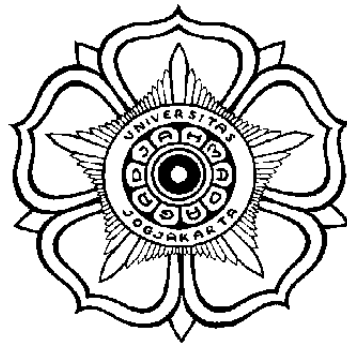


MODUL

HIDROMETEOROLOGI

Dasar-dasar, Analisis dan Aplikasi



DEPARTEMEN KONSERVASI SUMBERDAYA HUTAN

FAKULTAS KEHUTANAN UGM

UNIVERSITAS GADJAH MADA

2020

BAB II

ATMOSFER BUMI DAN FAKTOR PEMBENTUK IKLIM

2.1 Atmosfer Bumi

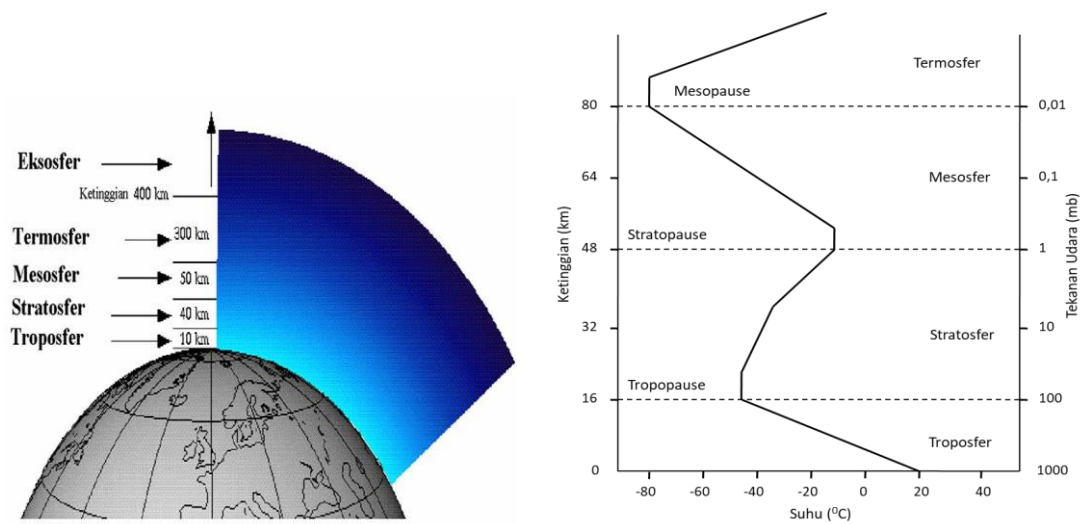
Atmosfer didefinisikan sebagai lapisan gas yang menyelimuti bumi dan mempunyai fungsi sebagai pelindung bumi dari radiasi dan benda-benda luar angkasa seperti meteor, asteroid, dan lain sebagainya. Atmosfer berasal dari dua kata Yunani, yaitu *atmos* yang berarti uap dan *sharia* yang berarti bulatan. Tebal atmosfer mencapai ribuan kilometer dan terdiri dari beberapa lapisan yang mempunyai karakteristik berbeda. Keadaan atmosfer pada suatu saat disebut cuaca, sedangkan rata-rata dari cuaca dalam periode yang sangat pendek disebut iklim. Terdapat berbagai pertimbangan yang menyebabkan ilmuwan tertarik mengkaji atmosfer bumi dari waktu ke waktu, diantaranya adalah (Tjasyono, 2004).

- Atmosfer melindungi penghuni bumi dari radiasi gelombang pendek matahari yang sangat kuat. Jika tidak ada atmosfer maka makhluk hidup tidak dapat hidup
- Atmosfer mempunyai peran sebagai pengatur kelestarian mekanisme cuaca/iklim
- Atmosfer sebagai sumber alam yang perlu dieksplorasi dan dieksploitasi, contohnya memanfaatkan energi angin dan teknologi hujan buatan
- Terdapat banyak gejala atmosfer yang menarik dan menjadi salah satu alasan ilmuwan sampai saat ini masih mengkaji dan menelitinya, contohnya terjadinya awan dan hujan, badai guruh, badai tropis, perubahan iklim dan sebagainya.
- Atmosfer menjadi media transportasi udara yang peka terhadap cuaca
- Atmosfer sebagai tempat pembuangan zat pencemar yang berbahaya bagi manusia

Lapisan atmosfer merupakan campuran dari gas yang tidak tampak dan tidak berwarna. Gas penyusun lapisan atmosfer yaitu nitrogen, oksigen, argon dan karbondioksida. Terdapat juga beberapa gas yang stabil di atmosfer seperti neon, helium, metana, krypton, hydrogen dan xenon, sedangkan gas yang kurang stabil / jumlahnya sangat kecil di lapisan atmosfer adalah ozon dan radon. Selain udara kering, lapisan atmosfer mengandung air dalam ketiga fasenya, sehingga udara kering yang murni di alam tidak pernah dijumpai. Adanya uap air di udara yang jumlahnya

berubah-ubah dan selalu ada injeksi zat ke dalam udara, misalnya asap dan partikel debu. Udara semacam ini disebut udara alam. Uap air merupakan senyawa kimia udara dalam jumlah besar yang tersusun dari dua bagian hydrogen dan satu bagian oksigen. Uap air merupakan hasil penguapan dari laut, danau, sungai, kolam, dan transpirasi tanaman.

Struktur vertikal atmosfer diketahui berdasarkan dasar pembagian menurut suhu. Terdapat empat lapisan atmosfer yaitu troposfer, stratosfer, mesosfer dan termosfer (gambar 2.1).



Gambar 2.1. Pembagian Lapisan Atmosfer Berdasarkan Suhu

, sedangkan lapisan stratosfer dan mesosfer dibatasi oleh lapisan stratopause. Batas antara lapisan mesosfer dengan termosfer disebut lapisan mesopause, dan puncak termosfer disebut termopause.

➤ Lapisan Troposfer

Lapisan ini menjadi bagian terpenting dari atmosfer dan merupakan tempat terjadinya dinamika iklim. Karakteristik lapisan ini antara lain: (i) terjadi gejala cuaca (awan dan hujan), (ii) adanya penurunan suhu yang disebabkan oleh sangat sedikitnya troposfer menyerap radiasi gelombang pendek dari matahari, namun sebaliknya permukaan tanah justru memberikan panas pada lapisan troposfer melalui konduksi, konveksi, kondensasi atau sublimasi yang dilepaskan oleh uap air atmosfer, (iii) penurunan suhu bergantung pada situasi meteorologi dan nilainya antara 0,5 dan 1⁰ C tiap 100 meter dengan nilai rerata 0,65⁰C tiap 100 meter, (iv) tebal troposfer berbeda-beda tergantung wilayahnya, yaitu 6 km di atas kutub, dan akan semakin tebal mencapai 18 km jika semakin dekat dengan khatulistiwa. Perbedaan ketebalan ini

disebabkan karena rotasi bumi, selanjutnya ketebalan ini mempengaruhi perbedaan kondisi cuaca di kutub dan khatulistiwa. Lapisan troposfer dan stratosfer dipisahkan oleh lapisan tropopause.

➤ Lapisan Stratosfer

Lapisan ini merupakan lapisan inversi sehingga pertukaran antara stratosfer dan troposfer melalui tropopause sangat kecil. Pada lapisan stratosfer, tidak berlaku hukum geothermis dimana semakin tinggi lokasi, suhu justru akan semakin tinggi. Hal tersebut terjadi karena hampir tidak ada kandungan uap air dan debu pada lapisan tersebut. Lapisan stratosfer merupakan tempat lapisan ozon berada. Kenaikan suhu pada lapisan stratosfer disebabkan oleh lapisan ozonosfer yang menyerap radiasi ultra violet dari matahari. Proses cuaca tidak terjadi pada lapisan ini, selanjutnya kandungan uap air dan debu juga hampir tidak ada kecuali debu letusan gunung berapi yang kuat. Bagian atas stratosfer dibatasi oleh permukaan diskontinuitas suhu yang disebut stratopause, terletak pada ketinggian sekitar 60 km dengan orde suhu 0° Celcius.

➤ Lapisan Mesosfer

Lapisan yang berada di atas stratopause dan berada di ketinggian 60 dan 85 km. apabila ada meteor atau asteroid maka keduanya akan terbakar pada lapisan ini, sehingga seringkali lapisan mesosfer disebut juga sebagai lapisan pelindung. Lapisan mesosfer ditandai dengan adanya penurunan orde suhu $0,4^{\circ}$ C setiap 100 meter, karena lapisan mesosfer mempunyai keseimbangan radiasi yang negatif. Lapisan berikutnya adalah lapisan termosfer, berada di atas mesopause yakni wilayah peralihan antara mesosfer dan termosfer. Lapisan mesopause adalah lapisan di dalam atmosfer yang mempunyai suhu paling rendah yaitu sekitar -100° C.

➤ Lapisan Termosfer

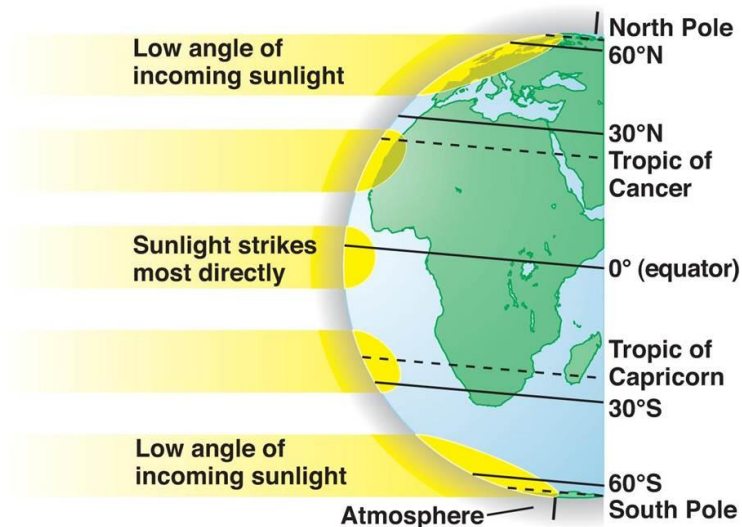
Lapisan yang memantulkan gelombang radio pendek sehingga dapat dipancarkan diseluruh bagian bumi. Lapisan ini berada pada ketinggian antara 85 km dan 300 km yang ditandai dengan kenaikan suhu dari -100° C sampai ratusan bahkan ribuan derajat. Lapisan termosfer merupakan lapisan dimana biasanya muncul aurora pada waktu pagi dan petang.

➤ Lapisan Eksosfer

Lapisan ekosfer merupakan lapisan terluar yang mengandung gas hidrogen dan pada umumnya sering muncul cahaya zodiacal dan gegenschein yang merupakan pantulan sinar matahari oleh partikel debu meteor yang jumlahnya banyak di angkasa.

2.2 Cuaca dan Iklim

Pemahaman kita tentang iklim bumi berakar pada pengamatan atmosfer, lautan, dan permukaan tanah, serta siklus hidrologi maupun karbon. Penggunaan pengamatan cuaca yang dilakukan secara teratur selama periode waktu tertentu, maka kondisi rerata jangka panjang dan mendapatkan wawasan tentang iklim suatu daerah. Cuaca merupakan keadaan suatu atmosfer atau udara pada wilayah yang relatif sempit dan dalam jangka waktu yang relatif singkat. Kondisi cuaca sangat dinamis dan dapat berubah dalam waktu yang relatif singkat. Data cuaca dalam kurun waktu 30 tahun terakhir akan dapat menggambarkan iklim suatu wilayah. Iklim didefinisikan sebagai cuaca rata-rata pada suatu daerah dalam periode yang lama. Iklim menjadi gambaran rata-rata statistik dan variabilitas dari kuantitas yang relevan dalam satu periode yang cukup panjang, bisa mencapai hingga ratusan tahun.



Gambar 2.2. Keberadaan matahari terhadap bumi

Terdapat beberapa komponen utama yang saling berhubungan dengan kajian iklim yaitu intensitas penyinaran matahari, suhu udara, angin, tekanan udara, kelembaban udara, awan dan curah hujan.

2.2.1 Radiasi Matahari

Radiasi matahari merupakan pengendali iklim yang sangat penting dan sebagai sumber energi utama di bumi yang menggerakkan udara dan arus laut. Diameter matahari $1,42 \times 10^8$ km dan suhu permukaannya mencapai 6.000 K. Setiap cm^2 dari permukaan matahari mengemisikan energi rata-rata sebesar 6,2 kilowatt atau $9,0 \times 10^8$ kalori/menit. Jarak matahari dan bumi selalu berubah-ubah, dalam satu tahun perubahan jarak bumi-matahari sekitar 5 juta km.

perubahan jarak tersebut menjadi dasar fluktuasi tahunan dari radiasi matahari yang diterima oleh permukaan bumi.

Tabel 2.1 Perubahan Jarak Matahari-Bumi

Musim	Jarak Matahari-Bumi
1 Januari (Musim Dingin)	147.001.000 km
1 April (Musim Semi)	149.501.000 km
1 Juli (Musim Panas)	152.003.000 km
1 Oktober (Musim Gugur)	149.501.000 km

Matahari memberikan 99,97% dari energi panas yang dibutuhkan untuk proses fisis yang terjadi dalam sistem atmosfer dan bumi. Penyerapan radiasi matahari oleh bumi sebanyak 51% dengan pembagian persentase (%) sebagai berikut:

- 17% hilang ke ruang angkasa dan tidak memanasi atmosfer
- 6% radiasi bumi yang diserap oleh atmosfer, yang disebut juga sebagai radiasi efektif
- 9% diterima atmosfer melalui panas yang dibawa oleh turbulensi dan konveksi
- 19% diterima atmosfer melalui kondensasi dari uap air

2.2.2 Suhu

Suhu didefinisikan sebagai tingkat panas suatu benda. Panas bergerak dari sebuah benda yang mempunyai suhu tinggi ke benda dengan suhu rendah. Di Indonesia rata-rata penurunan suhu udara menurut ketinggian sekitar 5-6°C untuk setiap kenaikan 1000 meter. Suhu udara akan berubah sesuai dengan tempat dan waktu, misalnya perbedaan suhu tempat terbuka dengan suhu tempat dalam ruangan. Suhu maksimum biasanya terjadi sesudah tengah hari yakni pada jam 12.00 dan 14.00 sedangkan suhu minimum terjadi pada jam 06.00 waktu lokal atau sekitar matahari terbit.



Gambar 2.3. Gambaran suhu harian suatu wilayah.

Sumber: BMKG, 2020

Distribusi suhu udara dinyatakan dengan isotherm, yaitu garis yang menghubungkan tempat dengan suhu yang sama. Pada pembahasan suhu dikenal istilah suhu udara harian yang didefinisikan sebagai rata-rata pengamatan selama 24 jam (satu hari) yang dilakukan tiap jam. Selanjutnya, terdapat juga istilah suhu bulanan rata-rata yaitu jumlah dari suhu harian rata-rata dalam 1 bulan dibagi dengan jumlah hari dalam bulan tersebut, sedangkan suhu tahunan merupakan suhu yang dihitung dari jumlah suhu bulanan rata-rata dibagi dengan total bulan dalam satu tahun.

2.2.3 Curah Hujan

Hujan berasal dari uap air di atmosfer dan termasuk salah satu bagian unsur pembentuk iklim, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi lainnya seperti angin, temperature dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan. Di daerah tropis termasuk Indonesia, hujan seringkali dianggap sebagai presipitasi karena sumbangannya yang paling besar. Jumlah curah hujan dicatat dalam inchi atau milimeter (1 inchi = 25,4 mm). Apabila curah

hujan yang tercatat sebesar 1 mm, artinya tinggi air hujan yang menutupi permukaan adalah 1 mm dengan catatan air tersebut tidak meresap ke dalam tanah atau menguap ke atmosfer. Terdapat tiga pola curah hujan di Indonesia yaitu pola hujan jenis monsun, pola hujan jenis ekuator, dan pola hujan jenis lokal.

2.2.4 Kelembaban Udara

Kelembaban udara menggambarkan kandungan uap air di udara. Udara atmosfer didefinisikan sebagai campuran dari udara kering dan uap air. Besaran yang sering dipakai untuk menyatakan kelembaban udara adalah kelembaban nisbi yang diukur dengan hygrometer. Kelembaban nisbi berubah sesuai dengan tempat dan waktu. Menjelang tengah hari kelembaban nisbi berangsur-angsur akan turun dan kemudian pada sore hari sampai menjelang pagi akan bertambah besar. Terdapat beberapa cara untuk menyatakan jumlah uap air, yaitu:

- Kelembaban mutlak yaitu kandungan uap air per satuan volume tertentu (dapat dinyatakan dengan massa uap air atau tekanannya), dan umumnya dinyatakan dalam satuan gram/m^3
- Kelembaban spesifik yaitu massa uap air per satuan massa udara basah
- Nisbah percampuran (*mixing ratio*) yaitu nisbah massa uap air terhadap massa udara kering
- Kelembaban nisbi (relatif) yaitu perbandingan nisbah percampuran dengan nilai jenuhnya dan dinyatakan dalam persen. Sebaran kelembaban nisbi menurut tempat akan sangat tergantung pada suhu yang menentukan kapasitas udara untuk menampung uap air, serta tergantung kandungan uap air ideal yang ditentukan oleh ketersediaan air dan energi untuk menguapkannya

2.2.5 Tekanan Udara

Gaya berat kolom udara dari permukaan sampai puncak atmosfer per satuan luas disebut sebagai tekanan udara. Apabila kerapatan udara rendah maka pada umumnya tekanan udara juga rendah, selanjutnya apabila suhu naik maka tekanan udara juga akan semakin naik. Tekanan akan selalu berkurang dengan bertambahnya ketinggian. Dalam meteorologi, tekanan sering dinyatakan dalam satuan milibar (mb), dengan $1 \text{ mb} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa} = 0,1$

kPa. Distribusi tekanan horisontal dinyatakan dengan isobar, yaitu garis yang menghubungkan titik-titik yang bertekanan sama pada ketinggian tertentu.

2.2.6 Angin

Angin didefinisikan sebagai gerakan udara secara horisontal, atau gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Gaya-gaya yang mengendalikan gerakan angin antara lain: gravitasi, perbedaan tekanan atmosfer, gesekan dengan permukaan bumi, dan rotasi bumi. Angin mempunyai arah yang dinyatakan dengan arah mata angin datang, serta mempunyai kecepatan yang umumnya dinyatakan dalam satuan Knot (mil laut / jam). Udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Angin disebabkan oleh beda tekanan horisontal, yang selanjutnya menimbulkan gaya gradien tekanan. Kecepatan angin ditunjukkan oleh kecuraman beda tekanan, apabila beda tekanan besar (curam) maka gaya gradien kuat dan angin menjadi kencang, dan begitu juga sebaliknya. Angin tenang terjadi jika beda tekanan di suatu daerah yang luas mendekati nol atau jarak isobar sangat renggang. Pada pembahasan angin terdapat istilah angin muson, yaitu angin yang bertiup di daerah tropis seperti India dan Asia Tenggara, dari arah yang berlawanan ketika musim berganti. Adanya letak geografis, menyebabkan terjadinya gerakan angin muson yang melalui Indonesia. Angin muson (musim) di Indonesia terjadi dalam dua periode yaitu angin muson barat dan muson timur.

2.2.7 Embun, Kabut dan Awan

➤ Embun

Embun terjadi dari kondensasi pada permukaan tanah terutama pada waktu malam hari saat tanah menjadi dingin akibat radiasi yang hilang. Sebagai contohnya, angin laut terkadang membawa sejumlah uap air pada siang hari yang kemudian mengembun pada waktu malam yang dingin. Terdapat istilah titik embun yang didefinisikan sebagai suhu saat udara menjadi jenuh dengan uap air atau suhu udara pada kelembaban nisbi 100%. Semakin rendah kelembaban nisbi maka titik embun akan semakin rendah.

➤ Kabut

Kabut terbentuk di dalam udara dekat permukaan bumi, dan terdiri atas tetes air yang mengapung di udara. Kabut terbentuk melalui

pendinginan udara oleh sentuhan dan percampuran atau melalui penjujukan udara oleh penambahan kadar air. Terdapat istilah kabut radiasi, dan kabut adveksi. Kabut radiasi akan terjadi di malam hari yang cerah saat lapisan udara dekat permukaan banyak mengandung uap air, sedangkan lapisan udara di atasnya sangat rendah kelembabannya. Selanjutnya permukaan tanah menjadi lebih dingin daripada lapisan udara lembab yang terletak di atasnya. Lapisan udara lembab ini menyerap radiasi lebih kecil daripada mengemisikan radiasi sehingga udara menjadi jenuh dan menghasilkan kabut. Kabut adveksi terjadi jika terdapat perbedaan suhu yang besar antara udara lembab panas dan permukaan dingin, kemudian kabut akan terbentuk karena adanya pemindahan panas dari udara lembab panas ke permukaan tanah yang dingin

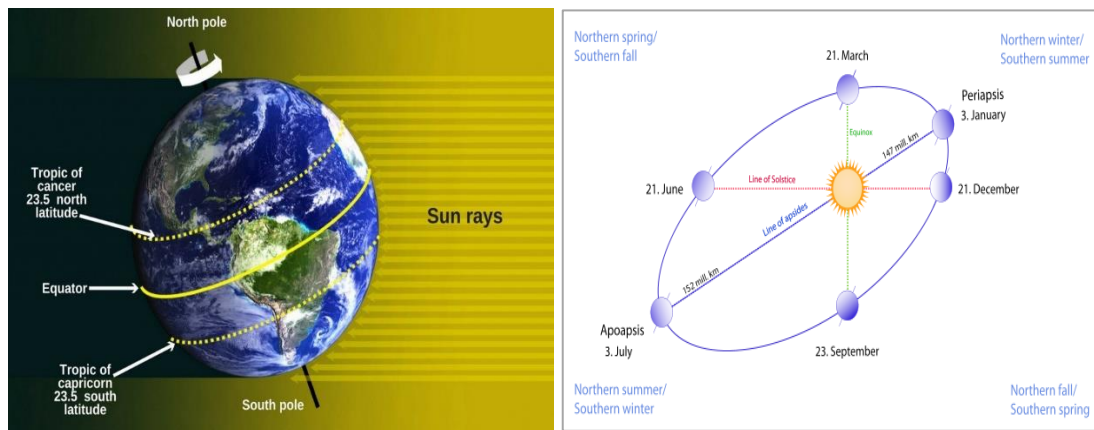
➤ Awan

Pada umumnya awan terdiri dari butir-butir air cair yang berukuran sedemikian kecil. Awan yang terdapat pada ketinggian dimana temperature udara jauh dibawah 0°C tidak lagi terdiri dari butir-butir air cair, melainkan sudah berbentuk butir-butir es atau kristal es. Terdapat empat golongan awan yaitu: (i) golongan awan tinggi yang terdapat pada ketinggian 6.000 meter, contohnya Cirrus, Cirro Cumulus, dan Cirro Stratus; (ii) golongan awan menengah yang terdapat pada ketinggian 2.000 meter – 6.000 meter, contohnya Alto Cumulus dan Alto Stratus; (iii) golongan awan rendah yang terdapat pada ketinggian 2.000 meter ke bawah, contohnya Nimbo Stratus, Strato Cumulus, Stratus; (iv) golongan awan yang membumbung ke atas, contohnya Cumulus Humilis, Cumulus Congestus dan Cumulo Nimbus. Terdapat juga istilah perawanan dalam pembahasan awan ini, yang didefinisikan sebagai jumlah awan yang menutupi langit di atas stasiun pengamat. Perawanan dinyatakan dalam persen, tetapi lebih umum dinyatakan dalam *perdelapanan* dari langit yang tertutup awan (langit cerah = perawanan 0, langit mendung = perawanan 8, setengahnya langit tertutup awan = perawanan 4).

Awan juga dijadikan dasar dalam sejarah modifikasi cuaca yang sudah dimulai sejak percobaan pembenihan es kering yang dipimpin oleh Vincent Schaefer dan Irving Langmuir (1946). Modifikasi di Indonesia

juga sudah pernah dilakukan di Indonesia dengan metode uji coba hujan rangsangan di Bogor (1977). Modifikasi cuaca diartikan sebagai modifikasi awan secara buatan atas usaha manusia, tujuannya adalah meningkatkan curah hujan melalui hujan rangsangan, melenyapkan awan, mengurangi batu es hujan dan berperan dalam siklon tropis.

Pada pembahasan iklim, terdapat juga istilah musim yang didefinisikan sebagai periode dengan unsur iklim yang mencolok misalnya dalam musim panas maka unsur iklim yang mencolok adalah suhu udara yang tinggi dan sebaliknya jika musim hujan maka unsur iklim yang mencolok adalah cumlah curah hujan yang berlimpah. Perbedaan musim juga disebabkan akibat orbit bumi terhadap matahari dan kemiringan bumi (axial tilt).

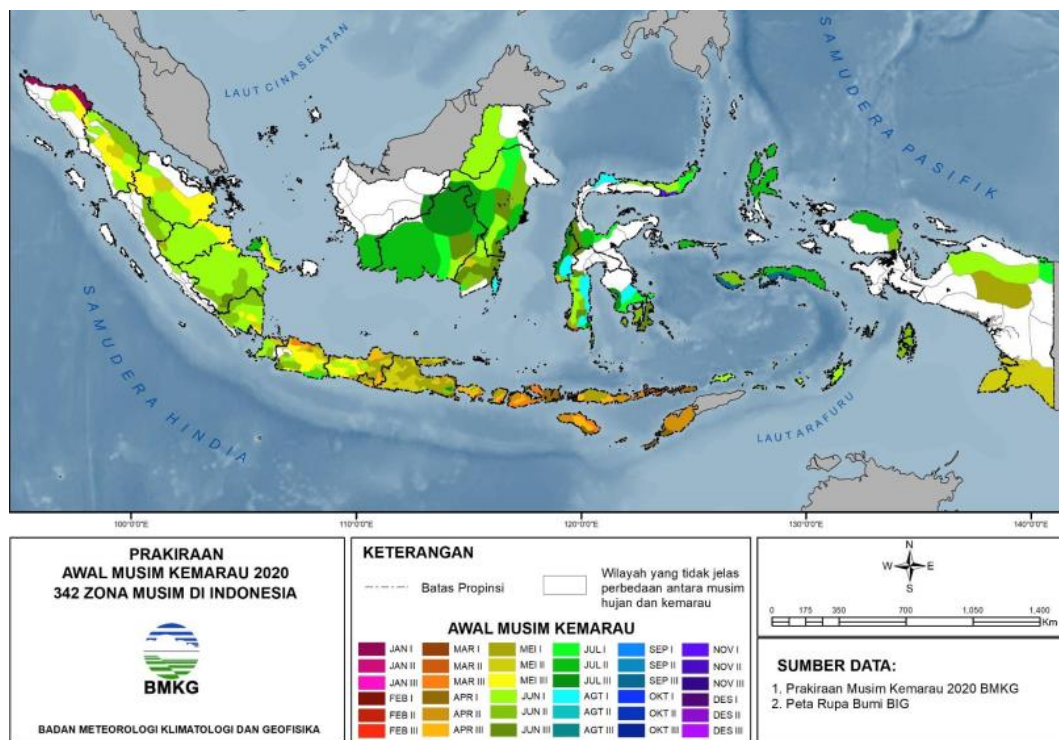


Gambar 2.4. Perbedaan musim berdasarkan orbit bumi terhadap matahari

Di bumi terdapat empat (4) jenis musim yaitu musim dingin, musim semi, musim panas, dan musim gugur namun apabila diterapkan di Indonesia menjadi tidak lazim untuk menerapkan istilah musim tersebut. Indonesia mempunyai kondisi ragam suhu udara sepanjang tahun yang sangat kecil dan ragam curah hujan yang sangat besar, sehingga di Indonesia akan lebih lazim menggunakan istilah musim hujan, musim pancaroba pertama, musim kemarau, dan musim pancaroba kedua.

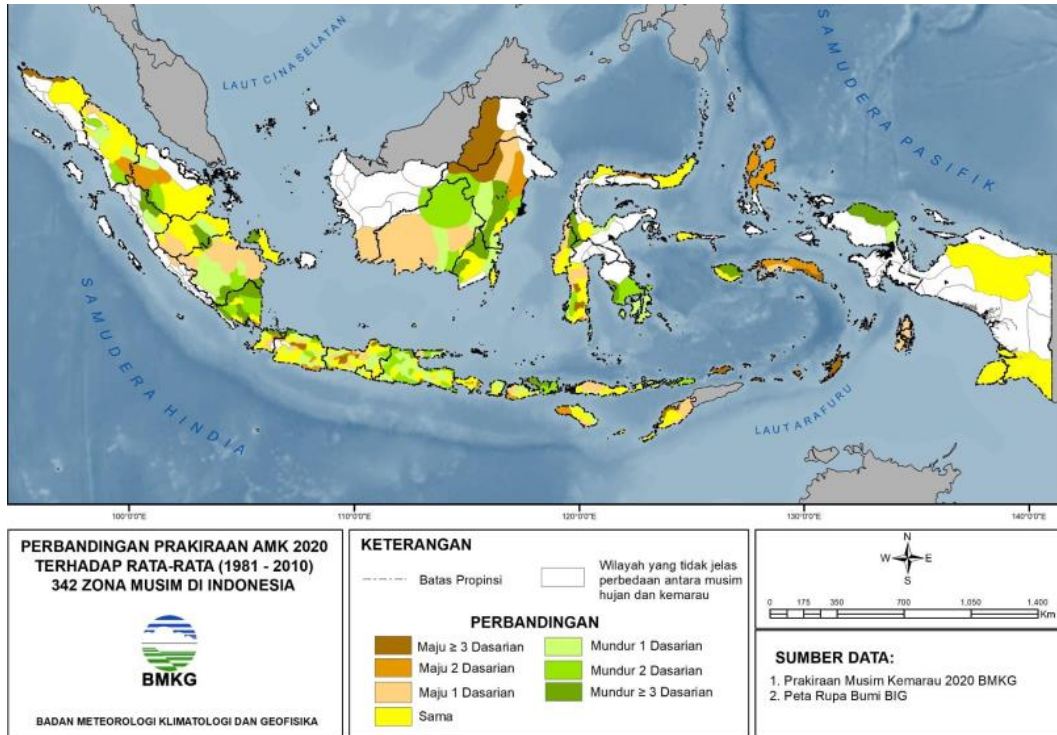
Sebagai contoh, datangnya musim kemarau sangat berkaitan erat dengan peralihan angin barat (Monsun Asia) menjadi angin timur (Monsun Australia). BMKG memprediksi peralihan angin monsoon dimulai dari wilayah Nusa Tenggara pada April 2020, lalu wilayah Bali dan Jawa. Sebagian wilayah Kalimantan dan Sulawesi pada Mei 2020 dan akhirnya monsoon Australia sepenuhnya dominan di wilayah

Indonesia pada bulan Juni hingga agustus 2020. Awal musim kemarau tahun 2020 dimulai bervariasi, sebanyak 19,3% daerah zona musim (ZOM) diprediksi akan memasuki musim kemarau lebih awal, sedangkan sebanyak 37,4% ZOM sama seperti biasanya dan sebanyak 43,3% ZOM lebih lambat dari biasanya. Musim kemarau tahun 2020 secara umum diprediksi lebih basah dari musim kemarau tahun 2019, meskipun demikian perlu diwaspadai 30% ZOM yang diprediksi akan mengalami kemarau lebih kering dari normalnya.

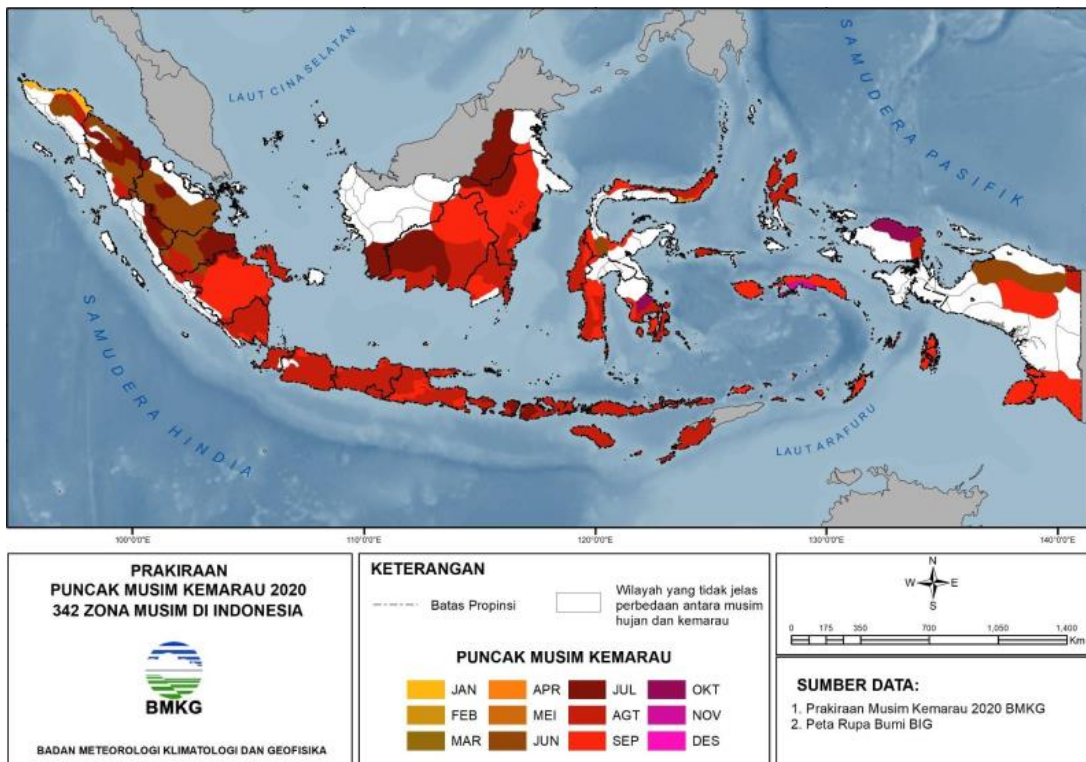


Gambar 2.5. Peta Prakiraan Awal Musim Kemarau 2020 di Indonesia

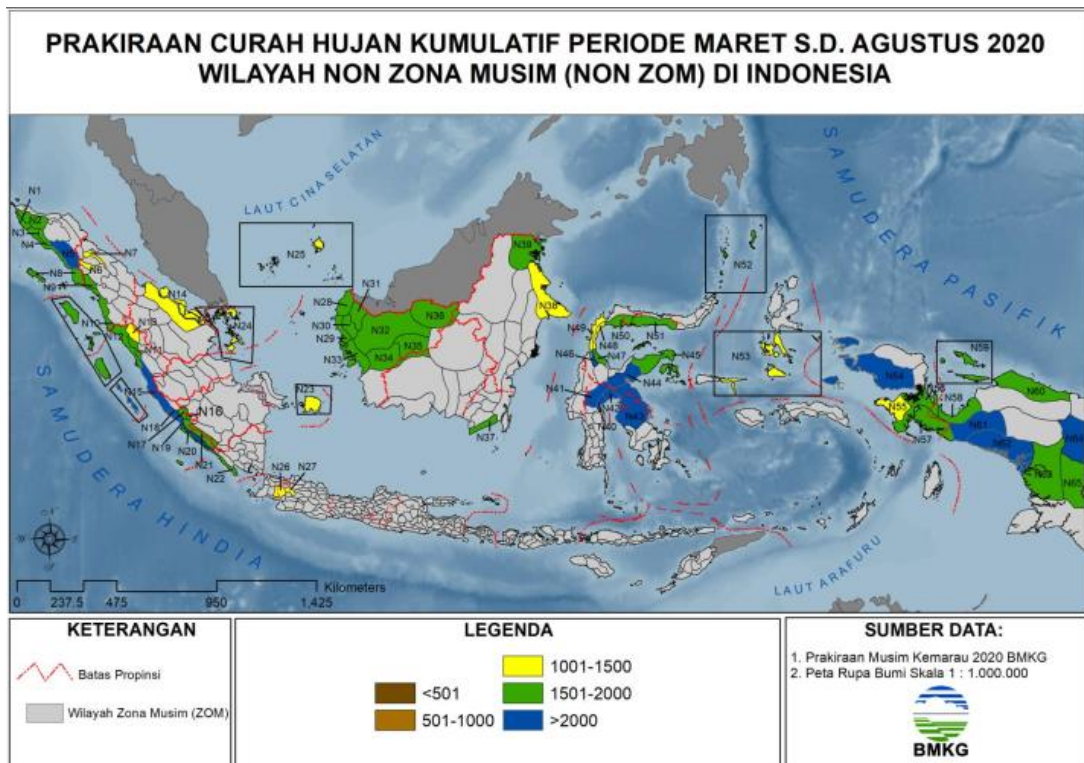
Sumber : BMKG, 2020



Gambar 2.6. Perbandingan Prakiraan Awal Musim Kemarau 2020 Terhadap Rata-Rata 1981-2010. Sumber: BMKG, 2020



Gambar 2.7. Prakiraan Puncak Musim Kemarau 2020
Sumber: BMKG, 2020



Gambar 2.8. Prakiraan Curah Hujan Kumulatif Periode Maret-Agustus 2020
Wilayah Non Zona Musim (ZOM) di Indonesia. (Sumber : BMKG, 2020)

Terdapat beberapa fenomena iklim / musim di Indonesia, yaitu:

1. *El Nino Southern Oscillation (ENSO)*

ENSO merupakan fenomena global dari sistem interaksi lautan atmosfer yang ditandai dengan adanya anomaly suhu permukaan laut di wilayah Ekuator Pasifik Tengah dimana jika anomaly suhu permukaan laut di daerah tersebut positif (lebih panas dari rata-ratanya) maka disebut *El Nino*, namun jika anomaly suhu permukaan laut negatif maka disebut sebagai *La Nina*. Dampak *El Nino* sangat tergantung dengan kondisi perairan wilayah Indonesia. *El Nino* berpengaruh terhadap pengurangan curah hujan secara drastis, bila bersamaan dengan kondisi suhu perairan Indonesia cukup dingin. Namun bila kondisi suhu perairan hangat, *El Nino* tidak signifikan mempengaruhi berkurangnya curah hujan di Indonesia. Sedangkan *La Nina* secara umum menyebabkan curah hujan di Indonesia meningkat apabila disertai dengan menghangatnya suhu permukaan laut di perairan Indonesia. Mengingat luasnya wilayah Indonesia, tidak seluruh wilayah Indonesia dipengaruhi oleh *El Nino / La Nina*.

2. Suhu permukaan laut di wilayah perairan Indonesia

Kondisi suhu permukaan laut di wilayah perairan Indonesia dapat digunakan sebagai salah satu indikator banyak-sedikitnya kandungan uap air di atmosfer, dan erat kaitannya dengan proses pembentukan awan di atas wilayah Indonesia. Jika suhu permukaan laut dingin potensi kandungan uap air di atmosfer sedikit, sebaliknya panasnya suhu permukaan laut berpotensi menimbulkan banyaknya uap air di atmosfer.

3. Daerah pertemuan angin antar tropis (*Inter Tropical Convergence Zone / ITCZ*)

Wilayah Indonesia yang berada di sekitar khatulistiwa, maka pada daerah-daerah yang dilewati ITCZ pada umumnya berpotensi terjadinya pertumbuhan awan-awan hujan.

4. Sirkulasi Monsun Asia – Australia

Sirkulasi angin di Indonesia ditentukan oleh pola perbedaan tekanan udara di Australia dan Asia. Pola tekanan udara ini mengikuti pola peredaran matahari dalam setahun yang mengakibatkan sirkulasi angin di Indonesia berubah secara musiman, yaitu sirkulasi angin yang mengalami perubahan arah setiap setengah tahun sekali. Pola angin baratan terjadi karena adanya tekanan tinggi di Asia yang berkaitan dengan berlangsungnya musim hujan di Indonesia. Pola angin timuran/ tenggara terjadi karena adanya tekanan tinggi di Australia yang berkaitan dengan berlangsungnya musim kemarau di Indonesia

2.3 Klasifikasi Iklim Dan Dasar Penggolongan Iklim

Bumi dibagi menjadi beberapa zona berdasarkan karakteristik iklimnya, yang disebut klasifikasi iklim. Wilayah yang mempunyai karakteristik iklim sama akan dikumpulkan menjadi satu kelas iklim. Dalam perkembangannya, iklim di dunia diklasifikasikan menjadi beberapa tipe, yaitu:

a. klasifikasi iklim secara genetik

Didasarkan pada aliran massa udara, zona-zona angin, benua dan lautan, dan perbedaan penerimaan radiasi surya serta umumnya menghasilkan klasifikasi untuk daerah yang luas. Klasifikasi iklim berdasarkan daerah penerimaan radiasi matahari dibagi menjadi 5 daerah, yaitu (i) iklim tropis yang terletak antara $23,5^{\circ}$ LU dan $23,5^{\circ}$ LS serta memiliki karakteristik suhu yang panas sepanjang tahun dengan variasi iklim yang sedikit. (ii) 2 wilayah iklim subtropis (*temperate*) yang terletak di antara $23,5^{\circ}$ LU dan $66,5^{\circ}$ LS serta mempunyai suhu yang rendah

sepanjang tahun dengan variasi musim yang lebih besar, (iii) 2 wilayah kutub. Contoh klasifikasi iklim secara genetic ini adalah klasifikasi iklim menurut Flohn.

b. klasifikasi iklim secara empirik

Didasarkan pada hasil pengamatan yang teratur terhadap unsur-unsur iklim. Pada umumnya hasil klasifikasinya berupa daerah yang lebih sempit bila dibandingkan dengan klasifikasi iklim secara genetik, namun lebih teliti. Klasifikasi empiric diklasifikasikan menjadi dua, yaitu klasifikasi berdasarkan *rational budget* dan klasifikasi berdasarkan pertumbuhan vegetasi. Klasifikasi iklim menurut Thornthwaite merupakan contoh dari klasifikasi iklim berdasarkan *rational budget*, konsep dasarnya adalah evapotranspirasi potensial (Etp) dan neraca air, sedangkan contoh klasifikasi iklim berdasarkan pertumbuhan vegetasi yaitu sistem Koeppen, Oldeman, dan Schmidt-Ferguson. Klasifikasi iklim yang paling banyak digunakan adalah klasifikasi Koeppen.

Pemahaman mengenai sistem iklim dan klasifikasi iklim menjadi dasar dalam mempelajari iklim, berikut adalah klasifikasi iklim yang sering digunakan di dunia:

2.3.1 Schmidt – Ferguson

Klasifikasi Schmidt – Ferguson merupakan sistem klasifikasi iklim yang paling terkenal di Indonesia. Klasifikasi iklim ini didasarkan pada perhitungan jumlah bulan kering dan bulan basah dari tiap-tiap tahun kemudian baru diambil rata-ratanya. Penetapan tipe iklim ini memerlukan data hujan bulanan paling sedikit 10 tahun. Sistem klasifikasi iklim ini banyak digunakan dalam bidang perkebunan dan kehutanan. Penentuan jenis iklim menurut Schmidt dan Ferguson (1951) menggunakan perbandingan Q dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{\text{Jumlah rata-rata bulan kering}}{\text{Jumlah rata-rata bulan basah}}$$

Bulan basah (BB) didefinisikan sebagai bulan dengan hujan lebih dari 100 mm, bulan kering (BK) adalah bulan dengan hujan kurang dari 60 mm, sedangkan bulan lembab (BL) adalah bulan dengan hujan 60-100 mm. Dari nilai Q, kemudian Schmidt dan Ferguson (1951) menentukan jenis iklimnya yang ditandai dengan iklim A sampai iklim H sebagaimana dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Klasifikasi iklim menurut Schmidt dan Ferguson (1951)

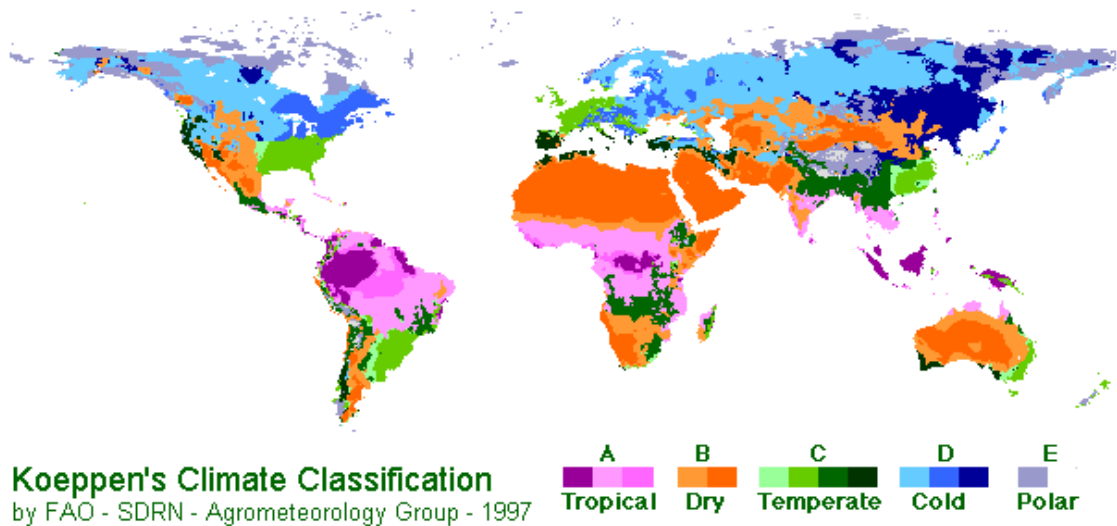
A	$0 \leq Q < 0,143$	Daerah sangat basah dengan vegetasi hutan hujan tropik
B	$0,143 \leq Q < 0,333$	Daerah basah dengan vegetasi masih hutan hujan tropik
C	$0,333 \leq Q < 0,600$	Daerah agak basah dengan vegetasi hutan rimba, di antaranya terdapat jenis vegetasi yang daunnya gugur pada musim kemarau, misalnya : jati. Tipe ini merupakan peralihan antara tipe iklim A dan B ke D
D	$0,600 \leq Q < 1,000$	Daerah sedang dengan vegetasi hutan musim
E	$1,000 \leq Q < 1,670$	Daerah agak kering dengan vegetasi hutan sabana / savana / belukar
F	$1,670 \leq Q < 3,000$	Daerah kering dengan vegetasi hutan sabana / savana / belukar
G	$3,000 \leq Q < 7,000$	Daerah sangat kering dengan vegetasi padang ilalang
H	$7,000 \leq Q$	Daerah ekstrim kering dengan vegetasi padang ilalang

2.3.2 Koeppen

Klasifikasi iklim ini dikemukakan oleh seorang ahli fisiologi tanaman yang berasal dari Prancis bernama Wladimir Koeppen (1846 – 1940). Penentuan Sistem klasifikasi iklim Koeppen memperhatikan presipitasi dan suhu.

Tabel 2.3. Klasifikasi Iklim Menurut Koeppen

A	Iklm Hujan Tropis	: Suhu udara rata-rata bulan terdingin 18°C atau lebih besar. Curah hujan tahunan lebih besar dari evapotranspirasi tahunan
B	Iklm Kering	: Evapotranspirasi potensial tahunan $>$ curah hujan tahunan rata-rata. Tidak ada surplus air
C	Iklm sedang berhujan	: Suhu rata-rata bulan terdingin antara -3°C dan 18°C . Bulan terpanas suhu rata-rata lebih dari 10°C
D	Iklm hutan dingin	: Suhu rata-rata bulan terdingin $<$ -3°C dan terpanas $>10^{\circ}\text{C}$
E	Iklm Kutub	: Suhu bulan terpanas $<$ 10°C . Bulan terpanas dari tundra suhu rata-rata antara 0°C dan 10°C . Bulan terpanas dari salju dan es abadi kurang dari 0°C .



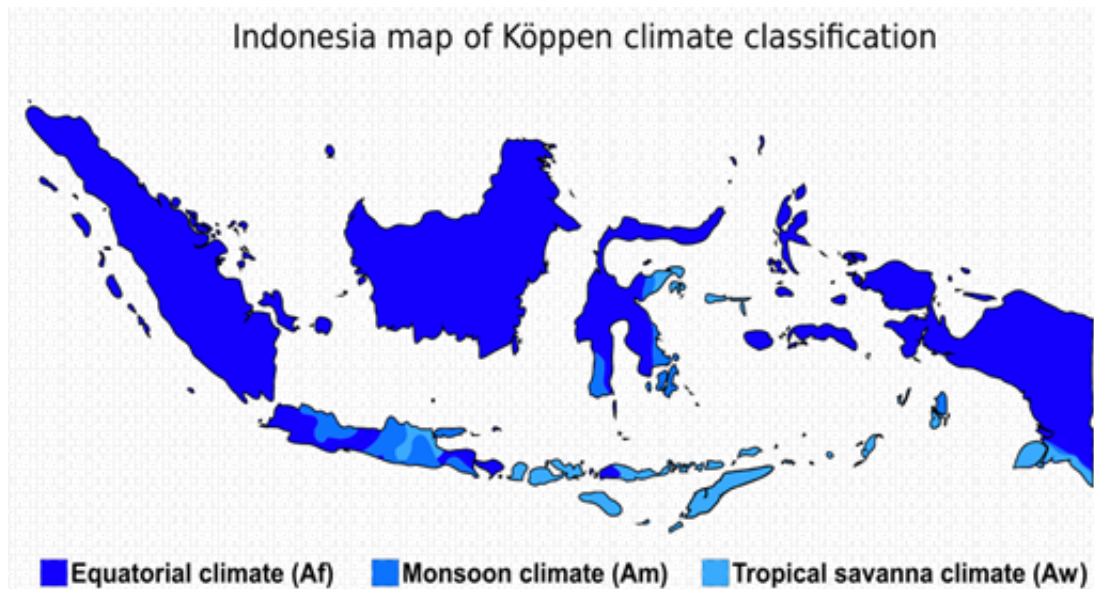
Gambar 2.9. Klasifikasi Iklim Koeppen

Kelima golongan iklim utama tersebut kemudian dibagi lagi menjadi 11 jenis iklim sesuai dengan sifat curah hujan, suhu, dan roman iklim khusus, sebagaimana dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 2.4. Sebelas (11) Jenis Iklim Menurut Koeppen Berdasarkan Sifat Curah Hujan dan Suhu

Af	Iklim hutan hujan tropis. Terik, Hujan dalam seluruh musim
Am	Iklim monsun tropis. Terik, hujan berlebihan secara musiman
Aw	Iklim savanna tropis. Terik, Kering secara musiman, biasanya dalam musim dingin
BSh	Iklim Stepa tropis. Agak kering, terik
BSk	Iklim stepa lintang tengah. Agak kering, dingin atau sangat dingin
BWh	Iklim gurun tropis. Kering, terik
BWk	Iklim gurun lintang tengah. Kering, dingin atau sangat dingin
Cfa	Iklim subtropics lembab. Musim dingin yang sejuk, lembab dalam seluruh musim, musim. Musim panas yang panjang dan terik
Cfb	Iklim marin. Musim dingin yang sejuk, lembab dalam seluruh musim. Musim panas yang panas
Cfc	Iklim marin. Musim dingin yang sejuk, lembab dalam seluruh musim. Musim panas yang pendek dan dingin
Csa	Iklim Mediterranean pedalaman. Musim dingin yang sejuk, musim panas yang kering dan terik

Csb	Iklm Mediteranean pantai. Musim dingin yang sejuk, musim panas yang kering, pendek dan panas
Cwa	Iklm monsun subtropics. Musim dingin yang sejuk dan kering, musim panas yang terik
Cwb	Iklm tanah tinggi tropis. Musim dingin yang sejuk dan kering. Musim panas yang pendek dan panas
Dfa	Iklm daratan lembab. Musim dingin yang sangat dingin, lembab dalam semua musim, musim panas yang panjang dan terik
Dfb	Iklm daratan lembab. Musim dingin yang sangat dingin, lembab dalam semua musim, musim panas yang pendek dan terik
Dfc	Iklm subartik. Musim dingin yang sangat dingin, lembab dalam semua musim. Musim panas yang pendek dan dingin
Dfd	Iklm Subartik. Musim dingin yang sangat dingin, lembab dalam semua musim, musim panas yang pendek
Dwa	Iklm daratan lembab. Musim dingin yang sangat dingin dan kering. Musim panas yang panjang dan terik
Dwb	Iklm daratan lembab. Musim dingin yang sangat dingin dan kering. Musim panas yang pendek
Dwc	Iklm subartik. Musim dingin yang sangat dingin dan kering. Musim panas yang pendek dan dingin
Dwd	Iklm subartik. Musim dingin yang sangat dingin dan kering. Musim panas yang pendek dan dingin
ET	Iklm tundra. Musim panas yang sangat pendek
EF	Iklm es kekal atau iklm salju
H	Iklm kutub yang disebabkan ketinggian tempat



Gambar 2.10. Klasifikasi Iklim Koeppen di Indonesia

Pada dasarnya klasifikasi iklim menurut Koeppen dapat diterapkan di Indonesia, tetapi mengingat variasi curah hujan untuk suatu stasiun di Indonesia sangat besar maka hasil klasifikasi Koeppen kurang dapat memberikan gambaran yang memuaskan.

2.3.3 Oldeman

Oldeman membagi iklim menjadi 5 tipe iklim berdasarkan jumlah kebutuhan air oleh tanaman, khususnya padi. Seperti halnya metode Schmidt–Ferguson, metode Oldeman (1975) hanya memakai unsur curah hujan sebagai dasar klasifikasi iklim. Jumlah curah hujan sebesar 200 mm tiap bulan dipandang cukup untuk membudidayakan padi di sawah, sedangkan untuk sebagian besar palawija memerlukan 100 mm curah hujan minimal setiap bulannya.

Tabel 2.5. Klasifikasi iklim menurut Oldeman (1975)

Zona Iklim	Bulan Basah > 200 mm/bln	Keterangan
A	9 kali BB	Padi lahan basah dapat ditanam setiap waktu dalam setahun
B	7-9 kali BB	Padi lahan basah dapat ditanam dua kali dalam setahun
C	5-6 kali BB	Dua kali tanam padi, tanaman pertama sistem gogorancah.
D	3-4 kali BB	Hanya dapat satu kali tanam padi lahan basah.
E	< 3 kali BB	Tanpa ada irigasi, padi lahan basah tidak dianjurkan

Tabel 2.6. Sub Klas Tipe Iklim Oldeman (1975)

Sub Klas	Bulan Kering < 100 mm/bln	Keterangan
Sub 1	2	Tidak ada kendala, air tersedia
Sub 2	2 - 3	Hati-hati dalam perencanaan penanaman dalam satu tahun
Sub 3	4 - 6	Periode berau penting dalam rotasi tanam
Sub 4	7 - 9	Hanya dapat satu kali tanam, karena terlalu kering
Sub 5	> 9	Daerah subzone ini tidak dapat ditanami tanaman pertanian.

Bulan basah pada metode ini didefinisikan sebagai bulan yang mempunyai jumlah hujan sekurang-kurangnya 200 mm. Meskipun lamanya periode pertumbuhan padi terutama ditentukan oleh jenis yang digunakan, periode 5 bulan basah berurutan dalam satu tahun dipandang optimal untuk satu kali tanam.

2.3.4 Mohr

Klasifikasi iklim menurut Mohr didasarkan pada hubungan antara penguapan dan besarnya curah hujan. Berdasarkan dua faktor tersebut, diperoleh tiga kategori bulan yaitu bulan basah, bulan lembab, dan bulan kering.

- Bulan kering apabila curah hujan kurang dari 60 mm/bulan
- Bulan lembab apabila curah hujan berkisar 60 mm – 100 mm
- Bulan basah apabila curah hujan lebih dari 100 mm/bulan

Sistem klasifikasi Mohr ini menunjukkan adanya kekuatan dari periode kering terhadap tanah dari gambaran curah hujan.

Tabel 2.7. Klasifikasi Iklim Mohr

Golongan Iklim	Bulan Kering	Bulan Basah	Keterangan
Ia	0	12	Daerah-daerah Af berdasarkan sistem klasifikasi Koeppen (<i>wet climate</i>). Curah hujan melebihi evaporasi selama 12 bulan dalam setahun
Ib	0	6-11	Daerah-daerah Af berdasarkan sistem klasifikasi Koeppen (<i>wet climate</i>)
II	1-2	4-11	Terdapat pada tempat-tempat di Indonesia dengan periode kering yang lemah
III	2-4	4-9	Evaporasi melebihi presipitasi pada suatu periode dalam setahun. Golongan ini kebanyakan menyebar ke Pulau Jawa
IV	4-6	4-7	Fenomena dari musim kering mulai nyata terjadi
V	6-8	2-5	Beberapa tempat terdapat musim kering yang panjang

2.3.5 Thornthwaite

Klasifikasi iklim yang dibuat oleh ahli klimatologi Amerika C.W Thornthwaite (1899 – 1963) mendasarkan pada klasifikasi iklim yang lebih sederhana yaitu berdasarkan evapotranspirasi potensial atau indeks kelengasan. Thornthwaite mengungkapkan bahwa pentingnya endapan (presipitasi) untuk tanaman tidak hanya bergantung pada jumlahnya, tetapi juga pada intensitas penguapannya. Apabila penguapan besar maka endapan yang dipakai oleh tanaman akan lebih kecil. Thornthwaite membagi wilayah klasifikasi iklim berdasarkan index P/E dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{P}{E} = 11,5 - \left[\frac{P}{T-10} \right] - \frac{10}{9}$$

Keterangan:

P : endapan bulanan rata-rata dalam inchi

E : penguapan bulanan rata-rata dalam inchi

T : suhu bulanan rata-rata dalam $^{\circ}\text{F}$

Tabel 2.8. Klasifikasi Iklim Thronthwaite

Wilayah kelengasan	Bentuk vegetasi khas	Indeks P / E
A : superhumid	Hutan hujan	128 dan lebih
B : humid	Hutan	64 – 187
C: subhumid	Padang rumput	32 – 63
D: semi arid	Stepa	16 – 31
E: arid	Gurun	Kurang dari 16

Kelima tipe klasifikasi iklim menurut Thronthwaite tersebut dapat dibagi lebih lanjut lagi menjadi empat sub tipe berdasarkan konsentrasi curah hujan musiman sebagai berikut:

- R = banyak hujan pada semua musim
- S = kurang hujan pada musim panas
- W = kurang hujan pada musim dingin
- D = kurang hujan pada semua musim

Berdasarkan empat sub tipe tersebut, selanjutnya klasifikasi iklim menurut Thronthwaite menjadi 6 kategori, yaitu:

Tabel 2.9. Klasifikasi Iklim Thronthwaite Berdasarkan Wilayah Kelengasan

Wilayah kelengasan	Indeks T / E
A' : tropical (panas)	128 – lebih
B' : mesothermal (sedang)	64 – 127
C' : microthermal (sejuk)	32 – 63
D' : taiga (musim salju amat dingin)	16 – 31
E' :tundra (musim panas amat sejuk)	1 – 15
F' : frost (salju abadi)	0

Untuk daerah tropis seperti Indonesia, suhu sepanjang tahun hampir konstan sehingga ragam indeks P-E dari tempat yang satu ke tempat yang lain praktis hanya bergantung pada endapan (P) saja. Klasifikasi iklim ini tidak cocok untuk daerah tropis, karena klasifikasi ini tidak dapat mewakili iklim yang dikehendaki.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2020. *Prakiraan Musim Kemarau 2020 Di Indonesia*. Jakarta
- Dragoni,. W., and Sukhija,. B., S,. 2008. *Climate Change and Groundwater*. London: The Geological Society
- Harini, Rika., Christanto Nugroho, Muh Aris Marfai. 2013. *Kompetensi Dasar Olimpiade sains Nasional Geografi*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Hendriks, R., Martin. 2009. *Introduction to Physical hydrology*. New York : Oxford
- Lakitan, Benyamin. 1994. *Dasar-Dasar Klimatologi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada
- Linsley, R.K., Kohler, M.A. and Paulhus, J.L.H. 1975. *Applied Hydrology*. New Dehli : Mc. GrawHill
- Soewarno. 1991. *Hidrologi “ Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung: Nova
- Soedjoko, Sri Astuti., Suyono dan Hatma Suryatmojo. 2016. *Hidrologi Hutan “Dasar-Dasar, Analisis, dan Aplikasi”*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Soewarno. 2014. *Aplikasi Metode Statistika Untuk Analisis Data Hidrologi*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Tjasyono, Bayong. 2004. *Klimatologi Edisi Kedua*. Bandung: Penerbit ITB