- A. Ikonik
- B. Analog
- C. Simbolik (matematika)

3) Penyusunan model di atas bertujuan:

- A. Mengenali system
- B. Memperbaiki keadaan system
- C. Mencari optimisasi

4) Bila kapasitas produksi di Q dua kali di P, dan di R lima kali di P, dan biaya pipa berbanding lurus dengan kapasitas produksi, maka rumus matematika untuk fungsi yang diminimalkan menjadi

A. Tetap

B. $g(x, y) = \sqrt{(x - 1)^2 + y^2} + 2\sqrt{(x - 7)^2 + (y - 1)^2} + 5\sqrt{(x - 5)^2 + (y - 5)^2}$

C. $g(x, y) = \sqrt{(x - 1)^2 + y^2} + \sqrt{((x - 7)^2 + (y - 1)^2)^2} + \sqrt{((x - 5)^2 + (y - 5)^2)^5}$

- 5) Untuk kejadian pada pertanyaan 4) maka model fisiknya menjadi
- A. tetap
 - B. pemberat di Q dua kali di P, pemberat di R lima kali di P
 - C. tidak menentu.
- 6) Model di atas bersifat
- A. deterministik
 - B. probabilistik
 - C. bukan dua-dua di atas

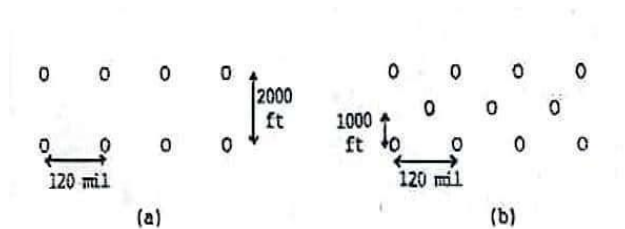
3. Tabrakan Pesawat Terbang

Pada tahun 60-an ada sekitar 100.000 pesawat penumpang per tahun yang melintasi Atlantik Utara, dari Amerika Serikat ke Eropa atau sebaliknya.

Pada waktu itu, lintasan pesawat diatur sebagai berikut:

1. Kecepatan sama
2. Lintasan diatur dalam jalur-jalur dengan jarak pisah lateral (menyamping) selebar 120 mil (laut) dan jarak pisah vertical selebar 2000 ft. Karena jumlah pesawat terus bertambah, jumlah jalur bertambah, juga lebar daerah lintasan. Untuk menghemat biaya (bensin) pemilik usul supaya jarak pisah lateral dipersempit menjadi 90 mil, tetapi para pilot menolak dengan alasan besarnya kemungkinan untuk bertabrakan. Organisasi Penerbangan Sipil Internasional membentuk tim untuk mengatasinya. Hasil penelitian dan perhitungan ternyata menyetujui jarak 90 mil, karena masih masuk dalam kisaran aman yang ditentukan ($1/2$ kali tabrakan dalam 10^7 jam terbang), tetapi pilot tetap protes. Maka diadakan penyelidikan kedua dan ternyata bahwa penyimpangan penerbangan arah menyamping lebih besar dari perkiraan semula, sehingga memang 90 mil itu tidak aman. Akhirnya ada usul (yang bukan timbul dari hasil perhitungan) untuk mengubah pola penyusunan jalur dari pola jaringan persegi panjang ke pola jaringan berseling (miring) dan diperoleh hasil yang memuaskan kedua pihak, ya ringkas ya aman. (Gambar a: pola lama, b: pola baru).

Catatan: Meskipun besar kemungkinan tabrakan dihitung dengan $P(\text{tabrak}) = P(\text{tab.lateral}) \cdot P(\text{tab.vertikal}) \cdot P(\text{tab.longitudinal})$ tetapi yang dominan adalah yang lateral.



(Pilih satu di antara pernyataan A, B atau C)

- 1) Model di atas adalah
 - A. Ikonik
 - B. Analog
 - C. Matematika
- 2) Alat matematika yang digunakan ialah
 - A. Hubungan fungsi
 - B. Probabilitas/geometri
 - C. Metode pengumpulan data
- 3) Matematika digunakan untuk
 - A. Menyelesaikan model
 - B. Tidak terpakai
 - C. Menunjang penyusunan/menguji model
- 4) Akhirnya penyelesaian yang terpakai adalah hasil pengerjaan
 - A. Numeris
 - B. Komputer
 - C. Heuristic (coba-coba)
- 5) Penyelesaian pertama gagal karena:
 - A. Data kurang teliti
 - B. Masalah terlalu disederhanakan
 - C. Penyelesaian terlalu sukar

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban Tes Formatif yang terdapat di bagian akhir bab ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi pada bab ini.

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

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan pada bab selanjutnya Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi pada bab ini, terutama bagian yang belum dikuasai.

KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

TES FORMATIF 1:

1. A 10.700.000 km^2
2. E 5 dan 6
3. C 12%
4. A $\frac{3}{4}$
5. B $300 - 2n$
6. A 85.634
7. B 8%
8. D 443 m^2
9. A 2 Tahun
10. A 2.500 kg

TES FORMATIF 2:

1. A B C A
2. B C A B A C
3. A C B C A

GLOSARIUM

Karbon dioksida (rumus kimia: CO₂) :

Sejenis senyawa kimia yang tersusun dari dua atom oksigen yang saling berpasangan dengan atom karbon. Ia terbuat dari gas dan berada di atmosfer yang dapat bernapas pada suhu dan tekanan standar.

Pemanasan global (global warming) :

Perubahan iklim atau krisis adalah suatu proses yang meningkatkan tingkat kelembaban lingkungan sekitar, atmosfer, tingkat suara, dan wilayah Bumi.

Kutub Utara :

Titik paling utara di bola bumi adalah satu-satunya titik yang dilalui garis khayal 90 derajat Lintang Utara.

Terumbu karang :

Sekumpulan hewan karang yang bersimbiosis dengan spesies alga yang dikenal sebagai zooxanthellae. Terumbu karang secara khusus mengacu pada jenis naskah Cnidaria kelas Anthozoa yang memiliki sungut.

Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) :

Organisasi non-pemerintah yang menyatukan para sarjana dari seluruh dunia untuk lebih memahami bagaimana aktivitas manusia mempengaruhi perubahan iklim. IPCC didirikan pada tahun 1988 oleh dua organisasi PBB, Organisasi Meteorologi Dunia (WMO) dan Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNEP), untuk melakukan penelitian sistematis tentang literatur teknis yang telah ditulis dan diterbitkan.

REFERENSI

1. David Burghes & Ian Huntley & John MacDonald, *Applying Mathematics: A Course in Mathematical Modelling*, Chichester: Ellis Horwood Limited, 1982
2. Edward A. Bender, *An Introduction to Mathematical Modelling*, Wiley, 1978
3. Michel Olinick, *in the Social Mathematical Modelling and Life Sciences* [1 ed]: Wiley, 2014
4. Stone Jr., B. (2012) *The city and the coming climate: Climate change in the places we live*. New York, NY: Cambridge University Press
5. <https://mathsforplanetearth.ouce.ox.ac.uk/>
6. Ballew, M.T., Leiserowitz, A., Roser-Renouf, C., Rosenthal, S. A., Kotcher, J. E., Marlon, J. R., Lyon, E., Goldberg, M. H., & Maibach, E.W. (2019) 'Climate change in the American mind: Data, tools, and trends', *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, vol. 61, no. 3, pp. 4–18.
7. Bascomb, B. (2018) 'GOP tax on global warming gases', *Living on Earth*. Retrieved from: www.loe.org/shows/segments.html?programID=18-P13-00030&segmentID=1
8. R. Lesh, & C. Yoon (2007). *Modelling and Applications in Mathematical Education, The 14th ICMI Study. Issues in Applications and Modeling*. P.161. Springer, NY
9. Haines, C.R. & Crouch, R. (2007). *Mathematical modelling and applications: Ability and competency frameworks*. In: W. Blum, P.L. Galbraith, H-W. Henn & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: The 14th ICMI Study* (pp. 417–424). New York, NY: Springer

10. Haines, C.R. & Crouch, R. (2007). Mathematical modelling and applications: Ability and competency frameworks. In: W. Blum, P.L. Galbraith, H-W. Henn & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: The 14th ICMI Study* (pp. 417–424). New York, NY: Springer
11. Candy, S.G.: Modelling catch and effort data using generalised linear models, the tweedie distribution, random vessel effects and random stratum-by-year effects. *CCAMLR Sci.* 11, 59–80 (2004)
12. Convey, P., Aitken, S., di Prisco, G., Gill, M.J., Coulson, S.J., Barry, T., Jónsdóttir, I.S., Dang, P.T., Hik, D., Kulkarni, T., Lewis, G.: The impacts of climate change on circumpolar biodiversity. *Biodiversity* 13, 134–143 (2012)
13. Cornejo-Donoso, J., Antezana, T.: Preliminary trophic model of the Antarctic Peninsula Ecosystem (Sub-area CCAMLR 48.1). *Ecol. Model.* 218, 1–17 (2008)

INDEX

Albedo 63 ; 64 ; 65
Aneroid 22
AOGCMs 61
Barograf 22
Beaufort 25
Buys Ballot 25
Chaos 57 ; 58
Cirrus 11
Contrail 12
Coriolis 57
Drizzle 28
Dust 63
Forcing 62 ; 63
Isobar 23 ; 24
Isotherm 20 ; 21
Joseph Fourier 37
Kondensasi 11 ; 12 ; 28
Pasat 26
Protokol Kyoto 42
Rapid Release 65 ; 66
Soot 63
Stevenson 24
Termonuklir 2
Tipping Points 65 ; 66
Torriceli 22
Quiescence 57
Zenith 28
Orografi 28

TENTANG PENULIS



Dra. Nyimas Aisyah, M.Pd., Ph.D., seorang doktor pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya. Minat penelitiannya adalah nilai matematika dalam pendidikan matematika, penelitian tindakan kelas, pengembangan bahan ajar, berpikir tingkat tinggi, dan pemecahan masalah. Minat mengajarnya adalah Geometri Analitik, Kurikulum, dan Metode Penelitian Kualitatif. Menyelesaikan studi S1 Pendidikan Matematika Universitas Sriwijaya, S2 Pendidikan Matematika Unesa dan S3 Pendidikan Matematika UPSI Malaysia. Minat penelitian di bidang nilai dalam pembelajaran matematika dan minat mengajar geometri.

Prof. Dr. Ida Sriyanti, M.Si. lahir di Lubuk Linggau, Sumatera Selatan. Lulus S1 di Program Studi Pendidikan Fisika (S.Pd.), FKIP, Universitas Sriwijaya (1996-2001). Lulusan S2 di Program Studi Magister Fisika (M.Si.), Bidang Ilmu Fisika Material Elektronik, Fakultas Ilmu Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung (2004-2005). Lulusan S3 di Program Studi Doktor Fisika (Dr.), Bidang Ilmu Fisika Nanomaterial, Fakultas Ilmu Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung (2014-2019). Saat ini adalah Dosen Tetap dan Koordinator Program Studi Magister Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Sriwijaya. Serta, anggota Laboratorium Riset Aplikasi dan Instrumentasi Nanoteknologi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya. Mengampu mata kuliah Fisika Matematika, Mekanika, Pendahuluan Fisika Zat Padat, Fisika Statistik, Gelombang dan Optik, Pengembangan Eksperimen Fisika Lanjut, dan Penulisan Karya Ilmiah. Selain itu, aktif dalam menulis artikel yang diterbitkan Jurnal Internasional (Q1-Q3), Prosiding Internasional dan Jurnal Nasional Terakreditasi (Sinta 2-Sinta 4).





Dr. Ismet, S.Pd., M.Si, lahir di Baruh Gunung, Kabupaten Lima Puluh Kota-Sumatera Barat pada tanggal 6 Juli 1968. Menyelesaikan studi Sarjana Pendidikan Fisika di IKIP Padang tahun 1993, studi Magister Fisika di Institut Teknologi Bandung (ITB) bidang Fisika Material tahun 2000, dan tahun 2013 menyelesaikan studi Doktor Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia (UPI). Penulis merupakan dosen tetap di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sriwijaya semenjak tahun 1994 dan saat ini penulis tercatat sebagai Wakil Dekan Bidang Akademik FKIP Universitas Sriwijaya. Mengampu berbagai Mata Kuliah yaitu Mekanika, Termodinamika, Fisika Statistik, elektrodinamika, dan Pendahuluan Fisika Zat padat.

Dra. Cecil Hiltrimartin, M.Si., Ph.D., Penulis adalah dosen yang lahir di Jakarta dan telah menamatkan pendidikan S-1 Pendidikan Matematika di Unsri, S-2 Matematika di ITB dan S-3 Pendidikan Matematika Sultan Idris Malaysia. Menetap di Palembang dan aktif mengajar di FKIP Unsri sampai sekarang. Penelitian yang dilakukan ini sebagai salah satu bukti kepedulian kepada mahasiswa dan guru, khususnya di bidang pelajaran matematika



Dr. Meilinda, M.Pd., saat ini merupakan dosen Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Sriwijaya. Meilinda melakukan penelitian dalam Pendidikan Sains di Perguruan Tinggi dan proyek saat ini adalah tentang Pemikiran Sistem dan Pendekatan Sistem dalam Pendidikan Ilmu Iklim. Menyelesaikan studi S2 dan S3 pada Jurusan Pendidikan IPA Universitas Pendidikan Indonesia. Selain itu, juga mengampu mata kuliah pendidikan IPA terpadu dan strategi pembelajaran IPA. Disertasi yang disusun berjudul “Program Perkuliahan Perubahan Iklim dengan Model Pembelajaran Yoyo System Based Case dalam Membekalkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Berpikir Sistem Mahasiswa.”
