

# Pengertian dan Ruang Lingkup Klimatologi Pertanian, dan Pengaruh Atmosfer terhadap Kehidupan dan Pertanian

Prof.Dr.Ir. Yonny Koesmaryono, M.S.  
Muhamad Askari, S.Si., M.Si.



## PENDAHULUAN

---

Sebagai dasar dalam mempelajari Klimatologi, perlu dipelajari dan dipahami terlebih dahulu yang dimaksud dengan cuaca dan iklim serta perbedaan-perbedaan diantara keduanya, dan hal-hal yang termasuk unsur-unsur cuaca dan iklim. Klimatologi sangat luas penerapannya dalam memecahkan permasalahan praktis di masyarakat seperti perkotaan, bangunan, kelautan, kehidupan makhluk hidup dan pertanian. Dalam modul ini, Anda akan mengetahui apa yang dimaksud dengan klimatologi pertanian dan manfaatnya sebagai dasar strategi dalam penyusunan rencana dan kebijakan pengelolaan usahatani pertanian dan peternakan.

Selanjutnya dalam modul ini akan dibahas pula tentang atmosfer. Atmosfer tersusun atas tiga kelompok bahan yaitu udara kering, uap air, dan aerosol yang menyelimuti permukaan bumi. Selimut alami ini terdistribusi pada berbagai ketinggian dengan komposisi tertentu. Adanya selimut alami ini bermanfaat bagi kehidupan makhluk hidup diantaranya bumi terlindung dari radiasi surya yang terlalu besar dan berbahaya pada siang hari dan menjaga agar bumi tidak menjadi terlalu dingin pada malam hari.

Setelah mempelajari Modul 1, Anda diharapkan mampu menjelaskan pengertian cuaca, iklim, klimatologi pertanian dan struktur atmosfer, komposisi atmosfer serta kegunaan atmosfer untuk kehidupan dan pertanian.

## KEGIATAN BELAJAR 1

## Pengertian dan Ruang Lingkup Klimatologi Pertanian

### A. PENGERTIAN CUACA DAN IKLIM

*Cuaca* adalah nilai sesaat dari atmosfer, serta perubahannya dalam jangka pendek di suatu tempat tertentu di permukaan bumi. Dengan kata lain cuaca merupakan satu kasus kondisi atmosfer sesaat di suatu tempat. Contohnya suhu udara di Bogor pada tanggal 20 Maret 2006 pukul 14.00 WIB sebesar 30°C.

Oleh karena cuaca merupakan nilai sesaat dari atmosfer maka cuaca dapat berubah setiap saat. Perubahan cuaca hari demi hari dan bulan demi bulan umumnya akan membentuk pola tertentu. Setelah beberapa tahun, menurut *World Meteorological Organization* (WMO) selama 30 tahun, nilai rata-rata unsur-unsur cuaca akan menggambarkan sifat atmosfer yang dikenal sebagai iklim. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *iklim* adalah sintesis atau rata-rata perubahan unsur-unsur cuaca dalam jangka panjang di suatu tempat atau pada suatu wilayah. Sintesis tersebut dapat diekspresikan sebagai nilai statistik yang meliputi rata-rata, maksimum, minimum, frekuensi kejadian, atau peluang kejadian dari cuaca. Contohnya suhu udara di Bogor pada bulan Juni berkisar antara 21-30°C. Tabel 1.1 menunjukkan perbedaan antara cuaca dan iklim.

**Tabel 1.1. Perbedaan antara cuaca dan iklim**

| No. | Cuaca  | Iklim  |
|-----|--|--|
| 1.  | Suatu kondisi fisik atmosfer yang khas   | Kondisi atmosfer umum yang menunjukkan dan menggambarkan karakteristik suatu wilayah |
| 2.  | Nilainya senantiasa berubah dari suatu tempat ke tempat lain bahkan dalam lokasi yang sempit | Nilainya berbeda untuk setiap wilayah-wilayah luas yang berbeda                      |
| 3.  | Nilainya berubah setiap saat   | Perubahannya memerlukan waktu yang cukup lama  |

| No. | Cuaca   | Iklm   |
|-----|---|--|
| 4.  | Nilai numerik cuaca yang sama pada tempat yang berbeda umumnya menghasilkan karakteristik cuaca yang sama | Nilai numerik iklim yang sama pada tempat yang berbeda umumnya menghasilkan karakteristik iklim yang berbeda |
| 5.  | Pertumbuhan, perkembangan, dan hasil tanaman ditentukan oleh cuaca dalam suatu musim                      | Pemilihan tanaman yang cocok di suatu tempat ditentukan berdasarkan iklim di tempat tersebut                 |
| 6.  | Menentukan perencanaan pertanian dalam jangka pendek terutama pada kondisi cuaca yang menyimpang          | Menentukan perencanaan pertanian dalam jangka panjang  |

## B. UNSUR-UNSUR CUACA DAN IKLIM

Cuaca dan iklim dinyatakan dengan susunan nilai unsur fisika atmosfer yang selanjutnya disebut unsur cuaca atau unsur iklim yang terdiri dari radiasi surya ( $\text{Watt/m}^2$ ), lama penyinaran surya (jam), suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ), kelembaban udara (%), tekanan udara (milibar atau mb), kecepatan angin (knot) dan arah angin (derajat), penutupan awan, presipitasi yang meliputi embun, hujan, salju (mm) dan evaporasi/evapotranspirasi (mm).

Pengamatan rutin terhadap unsur-unsur cuaca secara terus menerus pada jam-jam pengamatan tertentu akan menghasilkan suatu seri data cuaca yang selanjutnya dapat diolah menjadi data iklim.

Data cuaca maupun iklim terdiri atas data *discontinue* karena datanya mudah kembali bernilai nol (0) dan data *continue* karena datanya tidak mudah turun mencapai nol. Unsur cuaca yang sifatnya *discontinue* antara lain presipitasi (curah hujan, embun, dan salju) dan penguapan. Penyajian analisisnya dalam bentuk nilai akumulasi sedangkan penyajian grafiknya dalam bentuk kurva histogram. Data cuaca yang bersifat *continue* antara lain suhu, kelembaban, tekanan udara, dan kecepatan angin. Penyajian analisisnya dalam bentuk angka rata-rata atau angka sesaat (*instantaneous*) sedangkan penyajian grafiknya dalam bentuk garis atau kurva.

### C. PENGERTIAN KLIMATOLOGI PERTANIAN

Untuk memahami kajian tentang iklim secara lebih mudah maka sangat penting untuk mengetahui definisi dari meteorologi dan klimatologi. Meteorologi berasal dari bahasa Yunani yaitu *meteor* yang berarti atmosfer dan *logos* yang berarti ilmu. Meteorologi didefinisikan sebagai cabang ilmu pengetahuan yang membahas proses-proses fisika yang berlangsung di atmosfer yang membentuk cuaca.

Klimatologi atau ilmu iklim adalah cabang ilmu pengetahuan yang membahas sintesis unsur-unsur cuaca dan berkaitan dengan faktor-faktor yang menentukan dan mengontrol distribusi iklim di atas permukaan bumi. Faktor-faktor yang mempengaruhi iklim suatu wilayah adalah posisi garis lintang, ketinggian tempat, daratan dan air, massa udara, dan angin, sabuk tekanan tinggi dan rendah, halangan pegunungan, arus laut, luas hutan, dan sebagainya. Tabel 1.2 menunjukkan perbedaan antara meteorologi dan klimatologi.

**Tabel 1.2. Perbedaan antara meteorologi dan klimatologi**

| No. | Meteorologi   | Klimatologi  |
|-----|---|--|
| 1.  | Berasal dari bahasa Yunani yaitu <i>meteor</i> yang berarti atmosfer lapisan bawah atau sebuah benda di atas permukaan lahan, dan <i>logos</i> yang berarti ilmu. | Juga berasal dari bahasa Yunani yaitu <i>klima</i> yang berarti kemiringan bumi (lintang), dan <i>logos</i> yang berarti ilmu. |
| 2.  | Kombinasi antara geografi dan fisika  | Kombinasi antara meteorologi dan statistik   |
| 3.  | Menggunakan prinsip-prinsip fisika untuk mempelajari tingkah laku udara   | Memperluas kesimpulan-kesimpulan meteorologi dalam ruang dan waktu   |
| 4.  | Ilmu mengenai analisis unsur-unsur cuaca pada periode waktu yang singkat di atas luasan yang sempit.  | Ilmu yang membahas kondisi rata-rata cuaca jangka panjang di atas suatu wilayah yang luas dan distribusinya.                   |

Berdasarkan penggolongan keilmuannya terdapat empat cabang klimatologi:

1. Klimatografi (*Climatography*).  
Klimatologi yang membahas secara deskriptif (apa adanya) berdasarkan data, peta dan gambar/foto. Pembahasan iklim yang tidak disertai analisis fisika maupun matematika yang mendalam, dan umumnya dikembangkan oleh para pakar ilmu bumi (geografi).
2. Klimatologi Fisik (*Physical Climatology*).  
Klimatologi yang membahas perilaku dan gejala-gejala cuaca yang terjadi di atmosfer dengan menggunakan dasar-dasar ilmu fisika dan matematika. Tinjauan iklim ditekankan pada neraca energi dan neraca air antara bumi dan atmosfer.
3. Klimatologi Dinamik (*Dynamical Climatology*).  
Klimatologi yang membahas pergerakan atmosfer dalam berbagai skala, terutama tentang peredaran atmosfer umum di berbagai wilayah di seluruh dunia.
4. Klimatologi Terapan (*Applied Climatology*).  
Klimatologi yang membahas penerapan ilmu iklim untuk memecahkan berbagai masalah praktis yang dihadapi masyarakat. Beberapa contoh klimatologi terapan adalah:
  - a. Klimatologi Perkotaan (*Urban Climatology*).  
Klimatologi yang membahas berbagai aspek iklim untuk perencanaan maupun penataan kota. Tujuan utamanya adalah memperoleh tingkat kenyamanan udara sebaik-baiknya. Cabang ilmu ini juga membahas pengaruh konsentrasi pemukiman penduduk, dan alokasi pusat-pusat kegiatan penempatan jalur hijau dan taman-taman kota terhadap unsur-unsur iklim.
  - b. Klimatologi Kelautan (*Marine Climatology*).  
Klimatologi yang menekankan pembahasan pengaruh timbal balik antara iklim dan lautan.
  - c. Klimatologi Bangunan (*Building Climatology*).  
Klimatologi yang mempelajari pengaruh timbal balik antara bentuk, ukuran, bahan dan warna bangunan, dengan cuaca dan iklim baik di dalam ruang maupun di luar bangunan.
  - d. Bioklimatologi (*Bioclimatology*).  
Klimatologi yang membahas pengaruh iklim terhadap kehidupan makhluk hidup secara umum. Pembahasan meliputi berbagai kondisi iklim serta perubahannya terhadap kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, serta terhadap aktivitas jasad renik.

- e. Klimatologi Pertanian atau Agroklimatologi (*Agricultural Climatology*).

Klimatologi yang membahas permasalahan iklim di bidang pertanian. Membahas pengaruh positif maupun negatif perilaku iklim terhadap usaha pertanian.

Dalam *Meteorological Glossary* (McIntosh, 1972), Klimatologi Pertanian diartikan sebagai ilmu yang mempelajari dan membahas berbagai aspek iklim yang berhubungan dengan permasalahan pertanian. Di dalam arti sempit, pertanian hanya meliputi tanaman, dan dalam arti luas juga meliputi peternakan dan perikanan.

Pengetahuan yang luas tentang berbagai hubungan antara iklim dan subjek-subjek pertanian dan peternakan, memungkinkan penggalan potensi iklim di tiap tempat untuk perencanaan intensifikasi dan ekstensifikasinya.

Manfaat utama Klimatologi Pertanian adalah sebagai dasar strategi dalam penyusunan rencana dan kebijakan pengelolaan usahatani pertanian dan peternakan. Lingkup kebijakan dapat meliputi sebidang lahan, suatu wilayah atau teritorial pertanian maupun untuk kebijakan pada lingkup nasional yang meliputi berbagai hal sebagai berikut (Nasir A.A, 1999):

1. Seleksi terhadap kultivar tanaman, spesies, dan ras ternak yang beradaptasi baik dengan kondisi iklim setempat sehingga potensial untuk dibudidayakan secara luas.
2. Memiliki wilayah-wilayah yang kondisi iklimnya sesuai untuk pengembangan suatu kultivar tanaman dan ras ternak tertentu yang baru diintroduksi dari daerah lain atau dari luar negeri.
3. Berbagai hasil penelitian dan percobaan memungkinkan untuk memilih teknologi yang terbaik untuk perbaikan iklim mikro sehingga dapat mendorong pertumbuhan, perkembangan, serta produksi tanaman dan ternak baik jumlah maupun mutunya. Contohnya penggunaan berbagai jenis mulsa, rumah kaca, rumah plastik, rumah jaring, irigasi, dan drainase dalam budidaya tanaman. Dibiidang peternakan dilakukan perbaikan desain kandang, sistem ventilasi, drainase, sanitasi, dan pengaturan kepadatan populasi ternak di dalam kandang.
4. Pengaturan pola tanam meliputi jadwal pergiliran tanaman dan pemilihan kultivar untuk penanaman tumpangsari.
5. Pewilayahan komoditas pertanian dan pemetaannya.

Klimatologi pertanian melibatkan interaksi setiap hari secara berkelanjutan dalam kurun waktu lama antara cuaca dan hidrologi sebagai komponen fisika lingkungan atau iklim di satu sisi, dengan komponen-komponen pertanian dalam arti luas di sisi lainnya. Secara luas pertanian meliputi budidaya: tanaman pangan, tanaman perkebunan, tanaman hortikultura, kehutanan, dan usaha peternakan. Sebenarnya dapat ditambahkan budidaya perikanan darat (rawa, danau, tambak, kolam, dan sebagainya), tetapi tidak seluas penangkapan ikan di laut sehingga jarang dikaitkan dalam pertanian.



## LATIHAN

---

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

- 1) Jelaskan perbedaan antara cuaca dan iklim! Berikan contoh atau ilustrasinya!
- 2) Apakah data cuaca dan iklim berbeda? Bagaimanakah data iklim dapat dihasilkan?
- 3) Jelaskan perbedaan antara meteorologi dan klimatologi!
- 4) Jelaskan cabang ilmu klimatologi dilihat dari penggolongan keilmuannya!
- 5) Jelaskan manfaat utama klimatologi pertanian!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Anda harus mengingat kembali pengertian cuaca, iklim, dan klimatologi pertanian.
- 2) Buatlah kelompok belajar dan diskusikan jawaban Anda.
- 3) Konsultasikan jawaban yang Anda buat dengan tutor Anda.



Cuaca adalah nilai sesaat dari atmosfer, serta perubahannya dalam jangka pendek di suatu tempat tertentu di permukaan bumi. Sedangkan iklim adalah sintesis atau rata-rata perubahan unsur-unsur cuaca dalam jangka panjang di suatu tempat atau pada suatu wilayah.

Cuaca dan iklim dinyatakan dengan susunan nilai unsur fisika atmosfer yang selanjutnya disebut unsur cuaca atau unsur iklim yang terdiri dari radiasi surya ( $\text{Watt/m}^2$ ), lama penyinaran surya (jam), suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ), kelembaban udara (%), tekanan udara (milibar atau mb), kecepatan angin (knot) dan arah angin (derajat), penutupan awan, presipitasi berupa embun, hujan, salju (mm) dan evaporasi maupun evapotranspirasi (mm).

Meteorologi didefinisikan sebagai cabang ilmu pengetahuan yang membahas proses-proses fisika yang berlangsung di atmosfer yang membentuk cuaca. Sedangkan klimatologi atau ilmu iklim yakni cabang ilmu pengetahuan yang membahas sintesis unsur-unsur cuaca dan berkaitan dengan faktor-faktor yang menentukan dan mengontrol distribusi iklim di atas permukaan bumi. Faktor-faktor yang mempengaruhi iklim suatu wilayah adalah posisi garis lintang, ketinggian tempat, daratan dan air, massa udara dan angin, sabuk tekanan tinggi dan rendah, halangan pegunungan, arus laut, luas hutan, dan sebagainya.

Berdasarkan penggolongan keilmuannya terdapat empat cabang klimatologi, yaitu klimatografi (*climatography*), klimatologi fisik (*physical climatology*), klimatologi dinamik (*dynamical climatology*), dan klimatologi terapan (*applied climatology*). Beberapa contoh klimatologi terapan diantaranya adalah klimatologi perkotaan (*urban climatology*), klimatologi kelautan (*marine climatology*), klimatologi bangunan (*building climatology*), bioklimatologi (*bioclimatology*), dan klimatologi pertanian atau agroklimatologi (*agricultural climatology*).

Klimatologi pertanian melibatkan interaksi setiap hari secara berkelanjutan dalam kurun waktu lama antara cuaca dan hidrologi sebagai komponen fisika lingkungan atau iklim di satu sisi, dengan komponen-komponen pertanian dalam arti luas di sisi lainnya.

**TES FORMATIF 1** \_\_\_\_\_

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Yang dimaksud dengan cuaca adalah ....
  - A. keadaan suhu yang panas
  - B. keadaan sesaat dari atmosfer
  - C. nilai total keadaan sesaat dari atmosfer
  - D. nilai suhu rata-rata pada suatu hari
  
- 2) Contoh keadaan yang disebut cuaca di tempat Anda adalah ....
  - A. pada bulan Januari udara terasa panas
  - B. pada pukul 12.00 suhu udara 32°C
  - C. kelembaban udara bulan Desember tinggi
  - D. pada pukul 12.00 suhu udara terasa panas
  
- 3) Satuan unsur kelembaban udara adalah ....
  - A. derajat
  - B. persen
  - C. mb
  - D. Watt/m<sup>2</sup>
  
- 4) Data berikut adalah contoh unsur iklim, *kecuali* ....
  - A. suhu rata-rata harian 26.5°C
  - B. RH rata-rata harian 70%
  - C. curah hujan bulan Januari 300 mm
  - D. suhu pukul 07.00 adalah 21.0°C
  
- 5) Keterangan tentang angin sebagai unsur iklim dinyatakan melalui ....
  - A. besar dan arahnya
  - B. arah dan kecepatannya
  - C. arah dan tingginya
  - D. tidak ada jawaban yang benar
  
- 6) Data cuaca harian sebagian bersifat diskontinu dan sebagian lainnya kontinu, contohnya ....
  - A. intensitas radiasi surya termasuk data yang bersifat diskontinu
  - B. kelembaban udara dan lama penyinaran bersifat diskontinu
  - C. suhu udara dan lama penyinaran bersifat kontinu
  - D. suhu udara dan kelembaban adalah bersifat diskontinu

- 7) Iklim dan cuaca memiliki banyak kesamaan, tetapi keduanya tidak identik. Keduanya berbeda dalam hal ....
- A. unsur-unsurnya
  - B. kondisi atmosfernya
  - C. ukuran ruang dan waktu
  - D. tidak ada jawaban yang benar
- 8) Berdasarkan penggolongan keilmuannya, klimatologi dibedakan menjadi cabang-cabang keilmuan berikut, *kecuali* ....
- A. klimatografi
  - B. klimatologi fisik
  - C. klimatologi dinamik
  - D. klimatologi statistik
- 9) Berikut ini adalah contoh ilmu klimatologi terapan, *kecuali* ....
- A. urban klimatologi
  - B. marine klimatologi
  - C. agrometeorologi
  - D. building klimatologi
- 10) Berikut adalah manfaat utama klimatologi pertanian sebagai dasar strategi dalam penyusunan rencana dan kebijakan pengelolaan usahatani pertanian dan peternakan, *kecuali* ....
- A. seleksi terhadap kultivar tanaman, spesies dan ras ternak
  - B. memilih teknologi yang terbaik untuk perbaikan iklim mikro
  - C. pengendalian hama dan penyakit tanaman
  - D. pewilayahan komoditas pertanian dan pemetaannya

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

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

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

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

**KEGIATAN BELAJAR 2****Atmosfer**

Bumi tersusun atas tiga lapisan yaitu hidrosfer (ekosistem air), litosfer (ekosistem padatan kulit bumi) dan atmosfer (ekosistem udara). Atmosfer didefinisikan sebagai campuran gas-gas yang mengelilingi bumi pada segala sisinya. Atmosfer bersifat aktif (bergerak), dapat dimampatkan, dan dapat mengembang. Proses pendinginan dan pemanasan permukaan bumi yang selalu berubah menurut waktu dan tempat menyebabkan suhu, kerapatan, dan tekanan atmosfer akan berubah.

Pada kondisi panas atau suhu tinggi, kerapatan atmosfer menurun sehingga di siang hari udara di permukaan bumi cenderung bergerak naik yang menyebabkan tekanan atmosfer menurun. Di malam hari terjadi pendinginan permukaan bumi yang akan diikuti oleh penurunan suhu udara yang menyebabkan peningkatan kerapatan sehingga tekanan atmosfer naik.

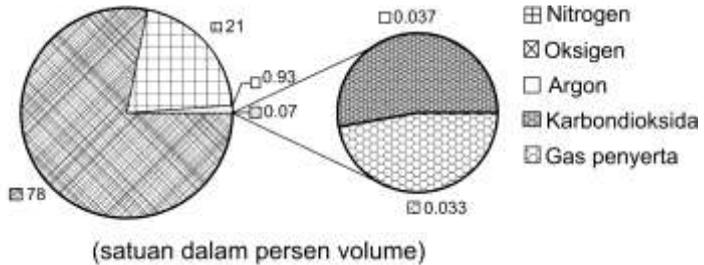
**A. KOMPOSISI ATMOSFER**

Atmosfer tersusun atas tiga kelompok bahan. Pertama partikel udara kering, kedua bahan air (air, uap dan es dalam bentuk awan), dan ketiga aerosols atau bahan padatan contohnya debu. Bahan-bahan tersebut memiliki massa berbeda dan tersebar di berbagai ketinggian membentuk susunan mirip pengendapan bahan di atmosfer. Bahan dengan massa ringan berada di atas bahan yang lebih berat. Akibatnya, semakin berkurang ketinggian di atmosfer menyebabkan peningkatan partikel udara.

**1. Udara Kering**

Udara kering merupakan gas murni tanpa campuran bahan lain dan mencakup sekitar 96% volume atmosfer. Udara kering yang murni, sifatnya tembus pandang dan tidak berbau, terdiri atas nitrogen (78% volume), oksigen (21% volume), argon (0.93% volume), karbondioksida (0.033% volume), dan sisanya (0.037% volume) terdiri atas berbagai gas yang jumlahnya sangat sedikit atau gas penyerta (Gambar 1.1). Sebagian gas penyerta bersifat permanen yakni tidak mudah mengurai sedangkan sebagian

kecil lainnya berupa gas tidak permanen yakni mudah bereaksi dengan gas lain, membentuk atau mengurai menjadi gas lain.



Sumber : (Oliver and Hidore, 1984)

Gambar 1.1. Komposisi normal udara kering di atmosfer

## 2. Uap Air

Kandungan uap air di atmosfer mudah berubah menurut arah horizontal dan vertikal maupun menurut waktu diurnal maupun musim. Di daerah subtropika atau daerah temperate kadar uap air bervariasi dari 0 pada saat angin kering di padang pasir bertiup, hingga 3% volume atmosfer pada saat angin laut bertiup di musim panas. Kandungan uap air tertinggi di dunia terdapat di atmosfer wilayah tropika basah yaitu sekitar 4% volume atmosfer atau setara dengan 3% dari massa atmosfer.

Di atmosfer, uap air terdapat pada lapisan troposfer yang merupakan lapisan terbawah. Lapisan ini mencakup ketinggian antara 8 km di kutub dan 16 km di ekuator atau rata-rata 12 km. Jumlah uap air selalu berubah oleh karena proses penguapan dan kondensasi terjadi secara terus menerus.

Sumber uap air utama adalah lautan yang meliputi sekitar 71% luas permukaan bumi. Hasil kondensasi berupa awan merupakan sumber berbagai peristiwa perubahan cuaca seperti peristiwa hujan, hujan es, badai, petir, kilat, salju dan berbagai macam akibatnya.

## 3. Aerosols

Partikel padatan halus berbagai bahan permukaan bumi sebagian terangkat naik ke atmosfer atas membentuk aerosols. Bahan-bahan tersebut diantaranya adalah garam laut, debu, abu, asap, serta berbagai

mikroorganisme seperti virus, bakteri dan spora. Komposisi normal atau rata-rata aerosols di atmosfer tersusun sebagai berikut:

|               |   |   |
|---------------|---|---|
| Debu          | : | 20% (terutama di daerah kering)         |
| Kristal garam | : | 40% (percikan ombak lautan)             |
| Abu           | : | 10% (dari gunung berapi dan pembakaran) |
| Asap          | : | 5% (dari cerobong pabrik pembakaran)    |
| Lainnya       | : | 25% (mikroorganisme)                    |

Ketinggian jelajah dan periode keberadaan aerosols di atmosfer bergantung pada massa, pemanasan dan pendinginan permukaan bumi serta angin. Sebagai contoh debu yang dihasilkan oleh letusan Gunung Krakatau pada Tahun 1883 sebagian terlempar hingga Stratosfer dan masih tetap berada di sana hingga saat ini.

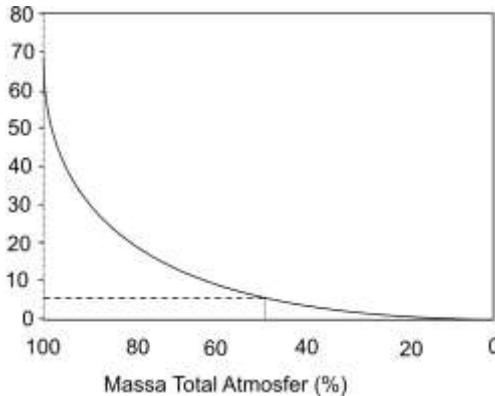
## **B. STRUKTUR ATMOSFER**

Sebagian besar bahan pengisi atmosfer adalah gas, suatu bahan berkerapatan molekul rendah sehingga mudah mampat dan mengembang. Medan gravitasi bumi cenderung menarik seluruh bahan atmosfer ke permukaan bumi. Akibatnya, kerapatan partikel atmosfer meningkat dengan makin berkurangnya ketinggian. Massa dan tekanannya pun meningkat semakin dekat permukaan bumi. Karena bagian terbesar bahan pengisi atmosfer tertarik ke bagian bawah, maka laju perubahan massa atmosfer terhadap ketinggian pada bagian bawah relatif meningkat (Gambar 1.2).

Pada Gambar 1.2 terlihat bahwa:

1. Sebagian terbesar partikel atmosfer yakni sekitar 50% massa atmosfer berada di dalam ruang udara hanya hingga ketinggian 5.5 – 5.6 km dari permukaan bumi, sisanya berada di lapisan atmosfer lebih atas.
2. Sekitar 99.99% dari massa atmosfer tercakup di dalam ruangan udara hingga ketinggian 40 km.

Batas terbawah atmosfer adalah permukaan laut. Sedangkan puncaknya sulit diketahui karena di samping besarnya keragaman ukuran dan massa partikel, terdapat pula keragaman suhu permukaan bumi dan kekuatan angin yang mempengaruhi pengangkutan bahan.



Sumber: Barry & Chorley, 1976

Gambar 1.2. Ketinggian atmosfer dan massa atmosfer yang tercakup di bawahnya

Pelapisan atmosfer secara vertikal juga dapat digambarkan dengan perubahan tekanan udara pada berbagai ketinggian, yang dinyatakan dalam persen terhadap tekanan udara normal di permukaan bumi (Tabel 1.3).

**Tabel 1.3. Perubahan tekanan udara terhadap ketinggian dinyatakan dengan persentase tekanan udara normal pada permukaan laut.**

| Ketinggian (km di atas permukaan laut) | Tekanan Udara (%) |
|--|-------------------|
| 0                                      | 100               |
| 5.6                                    | 50                |
| 16.2                                   | 10                |
| 31.2                                   | 1                 |
| 48.1                                   | 0.10              |
| 65.1                                   | 0.01              |
| 79.2                                   | 0.001             |
| 100                                    | 0.00003           |

Sumber : Lutgens and Tarbuck (1979)

Perubahan suhu udara di atmosfer secara vertikal (menurut ketinggian) berbeda-beda yang dapat dikelompokkan menjadi tiga hal. Perubahan suhu ( $dT$ ) terhadap ketinggian ( $dZ$ ) dinyatakan oleh  $dT/dZ$ .

1.  $dT/dZ > 0$  suhu naik (positif), dengan bertambahnya ketinggian. Hal ini disebut *inversi* suhu.
2.  $dT/dZ = 0$ , yakni suhu tetap walaupun ketinggian berubah. Hal ini disebut *isothermal*.
3.  $dT/dZ < 0$  (negatif), yakni suhu udara turun dengan bertambahnya ketinggian, disebut *lapse rate*.

Pola  $dT/dZ = 0$  atau isothermal merupakan pola transisi antara pola inversi dan pola *lapse rate* pada susunan profil atmosfer yang akan dijelaskan lebih lanjut. Perubahan ketiga pola  $dT/dZ$  di atmosfer terutama dipengaruhi oleh sifat pengendalian pemanasan atmosfer.

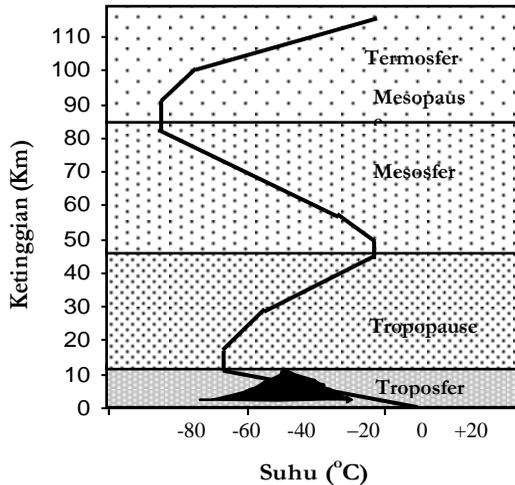
Di lapisan atmosfer terbawah yakni di troposfer, pemanasan diatur oleh radiasi infra merah dari permukaan bumi. Penurunan kerapatan partikel oleh meningkatnya ketinggian menyebabkan semakin sedikit serapan panas tersebut sehingga suhu udara menurun dengan meningkatnya ketinggian. Maka terjadilah pola  $dT/dZ$  negatif atau pola *lapse rate* suhu.

Di mesosfer berlangsung penyerapan energi ultraviolet oleh partikel-partikel  $O_2$  dalam pembentukan ozon ( $O_3$ ). Proses tersebut intensitasnya meningkat dengan semakin berkurangnya ketinggian. Sehingga berlangsung pula pola  $dT/dZ$  negatif atau pola *lapse rate* suhu.

Pada lapisan stratosfer dan termosfer tidak berlangsung proses penyerapan maupun pancaran radiasi oleh partikel atmosfer sehingga di kedua lapisan tersebut berlangsung pola  $dT/dZ$  bernilai positif atau pola inversi.

Berdasarkan sifat perubahan suhu menurut ketinggian dari bawah ke atas, terdapat empat lapisan utama atmosfer sebagai berikut (Gambar 1.3):

1. Troposfer dengan puncaknya Tropopause.
2. Stratosfer dengan puncaknya Stratopause.
3. Mesosfer dengan puncaknya Mesopause.
4. Termosfer.



Sumber: Lutgens and Tarbuck, 1979

Gambar 1.3. Pelapisan atmosfer berdasarkan perubahan suhu dan menurut ketinggian di atas permukaan laut

### C. KEGUNAAN ATMOSFER UNTUK KEHIDUPAN DAN PERTANIAN

Secara keseluruhan atmosfer memegang peran penting dalam sistem bumi-atmosfer. Empat peranan utama atmosfer terhadap proses fisik dan kehidupan makhluk di dalamnya dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Atmosfer merupakan sumber gas dan air presipitasi untuk permukaan bumi. Dalam memenuhi keperluan metabolisme makhluk hidup, atmosfer merupakan sumber gas nitrogen ( $N_2$ ), oksigen ( $O_2$ ), dan karbondioksida ( $CO_2$ ) yang berlimpah. Nitrogen merupakan unsur esensial bagi pertumbuhan tanaman. Proses fotosintesis tumbuhan di seluruh permukaan bumi akan mengurangi konsentrasi  $CO_2$  dan menambah konsentrasi  $O_2$  secara alami. Sebaliknya proses respirasi tumbuhan akan mengakibatkan hal yang sebaliknya yaitu menambah konsentrasi  $CO_2$  dan mengurangi konsentrasi  $O_2$ .
2. Atmosfer adalah penyaring (*filter*) radiasi surya. Melalui sifat-sifat kimia dan fisika tertentu, atmosfer mengatur jumlah dan jenis energi radiasi surya yang mencapai permukaan bumi. Ozon ( $O_3$ ) sebagai contoh, yang terkonsentrasi di lapisan atmosfer pada ketinggian antara 20-35 km tetapi

masih ada dalam jumlah besar sampai ketinggian 50 km, berperan untuk melindungi kehidupan terestrial dari radiasi surya yang merusak organ tubuh makhluk hidup (mematikan).

3. Pada sistem neraca energi radiasi, atmosfer merupakan penyangga (*buffer*). Tanpa ada proses penyanggaan (penyerapan, penerusan, dan pemantulan) radiasi oleh atmosfer, suhu bumi pada siang hari akan mencapai lebih dari 93°C dan malam hari akan mencapai - 184°C. Secara alami karbondioksida sangat efektif dalam memilah penyerapan sejumlah radiasi terestrial yang terpancar keluar, yang apabila tidak, radiasi tersebut akan hilang begitu saja ke angkasa. Begitu juga dengan uap air, di samping dapat menyerap sebagian radiasi surya, juga merupakan bahan penyerap yang sangat bagus untuk radiasi yang dikeluarkan permukaan bumi (radiasi terestrial). Lebih lanjut, jumlah panas yang besar yang digunakan untuk evaporasi air permukaan akan dilepaskan kembali ke atmosfer ketika uap air berkondensasi membentuk awan dan hujan. Dengan demikian permukaan bumi akan terhindar dari pemanasan dan pendinginan berlebihan.
4. Pada proses fisika di permukaan bumi, atmosfer merupakan pengatur kelestarian mekanisme proses cuaca dan iklim. Dalam mekanisme proses pembentukan awan dan hujan, keberadaan kotoran-kotoran di atmosfer (aerosol) memegang peranan yang penting dengan bertindak sebagai inti sehingga kondensasi terjadi di sekitarnya.

Sejak 10 tahun terakhir ini timbul kekhawatiran terhadap gangguan lingkungan. Penggunaan gas ringan khususnya CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) pada sistem mesin pendingin dan berbagai alat semprot (*sprayer*) untuk kosmetik sangat dikhawatirkan akan mengurangi lapisan ozon. Kekhawatiran lain timbul sehubungan dengan semakin menurunnya populasi tumbuh-tumbuhan hutan tropika akibat deforestasi yang berlebihan yang diperkirakan akan menambah kandungan CO<sub>2</sub> di atmosfer. Penambahan gas CO<sub>2</sub> juga semakin dikhawatirkan dengan meluasnya penggunaan bahan bakar untuk berbagai keperluan dan juga semakin intensifnya peristiwa kebakaran hutan di dunia. Apabila gangguan terhadap kesetimbangan alamiah pada lingkungan ini tidak dapat diatasi, diperkirakan suhu udara akan semakin meningkat yang diikuti perubahan iklim beserta dampak-dampaknya. Peningkatan kandungan CO<sub>2</sub> di atmosfer dari 320 ppm menjadi 370 ppm diperkirakan akan menyebabkan kenaikan suhu udara sekitar 0.5°C. Diduga

peningkatan CO<sub>2</sub> ini akan terus berlangsung apabila tidak dilakukan pencegahan dan tidak ada faktor yang menghambat.



## LATIHAN

---

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

- 1) Jelaskan apa yang dimaksud dengan atmosfer!
- 2) Apakah yang dimaksud dengan aerosols?
- 3) Bagaimana lapisan-lapisan atmosfer dapat dibedakan? Jelaskan jawaban Anda!
- 4) Pada lapisan mana terjadi *lapse rate* dan inversi suhu?
- 5) Apakah yang akan terjadi jika bumi tidak memiliki atmosfer?
- 6) Gas apakah di atmosfer yang mempertahankan adanya kehidupan di bumi?
- 7) Terangkan pentingnya keberadaan uap air di atmosfer!
- 8) Jelaskan fungsi atmosfer terhadap bumi!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Anda harus mengingat kembali komposisi dan struktur atmosfer serta kegunaannya untuk kehidupan dan pertanian.
- 2) Buatlah kelompok belajar dan diskusikan jawaban Anda.
- 3) Konsultasikan jawaban yang Anda buat dengan tutor Anda.



## RANGKUMAN

---

Atmosfer didefinisikan sebagai campuran gas-gas yang mengelilingi bumi pada segala sisinya. Atmosfer tersusun atas tiga kelompok bahan yaitu: (1) partikel udara kering yang mencakup sekitar 96% volume atmosfer, (2) bahan air (air, uap, dan es dalam bentuk awan), dan (3) aerosols atau bahan padatan, contohnya debu. Bahan-bahan tersebut memiliki massa berbeda dan tersebar di berbagai ketinggian membentuk susunan mirip pengendapan bahan di atmosfer. Bahan dengan massa ringan berada di atas bahan yang lebih berat. Akibatnya semakin

berkurang ketinggian di atmosfer menyebabkan peningkatan partikel udara.

Pelapisan atmosfer secara vertikal dapat digambarkan dengan laju perubahan massa atmosfer; perubahan tekanan udara pada berbagai ketinggian, yang dinyatakan dalam persen terhadap tekanan udara normal di permukaan bumi, dan perubahan suhu atmosfer secara vertikal.

Berdasarkan sifat perubahan suhu menurut ketinggian dari bawah ke atas, terdapat empat lapisan utama atmosfer yaitu troposfer dengan puncaknya tropopause, stratosfer dengan puncaknya stratopause, mesosfer dengan puncaknya mesopause, dan termosfer.

Secara keseluruhan atmosfer memegang peran penting dalam sistem bumi-atmosfer. Empat peranan utama atmosfer terhadap proses fisik dan kehidupan makhluk adalah sebagai sumber gas dan air presipitasi untuk permukaan bumi, penyaring (*filter*) radiasi surya, penyangga (*buffer*) sistem neraca energi radiasi, dan pengatur kelestarian mekanisme proses cuaca dan iklim.



## TES FORMATIF 2

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Gas dengan persentase volume tertinggi di atmosfer adalah ....
  - A. karbondioksida
  - B. argon dan uap air
  - C. nitrogen
  - D. jawaban a, b, dan c salah
  
- 2) Bahan (gas) penyusun atmosfer yang berkonsentrasi tinggi setelah bumi kaya akan tumbuhan hijau adalah ....
  - A. oksigen dan karbondioksida
  - B. oksigen dan karbonmonoksida
  - C. karbondioksida dan ozon
  - D. metana dan karbondioksida
  
- 3) Gas yang dapat mengubah cuaca adalah ....
  - A. karbondioksida
  - B. uap air
  - C. nitrogen
  - D. hidrogen

- 4) Komponen aerosols yang mempunyai persentase tertinggi adalah ....
  - A. uap air
  - B. kristal NaCl
  - C. asap
  - D. debu
  
- 5) Gas yang dapat menahan atau menyaring radiasi ultraviolet adalah ....
  - A. oksigen
  - B. uap air
  - C. karbondioksida
  - D. ozon
  
- 6) Berdasarkan distribusinya terhadap ketinggian, terdapat 2 lapisan di atmosfer yang mempunyai  $dT/dZ$  negatif, yaitu ....
  - A. troposfer dan stratosfer
  - B. stratosfer dan mesosfer
  - C. mesosfer dan troposfer
  - D. jawaban A, B, dan C salah
  
- 7) Penyebab utama adanya  $dT/dZ$  yang negatif pada lapisan atmosfer adalah ....
  - A. penurunan kerapatan molekul atmosfer terhadap peningkatan ketinggian
  - B. penurunan tekanan udara terhadap peningkatan ketinggian
  - C. penurunan pancaran radiasi bumi gelombang pendek terhadap peningkatan ketinggian
  - D. penurunan kadar uap atmosfer terhadap peningkatan ketinggian
  
- 8) Lapisan atmosfer yang merupakan lapisan pembuat cuaca adalah ....
  - A. troposfer
  - B. stratosfer
  - C. mesosfer
  - D. termosfer
  
- 9) Efek adanya peningkatan gas rumah kaca di atmosfer adalah ....
  - A. peningkatan radiasi ultra violet
  - B. peningkatan radiasi infra merah
  - C. peningkatan suhu udara
  - D. jawaban A, B, dan C salah

- 10) Salah satu dari empat peran utama atmosfer adalah ....
- sebagai penyanggah radiasi surya sehingga kadar ultra violet di bumi tidak berlebihan
  - sebagai penyanggah radiasi sehingga kadar ultra violet di bumi tidak berlebihan.
  - sebagai pelindung bumi dari pecahan batu meteor berbagai ukuran.
  - jawaban A, B, dan C semuanya benar.

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

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

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

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

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

- 1) B
- 2) B
- 3) B
- 4) D
- 5) B
- 6) C
- 7) C
- 8) D
- 9) C
- 10) C

### *Tes Formatif 2*

- 1) C
- 2) A
- 3) B
- 4) B
- 5) D
- 6) C
- 7) A
- 8) A
- 9) C
- 10) A

## Daftar Pustaka

- Barry, R.G. and R.J. Chorley. (1976). *Atmosphere, Weather, and Climate*. 3<sup>rd</sup> ed. Methuen.
- Lutgens, K.F. and E.J. Tarbuck. (1979). *The Atmosphere: An Introduction to Meteorology*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- McIntosh, D.H. (1972). *Meteorological Glossary*. 5<sup>th</sup> ed., London: Her Majesty's Stationery Office.
- Nasir A.A. (1999). *Klimatologi Pertanian*. Kapita Selekta Agroklimatologi. Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB dengan Bagian Proyek Peningkatan Kualitas Sumberdaya Manusia, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Depdikbud.
- Oliver, J.E. and Hidore, J.J. (1984). *Climatology*. Ohio USA: A Bell & Howell Company.