



BUKU AJAR KLIMATOLOGI

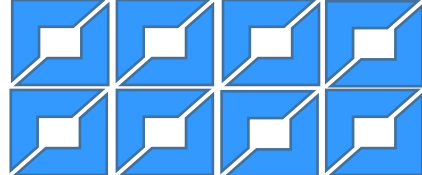
Penulis

Dr. Agus Yadi Ismail, S.Hut., M.Si.





Buku Ajar
KLIMATOLOGI
Dr. Agus Yadi Ismail, S.Hut., M.Si.



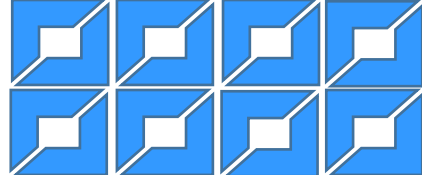
BUKU AJAR KLIMATOLOGI

Dr. H. Agus Yadi Ismail, S.Hut., M.Si.





Buku Ajar
KLIMATOLOGI
Dr. Agus Yadi Ismail, S.Hut., M.Si.



BUKU AJAR KLIMATOLOGI

Penulis:

Dr. H. Agus Yadi Ismail, S.Hut., M.Si.

Editor:

Mai Fernando Nainggolan, S.Pi, M.Agr

Tri Ferga Prasetyo, S.T., M.Kom

Tata Letak:

Tri Ferga Prasetyo, S.T., M.Kom

Desain Cover :

Tri Ferga Prasetyo, S.T., M.Kom.

Cetakan Pertama : Mei 2024

Hak Cipta 2024, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia

ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151

Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website : www.rcipress.rcipublisher.org

E-mail : rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2024 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia

All Right Reserved

- Cet. I – : Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2024

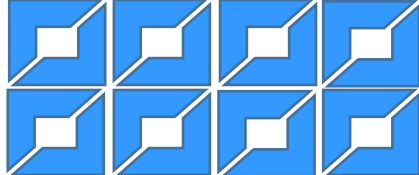
; 14,8 x 21 cm

ISBN : 978-623-448-878-4

Hak cipta dilindungi undang-undang

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang

Hak Cipta Pasal 72



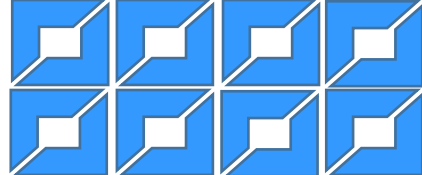
KATA PENGANTAR

Penulis menyadari bahwa buku ini masih memerlukan banyak penyempurnaan. Untuk itu kepada para pembaca diharapkan saran-saran dan kritik sehingga buku ini dapat sempurna. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat

Alhamdulillah, puji dan syukur mari kita panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberi kesehatan dan kekuatan kepada kita semua, sehingga selalu dapat melakukan tugas dengan baik. Selawat dan salam juga tak lupa kita ucapkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, yang telah membawa umatnya dari alam kegelapan (kebodohan) kepada alam yang terang benderang penuh dengan akhlak dan ilmu pengetahuan. Dalam aktivitas belajar mengajar satu mata kuliah, selain pemberian teori dalam kelas, untuk pemantapan pemahaman dan aplikasinya tentunya diperlukan tindak nyata berupa praktikum. Guna memenuhi perkuliahan berjalan dengan baik, sangatlah diperlukan adanya buku ajar mata kuliah yang diajar tersebut yang dapat digunakan oleh mahasiswa dalam memahami materi yang diajarkan. Akhir kata, kami mengharapkan buku ajar mata kuliah Klimatologi ini dapat menjadi panduan dan motivasi mahasiswa dalam proses pengajaran. Kami juga mengharapkan semoga buku ajar ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang memerlukan.

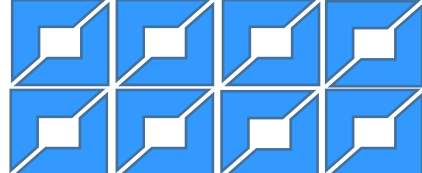
Kuningan, Mei 2024

Penulis

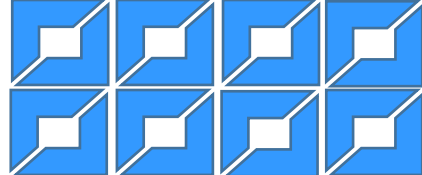


DAFTAR ISI

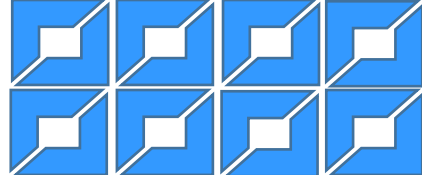
KATA PENGANTAR	3
DAFTAR ISI.....	4
I. KLIMATOLOGI DAN METEOROLOGI.....	9
1.1. Pendahuluan	9
1.2. Tujuan Interaksional Khusus.....	9
1.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran	9
1.4. Deskripsi Mata Kuliah	10
1.5. Kesimpulan.....	27
1.6. Evaluasi.....	27
1.7. Tindak Lanjut	30
1.8. Rujukan	30
II. ATMOSFER BUMI	31
2.1. Pendahuluan	31
2.2. Tujuan Interaksional Khusus.....	31
2.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran	31
2.4. Deskripsi Mata Kuliah	31
2.5. Kesimpulan.....	58
2.6. Evaluasi.....	58



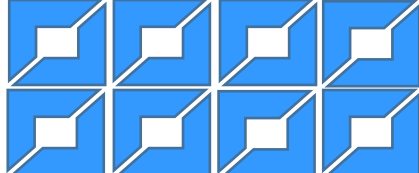
2.7. Tindak Lanjut	61
2.8. Rujukan	61
III. RADIASI MATAHARI	62
3.1. Pendahuluan	62
3.2. Tujuan Interaksional Khusus.....	62
3.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran	62
3.4. Deskripsi Mata Kuliah	62
3.5. Kesimpulan.....	94
3.6. Evaluasi.....	95
3.7. Tindak Lanjut	98
3.8. Rujukan	98
IV. SUHU	99
4.1. Pendahuluan	99
4.2. Tujuan Interaksional Khusus.....	99
4.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran	99
4.4. Deskripsi Mata Kuliah	99
4.5. Kesimpulan.....	115
4.6. Evaluasi.....	115
4.7. Tindak Lanjut	118
4.8. Rujukan	118
V. TEKATAN UDARA.....	119



5.1. Pendahuluan	119
5.2. Tujuan Interaksional Khusus.....	119
5.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran	119
5.4. Deskripsi Mata Kuliah	120
5.5. Kesimpulan.....	131
5.6. Evaluasi.....	131
5.7. Tindak Lanjut	134
5.8. Rujukan	134
VI. ANGIN	135
6.1. Pendahuluan	135
6.2. Tujuan Interaksional Khusus.....	135
6.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran	135
6.4. Deskripsi Mata Kuliah	135
6.5. Kesimpulan.....	151
6.6. Evaluasi.....	151
6.7. Tindak Lanjut	153
6.8. Rujukan	154
VII. KELEMBABAN UDARA	155
7.1. Pendahuluan	155
7.2. Tujuan Interaksional Khusus.....	155
7.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran	155



7.4. Deskripsi Mata Kuliah	156
7.5. Kesimpulan	166
7.6. Evaluasi	166
7.8. Tindak Lanjut	169
7.9. Rujukan	169
VIII. AWAN	170
8.1. Pendahuluan	170
8.2. Tujuan Interaksional Khusus.....	170
8.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran	170
8.4. Deskripsi Mata Kuliah	171
8.5. Kesimpulan	182
8.6. Evaluasi	182
8.7. Tindak Lanjut	186
8.8. Rujukan	186
IX. HUJAN	187
9.1. Pendahuluan	187
9.2. Tujuan Interaksional Khusus.....	187
9.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran	187
9.4. Deskripsi Mata Kuliah	187
9.5. Kesimpulan	203
9.6. Evaluasi	203



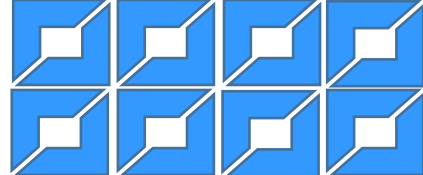
9.8. Tindak Lanjut	206
9.9. Rujukan	206
X. PENGUAPAN	207
10.1. Pendahuluan	207
10.2. Tujuan Interaksional Khusus.....	207
10.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran	207
10.4. Deskripsi Mata Kuliah	207
10.5. Kesimpulan	213
10.6. Evaluasi	213
10.7. Tindak Lanjut	216
10.8. Rujukan	216
XI. Klasifikasi Iklim	217
11.1. Pendahuluan	217
11.2. Tujuan Interaksional Khusus.....	217
11.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran	217
11.4. Deskripsi Mata Kuliah	218
11.5. Kesimpulan	230
11.6. Evaluasi	230
11.7. Tindak Lanjut	234
11.8. Rujukan	234
DAFTAR PUSTAKA	236



Buku Ajar

KLIMATOLOGI

Dr. Agus Yadi Ismail, S.Hut., M.Si.



I. KLIMATOLOGI DAN METEOROLOGI

1.1. Pendahuluan

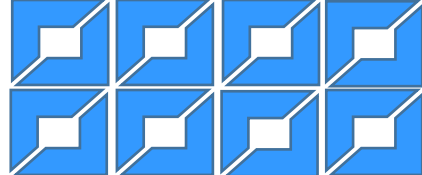
Bab ini akan memberikan gambaran umum tentang klimatologi dan meteorologi, termasuk definisi, ruang lingkup, dan pentingnya dalam bidang pertanian dan kehutanan.

1.2. Tujuan Interaksional Khusus

- a. Memahami perbedaan antara klimatologi dan meteorologi.
- b. Menjelaskan pengaruh iklim terhadap bidang pertanian dan kehutanan.

1.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran

- a. Mengidentifikasi unsur-unsur cuaca dan iklim.
- b. Mendeskripsikan pengaruh iklim terhadap tanaman dan hutan.



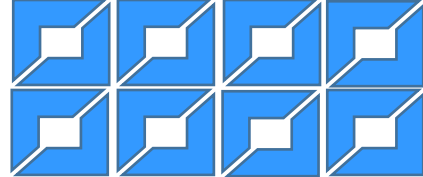
1.4. Deskripsi Mata Kuliah

1. Ruang Lingkup Klimatologi dan Meteorologi

Pengetahuan yang mempelajari tentang atmosfer secara umum disebut dengan *Atmospheric Science*, sedangkan istilah meteorologi pada umumnya digunakan pada lapisan atmosfer dibawah yang selalu terjadi perubahan keadaan udara dan cuaca pada umumnya, dengan begitu meteorologi merupakan ilmu yang mempelajari cuaca. 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. Meteorologi sebagai ilmu yang mempelajari atmosfer, fenomena atmosfer, dan efek atmosfer pada cuaca (Utomo D.H, 2016).

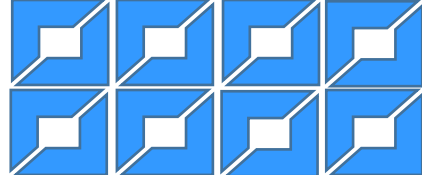
Cuaca yang terjadi di bumi memiliki skala yang berbeda dari segi ruang dan waktu, skala ini digolongkan menjadi empat skala meteorologi (Utomo D.H, 2016) yaitu : skala mikro, skala meso, skala sinoptik, dan skala global.

- a. Meteorologi mikro, skala ini berfokus kepada fenomena dengan ukuran dari beberapa centimeter sampai dengan beberapa kilometer, memiliki fenomena yang rentang hidupnya pendek,



mempengaruhi wilayah geografis yang sangat kecil, sering mempelajari proses antara tanah, ejetasi, dan air permukaan di dekat permukaan tanah.

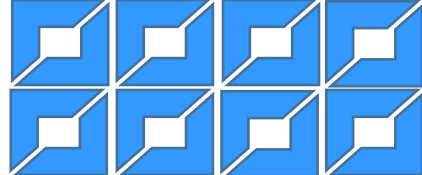
- b. Meteorologi meso, fenomena skala ini berkisar dari beberapa kilometer sampai dengan dengan sekitar 1.000 kilometer. Dalam skala ini ada dua fenomena penting yaitu kompleks konvektif (*mesoscale convective complexes*) dan sistem konvektif mesocale (*mesoscale convective system*). Kedua fenomena ini terjadi akibat konveksi yang merupakan prinsip meteorologi, dalam fenomena ini udara lembab dan hangat selama tengah hari-saat sudut matahari berada pada titik tertinggi naik ke atmosfer kemudian terjadi pendinginan, mengembun menjadi awan dan mengubah uap air menjadi hujan.
- c. Meteorologi skala sinoptik, fenomena skala sinoptik memiliki luasan beberapa ratus kilometer sampai dengan ribuan kilometer. Sistem tekanan tinggi dan rendah yang terlihat pada perkiraan cuaca lokal merupakan skala sinoptik. Tekanan seperti konveksi merupakan prinsip meteorologi yang merupakan akar dari sistem cuaca skala besaryang beragam seperti badai dan



udara dingin. Sistem tekanan rendah terjadi dimana tekanan atmosfer di permukaan bumi kurang dari lingkungan sekitarnya, angin dan kelembaban dari daerah dengan tekanan tinggi mencari daerah dengan tekanan rendah. Gerakan inimenyebabkan sistem untuk memutar berlawanan arah jarum jam disebelah bumi bagian utara dan searah jarum jam sebelah bumi bagian selatan yang menciptakan angin topan.

- d. Meteorologi skala global, merupakan pola cuaca yang terkait dengan pengangkutan panas, angin, dan kelembapan dari daerah tropis menuju kedaerah kutub. Pola ini adalah sirkulasi atmosfer global, yaitu gerakan skala besar dari udara yang membantu mendistribusikan energi panas diseluruh permukaan bumi dan sirkulasi atmosfer merupakan gerakancukup konstan diseluruh dunia.

Klimatologi merupakan ilmu yang mempelajari iklim melalui studi atmosfer pada wilayah tertentu, untuk periode tertentu, dan berdasarkan data iklim. Klimatologi berasal dari kata “*klima*” yang berarti inklinasi (lintang) dan “*logos*” yang berarti ilmu. Berdasarkan

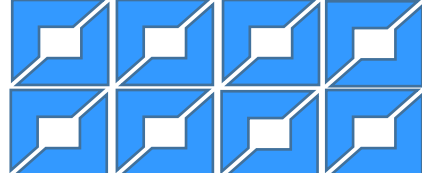


pengertian tersebut bisa disimpulkan bahwa klimatologi adalah ilmu yang mendeskripsikan dan menjelaskan iklim alamiah (*Nature of climate*), terjadinya perbedaan iklim dari wilayah kewilayah lain, dan relasi antara lingkungan alam dan aktivitas manusia (Utomo D.H, 2016).

Iklim mempelajari variasi iklim dan distribusinya di permukaan bumi, dan berhubungan erat dengan meteorologi. Meteorologi mempelajari apa yang terjadi di atmosfer dan penyebabnya sedangkan klimatologi menginterpretasi data hasil observasi dari meteorologi untuk menginvestigasi pola spasial dan interaksinya (Utomo D.H, 2016).

Dalam menentukan iklim disuatu daerah diperlukan data cuaca paling sedikit 30 tahun (*world Meteorological Organization*, Warsawa, 1935). Iklim berdasarkan ruang dan waktu membagi iklim menjadi 4 tipe iklim yaitu iklim mikro, iklim topo, iklim meso, dan iklim makro.

Menurut Geiger tahun 1965 dalam Utomo DH, 2016 iklim mikro merupakan iklim dalam ruang kecil. Iklim mikro merupakan Studi tentang tipikal iklim dan cirinya pada lapisan atmosfer bawah yaitu <2 meter diatas permukaan tanah (Haurwitz dan Austin, 1944 dalam Utomo DH,



2016). Berikut ini disajikan pada tabel 1.1 hirarki iklim berdasarkan ruang dan waktu.

Tabel 1.1 Hirarki Ikim Berdasarkan ruang dan Waktu

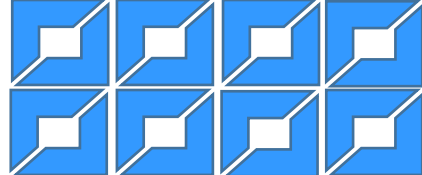
Iklim	Skala Horizontal (km)	Skala Vertikal (km)	Skala Waktu
Iklim Mikro (<i>Mikroclimate</i>)	< 0,1	< 0,01	< 24 jam
Iklim Topo (<i>Topclimate</i>)	1 – 10	0,01 – 0,1	1 – 24 jam
Iklim meso (<i>Mesoclimate</i>)	500 – 1.000	1 – 10	1 – 6 bulan
Iklim Makro (<i>Makroclimate</i>)	> 2.000	3 – 10	1 – 6 bulan

Sumber : Barry, 1970 dalam Utomo DH, 2016

Kilmatologi berdasarkan penggolongan keilmuannya dapat di golongan pada lima cabang klimatologi (Utomo DH, 2016) :

1. Klimatologi Fisik (*Physical Climatology*).

Dalam Klimatologi Fisik membahas tentang faktor-faktor penyebab variasi spasiotemporal, fokus terkait energi matahari dan transformasi energi di atmosfer, dan pada pola perubahan energi memiliki kerumitan antar fasenya (padat, cair, dan gas).



2. Klimatologi Dinamik (*Dynamical Climatology*)

Klimatologi yang membahas proses *thermodynamic* di atmosfer dan hasil gerak atmosfer, menginvestigasi dampak perubahan variasi parameter fisik terhadap iklim, mempelajari efek pertambahan gas rumah kaca terhadap suhu global, pengaruh gunung terhadap dinamika atmosfer, dan suhu permukaan laut.

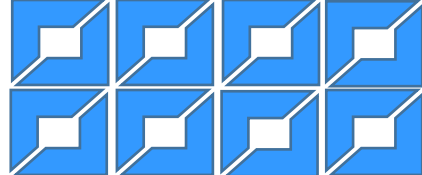
3. Klimatologi Sinoptik (*Synoptic Climatology*)

Klimatologi sinoptik memiliki lingkup lokal atau iklim pada titik-titik sirkulasi atmosfer, kemudian perbedaan pola sirkulasi atmosfer ini yang menyebabkan perbedaan iklim. Selain itu klimatologi ini mempelajari hubungan antara sirkulasi atmosfer dengan cuaca buruk seperti La-Nina dan El-Nino.

4. Klimatologi Regional (*Reginal Climatology*)

Klimatologi regional menentukan dan menggambarkan tipe iklim dunia, kemudian dikenal sebagai klimatologi deskriptif karena menekankan pada identifikasi karakteristik iklim dan interaksi cuaca /

iklim pada kehidupan, kesehatan, dan ekonomi masyarakat disuatu wilayah.



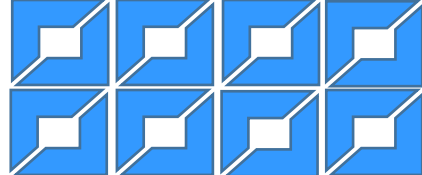
5. Klimatologi Terapan (*Applied Climatology*)

Klimatologi yang menekankan pada penerapan ilmu iklim untuk memecahkan berbagai masalah praktis yang dihadapi masyarakat, merupakan analisis keterkaitan klimatologi dengan ilmu lainnya.

Klimatologi terapan bisa menjelaskan unsur-unsur iklim beserta faktor yang mengontrol distribusinya, penyebab terjadinya macam-macam tipe iklim, efek iklim itu sendiri terhadap suatu vegetasi, menganalisis interaksi unsur-unsur cuaca dan iklim terhadap manusia.

2. Cuaca dan Iklim

Cuaca merupakan segala peristiwa / proses-proses yang terjadi di dalam lingkup atmosfer pada suatu saat tertentu, misalnya satu hari, terutama menekankan pada proses-proses yang terjadi seperti kelembaban, angin maupun hujan yang terjadi. Ilmu yang mempelajari tentang cuaca disebut Meteorologi. 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.

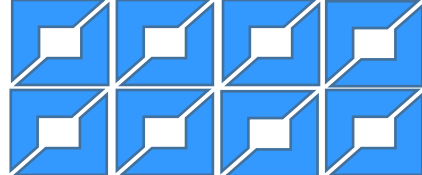


Oleh karena cuaca merupakan nilai sesaat dari atmosfer maka cuaca dapat berubah setiap saat. Perubahan cuaca hari demi hari dan bulan demi bulan umumnya akan membentuk pola tertentu. Setelah beberapa tahun,

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 merupakan 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 1.2 Perbedaan Antara Cuaca dan Iklim

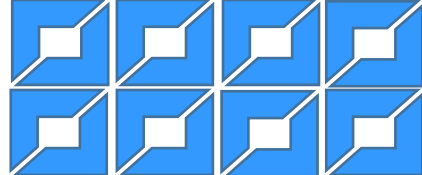
No	Cuaca	Iklim
1.	Suatu kondisi fisik atmosfer yang Khas dalam suatu wilayah yang spesifik	Kondisi atmosfer umum yang menunjukkan dan menggambarkan karakteristik suatu wilayah.
2.	Komponennya termasuk	Komponen curah



	sinar matahari, hujan, tutupan awan, angin, hujan es, salju, hujan beku, banjir, badai salju, badai es, badai petir, hujan stabil dari bagian depan yang dingin atau bagian depan yang hangat, panas yang berlebihan, gelombang panas dan banyak lagi	hujan, suhu, kelembaban, sinar matahari, kecepatan angin, fenomena seperti kabut, embun beku, dan badai hujan es selama periode waktu tertentu
3.	Nilainya berubah setiap saat	Perubahannya memerlukan waktu yang cukup lama
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.	Diukur untukjangwawaktu pendek	Diukur untuk jangkawaktu panjang
6.	Pertumbuhan, perkembangan, dan hasil tanaman ditentukan oleh cuaca dalam suatu musim	Pemilihan tanaman yang cocok di suatu tempat ditentukan berdasarkan iklim di tempat tersebut

Sumber :

http://www.diffen.com/difference/Climate_vs_Weather



3. Unsur-unsur Cuaca dan Iklim

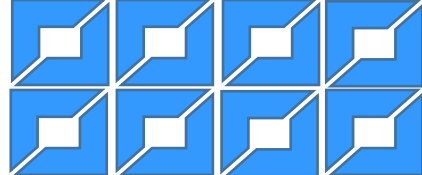
Unsur cuaca dan unsur iklim yang utama terdiri dari suhu udara ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban udara (%), curah hujan (mm), angin (Knot) (Sudiarta, 2013; Winarno *et al*, 2019; Koesmaryono *et al*, 2014). Lebih lanjut lagi Sudiarta (2013) mengatakan factor yang mempengaruhi unsur-unsur ini yang menyebabkan perbedaan iklim pada berbagai tempat disebabkan dengan kendali iklim seperti matahari, distribusi darat dan air, sel semi permanen tekanan tinggi dan rendah, massa udara, pegunungan, arus laut, dan badai.

1. Suhu Udara

Suhu merupakan suatu ukuran secara kuantitatif pada temperature, panas, dan dingin yang diukur dengan menggunakan alat termometer (Winarno *et al*, 2019), sedangkan menurut Sudiarta (2013) suhu merupakan tingkat panas suatu benda. Lebih lanjut menurut Sudiarta (2013) suhu akan berubah sesuai dengan keadaan suatu tempat baik itu tempat terbuka atau tempat tertutup seperti didalam Gedung, dan juga pada ladang rumput dengan ladang yang telah dibajak sebelumnya.

2. Kelembaban Udara

Kelembaban udara merupakan banyaknya uap air yang terdapat di udara dan pada pengukurannya bisa menggunakan alat hygrometer, selain itu berpengaruh terhadap kehidupan makhluk hidup



seperti mikroorganisme dan beberapa jenis cacing yang tempat hidupnya di daerah yang lembab (Winarno et al, 2019).

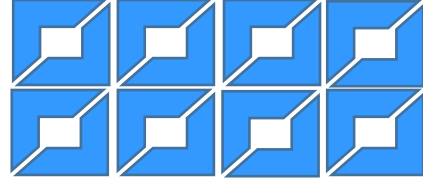
3. Curah Hujan

Curah hujan merupakan banyaknya hujan yang turun pada suatu daerah dan terjadi pada waktu tertentu (Winarno et al, 2019). Lebih lanjut menurut winarno et al (2019) perbedaan curah hujan pada suatu wilayah dengan wilayah lainnya mengakibatkan variasi jenis dan karakteristik makhluk hidup baik flora maupun fauna daerah tersebut, kemudian daerah yang memiliki curah hujan yang melimpah dan sedikit terdapat di daerah ekuator dan daerah kutub. Terdapat tiga pola curah hujan yang umum di Indonesia adalah sebagai berikut (Winarno *et al*, 2019) :

- a) Pola curah hujan monsoon, merupakan distribusi curah hujan bulanan atau musiman pada bulan Juni-Agustus dan berbentuk huruf “V”.
- b) Pola curah hujan ekuator, merupakan curah hujan maksimum yang terjadi setelah ekinoks yaitu bulan maret dan oktober.
- c) Pola curah hujan local, merupakan distribusi yang banyak di pengaruhi oleh sifat lokal.

4. Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi menuju daerah yang



bertekanan rendah (Winarno et al, 2019). Sudarto (2011) mengatakan angin memiliki hubungan yang erat dengan matahari, daerah bertekanan tinggi disebabkan oleh paparan sinar matahari yang sedikit menyebabkan suhu permukaanya rendah begitupun sebaliknya daerah bertekanan rendah disebabkan oleh paparan sinar matahari yang banyak sehingga suhu akan naik.

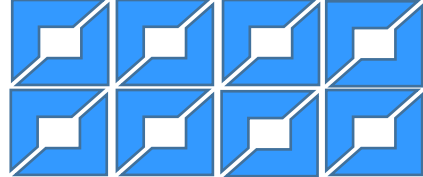
4. Pengaruh Cuaca dan Iklim dalam Bidang Pertanian dan Kehutanan

1. Bidang Pertanian

Pertumbuhan Tanaman dipengaruhi oleh 2 faktor utama yaitu faktor dalam (faktor genetik) dari tanaman dan faktor luar yaitu tanah (faktor edafik) dan iklim (faktor klimatik). Cuaca dan iklim selain mempengaruhi tanaman mulai dari pertunasan sampai panen juga akan mempengaruhi hasil panen (Winarno *et al*, 2019).



Gambar 1.1 Iklim dan Cuaca Mempengaruhi Hasil Panen
(Mukhammadulinnuha 2019 dan Republika 2021)



2. Bidang Kehutanan

Cuaca dan iklim dapat mempengaruhi pada bidang kehutanan seperti ekologi dan fisiologi tumbuhan, silvikultur, konservasi tanah dan air, hidrologi, pengelolaan DAS, tanah, hama dan penyakit tanaman hutan (Karyati, 2019). dibawah ini penjelasan faktor apa saja yang dipengaruhi oleh cuaca dan iklim diantaranya adalah sebagai berikut :

a) Ekologi dan fisiologi tumbuhan

Cuaca dan iklim merupakan salah satu faktor pembatas dalam proses pertumbuhan dan produksi tanaman. Dalam menentukan jenis-jenis dan produksi tanaman yang tumbuh baik pada suatu wilayah di tentukan oleh Karakteristik dan tipe iklim.

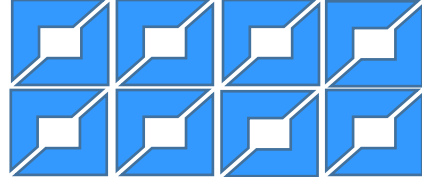


A



B

Gambar 1.2 Ekologi dan Fisiologi Jenis Bunga di Kawasan Tropis dan Subtropis yang berbeda dipengaruhi oleh Iklim dan Cuaca, A. *Rafflesia arnoldi*, B. *Prunus serrulate* (Hutanpedia, 2022 dan IDN Times, 2024)



b) Silvikultur

Dalam melakukan pengelolaan hutan diperlukan pengetahuan dan pemahaman tentang dasar-dasar silvikultur juga klimatologi seperti dalam dasar-dasar silvikultur diketahui ada dua jenis pohon yaitu pohon toleran atau tahan terhadap naungan dan pohon intoleran yaitu pohon tidak tahan terhadap naungan.



A

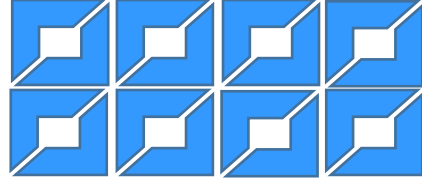


B

Gambar 1.3 Pengelolaan Hutan dengan Silvikultur yang dipengaruhi oleh Iklim dan Cuaca dengan adanya Pohon Intoleran dan Toleran A. *Coffea* sp, B. *Durio zibethinus* L. (Socfindo Conservation, 2024)

c) Konservasi tanah dan air

Konservasi tanah dan air dilakukan untuk mengurangi pengaruh dari cuaca dan iklim, salah satu cara yaitu dengan memanfaatkan dan memberikan



perlakuan atau treatment tertentu pada tanah dan setelah tanah digunakan baiknya dilakukan pemeliharaan tanah untuk meminimalisir perubahan kondisi tanah (Kartasapoetra, 1993).



A

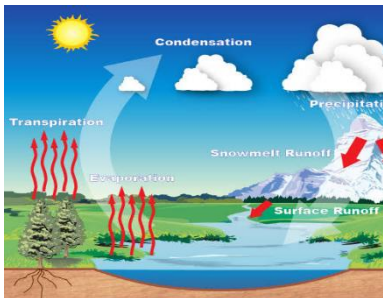
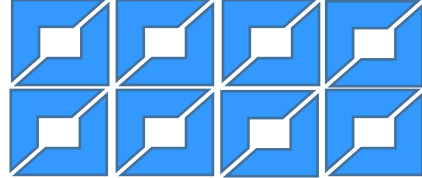
B

C

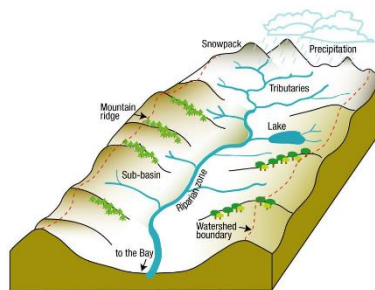
Gambar 1.4 Upaya Konservasi Tanah dan Air
A. Vegetatif, B. Mekanik, C. Kimia yang dipengaruhi oleh Iklim dan Cuaca (Infarm dan Kompasiana, 2024)

d) Hidrologi dan Pengelolaan DAS

Hutan mencegah banjir, hutan mencegah kekeringan, hutan menambah curah hujan, dan hutan mengalirkan sumber-sumber air yang sebelumnya tidak ada merupakan isu yang sering dikaitkan dengan keberadaan hutan dalam pengelolaan DAS (Asdak, 2002). Dalam hidrologi pengukuran seperti presipitasi dan suhu udara, kelembapan, angin, radiasi, evaporasi dan data lainnya juga diperlukan (Lingga, 1986).



A

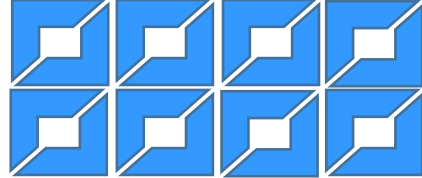


B

Gambar 1.5 A. Siklus Hidrologi dan B. Pengelolaan DAS yang dipengaruhi oleh Iklim dan Cuaca (Gowes.ID, 2023 dan Geografik, 2022)

e) Tanah

Pengaruh cuaca dan iklim pada sifat-sifat tanah akan terlihat pada daerah-daerah yang berjauhan karena memiliki perbedaan iklim yang nyata bila dibandingkan dengan daerah-daerah yang berdekatan (Hardjowigeno, 2003).



Buku Ajar

KLIMATOLOGI

Dr. Agus Yadi Ismail, S.Hut., M.Si.

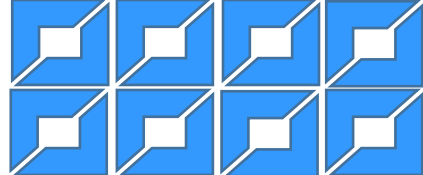


A

B

Gambar 1.6 Kondisi Tanah di Kawasan A. Padang Pasir dan B. Persawahan yang berbeda karena perbedaan Iklim dan Cuaca (pxhere.com, 2024 dan santosa.wordpress.com, 2012)

- f) Hama dan penyakit tanaman hutan
Proses epidemiologi penyakit tumbuhan dipengaruhi oleh salah satu factor yaitu iklim, hal ini yang mempercepat kelangsungan proses epidemiologi (karyati, 2019).



A



B

Gambar 1.7 A. Hama Kumbang kulit pohon cemara bergigi delapan (*Ips typographus*) dan B. Penyakit Hawar Kastanye Manis oleh Jamur *Cryphonectria parasitica* Menyerang Pohon Cemara dan Kastanye Manis (Gov.uk, 2024 dan Forest Research, 2024)

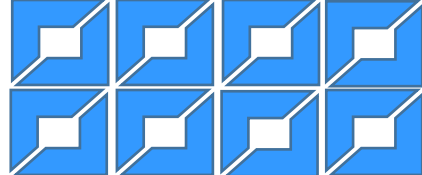
1.5. Kesimpulan

- a. Klimatologi mempelajari iklim melalui data atmosfer dalam jangka panjang.
- b. Meteorologi fokus pada proses fisika atmosfer yang membentuk cuaca.

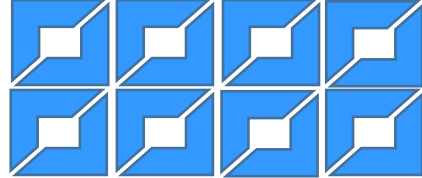
1.6. Evaluasi

Soal Pilihan Ganda

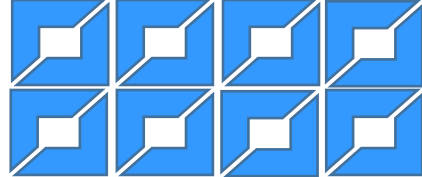
1. Apa yang dimaksud dengan klimatologi?
 - a. Ilmu tentang cuaca
 - b. Ilmu tentang iklim
 - c. Ilmu tentang tanah
 - d. Ilmu tentang tumbuhan
2. Apa pengaruh utama iklim dalam bidang kehutanan?
 - a. Mengontrol pertumbuhan tanaman



- b. Mengontrol suhu tanah
 - c. Mempengaruhi hasil panen
 - d. Mempengaruhi jenis tanaman yang tumbuh
3. Unsur apa saja yang termasuk dalam cuaca?
 - a. Suhu, kelembaban, angin, curah hujan
 - b. Tanah, air, udara, tumbuhan
 - c. Tekanan udara, suhu, kelembaban, tanah
 - d. Matahari, bulan, bintang, awan
4. Meteorologi mempelajari apa?
 - a. Iklim
 - b. Tanah
 - c. Proses fisika di atmosfer
 - d. Tumbuhan
5. Faktor apa yang paling mempengaruhi perubahan cuaca?
 - a. Angin
 - b. Tekanan udara
 - c. Kelembaban
 - d. Semua jawaban benar
6. Berapa lama data cuaca harus dikumpulkan untuk menentukan iklim?
 - a. 10 tahun
 - b. 20 tahun
 - c. 30 tahun
 - d. 40 tahun
7. Apa yang dimaksud dengan skala mikro dalam meteorologi?



- a. Fenomena atmosfer dalam radius beberapa meter hingga kilometer
 - b. Fenomena atmosfer dalam radius ribuan kilometer
 - c. Fenomena atmosfer dalam radius puluhan kilometer
 - d. Fenomena atmosfer dalam radius ratusan kilometer
8. Apa yang dimaksud dengan skala sinoptik dalam meteorologi?
- a. Fenomena atmosfer dalam radius beberapa meter hingga kilometer
 - b. Fenomena atmosfer dalam radius ribuan kilometer
 - c. Fenomena atmosfer dalam radius puluhan kilometer
 - d. Fenomena atmosfer dalam radius ratusan kilometer
9. Cuaca diukur dalam jangka waktu?
- a. Pendek
 - b. Panjang
 - c. Sangat panjang
 - d. Menengah
10. Iklim diukur dalam jangka waktu?
- a. Pendek
 - b. Panjang
 - c. Sangat pendek
 - d. Tidak menentu



Soal Essai

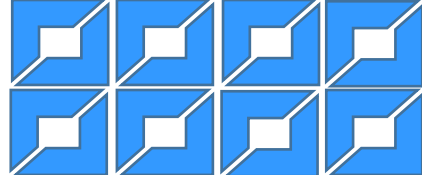
1. Jelaskan perbedaan antara cuaca dan iklim.
2. Bagaimana iklim mempengaruhi hasil panen dalam bidang pertanian?
3. Apa saja skala meteorologi dan berikan contohnya masing-masing?
4. Mengapa data cuaca harus dikumpulkan selama 30 tahun untuk menentukan iklim?
5. Jelaskan pentingnya mempelajari klimatologi dalam bidang kehutanan.

1.7. Tindak Lanjut

Mendorong mahasiswa untuk mengamati dan mencatat kondisi cuaca lokal selama satu minggu.

1.8. Rujukan

- a. Utomo, D.H. (2016). Meteorologi dan Klimatologi.
- b. Sudiarta, I. (2013). Atmosfer Bumi dan Peranannya.
- c. Winarno, et al. (2019). Fisika Atmosfer.



II. ATMOSFER BUMI

2.1. Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang komposisi dan struktur atmosfer bumi serta pentingnya atmosfer dalam melindungi kehidupan di bumi.

2.2. Tujuan Interaksional Khusus

- Memahami komposisi atmosfer.
- Menjelaskan lapisan-lapisan atmosfer dan fungsinya.

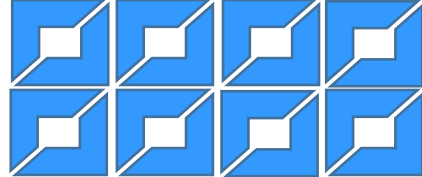
2.3. Indikator dan Tujuan Pembelajaran

- Mengidentifikasi gas-gas utama penyusun atmosfer.
- Menjelaskan fungsi setiap lapisan atmosfer.

2.4. Deskripsi Mata Kuliah

1. Pengertian dan ruang lingkup Atmosfer

Atmosfer berasal dari bahasa Yunani *atmos* = uap, dan *sphaira* = bola. Berdasarkan pengertian tersebut maka atmosfer bisa diartikan sebagai selubung uap (gas) yang menyelimuti seluruh permukaan bumi. Bisa juga atmosfer diartikan sebagai ruang yang berisi udara. Sifat-sifat atmosfer adalah sebagai berikut (Utomo, 2016) :



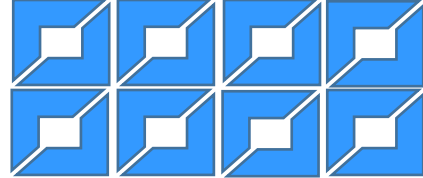
- a) Tidak berwarna, tidak berbau dan tidak dapat dirasakan kecuali dalam bentuk angin. Pada kejadian tertentu tercium bau udara, hal ini menandakan kondisi atmosfer yang tidak normal atau kurang sehat seperti sampah di area pembuangan sampah.
- b) Dinamis dan elastis sehingga dapat mengembang dan mengerut (volume) serta dapat bergerak atau berpindah. Sifat ini sama dengan sifat gas ataupun zat cair yang konvektif.
- c) Transparan terhadap beberapa bentuk radiasi (hubungannya dengan *greenhouse effect*) seperti radiasi gelombang pendek. Dan tidak transparan terhadap radiasi gelombang panjang.
- d) Mempunyai massa sehingga mempunyai tekanan. Masa atmosfer $\pm 56 \times 10^{14}$ ton, setengahnya berada pada ketinggian 6 km, lebih dari 99% berada dibawah ketinggian 30 km, 99,9% berada dibawah ketinggian 50 km, dan 99,9997% berada dibawah ketinggian 100 km.



Buku Ajar

KLIMATOLOGI

Dr. Agus Yadi Ismail, S.Hut., M.Si.



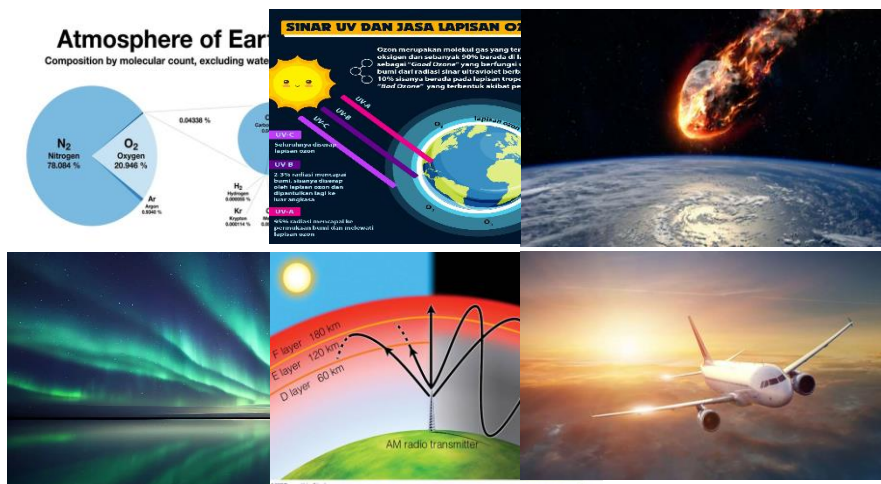
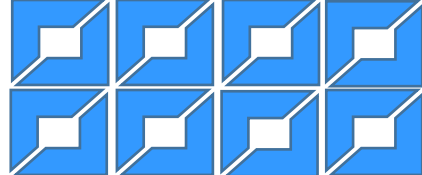
Gambar 2.1 Atmosfer Bumi (Merdeka.com, 2021)

Atmosfer berperan penting bagi kehidupann di bumi dan juga sebagai pelindung dari ancaman diluar bumi (Sudiarta, 2013). Beberapa peran atmosfer diantaranya adalah sebagai 1). Sumber beberapa gas vital, 2). Lapisan yang dapat melindungi kehidupan dibumi dari pengaruh radiasi matahari, 3). Pelindung dari hujan meteor, 4). Mendisplay fenomena meteorologis seperti pelangi, aurora, halo, dan awan cumulonimbus, 5). Jalur lalu lintas komunikasi elektronik seperti radio dan telepon seluler, dan 6). Jalur lalu lintas transportasi udara.



Buku Ajar KLIMATOLOGI

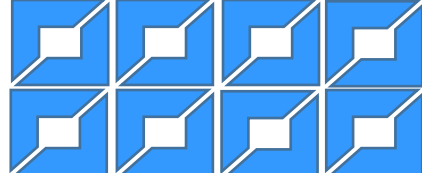
Dr. Agus Yadi Ismail, S.Hut., M.Si.



Gambar 2.2 Peran dari Atmosfer Bumi

2. Komposisi Atmosfer

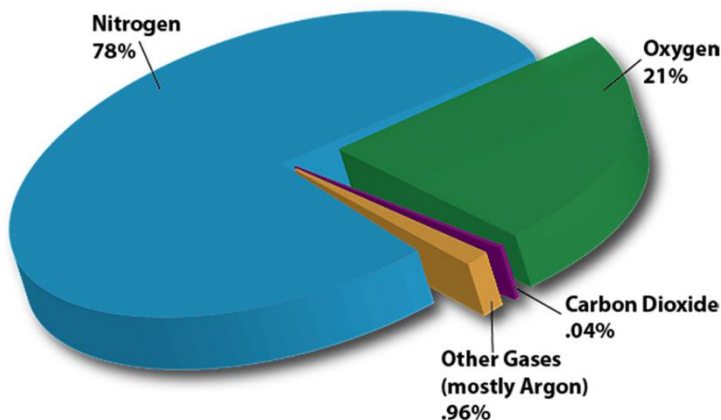
Atmosfer terdiri dari berbagai gas dan aerosol yang dapat membentuk partikel-partikel padat dan cair yang dapat disalurkan melalui udara. Gas-gas penyusun atmosfer memiliki kadar yang konstan dan juga berubah-ubah. Komposisi gas di atmosfer bisa dilihat pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.3.



Tabel 2.1 Komposisi Gas di Atmosfer

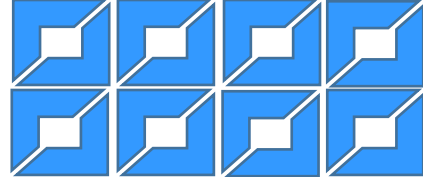
Macam Gas	Presentase Volume (%)
Nitrogen	78,08
Oxygen	20,946
Argon	0,934
Carbon dioksida	0,033
Neon	0,00182
Helium	0,00052
Krypton, Hydrogen	0,00066

Sumber : Utomo, HD 2016



Gambar 2.3 Komposisi Gas di Atmosfer (UCAR, 2024)

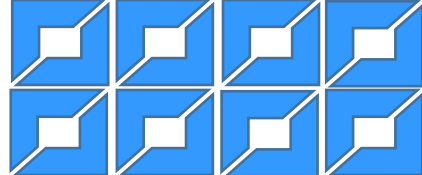
Atmosfer mengandung senyawa gas nitrogen oksida (NO_x), yang sebagian besar terdiri dari nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂), serta sejumlah jenis oksida lainnya dalam jumlah lebih kecil. Sifat-sifat kedua gas tersebut



sangat berbeda, dan keduanya sangat berbahaya bagi tubuh. Salah satu prekursor pembentukan polutan sekunder adalah nitrogen dioksida (NO_2). Secara alami, NO_2 mengalami siklus fotolitik di mana ia bekerja dengan matahari untuk menghasilkan ozon dan sebaliknya. Namun, adanya senyawa hidrokarbon yang bereaksi dengan NO , mengganggu siklus fotolitik ini dan menyebabkan peningkatan kadar ozon pada lapisan troposfer.

Ozon di lapisan troposfer merupakan gas pencemar beracun yang berbahaya bagi makhluk hidup. Ini berbeda dengan lapisan stratosfer, yang terletak antara 15 dan 30 km di atas permukaan bumi dan berfungsi untuk menyerap sinar ultraviolet dari matahari (Dwirahmawati *et al*, 2018).

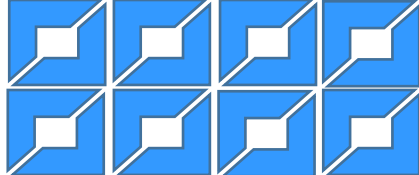
Gas Nitrogen (N_2O) ini dapat berasal secara alami dari berbagai sumber biologis di dalam tanah dan air, terutama aktivitas mikroba di hutan tropis basah dan kebakaran hutan. Sumber antropogenik, seperti pertanian, peternakan, proses industri, pengelolaan sampah, dan pemakaian energi, juga dapat dihasilkan secara sengaja untuk berbagai alasan. Meskipun memiliki banyak manfaat, gas nitrogen oksida (N_2O) di atmosfer merupakan salah satu gas rumah kaca yang berpotensi menyebabkan pemanasan global.



Oleh karena itu, protokol Kyoto menetapkan bahwa konsentrasi gas nitrogen oksida (Nitrogen Oksida) di setiap negara harus dikembalikan ke tingkat tahun 1990 sebesar 308 ppb. Pada saat yang sama, konsentrasi gas nitrogen oksida (N_2O) di seluruh dunia meningkat dari sebelum masa industri (tahun 1750) hingga tahun 1998 (Samiaji, 2012). Oksigen atau zat asam adalah unsur kimia dalam system tabel periodik yang mempunyai lambing O dengan nomor atom 8. oksigen merupakan golongan kalkogen yaitu mudah beraksi dengan hampir semua unsur lainnya. Oksigen merupakan unsur paling melimpah ketiga di alam semesta berdasarkan massa dan unsur paling melimpah dikerak bumi. Semua kelompok molekul struktural yang terdapat pada organisme hidup seperti protein, karbohidrat, dan lemak semuanya mengandung unsur oksigen. Sebagian besar oksigen di atmosfer berasal dari fotosintesis mikroorganisme,

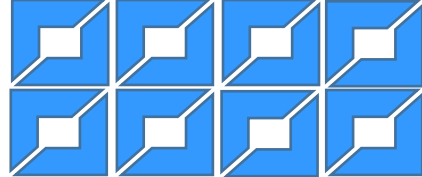
seperti *cyanobacteria* dan *Prochlorococcus* baru-baru ini, yang mengeluarkan produk sampingan yang tidak diinginkan berupa oksigen (West, 2022).

Dengan menggunakan karbon dioksida, *cyanobacteria* dapat memecah air menjadi molekul komponennya yaitu hidrogen dan oksigen.



Hidrogen dan karbon digabungkan untuk membuat berbagai hidrokarbon, sementara oksigen dihilangkan sebagai produk sampingan yang tidak diinginkan. Kemudian Saat ini, dianggap bahwa *Prochlorococcus* adalah makhluk fotosintetik yang paling banyak ditemukan di lautan. Sebagian besar telah ditemukan di daerah subtropis di lautan Pasifik, Atlantik, dan Selatan. Organisme ini sangat kecil, hanya 0,4 hingga 0,6 mikron dalam diameter. Jumlah organisme secara keseluruhan sangat besar, diperkirakan mencapai 3×10^{27} . Karena banyaknya sel, luas permukaan sel lautan sangat besar, air laut dari wilayah yang mengandung *Prochlorococcus* biasanya memiliki konsentrasi sel lebih dari 105

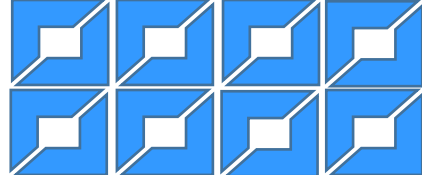
sel/mililiter (West, 2022). Argon merupakan unsur ketiga yang terletak pada kolom kedelapan belas dari tabel periodik. Argon diklasifikasikan sebagai gas mulia. Atom Argon memiliki 18 elektron dan 18 proton. Gas Argon ditemukan oleh Lord Rayleigh dan Sir William Ramsay pada tahun 1894. Nama Argon berasal dari Yunani yaitu kata “*argos*” yang berarti malas. Argon memiliki tiga isotop yang stabil termasuk Argon-36, 38, dan 40. 99% Argon yang ditemukan di alam secara alami adalah Argon-40. Argon adalah unsur yang paling melimpah dari gas mulia di atmosfer bumi hampir 1% (0,94%) dari volume



udara sehingga unsur yang paling melimpah ketiga di udara setelah nitrogen dan oksigen. Argon memiliki sifat tidak berwarna dan tidak berbau. Massa jenis argon adalah 1,784 g/L pada kondisi nol derajat, sedikit lebih tinggi dari massa jenis nitrogen yang 1,251 g/L. Pada kondisi 27 derajat, koefisien konduktivitas termal argon adalah 0,0178 W/mK,

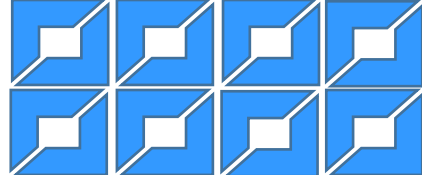
sedangkan koefisien konduktivitas termal nitrogen adalah 0,0260 W/mK (Ye *et al*, 2013). Neon adalah unsur kelima yang paling melimpah di alam semesta yang ditemukan oleh Sir William Ramsay dan Travers MW pada tahun 1898. Nama neon berasal dari bahasa Yunani yaitu kata “neo” yang berarti “baru”. Neon merupakan gas inert yang berarti tidak akan menggabungkan dengan unsur-unsur atau zat lain untuk membuat senyawa juga merupakan gas monoatomik yang artinya bahwa atom tidak berikatan seperti oksigen dan nitrogen dan membuatnya lebih ringan daripada udara. Neon digunakan untuk memperbaiki titik-titik pengukuran untuk skala suhu internasional (Lower, 2024).

Nama “Helium” berasal dari nama dewa matahari Yunani yaitu Helios. Helium ditemukan oleh dua orang kimiawan Swedia yaitu Per Teodor Cleve dan Nils Abraham Langlet. Helium digunakan untuk dalam kriogenika, sistem



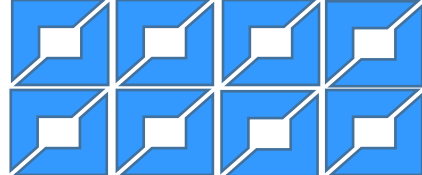
pernapasan laut dalam, pendinginan magnet superkonduktor, pengembangan balon, pengangkatan kapal udara dan sebagai gas pelindung untuk industri seperti pengelasan busar. Helium adalah unsur kimia yang tidak berwarna, tak berbau, tak berasa, tak beracun, hampir inert, berupa gas monatomik. Titik didih dan titik lebur gas merupakan yang terendah diantara semua unsur. Helium merupakan unsur kedua terbanyak dan kedua teringan di alam semesta mencakup 24% massa keseluruhan total alam semesta dan 12 kali jumlah massa keseluruhan unsur berat lainnya. (Lower, 2024).

Hidrogen berasal dari bahasa Yunani yaitu *hydro* yang artinya air dan *gen* yang artinya membentuk merupakan unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Hidrogen merupakan unsur teringan di dunia dengan massa atom 1,00794 amu. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal dan merupakan gas diatomik yang mudah terbakar. Dalam keadaan normal di bumi, unsur hidrogen berada dalam keadaan gas diatomik. Gas hidrogen dihasilkan oleh beberapa bakteri dan ganggang dan merupakan komponen alami dari kentut (Putra, 2010).



Xenon adalah gas lembam atau inert yang dipresentasikan dengan symbol Xe dengan nomor atom 54 dan massa atom relative 131,29. Xenon berupa gas mulia, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa. Di atmosfer bumi Xenon hadir dengan jumlah sedikit.

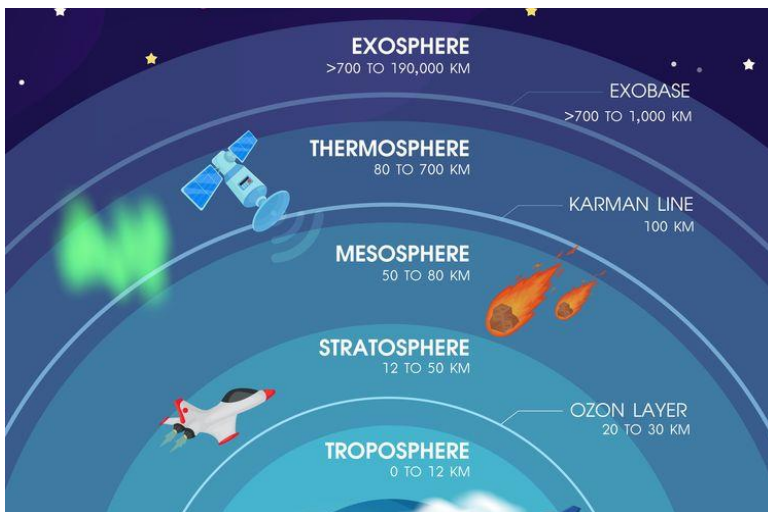
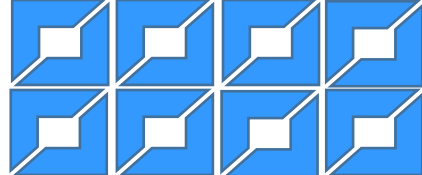
Xenon digunakan untuk mengisi lampu sorot, lampu berintensitas tinggi lainnya, mengisi bilik gelembung yang di pergunakan untuk mempelajari partikel sub-atom oleh para fisikawan (Laptev *et al*, 2014). Uap air berasal dari penguapan air laut, air tanah, air sungai, rawa-rawa, gletser, salju, dan air didalam atmosfer dalam bentuk awan, hujan. Uap air termasuk gas tidak tetap, jumlahnya dalam atmosfer sangat sedikit dan selalu berubah-ubah baik mengikut waktu maupun tempat. Juga merupakan sumber utama terjadinya hujan dengan aerosol sebagai inti kondensasi. Aerosol ini bersifat higroskopis sehingga dapat menyerap uap air kemudian membentuk butiran-butiran air dan selanjutnya terjadi hujan (Ambarsari, 2010). Metana adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia CH_4 dan sebagai sumber utama bahan bakar. Metana di atmosfer bumi memiliki potensi pemanasan global 25 kali lebih besar dibandingkan karbondioksida, konsentrasi metana di atmosfer meningkat 150% dari tahun



1750 dan menyumbang efek radiasi yang dihasilkan gas rumah kaca sebesar 20% dalam skala global. Metana tidak beracun akan tetapi sangat mudah terbakar dan meledak apabila bercampur dengan udara juga sangat reaktif pada oksidator, halogen, dan beberapa senyawa lain yang mengandung halogen (Pratama, 2019). Ozon adalah gas pengisi atmosfer yang memiliki lapisan tersendiri. Ozon memiliki rumus kimia O_3 , pada suhu kamar ozon berupa gas dan apabila terkondensasi pada suhu $-112^{\circ}C$ menjadi zat cair yang berwarna biru dan membeku pada suhu $-251,4^{\circ}C$ sedangkan pada suhu diatas $100^{\circ}C$ ozon dengan cepat mengalami dekomposisi. Dalam pembentukan dan destruksi ozon memiliki keadaan yang seimbang hal ini secara efektif dapat menghalangi sinar UV ekstream dan UV-C serta sebagian besar sinar UV-B untuk sampai kebumi (Lower, 2024).

3. Lapisan Atmosfer

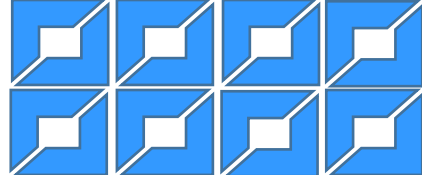
Atmosfer terdiri dari beberapa lapisan dan dimulai dari lapisan paling bawah sampai dengan lapisan paling atas, lapisan ini bisa dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4 Lapisan-Lapisan Atmosfer (Kompas, 2020)

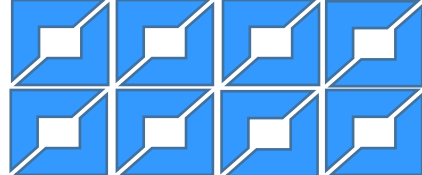
a. Troposfer

Lapisan troposfer merupakan lapisan terbawah atmosfer yang berbatasan langsung dengan bumi. Lapisan ini memiliki ketebalan rata-rata 11 km dengan perbedaan pada daerah equator 18 km dan kutub 8 km. terjadi penurunan suhu pada lapisan ini pada setiap kenaikan elevasi atau ketinggian tempat. Peristiwa yang terjadi pada lapisan ini seperti awan, presipitasi, Guntur, dan lain sebagainya sehingga lapisan ini disebut dengan lapisan pembentuk cuaca (Pabalik et al, 2015). Gas yang paling melimpah di troposfer adalah nitrogen molekuler dan oksigen, dengan rasio pencampuran stabil di bawah ketinggian 100 km karena masa pakai yang lama dan



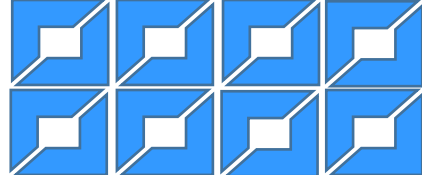
pencampuran dinamis (Crutzen, 1994). Selain itu seperti uap air, karbon dioksida, dan gas lain yang kurang melimpah mempengaruhi jumlah radiasi bumi dan sistem iklim melalui proses fotokimia (Muller, 2017). Aktivitas manusia melepaskan berbagai gas limbah ke troposfer yang mempengaruhi komposisi dan kimianya (Fabian dan Martin, 2014). Kapasitas oksidasi troposfer berperan untuk membersihkan atmosfer yang dikendalikan oleh gas sumber terestrial seperti metana, karbon monoksida, oksida nitrogen, dan isoprene yang berinteraksi dengan radikal hidroksil (OH) untuk menjaga keseimbangan troposfer (Logan et al, 1981).

Lapisan troposfer mengandung beragam komposisi gas dan aerosol yang berasal dari berbagai sumber. Gas aromatik seperti benzena, toluena, dan xilena, secara signifikan berdampak pada kimia fase gas, yang menyebabkan perubahan regional dalam konsentrasi spesies, terutama di daerah dengan kadar NO_x tinggi (Taraborrelli et al, 2021). Hidrokarbon nonmetana alifatik memainkan peran penting dalam kimia atmosfer karena reaktivitas dan distribusi spasialnya, berkontribusi terhadap reaksi kimia di daerah pembakaran perkotaan, industri, dan biomassa (Seinfeld, 2015). Aerosol di troposfer terdiri dari senyawa anorganik seperti sulfat dan nitrat,

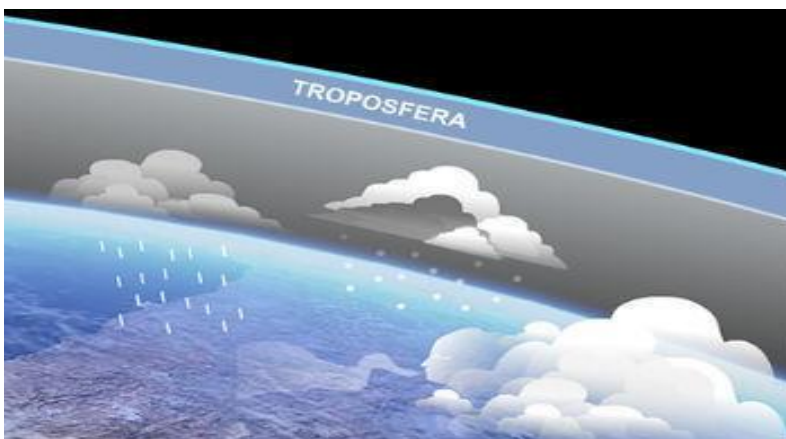


bersama dengan bahan karbon, yang mencerminkan emisi langsung dan proses konversi gas menjadi partikel (Rudolph, 2015). Selain itu, dalam polusi skala besar, seperti kebakaran hutan, memasukkan jejak gas seperti CO, hidrokarbon, dan nitrogen oksida ke dalam troposfer, mempengaruhi komposisi atmosfer dan membutuhkan data emisi yang akurat dan teknik asimilasi untuk pemodelan (Huijnen et al, 2012). Selanjutnya, pengamatan udara di Antartika mengungkapkan pengangkutan polutan dari garis lintang bawah ke troposfer atas, menunjukkan konektivitas global gas atmosfer (Yang et al, 2012).

Gas rumah kaca memainkan peran penting dalam troposfer dengan mempengaruhi transfer radiasi dan mempengaruhi profil suhu. Mereka menyerap dan memancarkan radiasi inframerah, menjebak panas di atmosfer, dan berkontribusi terhadap efek rumah kaca (Wijngaarden dan William, 2023). Kehadiran gas rumah kaca seperti uap air, karbon dioksida, metana, nitrooksida, dan ozon menyebabkan peningkatan kadar ozon troposfer dengan variasi di berbagai wilayah karena perubahan konsentrasi dari waktu ke waktu (Lang et al, 2012). Gas-gas ini, terutama metana dan ozon secara signifikan berdampak pada distribusi ozon di troposfer, dengan peningkatan



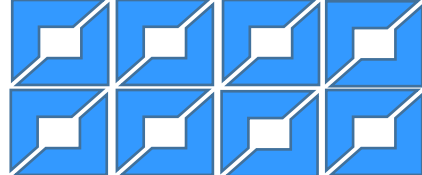
kadar ozon terkait metana serupa di kedua belahan bumi. Sementara zat penipisan ozon menyebabkan penurunan yang lebih besar di ekstrapolik selatan (Barrett, 2005). Secara keseluruhan, interaksi gas rumah kaca di troposfer berkontribusi pada pengaturan suhu, keseimbangan energi, dan dinamika iklim di Bumi. Lapisan Troposfer disajikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Lapisan Troposfer (Ruang Guru 2022)

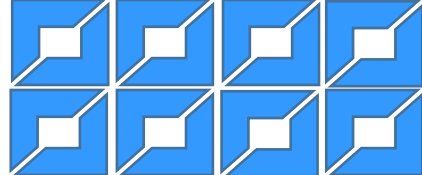
b. Stratosfer

Lapisan stratosfer berbeda dari troposfer terutama dalam hal distribusi suhu, komposisi, dan aplikasi penelitian tertentu. Stratosfer ditandai dengan meningkatnya suhu dengan ketinggian karena penyerapan radiasi ultraviolet oleh ozon, sedangkan troposfer mengalami penurunan suhu dengan ketinggian.



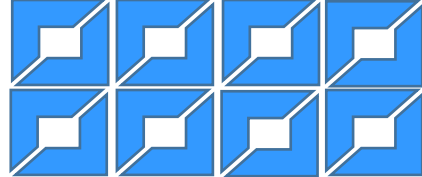
Selain itu, stratosfer mengandung konsentrasi ozon yang lebih tinggi, penting untuk menyerap radiasi UV yang berbahaya, dibandingkan dengan troposfer. Penelitian di stratosfer melibatkan pemanfaatan pesawat dan kapal udara untuk pendekatan inovatif untuk pemantauan lingkungan (Witze, 2019), meningkatkan prakiraan iklim jangka pendek melalui peningkatan pemahaman tentang kondisi stratosfer (Lewis, 2019), dan menggunakan kecerdasan buatan untuk penempatan balon stratosfer yang berkepanjangan untuk pemantauan lingkungan tanpa pengawasan (Osprey, 2020). Selanjutnya, penelitian telah menyoroti dampak faktor-faktor seperti suhu dingin dan kekuatan pusaran kutub pada penipisan lapisan ozon pelindung di stratosfer (Witze, 2020).

Komposisi gas di stratosfer bervariasi karena aktivitas manusia yang berdampak pada lapisan ozon. Penelitian telah menunjukkan bahwa pemulihan lapisan ozon stratosfer bergantung pada penurunan gas penipisan ozon seperti klorofluorokarbon (CFC) (Witze, 2020). Secara khusus, sebuah studi baru-baru ini mengidentifikasi peningkatan yang signifikan dalam emisi CFC-11 dari daratan timur China, terutama di sekitar provinsi timur laut Shandong dan Hebei, menyumbang sebagian besar dari

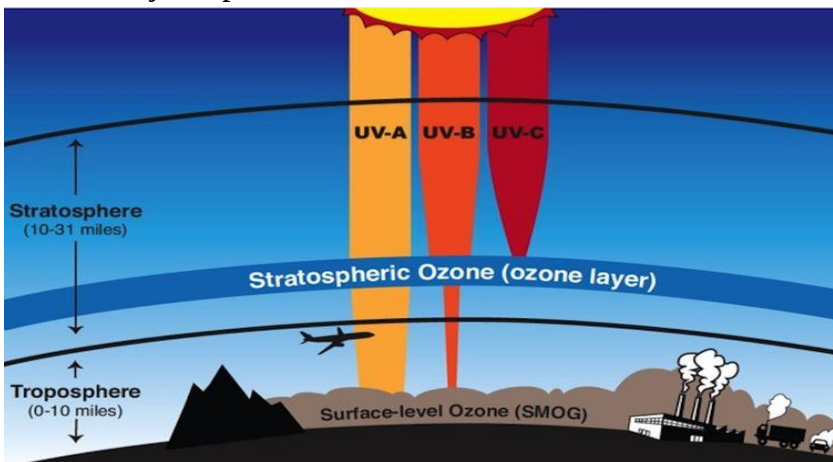


peningkatan emisi global Lewis, 2019). Selain itu, kemajuan dalam memahami kondisi stratosfer telah menghasilkan prakiraan iklim jangka pendek yang lebih akurat, menekankan pentingnya pemantauan dan pengaturan gas-gas ini untuk melindungi lapisan ozon (Palmer, 2020).

Temuan ini menyoroti peran penting pelacakan dan mitigasi pelepasan bahan kimia perusak ozon untuk melindungi komposisi stratosfer dan pada akhirnya melindungi atmosfer bumi (Rigby *et al*, 2019; Osprey, 2020). Ozon di stratosfer memainkan peran penting dalam berbagai proses atmosfer. Ini bertindak sebagai sumber panas di stratosfer, mempengaruhi iklim secara langsung, dan berkontribusi pada mekanisme umpan balik kimia yang mengatur gas rumah kaca lainnya, seperti yang disorot dalam makalah penelitian. Ozon stratosfer juga mengalami pertukaran dengan troposfer, berdampak pada tingkat ozon troposfer secara signifikan. Penelitian telah menunjukkan bahwa suntikan ozon stratosfer dapat membentuk sebagian besar ozon permukaan, mempengaruhi kualitas udara dan gaya radiasi.



Selain itu, peristiwa pemanasan stratosfer yang tiba-tiba dapat menyebabkan fluktuasi signifikan pada tingkat ozon stratosfer, terutama di garis lintang tinggi, menunjukkan sifat dinamis ozon di stratosfer (Chen *et al*, 2023; Tang *et al*, 2021; Griffiths *et al*, 2020; Ruiz dan Michael, 2022; Shams *et al*, 2021). Lapisan Stratosfer disajikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Lapisan Stratosfer (Kompas 2022)

c. Mesosfer

Lapisan mesosfer dan stratosfer menunjukkan karakteristik yang berbeda berdasarkan data dari makalah penelitian. Mesosfer, seperti yang diamati dalam pengukuran GOMOS (Hauchecorne *et al*, 2019), menampilkan contoh yang jelas dari lapisan inversi mesosfer