

# KLIMA

MEDIA INFORMASI DAN PUBLIKASI KEDEPUTIAN BIDANG KLIMATOLOGI BMKG

EDISI X 2024

## AT THE FRONT LINE OF CLIMATE ACTION

### PROYEKSI IKLIM

Historis dan Prospek  
Perubahan Iklim  
Indonesia Periode  
2020-2049

### FENOMENA EKSTREM

2024: El Niño Hilang,  
La Niña Datang?

Banjir Demak dalam  
Perspektif Variabilitas  
dan Perubahan Iklim

### CLIMATE INNOVATION

IKN,  
Pionir *Green City*  
di Indonesia





# PENGANTAR REDAKSI

Pembaca yang tercinta,

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, kami dapat menyapa kembali para pembaca KLIMA di edisi X/2024 ini. Majalah KLIMA selalu berusaha menyajikan informasi terkini seputar analisis fenomena iklim, perubahan iklim, dan kualitas udara sebagai bentuk peran aktif Kedeputan Bidang Klimatologi BMKG dalam memperkaya literasi dan media publikasi klimatologi bagi masyarakat luas.

KLIMA edisi kali ini mengangkat topik *At the Frontline of Climate Action*, sejalan dengan tema Hari Meteorologi Dunia (HMD) tahun 2024. Melalui tema ini, semua entitas dunia didorong untuk mengambil aksi tindakan nyata mempercepat *co-benefiting* mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Berdasarkan itu, KLIMA kali ini menurunkan beberapa laporan dan tulisan yang diharapkan dapat seiring dengan tema HMD 2024. Laporan pelaksanaan kegiatan Literasi untuk Aksi Iklim mahasiswa Universitas Sriwijaya Palembang dan *Focus Group Discussion* (FGD) Literasi untuk Aksi Iklim Lintas Agama menghiasi rubrik Kabar Klima. Diikuti laporan Aktivitas dua *event* besar di Bali, pertemuan *SERCOM-3 and the Gender Conference* dan *World Water Forum* ke-10, ditambah tulisan tentang energi bersih dalam kaitannya dengan target pembangunan berkelanjutan.

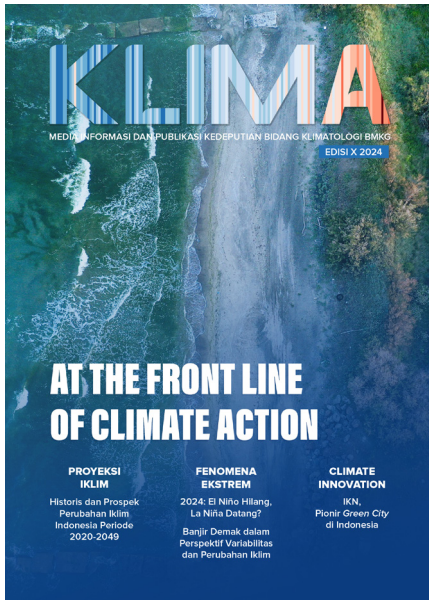
Pemahaman risiko iklim ekstrem melalui proyeksi perubahan iklim CMIP6 diturunkan dalam rubrik Proyeksi Iklim dan pada rubrik Analisis Iklim disajikan tulisan tentang tingkat keasaman air hujan tahun 2014-2023 di Indonesia. Beberapa fenomena ekstrem menjadi ulasan khusus, seperti kejadian banjir di Demak dan Kabupaten Padang Pariaman, puting beliung di Rancaekek, hingga potensi La Niña 2024 yang menggantikan El Niño.

Rubrik *Climate Innovation* mengusung Ibu Kota Negara (IKN) sebagai pionir kota hijau berkelanjutan di Indonesia serta bahasan ringan tentang mengoptimalkan peran iklim mikro pada praktek pertanian permakultur. Rubrik Gagasan kali ini diisi tulisan tentang mengembangkan kesadaran masyarakat tangguh bencana dan adaptif perubahan iklim dan aksi kita untuk kesehatan planet bumi. Figur KLIMA dan KLIMA Bakti menampilkan peran Stasiun Klimatologi sebagai garda terdepan informasi iklim di wilayah perbatasan dan insan BMKG yang dapat diteladani kiprahnya. Terakhir, pembaca dapat membaca tulisan ringan mengenai neraca bujet energi bumi pada rubrik KLIMA Sains.

Pembaca yang budiman, kebahagiaan kami atas terbitnya majalah KLIMA X/2024 belum terasa lengkap tanpa adanya ucapan terima kasih kami atas segala dukungan dari para kontributor dan para pembaca setia. Semoga kehadiran majalah ini bisa meningkatkan literasi masyarakat, memenuhi kebutuhan informasi iklim yang aktual, terpercaya, dan senantiasa bermanfaat bagi pembaca.

**Salam**

**Redaksi**



Redaksi menerima kiriman artikel atau tulisan lain yang bersifat ilmiah populer dan sesuai dengan isi majalah KLIMA. Panjang tulisan minimal 300 kata, maksimal 1500 kata. Pengiriman naskah dapat dilakukan melalui *website* <http://bit.ly/tulisklima> disertai data diri (biografi singkat). Naskah yang tidak dimuat dapat dikembalikan atas permintaan penulis. RedaAksi berhak melakukan perubahan naskah tanpa mengubah isi tulisan.



**ISSN 2655-3619**

**DITERBITKAN OLEH**  
KEDEPUTIAN BIDANG KLIMATOLOGI,  
BMKG  
Jl. Angkasa I, No. 2, Kemayoran  
Jakarta Pusat 10610

**PENGARAH**  
Ardhasena Sopaheluwakan  
Marjuki  
A. Fachri Radjab

**PENANGGUNG JAWAB**  
Hary Tirto Djatmiko

**PIMPINAN REDAKSI**  
Siswanto

**REDAKTUR PELAKSANA**  
Rendy Artha Luvian

**DEWAN REDAKSI**  
R. Hikmat Kurniawan  
Nisa Farhana  
Sekar Anggraeni Nur Permatasari

**ARTISTIK & TATA LETAK**  
Imam Yunanda Putra

**SEKRETARIAT**  
Dwi Indriyati

**EDITOR BAHASA**  
Alifi Maria Ulfah

Telp : (021) 4246321 - Ext. 2201  
Email : [proklimku@bmgk.go.id](mailto:proklimku@bmgk.go.id)  
[proklimkubmgk@gmail.com](mailto:proklimkubmgk@gmail.com)



## KLIMADITORIAL

Di Garis Depan Aksi Iklim Untuk  
Masa Depan Bumi **4**

## PROYEKSI IKLIM

Menjangka Risiko Iklim Ekstrem  
Indonesia di Masa Depan  
Berdasarkan Model IPCC Terbaru **6**

Historis dan Prospek  
Perubahan Iklim Indonesia  
Periode 2020-2049 **15**

## ANALISIS IKLIM

Pemantauan Tingkat Keasaman  
Air Hujan di Indonesia **24**

## FENOMENA EKSTREM

2024: El Niño Hilang, La Niña  
Datang? **33**

Banjir Demak dalam  
Perspektif Variabilitas dan  
Perubahan Iklim **43**

Dinamika Cuaca dan Iklim Dibalik  
Banjir Padang Pariaman **51**

Mengulas Puting Beliung  
Rancaekek **56**

## CLIMATE INOVATION

IKN, Pionir *Green City*  
di Indonesia **64**

Mendesain Iklim Mikro  
pada Lahan Pertanian **71**

## KABAR KLIMA

Melalui Literasi Iklim, Bersinergi  
Wujudkan Generasi Muda yang  
Sadar Iklim dan Sayang Bumi **77**

Bergerak Bersama untuk Aksi  
Iklim Lintas Agama di Indonesia **82**

## AKTIVITAS

Energi Bersih : Target  
Pembangunan Berkelanjutan **86**

Bersama di Garis Depan Aksi  
Iklim Refleksi dari SERCOM-3  
dan *Gender Conference* **91**

Pesan Penting Hasil dari WWF  
ke-10 **98**

## GAGASAN

Membangun Kapasitas  
Adaptasi Masyarakat dalam  
Menghadapi Perubahan Iklim  
melalui Akses Informasi Cuaca  
dan Iklim **105**

Aksi Kita untuk Bumi yang  
Sehat **111**

## FIGUR KLIMA

Stasiun Klimatologi  
Papua Selatan **117**

Stasiun Klimatologi  
Kalimantan Selatan **121**

**KLIMA BAKTI** **125**

**KLIMASAINS** **128**  
Neraca Bujet Energi Bumi

# Di Garis Depan Aksi Iklim Untuk Masa Depan Bumi

Dalam laporan terbaru mengenai keadaan iklim global, WMO mencatat rekor suhu global tertinggi pada tahun 2023 lalu, diikuti oleh rekor tingkat gas rumah kaca, pemanasan dan asidifikasi laut, kenaikan permukaan air laut, hilangnya es laut di Antartika, dan semakin menipisnya gletser. Krisis iklim menjadi semakin nyata dari sisi bergesernya isu. Atas dasar itu, WMO dan seluruh Badan Meteorologi di dunia akan terus memantau kondisi iklim global, regional, dan nasional melalui penguatan riset dan observasi sistematis serta terus mendorong pembuat kebijakan di dunia untuk lebih menekankan pentingnya dan membawa pada garis depan tindakan aksi iklim. Hal ini juga yang mendasari tema Majalah KLIMA edisi X tahun ini.

Pemanasan global dan perubahan iklim yang terus melaju saat ini membuat atmosfer menjadi lebih

tidak stabil. Ketidakstabilan kondisi atmosfer menimbulkan berbagai kejadian cuaca dan iklim ekstrem yang memicu bencana seperti banjir yang terjadi di Demak dan Padang, serta kejadian angin puting beliung yang dampaknya akan sangat merusak, seperti yang terjadi di Rancaekek. Perubahan iklim membuat semakin seringnya terjadi siklon tropis di wilayah sekitar Samudra Hindia. Peningkatan ekstremitas cuaca dan iklim diikuti oleh laju peningkatan kejadian bencana dari tahun ke tahun. Peningkatan kejadian bencana berdampak pada besarnya kerugian materiil beserta korban jiwa menjadi salah satu hal yang patut untuk diperhitungkan.

Berbagai inovasi dan gagasan muncul menjadi ide solutif bagi tindakan aksi iklim nyata yang dapat menahan laju krisis iklim. Dimulai dari kebijakan global berupa traktat dan perjanjian

internasional, kebijakan nasional yang dituangkan pada rencana aksi nasional mitigasi dan adaptasi, kebijakan pembangunan berketahanan iklim, hingga di taraf lokal yakni para penggiat aksi iklim komunitas dan generasi muda.

IKN di Kalimantan yang diusung dengan konsep *green city* menjadi teladan bagi pembangunan kota-kota di Indonesia di tahun-tahun mendatang. Pemanfaatan potensi energi terbarukan menjadi sangat penting, terutama energi matahari yang melimpah di seluruh wilayah Indonesia. Di level tapak, para pegiat aksi iklim juga menunjukkan perannya di berbagai sektor, seperti pada praktek pertanian permakultur yang berkelanjutan. Dalam lingkup kecil skala perseorangan pun, aksi iklim mandiri dalam kehidupan keseharian dapat memiliki kontribusi signifikan untuk mempertahankan kesehatan planet bumi.

Aksi-aksi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim sudah seharusnya digaungkan dimana-mana. Tahun ini kegiatan literasi iklim untuk aksi iklim yang menysar generasi muda dan masyarakat komunitas sudah menjadi bagian dari kegiatan rutin BMKG di daerah. Selain itu literasi iklim untuk menumbuhkan aksi-aksi iklim juga menysar berbagai *background* organisasi keagamaan yang berbeda.

Kesemuanya diharapkan dapat menambah jangkauan dari literasi iklim yang telah dimulai sejak lama oleh BMKG. Secara kelembagaan, BMKG memiliki peran penting dalam memantau, menyajikan data dan informasi terkait cuaca, iklim, dan perubahan iklim di Indonesia. Selain itu BMKG juga memiliki tanggung jawab ikut membangun masyarakat yang berkesadaran iklim dan tangguh bencana serta adaptif terhadap perubahan iklim.

Dengan fokus pada garis depan aksi iklim, WMO dan Badan Meteorologi di seluruh dunia, termasuk BMKG, memantau kondisi iklim global, regional, dan nasional serta menekankan pentingnya tindakan iklim bagi pembuat kebijakan. Kita bersama-sama berkomitmen untuk mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan 13, yaitu mengambil tindakan mendesak untuk mengatasi perubahan iklim dan dampaknya. Perkembangan dalam tujuan ini menjadi dasar bagi kemajuan pada semua Tujuan Pembangunan Berkelanjutan lainnya. Kita bersatu dalam ilmu pengetahuan. WMO akan tetap berada di garis depan aksi iklim, menggandeng kerjasama dan inovasi kolektif untuk mengatasi tantangan dan mewujudkan visi bersama: dunia yang lebih aman dan tangguh bagi generasi mendatang.



# Menjangka Risiko Iklim Ekstrem Indonesia di Masa Depan Berdasarkan Model IPCC Terbaru

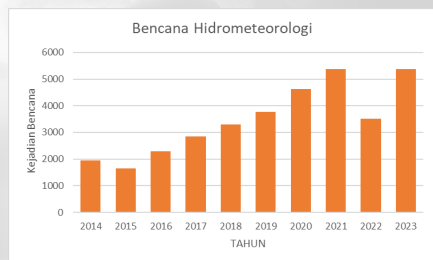
Ari Kurniadi

Pusat Informasi Perubahan Iklim



## *Perubahan iklim dan bencana hidrometeorologi Indonesia*

Perubahan iklim global telah menyebabkan peningkatan frekuensi, durasi, maupun intensitas fenomena iklim ekstrem di berbagai wilayah dunia, termasuk Indonesia. Indonesia mengalami peningkatan bencana hidrometeorologi yang drastis selama dekade terakhir (Gambar 1).



**Gambar 1.** Tren kejadian bencana tahun 2014-2023 (Sumber: BNPB, 2024)

Bencana hidrometeorologi ini terkait erat dengan peningkatan intensitas hujan. Curah hujan yang semakin ekstrem terus memecahkan rekor di banyak daerah di Indonesia, yang pada akhirnya menyebabkan bencana hidrometeorologi seperti banjir besar di Demak, Jawa Tengah, dan Padang Pariaman, Sumatera Barat, serta fenomena angin kencang di Rancaekek, Bandung. Fenomena ini akan dibahas lebih lanjut dalam rubrik Fenomena Ekstrem.

### **Model iklim global IPCC terbaru: CMIP6**

Untuk memahami bagaimana perubahan iklim akan mempengaruhi kondisi iklim di masa depan, para ahli telah mengembangkan *Global Climate Model (GCM)* dalam wadah *Coupled Model Intercomparison Project Phase-6 (CMIP6)*. CMIP6 adalah proyek kolaboratif internasional yang menyediakan serangkaian simulasi model iklim global terbaru. Tujuan utama dari CMIP6 adalah untuk meningkatkan pemahaman kita tentang perubahan iklim masa lalu, sekarang, dan masa depan. Model-model iklim CMIP6 menjadi dasar ilmiah dalam laporan terbaru *The Sixth Assessment Report (AR6)* dari *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC-AR6)*. IPCC sendiri

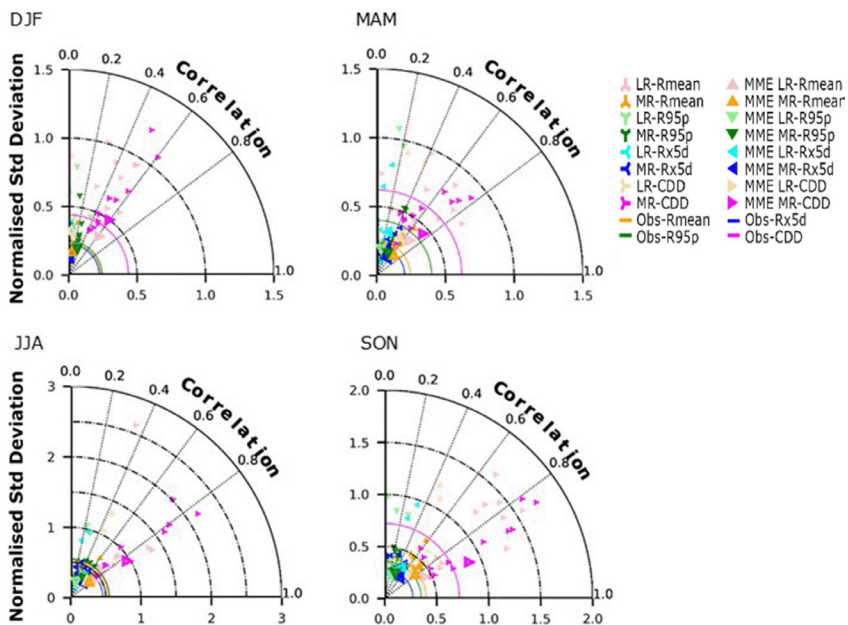
merupakan badan antar-pemerintah yang didirikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) pada tahun 1988 untuk menganalisis perubahan iklim. Model-model CMIP6 ini memperkenalkan serangkaian skenario baru yang disebut *Shared Socioeconomic Pathways (SSP)*. SSP digunakan untuk mengeksplorasi berbagai laju perkembangan sosial ekonomi yang mungkin terjadi di masa depan dan bagaimana laju-laju ini akan mempengaruhi emisi gas rumah kaca dan perubahan iklim. SSP menggabungkan skenario sebelumnya yang dikenal sebagai RCP (*Representative Concentration Pathways*) yang mempertimbangkan perkembangan emisi gas rumah kaca dalam CMIP5.

Untuk itu, Kurniadi dkk pada tahun 2024 menggunakan 24 model CMIP6 yang terdiri dari 11 model dengan resolusi spasial rendah dan 13 model dengan resolusi spasial menengah. Model-model iklim global tersebut dievaluasi dengan menggunakan data *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS)* dan *Global Precipitation Climatology Centre (GPCC)* untuk periode 1987-2014. Setelah itu dilakukan proyeksi masa depan hujan ekstrem untuk Indonesia menggunakan pendekatan *ensemble* model hasil dari evaluasi pada periode

historis. Proyeksi masa depan dilakukan untuk dua periode yaitu masa depan dekat (2023-2050) dan masa depan jauh (2073-2100). Skenario perubahan iklim yang digunakan adalah SSP-245 sebagai ilustrasi kita melakukan aksi adaptasi dan mitigasi tingkat menengah, dan SSP-585 sebagai representasi manakala tidak ada upaya terhadap adaptasi dan mitigasi perubahan iklim.

### Validasi model iklim global CMIP6 untuk wilayah Indonesia

Validasi dilakukan terhadap empat indeks hujan yaitu Rmean (curah hujan rata-rata harian dalam satu tahun), Rx5d (jumlah curah hujan maksimum yang tercatat selama periode lima hari berturut-turut dalam satu tahun), R95p (jumlah total curah hujan yang terjadi pada hari-hari yang curah hujannya melebihi persentil ke-95 dalam satu



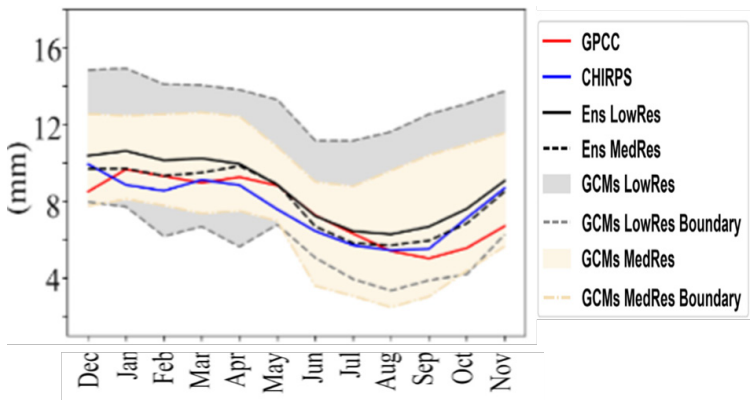
**Gambar 2.** Diagram Taylor dari empat indeks curah hujan (Rmean, Rx5d, R95p, CDD) dari model individu dan *ensemble* rata-rata dari CMIP6 untuk periode historis (1987–2014). Koordinat radial dan sudut menunjukkan besarnya deviasi standar yang dinormalisasi dan korelasi spasial. Dataset observasi diwakili oleh garis solid dengan warna untuk setiap indeks. Model individu untuk kelompok resolusi rendah (*Low Resolution-LR*) dan resolusi menengah (*Medium Resolution-MR*) ditampilkan sebagai simbol garis-tiga warna terang dan gelap, sementara MME untuk model LR dan MR ditandai dengan simbol segitiga warna terang dan gelap.



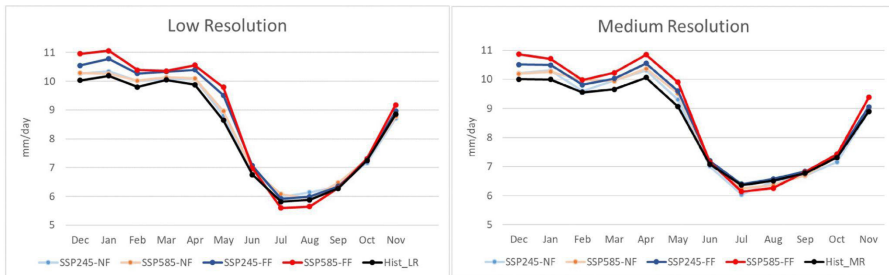
tahun), dan *Consecutive Dry Days-CDD* (jumlah hari berturut-turut tanpa curah hujan dalam satu tahun). Hasil validasi menunjukkan bahwa secara musiman model-model iklim global sangat bervariasi dalam mensimulasikan pola hujan di Indonesia (Gambar 2). Pada setiap musim (DJF, MAM, JJA, dan SON), model-model individual dari berbagai institusi internasional cenderung tersebar dan berada lebih jauh dari nilai observasinya. Sementara pendekatan *Multi-Model Ensemble Mean* (MMEM) menunjukkan keunggulannya dibanding dengan kombinasi nilai korelasi dan standar deviasi yang lebih baik. Performa MMEM dalam mensimulasikan indeks hujan ekstrem basah (Rmean, Rx5d,

dan R95p) dan indeks hujan ekstrem kering (CDD) memiliki perbedaan yang cukup jelas. Performa semua indeks ekstrem tidak begitu maksimal pada musim hujan berbeda dengan musim kemarau, dimana CDD menunjukkan nilai *coefficient* korelasi yang sangat tinggi dan mencapai lebih dari 0,9. Ini merupakan indikasi alamiah dimana CDD hanya memperhitungkan hujan dibawah 1 mm dan banyak penelitian menyatakan bahwa model-model CMIP cenderung memproduksi lebih banyak hujan yang sangat ringan (*drizzle*).

Grafik pola bulanan atau siklus tahunan dari model-model CMIP6 dan MMEM dibandingkan dengan observasi dari GPCC dan CHIRPS pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Siklus tahunan *R-mean* dari *CHIRPS* (garis biru), *GPCC* (garis merah), 20 model resolusi rendah (LR), dan 22 model resolusi menengah (MR) di wilayah Indonesia. Garis hitam solid dan putus-putus masing-masing mewakili rata-rata *MME* (*Multi-Model Ensemble*) untuk model LR dan MR, sedangkan area berwarna abu-abu dan coklat masing-masing mewakili penyebaran dari model resolusi individu LR dan MR.



**Gambar 4.** Siklus tahunan dari *MMEM* pada resolusi rendah (LR) dan resolusi menengah (MR) di bawah SSP245 dalam masa depan dekat (SSP245-NF), dibawah SSP585 dalam masa depan dekat (SSP585-NF), dibawah SSP245 dalam masa depan jauh (SSP245-FF), dan di bawah SSP585 dalam masa depan jauh (SSP585-FF) serta dalam periode historis (Hist\_LR).

Kedua data observasi menunjukkan puncak hujan sekitar November-Desember dan lembah pada bulan Juli-September. LR dan MR *MMEM* mensimulasikan siklus tahunan dengan sangat baik pada skala nasional ini, dengan menangkap puncak hujan pada November-April dan puncak kemarau pada Mei-Oktobre. *MMEM* cenderung overestimasi terhadap data observasi, dengan LR mengestimasi lebih besar daripada MR. Model LR secara keseluruhan cenderung memiliki bias yang lebih besar (daerah berwarna abu-abu) juga dibandingkan MR.

## Proyeksi siklus tahunan curah hujan Indonesia masa depan

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan, *MMEM* digunakan untuk memproyeksikan iklim ekstrem masa depan Indonesia. Gambar 4

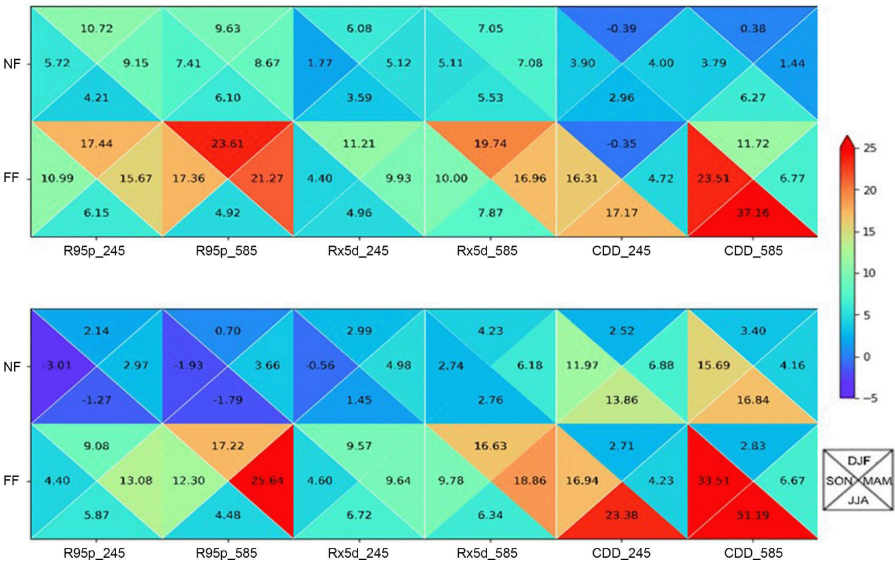
memperlihatkan bahwa pada masa depan, baik menggunakan model dengan resolusi rendah maupun menengah, pola hujan Indonesia di masa depan cenderung serupa tetapi tidak sama. Di masa depan, musim hujan akan semakin basah, sementara musim kemarau akan semakin kering. Hal ini tentunya akan mempengaruhi pergeseran awal, puncak, dan panjang dari musim itu sendiri. Gambar 4 memperlihatkan bahwa musim hujan di masa depan dekat (*Near Future*-NF) akan lebih basah dan terus semakin basah pada periode masa depan jauh (*Far Future*-FF). Hal serupa terlihat pada musim kemarau, terutama dalam resolusi menengah, yang semakin kering pada NF dan tambah kering lagi pada FF. Terlihat juga skenario SSP-585 memproyeksikan perubahan hujan yang lebih basah pada musim hujan

dan lebih kering pada musim kering, jika dibandingkan dengan skenario SSP-245. Hal ini menunjukkan bahwa jika kita minim upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim akan menimbulkan iklim ekstrem yang jauh lebih signifikan.

Laju perubahan iklim ekstrem  
Indonesia masa depan

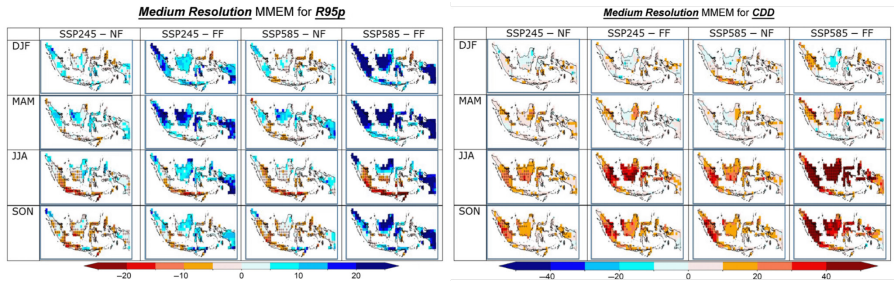
Gambar 5 merupakan *mosaic plot* yang menunjukkan perubahan musiman dari tiga indeks iklim ekstrem MMEM pada resolusi rendah dan menengah untuk periode masa depan NF dan FF dengan dua skenario

perubahan iklim (SSP-245 dan SSP-585) di wilayah Indonesia. Secara umum bisa dikatakan indeks ekstrem basah (R95p dan Rx5d) disimulasikan akan semakin basah hampir di semua musim terutama pada musim penghujan kecuali pada musim kemarau di MR SSP245-NF dan MR SSP585-NF. Untuk indeks ekstrem basah, MMEM LR cenderung mensimulasikan perubahan kondisi masa depan yang lebih basah dibandingkan dengan MR. Selain indeks ekstrem basah yang disimulasikan akan naik, indeks ekstrem kering (CDD) juga secara umum diproyeksikan



Gambar 5. Diagram dari laju perubahan (%) untuk indeks rata-rata periode dan rata-rata wilayah MMEM pada resolusi rendah (atas) dan resolusi menengah (bawah). FF, masa depan jauh; NF, masa depan dekat.





**Gambar 6.** Laju perubahan *MMEM* untuk *R95p* (a) dan *CDD* (b) dalam % antara masa depan dekat (NF; 2023–2050) dan periode historis (1987–2014), serta antara masa depan jauh (FF; 2073–2100) dan periode historis dibawah dua skenario perubahan iklim SSP245 dan SSP585 dalam resolusi menengah (MR). Area yang diarsir menunjukkan daerah dimana laju perubahan *MMEM* yang sama.

untuk meningkat pada semua musim terutama pada musim kemarau di masa depan kecuali pada LR SSP-245 NF dan FF. Plot mozaik ini menunjukkan bahwa Indonesia diproyeksikan akan mengalami peningkatan ekstrem basah yang dibarengi juga dengan semakin panjangnya ekstrem kering. Sebagai ilustrasi dalam proyeksi resolusi menengah, pada musim (DJF-MAM) baik indeks ekstrem basah (*R95p* dan *Rx5d*) diproyeksikan akan meningkat berbarengan dengan indeks ekstrem kering (*CDD*), yang dapat diartikan bahwa di masa depan pada musim hujan akan cenderung mengalami hari yang semakin panjang untuk menunggu hujan turun dan ketika turun hujannya cenderung ekstrem. Hal ini tidak hanya terjadi pada musim hujan, karena hal serupa juga terjadi pada musim kemarau

dimana indeks ekstrem kering semakin panjang dibarengi indeks ekstrem basah.

*Sebaran spasial laju perubahan iklim ekstrem Indonesia*

Kondisi hari kering yang semakin berkepanjangan sebelum diselingi hujan ekstrem bukan berarti akan terjadi merata di seluruh Indonesia. Gambar 6 menunjukkan distribusi spasial dari proyeksi *R95p* dan *CDD* pada resolusi menengah. Pada Gambar 6.a terlihat *R95p* diproyeksikan akan meningkat pada musim penghujan hampir merata di seluruh Indonesia, terutama di wilayah utara Indonesia. Perlu diperhatikan pula bahwa pada musim hujan, *CDD* di beberapa wilayah utara Indonesia juga diproyeksikan meningkat. Sebagai contoh wilayah Sumatera pada musim hujan akan mengalami hari kering

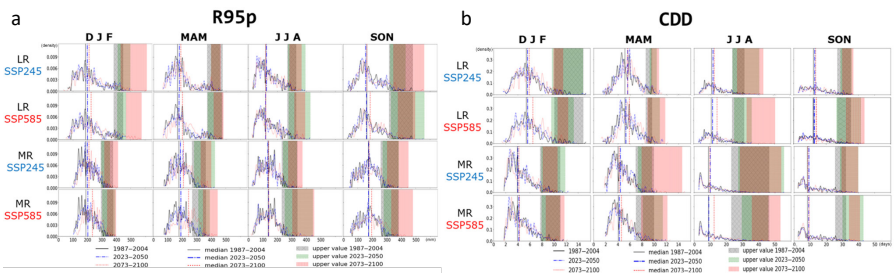
berkepanjangan dan juga hujan ekstrem yang meningkat. Hal yang sama pada musim JJA-SON untuk wilayah utara Kalimantan yang diproyeksikan untuk mengalami peningkatan CDD sekaligus R95p.

Namun, untuk wilayah Jawa, Bali dan Nusa Tenggara, pada puncak musim kemarau (JJA) diproyeksikan mengalami hal yang justru berbeda yaitu akan mengalami defisit air yang sangat signifikan karena selain CDD yang diproyeksikan meningkat, wilayah tersebut juga diproyeksikan akan mengalami pengurangan indeks ekstrem basahnya yaitu R95p.

Distribusi frekuensi iklim ekstrem Indonesia masa depan

Gambar 7 memperlihatkan distribusi frekuensi musiman Indonesia pada periode historis dan masa depan dalam dua skenario perubahan

iklim dan dua resolusi spasial. Secara umum, *median* dari hujan ekstrem di masa depan bergeser ke kanan yang berarti meningkat pada semua musim, skenario perubahan iklim, dan resolusi spasial. Peningkatan *median* pada NF dilanjutkan kenaikan lebih tinggi pada FF yang mengindikasikan peningkatan akan terus terjadi dari waktu ke waktu. Selain nilai *median*, Gambar 7 juga memperlihatkan nilai ekstrem atas pada periode masa depan baik NF ataupun FF yang cenderung lebih tinggi dari periode historis. Sebagai contoh pada musim DJF SSP-245 LR, ekstrem atas FF yang diproyeksikan bisa mencapai 100 mm lebih tinggi dari historis untuk R95p. Hal ini dapat diartikan sebagai kemungkinan di masa depan hujan ekstrem R95p akan terus melampaui nilai tertinggi yang pernah tercatat pada periode historisnya. Indeks ekstrem kering (CDD) juga menunjukkan distribusi



Gambar 7. Distribusi frekuensi musiman MMEM untuk R95p (a) dan CDD (b) di bawah SSP245 dan SSP585 dalam resolusi rendah (LR) dan resolusi menengah (MR).

yang serupa, nilai median dari periode historis bergeser ke kanan pada semua musim, walaupun tidak sebesar pada indeks ekstrem basah. Begitu juga nilai batas atas CDD pada masa depan yang lebih besar dari masa lalu, menunjukkan bahwa pada masa depan nilai ekstrem kering akan cenderung melewati rekor apa yang sudah pernah terjadi pada masa lalu.

### Ringkasan

Proyeksi curah hujan ekstrem di Indonesia telah dilakukan menggunakan 24 model CMIP6 terbaru dengan resolusi rendah (LR) dan menengah (MR) untuk dua periode waktu, NF (2023-2050) dan FF (2073-2100). Hasil menunjukkan bahwa model MMEM LR dan MR lebih baik dibandingkan model individual, terutama dalam mereproduksi klimatologi rata-rata selama 27 tahun (1987-2014). Proyeksi mengindikasikan perubahan ekstrem masa depan bervariasi secara musiman, dengan indeks kekeringan (CDD) menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan Rmean, R95p, dan Rx5d. Curah hujan tahunan diproyeksikan meningkat, terutama pada musim hujan, yang dapat mengubah perilaku musim. Selain itu, wilayah-wilayah di Indonesia diperkirakan akan mengalami periode kekeringan yang berkepanjangan

sebelum terjadi turunnya hujan ekstrem. Proyeksi iklim ekstrem masa depan juga mengindikasikan bahwa kejadian hujan ekstrem akan menjadi lebih intens dan cenderung untuk melewati rekor historis yang pernah tercatat. Temuan ini menekankan pentingnya memahami risiko iklim untuk merancang langkah-langkah adaptasi dan mitigasi yang efektif demi masa depan yang berkelanjutan. Dengan langkah adaptasi dan mitigasi yang tepat, diharapkan kita dapat meminimalkan risiko skenario perubahan iklim yang lebih buruk. (Editor: Siswanto)

### Referensi

---

- BNPB. (2024). *Buku Data Bencana Indonesia Tahun 2023*. BNPB. Vol.3. <https://bpbk.kepriprov.go.id/files/buku-data-bencana-indonesia-tahun-2023.pdf>
- Kurniadi, A., Weller, E., Kim, Y. & Min, S. (2023) Evaluation of CMIP6 model-simulated extreme precipitation over Indonesia. *International Journal of Climatology*, 43, 1–23. <https://doi.org/10.1002/joc.7744>
- Kurniadi, A., Weller, E., Salmond, J., & Aldrian, E. (2024). Future projections of extreme rainfall events in Indonesia. *International Journal of Climatology*, 44, 160–182. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.8321>

# Historis dan Prospek Perubahan Iklim Indonesia Periode 2020-2049

Ganesha Tri Chandrasa dan Hary Tirto Djatmiko

Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan

Perubahan iklim global memiliki dampak dengan cakupan, jenis, dan intensitas yang berbeda-beda di berbagai belahan dunia. Indonesia merupakan salah satu wilayah yang cukup rentan terhadap dampak perubahan iklim global. Salah satu cara untuk melihat dampak tersebut adalah meninjau perubahan parameter iklim di masa lalu dan proyeksinya di masa yang akan datang. Dalam tulisan ini akan dijelaskan mengenai beberapa kondisi parameter iklim, yaitu suhu dan curah hujan di wilayah Indonesia, dalam perspektif kecenderungannya di masa lalu dan prospeknya di masa yang akan datang.

Untuk mengilustrasikan tren di masa lalu, digunakan data curah hujan historis berbasis grid yang bersumber

dari Bidang Variabilitas Iklim BMKG dan data suhu historis berbasis grid yang bersumber dari data reanalisis *ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)*. Sedangkan untuk proyeksi iklim, data yang digunakan adalah rata-rata *ensemble* dari 6 model dalam *platform* The SEACLID/CORDEX Southeast Asia (CORDEX-SEA). Mengenai CORDEX-SEA sendiri telah dijelaskan dalam tulisan Supari yang dimuat dalam majalah KLIMA edisi IX/2023 dengan judul “Masa Depan Iklim Ekstrem di Indonesia (2081 - 2100)”. Periode proyeksi iklim yang digunakan adalah periode *immediate/near-future*, yaitu rentang tahun 2020-2049 (yang dibandingkan dengan periode 1976-2005), dengan dua skenario gas rumah kaca RCP, yaitu RCP4.5 (yang

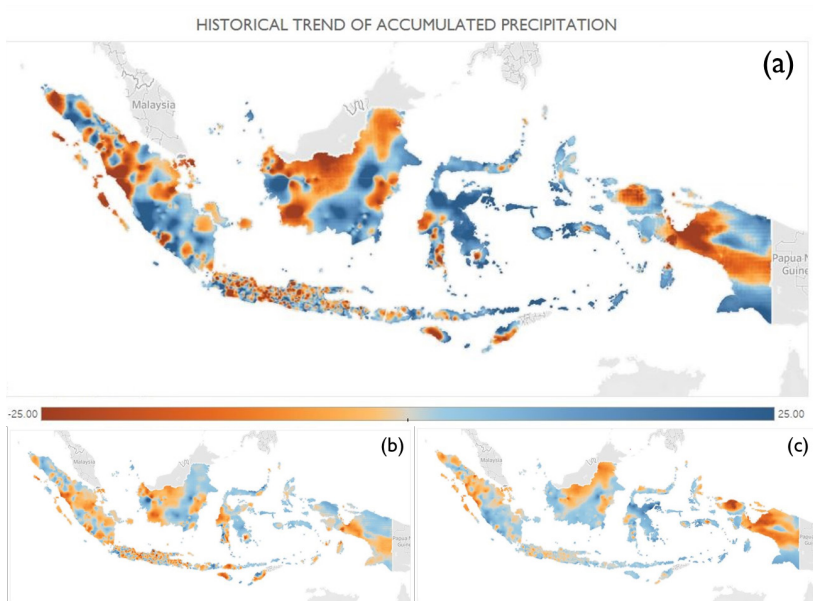


menggambarkan kenaikan konsentrasi gas rumah kaca dengan laju relatif sedang/menengah) dan RCP8.5 (yang menggambarkan kenaikan konsentrasi gas rumah kaca dengan laju relatif tinggi).

### **Tren Historis dan Proyeksi Curah Hujan**

Pola tren historis hujan (curah hujan kumulatif tahunan) di Indonesia selama periode 1991 hingga 2020 menunjukkan pola yang cukup bervariasi di seluruh daerah di Indonesia. Data yang digunakan merupakan data gabungan

(*blending*) dari pengamatan permukaan instrumen BMKG dan data grid hujan global. Ilustrasi tren curah hujan dapat dilihat pada Gambar 1. Pola yang ada menunjukkan adanya variasi yang cukup beragam secara spasial. Pulau Jawa memiliki pola kecenderungan spasial yang paling beragam dibandingkan kluster pulau-pulau besar lainnya, dengan komposisi yang seimbang antara tren penurunan/kenaikan. Pola yang ada juga menunjukkan adanya dominasi tren penurunan pada periode musim basah monsunal DJF (Desember-Januari-Februari), khususnya di wilayah

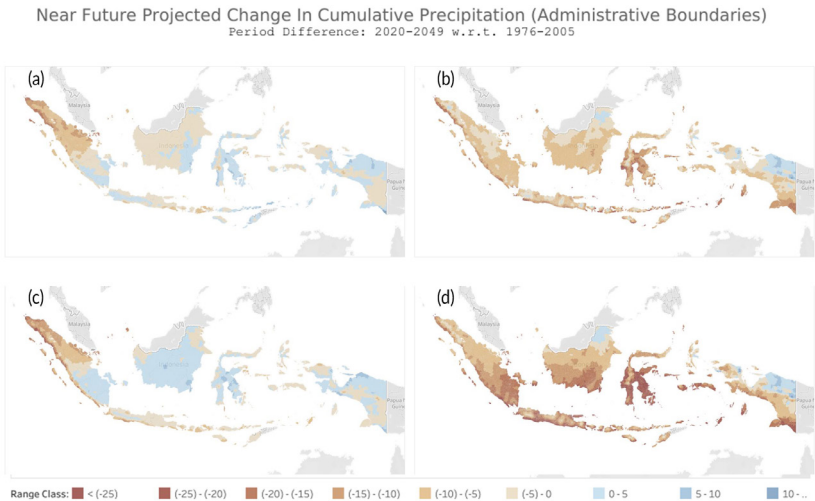


**Gambar 1.** Tren curah hujan (mm/tahun) selama periode 1991-2020, dengan rincian: (a) tren tahunan, (b) tren musiman (DJF), dan (c) tren musiman (JJA). Gradien warna menunjukkan laju perubahan.

Indonesia bagian barat. Sebaliknya, pada periode musim kering monsunal JJA (Juni-Juli-Agustus), justru terlihat adanya dominasi tren peningkatan curah hujan, khususnya di wilayah Indonesia bagian tengah. Pada dua periode musim tersebut, Pulau Jawa kembali memiliki pola yang cukup bervariasi dan tidak memiliki sebaran kecenderungan yang homogen.

Proyeksi iklim dalam periode 30 tahunan terdekat (2020-2049), menunjukkan pola yang juga bervariasi dalam dimensi spasial. Proyeksi iklim yang digunakan dalam tulisan

ini memiliki periode referensi yang berbeda dengan tren historis yang dijelaskan sebelumnya. Meskipun begitu, hasil yang ada diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi perubahan yang akan terjadi di masa depan dalam periode normal yang *imminent*. Pola proyeksi yang ada dapat dilihat pada Gambar 2 dimana secara umum menunjukkan kemungkinan pengurangan curah hujan di masa yang akan datang, khususnya pada skenario RCP8.5. Pada skenario RCP4.5, pola pada musim basah monsunal (DJF) menunjukkan adanya tren peningkatan



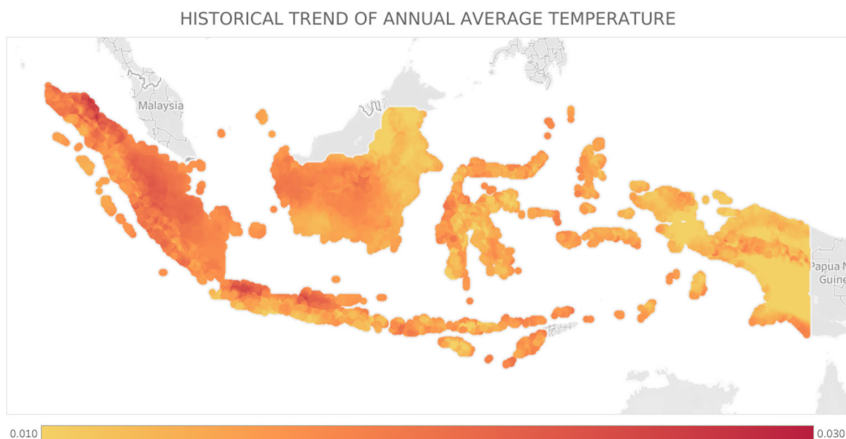
**Gambar 2.** Proyeksi curah hujan (dalam persen) untuk periode 2020-2049, dibandingkan dengan periode referensi 1976-2005, dengan rincian: (a) periode musiman DJF - skenario RCP4.5, (b) periode musiman DJF - skenario RCP8.5, (c) periode musiman JJA - skenario RCP4.5, dan (d) periode musiman JJA - skenario RCP8.5. Kelompok *legend* warna menunjukkan *range* besar penambahan atau pengurangan.

yang tidak terlalu signifikan di sebagian kecil Sumatra, Jawa, dan Kalimantan, serta terdapat sebaran peningkatan yang cukup dominan di wilayah Sulawesi dan Papua. Pada skenario RCP8.5 periode JJA, diproyeksikan adanya sebaran peningkatan curah hujan yang cukup dominan di wilayah Kalimantan, Sulawesi, dan Papua.

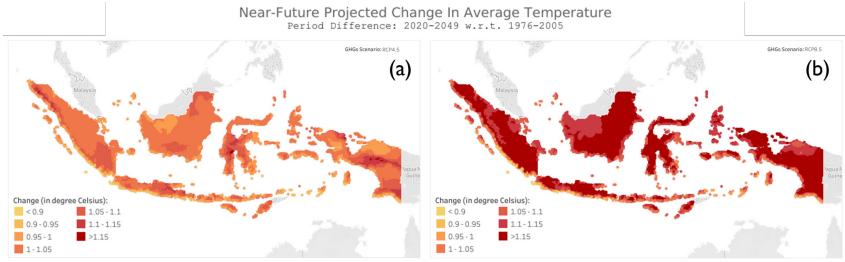
### *Tren Historis dan Proyeksi Suhu Permukaan*

Pola tren historis suhu rata-rata tahunan di Indonesia selama periode 1991 hingga 2020 dapat dilihat pada Gambar 3. Pola yang ada menunjukkan tren kenaikan yang seragam di seluruh daerah di Indonesia, selaras dengan fenomena perubahan iklim global.

Meskipun terdapat kecenderungan yang homogen, namun perubahan suhu di wilayah Indonesia memiliki laju yang berbeda-beda. Selama periode 1991-2020, kenaikan suhu yang cukup signifikan di Pulau Sumatra terdapat di wilayah Aceh bagian timur dan sepanjang pantai timur Sumatra Utara. Beberapa daerah di Pulau Jawa, seperti wilayah Jabodetabek dan sekitarnya, serta wilayah Semarang dan sekitarnya, memiliki laju perubahan suhu yang relatif lebih signifikan dibandingkan wilayah-wilayah lainnya. Secara umum, dalam periode normal 30 tahun terakhir, wilayah bagian barat Indonesia memiliki laju perubahan suhu yang lebih tinggi dibandingkan wilayah bagian timur Indonesia.



**Gambar 3.** Tren suhu (derajat Celcius/tahun) selama periode 1991-2020, gradien warna menunjukkan laju perubahan.



**Gambar 4.** Proyeksi suhu (dalam derajat Celcius) untuk periode 2020-2049, dibandingkan dengan periode referensi 1976-2005, dengan rincian: (a) skenario RCP4.5, dan (b) skenario RCP8.5. Kelompok *legend* warna menunjukkan *range* besar perubahan.

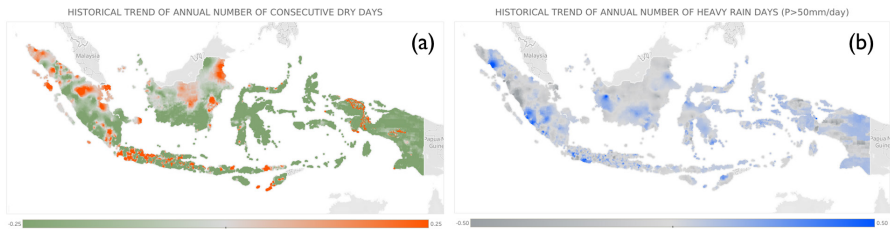
Selanjutnya, proyeksi suhu dalam pada periode 2020-2049 juga menunjukkan pola yang relatif seragam namun bervariasi dalam dimensi spasial. Pada Gambar 4, secara umum pola proyeksi menunjukkan kemungkinan peningkatan suhu di masa yang akan datang. Skenario RCP8.5 menggambarkan peningkatan suhu yang lebih signifikan dibandingkan skenario RCP4.5. Pada skenario RCP4.5, perubahan suhu umumnya berada dalam kisaran 1 hingga 1,1 derajat Celcius, sedangkan untuk skenario RCP8.5, hampir seluruh wilayah Indonesia memiliki kenaikan suhu hingga diatas 1,15 derajat Celcius.

**Tren Kondisi Ekstrem Historis dan  
Proyeksi Indeks Iklim**

Selain parameter curah hujan kumulatif dan suhu rata-rata, parameter

lain yang dapat dilihat sebagai indikator untuk perubahan iklim adalah indeks iklim yang terkait dengan kondisi ekstrem. Dalam tulisan ini, dua jenis indeks iklim yang diperiksa adalah deret hari kering (*consecutive dry days* atau *CDD*), yang merepresentasikan kondisi tanpa hujan berkepanjangan dan risiko kekeringan, dan jumlah hari hujan lebat (R50mm) yang merepresentasikan kondisi hujan singkat yang berlebih dan risiko genangan. Pola tren historis deret hari kering dan jumlah hari hujan lebat di Indonesia selama periode 1991 hingga 2020 dapat dilihat pada Gambar 5. Pola yang ada menunjukkan adanya variasi yang cukup beragam secara spasial. Tren historis deret hari kering menunjukkan hanya ada beberapa daerah yang mengalami peningkatan jumlah hari tanpa hujan terpanjang di seluruh Indonesia, diantaranya adalah





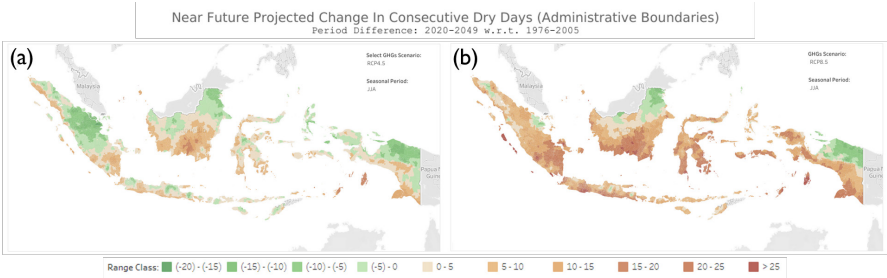
**Gambar 5.** Tren indeks iklim (jumlah hari/tahun) selama periode 1991-2020, dengan rincian: (a) tren deret hari kering, dan (b) tren jumlah hari hujan lebat. Gradien warna menunjukkan laju penambahan atau pengurangan.

Riau, beberapa daerah di Jawa bagian barat, tengah, dan bagian timur, utara Kalimantan, serta beberapa wilayah di Nusa Tenggara Timur. Sisanya tersebar secara beragam di beberapa daerah, meskipun secara umum wilayah Indonesia didominasi tren penurunan untuk parameter deret hari kering. Disisi lain, untuk tren hari hujan lebat, terdapat sebaran yang cukup luas untuk daerah yang mengalami peningkatan. Beberapa provinsi yang mengalami tren peningkatan jumlah hari hujan lebat yang cukup signifikan diantaranya adalah Bengkulu, Papua, Sulawesi Tenggara, dan Jambi. Beberapa wilayah lainnya di Jawa juga terlihat memiliki tren peningkatan, meskipun dengan laju yang lebih rendah.

Proyeksi indeks iklim deret hari kering pada periode musim kering monsunal (JJA) di masa yang akan datang menunjukkan pola yang relatif bervariasi, namun didominasi oleh

kecenderungan peningkatan, khususnya pada skenario gas rumah kaca yang lebih tinggi. Pola proyeksi yang ada dapat dilihat pada Gambar 6. Terlihat bahwa sebagian wilayah Indonesia memiliki kecenderungan peningkatan jumlah deret hari kering pada skenario RCP4.5. Peningkatan ini terlihat lebih umum pada skenario RCP8.5, yang menggambarkan sebaran dan intensitas yang lebih signifikan dibandingkan skenario RCP4.5. Pada skenario RCP8.5, hampir semua wilayah Indonesia, kecuali Kalimantan bagian utara dan Papua bagian utara, diproyeksikan mengalami peningkatan jumlah hari kering. Ini merupakan aspek yang perlu dipertimbangkan dalam konteks upaya adaptasi terkait risiko kekeringan dan perencanaan mitigasi bencana terkait defisit curah hujan, seperti risiko munculnya titik api kebakaran hutan dan lahan (karhutla).

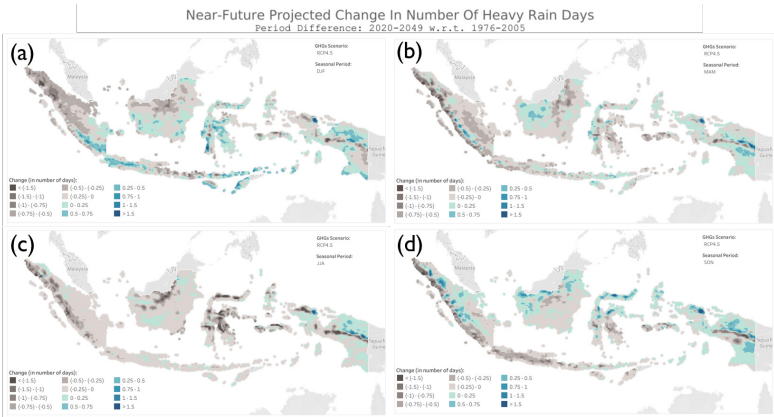
Selanjutnya, proyeksi indeks iklim



**Gambar 6.** Proyeksi perubahan deret hari kering (dalam persen) untuk periode 2020-2049 pada musim kering monsunal (JJA), dibandingkan dengan periode referensi 1976-2005, dengan rincian: (a) skenario RCP4.5, dan (b) skenario RCP8.5. Kelompok *legend* warna menunjukkan *range* besar perubahan.

jumlah hari hujan lebat pada skenario RCP4.5 menunjukkan pola yang relatif bervariasi. Pola proyeksi yang ada dapat dilihat pada Gambar 7. Secara umum, terdapat sebaran peningkatan jumlah

hari hujan lebat yang cukup signifikan pada daerah yang memiliki pola musim monsunal, khususnya pada periode musim hujan (DJF). Kecenderungan peningkatan juga terlihat pada musim

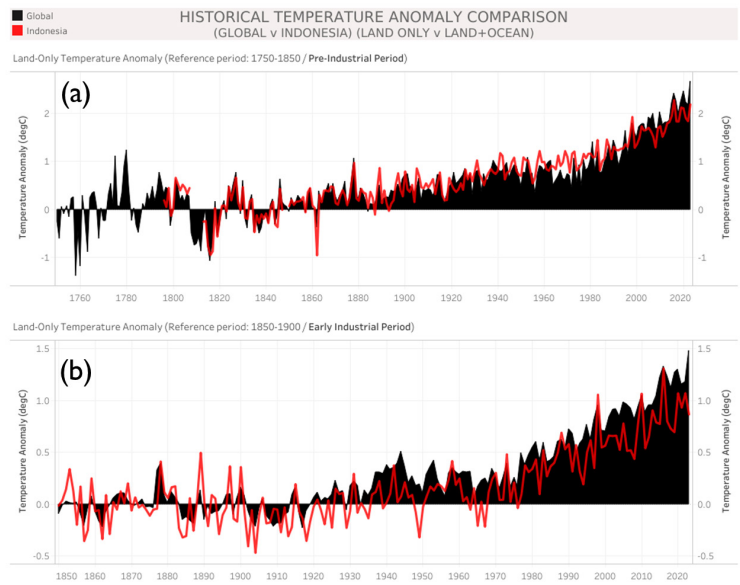


**Gambar 7.** Proyeksi perubahan jumlah hari hujan lebat (dalam jumlah hari/periode) untuk periode 2020-2049, dibandingkan dengan periode referensi 1976-2005 pada skenario RCP4.5, dengan rincian: (a) periode musiman DJF, (b) periode musiman MAM, (c) periode musiman JJA, dan (d) periode musiman SON. Kelompok *legend* warna menunjukkan *range* besar penambahan atau pengurangan.

peralihan seperti MAM (Maret-April-Mei) dan SON (September-Oktober-November), dengan kecenderungan sebaran lebih dominan pada bagian utara dari wilayah Indonesia. Hal ini patut menjadi perhatian untuk upaya adaptasi terkait risiko genangan dan perencanaan mitigasi bencana terkait surplus curah hujan, seperti risiko banjir dan cuaca ekstrem.

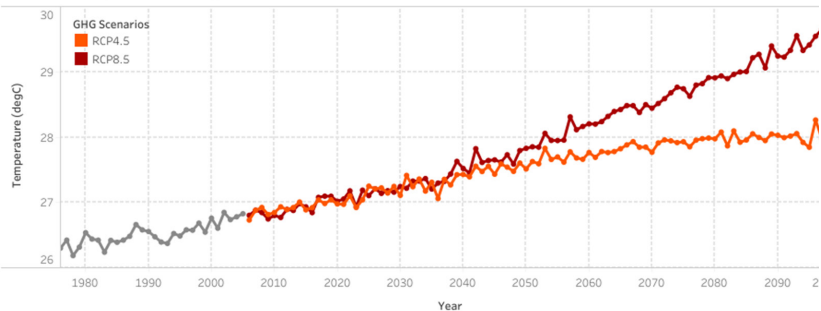
*Tren Historis Suhu Global dan Indonesia serta Proyeksi di Indonesia*  
Rekonstruksi perubahan suhu

di Indonesia dibandingkan dengan perubahan suhu global sejak era pra-industri (mencakup wilayah daratan saja) dan awal era industri (mencakup wilayah darat dan laut), yang diilustrasikan dengan nilai anomali dari masing-masing karakteristik dapat dilihat pada Gambar 8. Historis suhu permukaan di wilayah daratan (dengan periode referensi pra-industri 1750-1850) menunjukkan evolusi suhu yang cukup mirip dan selaras dengan angka yang relatif sama antara suhu di Indonesia dengan suhu global. Tahun



**Gambar 8.** Grafik historis anomali suhu rata-rata dengan perbandingan antara Indonesia (garis merah) dan global (area hitam), dengan rincian: (a) historis suhu diatas daratan sejak tahun 1750, dengan periode referensi 1750-1850, dan (b) historis suhu diatas daratan dan lautan sejak tahun 1850, dengan periode referensi 1850-1900.

Future Temperature Projection - Indonesia



**Gambar 9.** Grafik proyeksi suhu rata-rata Indonesia, dengan perbandingan antara skenario RCP4.5 (garis orange) dan skenario RCP8.5 (garis merah gelap).

terpanas secara global pada dataset ini tercatat pada tahun 2023, sedangkan tahun terpanas di Indonesia tercatat pada tahun 2016. Disisi lain, historis suhu permukaan pada wilayah darat dan laut (dengan periode referensi awal era industri 1850-1900), menunjukkan evolusi suhu dimana peningkatan suhu di Indonesia relatif masih lebih rendah dibandingkan peningkatan suhu global secara rata-rata. Tercatat hanya beberapa kali saja peningkatan suhu di Indonesia melebihi peningkatan suhu secara global, salah satunya pada periode El-Nino kuat 1997/1998. Pada dataset ini juga ditunjukkan bahwa tahun terpanas secara global adalah tahun 2023, sedangkan tahun terpanas untuk Indonesia adalah tahun 2016.

Berdasarkan proyeksi suhu yang ada, secara rata-rata wilayah Indonesia diproyeksikan memiliki suhu rata-rata

sebesar 27 hingga 28 derajat Celcius pada periode 2020 hingga 2030. Hal ini masih berlaku untuk kedua jenis skenario, yang terindikasikan dari kedua grafik yang masih berhimpitan. Untuk seterusnya, laju peningkatan suhu di Indonesia akan mengikuti skenario gas rumah kaca yang ada, dimana akan terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada pertengahan abad hingga akhir abad, dengan perbedaan hingga 2 derajat Celcius antar skenario pada tahun 2100 (Gambar 9). Dengan demikian pilihan usaha mitigasi perubahan iklim yang dilakukan sekarang akan sangat menentukan arah kondisi iklim di masa yang akan datang. (Editor: Sekar)

# **Pemantauan Tingkat Keasaman Air Hujan di Indonesia**

Dodi Apandi dan Helvianna Surbakti

Pusat Informasi Perubahan Iklim



Indonesia memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan, hal ini dipengaruhi oleh letak geografis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa. Hujan adalah bentuk presipitasi berupa cairan yang turun ke bumi. Curah hujan yang jatuh ke bumi dapat diukur menggunakan alat penakar hujan manual dan otomatis. Selain diukur curahnya, air hujan juga dianalisis komposisi kimia air hujannya

untuk mengetahui tingkat kelayakannya.

Kehidupan manusia bergantung pada keberadaan air, salah satu sumbernya adalah air hujan. Air hujan menjadi sangat penting apabila sumber air bersih yang berasal dari sungai, danau, atau sumur tidak bisa digunakan. Selain sebagai sumber air bersih, air hujan juga sangat bermanfaat bagi lahan pertanian, perkebunan, industri serta kebutuhan lainnya. Namun demikian, keberadaan



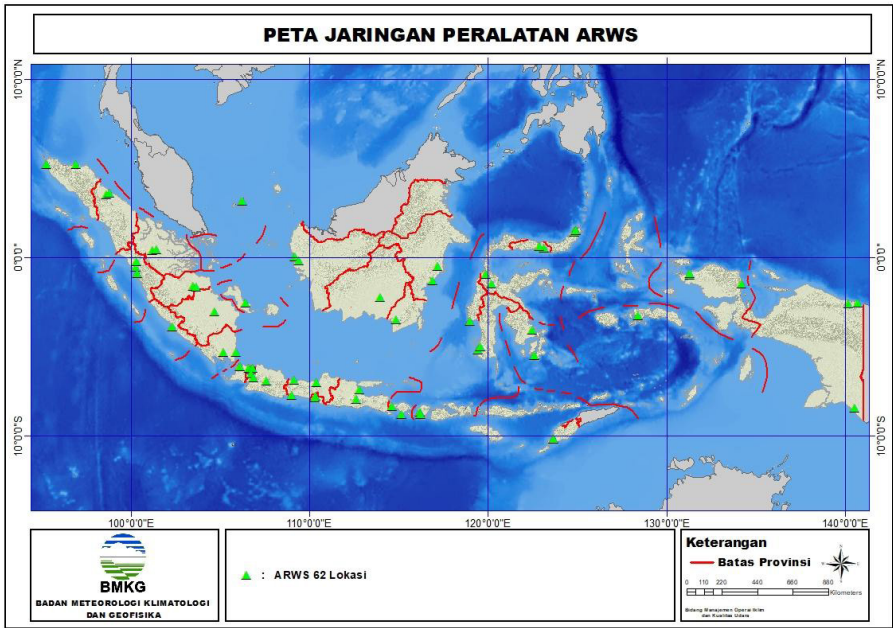
air hujan juga ada yang patut diwaspadai yaitu hujan asam karena air hujan asam justru mendatangkan banyak dampak negatif.

Air hujan sebenarnya dapat menjadi indikator pencemaran atmosfer. Hal ini disebabkan karena pencemaran udara dapat mempengaruhi peningkatan keasaman air hujan. Air hujan memiliki tingkat keasaman yang berbeda-beda yang dinyatakan dengan skala pH.

Penyediaan informasi kualitas udara khususnya informasi kimia air hujan diamanatkan dalam Peraturan Kepala BMKG nomor 2 tahun 2020 tentang

Penyediaan dan Penyebaran Informasi Kualitas Udara yang disampaikan kepada masyarakat berupa informasi rutin dan informasi khusus. Monitoring kimia air hujan khususnya pH air hujan saat ini dilakukan BMKG dengan memasang peralatan penampung sampel air hujan ARWS (*Automatic Rain Water Sampler*) hampir di seluruh wilayah Indonesia melalui 62 Unit Pelaksana Teknis (UPT) yang sebarannya dapat dilihat pada Gambar 1.

*Automatic Rain Water Sampler* (ARWS) sendiri merupakan alat konvensional mekanik sederhana yang



Gambar 1. Jaringan peralatan ARWS di Indonesia



Gambar 2. ARWS tipe *Wet and Dry* (kiri) dan *Wet Only* (kanan)

digunakan untuk mengambil sampel air hujan. Prinsip kerjanya adalah apabila terjadi hujan maka sensor akan memberikan *trigger* pada sistem kontrol untuk membuka tutup tempat penampungan air yang digerakkan oleh motor listrik. Selama hujan penutup tersebut tetap terbuka, kemudian setelah hujan berhenti maka penutup akan bergerak menutup kembali ke posisi semula. Sehingga air hujan yang berada di tempat penampungan tidak terkena kotoran lain karena tertutup rapat. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar kualitas sampel air hujan tetap baik. Dalam operasional pengambilan sampel air hujan, BMKG saat ini menggunakan dua tipe alat ARWS seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Sampel air hujan yang dianalisis di Laboratorium Penguji Kualitas Udara BMKG menghasilkan informasi kualitas udara (kimia air hujan) antara lain nilai pH serta konsentrasi Ca, Mg, Na, K,  $\text{NH}_4$ , Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , kesadahan, keasaman, alkalinitas dan daya hantar listrik. Informasi tingkat keasaman air hujan dapat dilihat dari nilai pH air hujan. Hal ini berhubungan dengan konsentrasi gas buang seperti  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  dan aerosol yang mempengaruhi kadar keasaman air hujan.

Informasi kadar keasaman air hujan dapat dimanfaatkan oleh *stakeholders*, misalnya saja oleh pemerintah daerah untuk mengetahui kondisi daerahnya masing-masing guna menentukan langkah dan kebijakan apa yang harus diambil untuk mengatasinya.

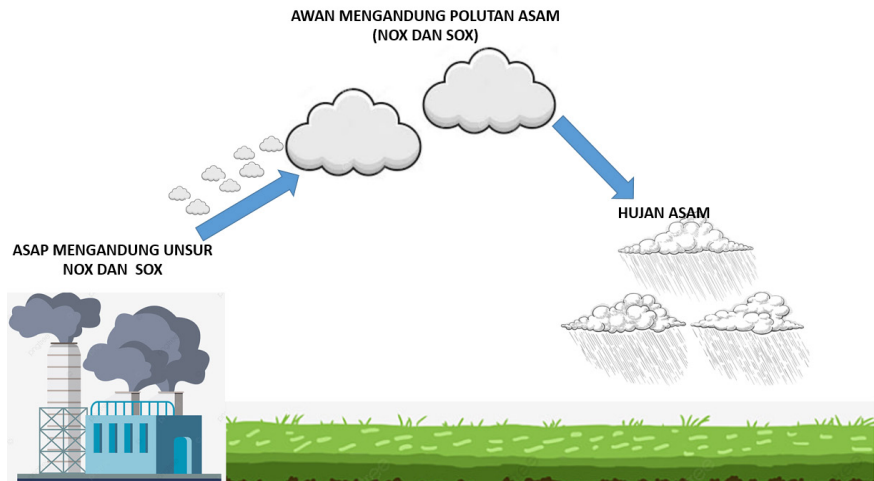
### ***Terbentuknya Hujan Asam***

Hujan asam adalah hujan dengan pH air dibawah 5,6 yang mengandung unsur sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan senyawa nitrogen oksida ( $\text{NOx}$ ). Hujan asam dapat disebabkan oleh faktor alamiah maupun faktor lainnya akibat aktivitas manusia yang tidak peduli akan keseimbangan alam. Hujan asam secara alamiah disebabkan dari semburan gunung berapi atau dari proses biologis yang terjadi di tanah, rawa dan laut.

Hujan asam dapat terjadi ketika belerang (sulfur) dan nitrogen di udara bereaksi dengan oksigen sehingga membentuk  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NOx}$ . Zat-zat tersebut kemudian berdifusi ke atmosfer dan bertemu dengan air kemudian

bereaksi membentuk asam sulfat dan asam nitrat. Zat tersebut adalah senyawa asam tinggi yang bersifat mudah larut, sehingga akan bergabung dan jatuh bersama dalam bentuk air hujan asam. Ilustrasi terjadinya hujan asam dapat dilihat pada Gambar 3.

Hujan asam bisa mempengaruhi tanah, tanaman, bangunan dan benda lain di permukaan bumi. Hujan asam mengubah komposisi tanah dan air sehingga menjadi tidak layak untuk kehidupan makhluk hidup. Dalam upaya mengetahui tingkat keasaman air hujan maka perlu dilakukan *monitoring* melalui pengambilan sampel air hujan yang kemudian dianalisis di Laboratorium Penguji Kualitas Udara BMKG.



**Gambar 3.** Ilustrasi terjadinya hujan asam

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Keasaman Air Hujan berdasarkan Nilai pH

| No | Nilai pH  | Keterangan                                                    | Kode Warna |
|----|-----------|---------------------------------------------------------------|------------|
| 1  | > 7       | Air hujan basa                                                |            |
| 2  | 6,1 - 7   | Air hujan sangat baik, cenderung netral seperti air permukaan |            |
| 3  | 5,6 - 6   | Air hujan ideal                                               |            |
| 4  | 4,1 - 5,5 | Air hujan asam                                                |            |
| 5  | 3 - 4     | Air hujan asam (tinggi)                                       |            |
| 6  | < 3       | Air hujan asam (ekstrem)                                      |            |

Tabel 2. Nilai Rata-Rata Tahunan Tingkat Keasaman Periode 2014 -2023

| No | Lokasi                                     | Provinsi            | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Rata-Rata |
|----|--------------------------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| 1  | Stasiun Klimatologi Aceh                   | Aceh                | 5.7  | 5.4  | 5.8  | 5.6  | 5.4  | 5.2  | 5.3  | 5.1  | 5.6  | 5.9  | 5.5       |
| 2  | Stasiun Klimatologi Sumatera Utara         | Sumatera Utara      | 5.0  | 5.4  | 5.6  | 5.5  | 5.3  | 5.3  | 5.0  | 5.2  | 4.8  | 4.6  | 5.2       |
| 3  | Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II | Riau                | 5.2  | 5.2  | 5.0  | 4.7  | 5.0  | 5.3  | 5.3  | 5.3  | 5.0  |      | 5.1       |
| 4  | SPAG Koto Tabang                           | Sumatera Barat      | 5.0  | 5.0  | 5.5  | 5.3  | 5.6  | 5.5  | 5.4  | 5.7  | 5.7  | 5.7  | 5.4       |
| 5  | Stasiun Klimatologi Sumatera Barat         | Sumatera Barat      | 5.0  | 4.9  | 5.6  | 5.9  | 5.8  | 5.3  | 5.5  | 5.7  | 5.8  | 5.3  | 5.5       |
| 6  | Stasiun Meteorologi Sultan Thaha           | Jambi               | 5.0  | 5.0  |      | 5.5  | 5.4  | 5.4  | 5.2  | 4.9  | 4.6  | 4.4  | 5.0       |
| 7  | Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan       | Sumatera Selatan    | 6.0  | 5.4  | 4.5  | 4.4  | 5.2  | 4.8  | 5.1  | 4.9  | 5.4  | 5.7  | 5.1       |
| 8  | Stasiun Klimatologi Bengkulu               | Bengkulu            | 5.5  | 5.7  | 5.9  | 5.9  | 5.8  | 5.4  | 5.6  | 5.8  | 5.9  | 6.4  | 5.8       |
| 9  | Stasiun Klimatologi Lampung                | Lampung             | 5.8  |      | 5.6  | 5.1  | 5.6  | 5.6  | 5.6  | 5.4  | 5.7  | 6.0  | 5.6       |
| 10 | Stasiun Klimatologi Banten                 | Banten              | 5.1  | 5.2  | 5.2  | 5.1  | 5.4  | 5.0  | 5.3  | 4.7  | 4.6  | 4.4  | 5.0       |
| 11 | Stasiun Geofisika Tangerang                | Banten              | 4.9  | 5.1  | 5.2  | 4.9  | 5.5  | 5.4  | 5.3  | 5.1  | 5.2  | 5.0  | 5.2       |
| 12 | Stasiun Meteorologi Kemayoran              | DKI Jakarta         | 5.1  | 5.2  | 5.3  | 5.1  | 5.1  | 5.1  | 5.1  | 4.9  | 4.8  | 4.8  | 5.1       |
| 13 | Stasiun Geofisika Bandung                  | Jawa Barat          | 4.5  | 5.4  | 5.4  | 5.4  | 5.7  | 5.6  | 5.4  | 5.6  | 5.5  | 6.2  | 5.5       |
| 14 | Pos Kualitas Udara Cibeureum               | Jawa Barat          | 4.9  | 5.0  | 5.0  | 4.8  | 5.0  | 5.2  | 5.2  | 5.3  | 5.2  | 5.0  | 5.1       |
| 15 | Stasiun Klimatologi Jawa Barat             | Jawa Barat          | 5.1  | 5.3  | 5.5  | 5.1  | 5.2  | 5.1  | 5.2  | 5.1  | 5.3  | 5.4  | 5.2       |
| 16 | Stasiun Klimatologi Jawa Tengah            | Jawa Tengah         | 5.1  | 5.0  | 5.4  | 5.4  | 5.9  | 5.0  | 5.3  | 5.4  | 5.3  | 5.5  | 5.3       |
| 17 | Stasiun Meteorologi Maritim Tegal          | Jawa Tengah         | 4.8  | 4.9  | 5.3  | 5.2  | 5.3  | 5.5  | 5.6  | 5.3  | 5.5  | 5.3  | 5.3       |
| 18 | Stasiun Klimatologi Yogyakarta             | Yogyakarta          | 5.0  | 5.1  | 5.4  | 5.8  | 5.7  | 5.2  | 5.7  | 5.9  | 6.0  | 5.9  | 5.6       |
| 19 | Stasiun Klimatologi Jawa Timur             | Jawa Timur          | 5.1  | 5.1  | 5.3  | 5.5  | 5.7  | 5.4  | 5.3  | 5.4  | 5.3  | 5.2  | 5.3       |
| 20 | Stasiun Meteorologi Djuanda                | Jawa Timur          | 4.7  | 5.1  | 4.8  | 5.2  | 5.5  | 5.2  | 5.3  | 5.4  | 5.4  | 5.3  | 5.2       |
| 21 | Stasiun Klimatologi Bali                   | Bali                | 4.8  | 5.0  | 4.9  | 4.6  | 4.7  | 5.1  | 5.2  | 5.0  | 5.0  | 5.3  | 5.0       |
| 22 | Stasiun Klimatologi Nusa Tenggara Barat    | Nusa Tenggara Barat | 5.7  | 5.6  | 6.3  | 6.0  | 5.8  | 5.5  | 5.5  | 5.3  | 5.5  | 5.6  | 5.7       |
| 23 | Stasiun Meteorologi Zainuddin Abdul Madjid | Nusa Tenggara Barat | 5.1  | 5.3  | 5.8  | 5.7  | 6.1  | 5.7  | 5.6  | 6.1  | 6.3  | 6.3  | 5.8       |
| 24 | Stasiun Klimatologi Nusa Tenggara Timur    | Nusa Tenggara Timur | 6.0  | 5.3  | 6.5  | 6.1  | 6.2  | 6.3  | 5.8  | 5.8  | 5.9  | 6.2  | 6.0       |
| 25 | Stasiun Klimatologi Kalimantan Barat       | Kalimantan Barat    | 5.1  | 5.0  | 5.4  | 5.2  | 5.2  | 5.4  | 5.5  | 5.6  | 5.5  | 5.8  | 5.4       |
| 26 | Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan     | Kalimantan Selatan  | 5.8  | 5.6  | 5.5  | 5.9  | 5.5  | 5.3  | 5.6  | 5.5  | 5.2  | 5.0  | 5.5       |
| 27 | Stasiun Meteorologi Tjilik Rivut           | Kalimantan Tengah   | 5.3  | 5.3  | 5.4  | 5.1  | 5.3  | 5.2  | 5.2  | 5.3  | 5.9  | 5.8  | 5.4       |
| 28 | Stasiun Meteorologi APT Pranoto            | Kalimantan Timur    | 5.6  | 5.3  | 5.6  | 5.8  | 5.6  | 5.8  | 5.5  | 5.4  |      |      | 5.6       |
| 29 | Stasiun Meteorologi Djalaludin             | Gorontalo           | 4.7  | 5.6  | 5.9  | 5.2  | 5.5  | 5.8  | 5.9  | 6.0  | 6.1  | 5.7  | 5.6       |
| 30 | Stasiun Klimatologi Sulawesi Selatan       | Sulawesi Selatan    | 5.4  | 5.6  |      | 5.5  | 5.7  | 5.3  | 5.5  | 6.4  | 6.2  | 6.1  | 5.7       |
| 31 | Stasiun Meteorologi Mutiara Sis Al-Jufri   | Sulawesi Tengah     |      |      | 6.8  | 4.9  | 5.6  | 5.4  | 5.1  | 5.4  | 5.4  | 6.5  | 5.6       |
| 32 | Stasiun Meteorologi Beto Ambari            | Sulawesi Tenggara   | 6.0  | 6.0  | 6.2  | 5.7  | 6.2  | 5.5  | 5.9  | 6.1  | 5.8  | 5.6  | 5.9       |
| 33 | Stasiun Meteorologi Tampa Padang           | Sulawesi Barat      | 5.0  | 5.6  | 5.6  | 5.4  | 6.1  | 5.8  | 5.5  |      |      |      | 5.6       |
| 34 | Stasiun Klimatologi Sulawesi Utara         | Sulawesi Utara      | 4.9  | 5.0  | 5.0  | 5.1  | 5.3  | 5.0  | 5.1  | 5.1  | 5.0  | 4.8  | 5.0       |
| 35 | Stasiun Geofisika Manado                   | Sulawesi Utara      | 5.5  | 5.1  | 5.0  | 4.7  | 5.4  | 4.8  | 4.7  | 5.0  | 5.5  | 5.8  | 5.2       |
| 36 | Stasiun Meteorologi Samarulangi            | Sulawesi Utara      | 4.9  | 4.9  | 4.9  | 4.8  | 4.9  | 5.2  | 5.3  | 5.2  | 5.5  | 5.5  | 5.1       |
| 37 | Stasiun Klimatologi Maluku                 | Maluku              |      | 5.4  | 5.7  | 4.8  | 5.7  | 5.2  | 5.4  | 5.5  | 5.7  | 5.4  | 5.4       |
| 38 | Stasiun Geofisika Jayapura                 | Papua               | 5.5  | 5.2  | 5.6  | 5.0  | 5.6  | 5.4  | 5.6  | 5.5  | 5.7  | 5.8  | 5.5       |
| 39 | Stasiun Meteorologi DEO                    | Papua Barat         |      |      | 5.6  | 5.4  | 5.4  | 5.4  | 5.5  | 5.5  | 4.9  | 5.4  | 5.4       |



Analisis sampel air hujan dilakukan di Laboratorium Penguji Kualitas Udara di BMKG Pusat dan UPT BMKG di daerah. Secara umum analisis terhadap sampel air hujan yang dilakukan di laboratorium yaitu tingkat keasaman (pH) dan daya hantar listrik (DHL). Analisis lengkap unsur lainnya seperti Ca, Mg, Na, Cl,  $\text{SO}_4$  dan  $\text{NO}_4$  menggunakan alat *Ion Chromatography* yang dilakukan di Laboratorium Penguji Kualitas Udara BMKG Pusat.

tahun seperti yang terlihat pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Adapun pengklasifikasian sifat asam basa air hujan berdasarkan nilai pH dikelompokkan ke dalam 6 kategori (Tabel 1).

Dengan menggunakan data hasil pengukuran pH air hujan dari 39 UPT BMKG selama kurun waktu 10 tahun (2014 - 2023), diperoleh informasi nilai rata-rata tahunannya seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Berdasarkan data rata-rata tahunan tingkat keasaman air hujan periode 2014-2023 terlihat bahwa:

- KLIMA - Tahun 2024 29



Syarif Kasim II, Stasiun Meteorologi Sultan Thaha, Stasiun Klimatologi Banten, Stasiun Geofisika Tangerang, Stasiun Meteorologi Kemayoran, Pos Kualitas Udara Cibeureum, Stasiun Klimatologi Jawa Barat, Stasiun Meteorologi Juanda, Stasiun Klimatologi Bali, Stasiun Klimatologi Sulawesi Utara, Stasiun Geofisika Manado, Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi.

- b. Kondisi **air hujan asam dengan nilai pH paling rendah** yaitu 4,4 terjadi di Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan pada tahun 2017 dan Stasiun Klimatologi Banten pada tahun 2023.
- c. Kondisi **air hujan baik dan air hujan ideal** yang lebih dominan selama 7 tahun lebih terjadi di Stasiun Klimatologi Bengkulu, Stasiun Klimatologi Lampung, Stasiun Meteorologi Zainuddin Abdul Majjid, Stasiun Klimatologi Nusa Tenggara Timur, Stasiun Meteorologi Djalaludin, dan Stasiun Meteorologi Betombangari.
- d. Kondisi **air hujan sangat baik** dengan nilai pH paling tinggi yaitu 6,8 terjadi di Stasiun Meteorologi Mutiara Sis Al-Jufri pada tahun 2016.

Sedangkan hasil pemantauan kondisi tingkat keasaman air hujan di Indonesia rata-rata selama 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4 memperlihatkan hasil analisis rata-rata selama 10 tahun (2014-2023) yang menjelaskan bahwa:

- a. Air hujan asam dengan rentang tingkat keasaman 5,0 – 5,5 terdapat di 27 lokasi yaitu Stasiun Klimatologi Aceh, Stasiun Klimatologi Sumatera Utara, Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II, SPAG Kototabang, Stasiun Klimatologi Sumatera Barat, Stasiun Meteorologi Sultan Thaha, Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan, Stasiun Klimatologi Banten, Stasiun Geofisika Tangerang, Stasiun Meteorologi Kemayoran, Stasiun Geofisika Bandung, Pos Kualitas Udara Cibeureum, Stasiun Klimatologi Jawa Barat, Stasiun Klimatologi Jawa Tengah, Stasiun Meteorologi Maritim Tegal, Stasiun Klimatologi Jawa Timur, Stasiun Meteorologi Juanda, Stasiun Klimatologi Bali, Stasiun Klimatologi Kalimantan Barat, Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan, Stasiun Meteorologi Tjilik Riwut, Stasiun Klimatologi Sulawesi Utara, Stasiun Geofisika Manado, Stasiun Meteorologi Sam Ratulangi, Stasiun Klimatologi Maluku, Stasiun Geofisika Jayapura, dan Stasiun Meteorologi DEO.
- b. Air hujan ideal dengan rentang tingkat keasaman 5,6 – 6,0 terdapat di 12 lokasi yaitu Stasiun Klimatologi

Bengkulu, Stasiun Klimatologi Lampung, Stasiun Klimatologi Yogyakarta, Stasiun Klimatologi Nusa Tenggara Barat, Stasiun Meteorologi Zainuddin Abdul Madjid, Stasiun Klimatologi Nusa Tenggara Timur, Stasiun Meteorologi APT Pranoto, Stasiun Meteorologi Djalaludin, Stasiun Klimatologi Sulawesi Selatan, Stasiun Meteorologi Mutiara Sis Al-Jufri, Stasiun Meteorologi Betoambari, dan Stasiun Meteorologi Tampa Padang.

Dampak Hujan Asam

Air hujan yang jatuh ke permukaan dimanfaatkan oleh ekosistem bumi khususnya manusia, hewan dan tumbuhan. Air hujan diserap dan disimpan sebagian oleh tanah dan selebihnya mengalir di permukaan tanah

yang kemudian masuk ke dalam sungai, danau dan air laut. Rata-rata rentang tingkat keasaman air hujan selama periode 2014-2023 di Indonesia antara 5,0 – 6,0. Air hujan yg bersifat asam akan meningkatkan keasaman pada air atau tanah sehingga mempengaruhi dan menimbulkan efek bagi kehidupan makhluk dan lingkungan. Pengaruh hujan asam tersebut antara lain:

- a. **Efek hujan asam terhadap perairan**  
Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk Budidaya Ikan Air Tawar, pH yang cocok adalah 6 – 9. Pengaruh hujan asam dapat terjadi di lingkungan perairan seperti danau, rawa-rawa, sungai, dan laut yang dapat

Tabel 3. Kondisi Ikan berdasarkan Tingkat Keasaman (pH) Air di Habitatnya  
(sumber: ikanpedia.my.id)

| pH    | Kondisi                                   |
|-------|-------------------------------------------|
| 4     | Kematian pada ikan                        |
| 5     | Ikan tidak bisa berkembang biak           |
| 6     | Mengalami penurunan pertumbuhan pada ikan |
| 7 - 8 | Kondisi yang baik untuk ikan tumbuh       |
| 9     | Mengalami penurunan pertumbuhan pada ikan |
| 10    | Ikan tidak bisa berkembang biak           |
| 11    | Kematian pada ikan                        |

membahayakan ikan dan makhluk lainnya. Penurunan nilai pH (asam) di lingkungan perairan terjadi ketika air didalamnya dan tanah sekitarnya tidak bisa menetralkan hujan yang asam. Kondisi pH asam pada sungai dan danau dapat mempengaruhi habitat makhluk hidup. Pengaruh nilai pH air terhadap kondisi ikan dapat dilihat pada Tabel 3. Pemantauan kualitas pH air kolam ketika terjadi hujan sangat diperlukan demi menjaga pH air kolam tetap dalam kondisi yang baik untuk ikan tumbuh dan berkembang biak.

### **b. Efek hujan asam terhadap tanaman**

Tanah merupakan salah satu aspek media alami untuk menunjang kehidupan seluruh makhluk hidup, termasuk pula tanaman. Nutrisi (zat hara) untuk pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh pH tanah. Kondisi pH ideal tanah yang ditandai dengan nilai pH di kisaran angka 6,5 – 7,0 akan memudahkan semua unsur hara terserap oleh tanaman sehingga membuat tanaman tumbuh baik. Curah hujan mempengaruhi kesuburan tanah karena curah hujan tinggi dapat menguras nutrisi di dalam tanah serta akan membuat pH tanah menjadi asam, ditambah

hujan yang turun bersifat asam, maka kondisi ini akan mempengaruhi tingkat pH tanah. Pengaturan saluran air (drainase) sangat penting agar apabila terjadi hujan deras, maka tidak ada air yang menggenang dan terbuang melalui saluran air sehingga tidak banyak mempengaruhi pH tanah.

### **c. Efek hujan asam terhadap bangunan dan infrastruktur**

Hujan asam mengandung asam sulfat dan asam nitrat yang merupakan asam kuat dapat merusak bangunan, jembatan, dan infrastruktur lainnya. Hujan asam ketika mengenai material besi dapat menyebabkan korosi dan menjadi berkarat, bila terkena batu dapat terkikis sedangkan apabila mengenai cat akan memudar. Hal ini mengakibatkan biaya pemeliharaan untuk infrastruktur dan bangunan menjadi lebih tinggi. (Editor: Rendy)

### **Referensi**

---

Dokumen Teknis Analisis Debu (*Suspended Particulate Matter*) dan Air Hujan (*Rain Water Sampler*), DT0001.KU:2022 Pusat Informasi Perubahan Iklim BMKG

# 2024 El Niño Hilang, La Niña Datang?

Amsari M. Setiawan, Adi Ripaldi dan Supari  
Pusat Informasi Perubahan Iklim

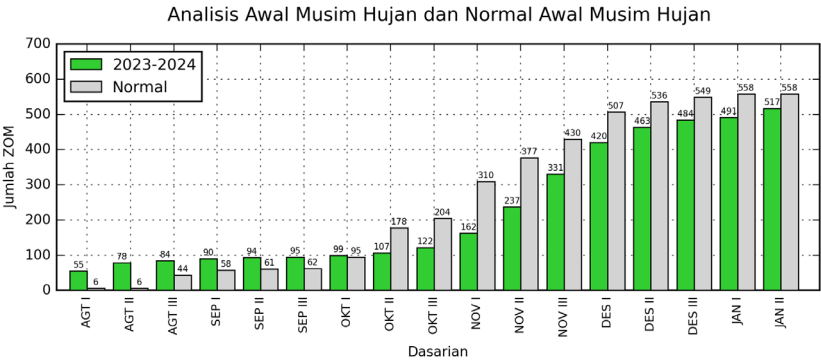
Masih belum lepas dari ingatan kita bahwa sejak pertengahan tahun 2023 lalu, seluruh wilayah di dunia termasuk Indonesia mengalami dampak negatif terjadinya El Niño<sup>1</sup>. Dampak tersebut dapat berupa berkurangnya curah hujan, kekeringan di beberapa wilayah, kebakaran hutan dan lahan<sup>2</sup> serta

berkurangnya produktivitas pertanian<sup>3</sup>. Awal musim hujan di Indonesia juga mengalami keterlambatan dibandingkan dengan kondisi normal. Pada akhir November 2023 tercatat baru 331 (normalnya 430) Zona Musim (ZOM) di Indonesia yang memasuki musim hujan (Gambar 1). Bahkan, pada

1 <https://www.cnbcindonesia.com/research/20231003122821-128-477413/daftar-21-negara-rawan-terkena-el-nino-termasuk-ri>

2 Satriawan, Yudha. 2023. Kebakaran Hutan dan Lahan: Dampak El Nino yang Berbiaya Mahal. <https://www.voaindonesia.com/a/kebakaran-hutan-dan-lahan-dampak-el-nino-yang-berbiaya-mahal/7276702.html>

3 Arif, Ahmad. 2023. Antisipasi Dampak El Nino terhadap Ketahanan Pangan. <https://www.kompas.id/baca/humaniora/2023/06/07/antisipasi-dampak-el-nino-terhadap-ketahanan-pangan>



**Gambar 1.** Jumlah ZOM yang telah memasuki musim hujan (hijau) untuk setiap dasarian berdasarkan analisis awal musim hujan tahun 2023/2024 dibandingkan dengan kondisi normal periode 1991-2020 (abu-abu). Sumbu x menunjukkan skala waktu sepuluh harian (dasarian) dari sepuluh hari pertama di bulan Agustus (AGT I) 2023 hingga sepuluh hari kedua di bulan Januari (JAN II) 2024, sedangkan sumbu y merupakan jumlah ZOM di Indonesia yang memasuki musim hujan. (Sumber: Tim Analisis Variabilitas Iklim BMKG)

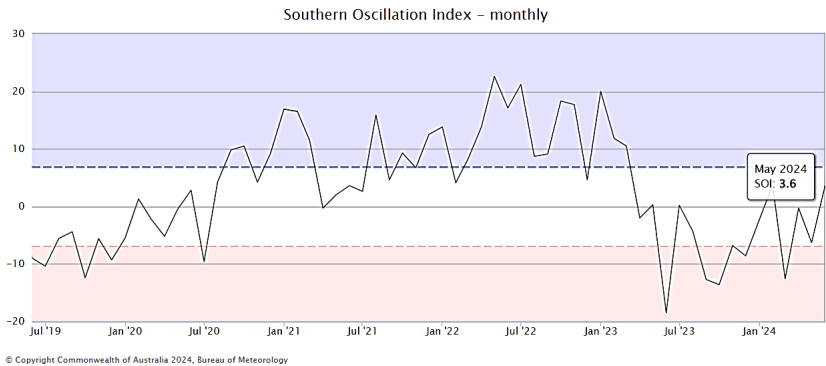
akhir Desember 2023 tercatat baru 484 (normalnya 549) ZOM di Indonesia yang memasuki musim hujan. Meskipun demikian, pada beberapa bulan terakhir El Niño mulai menunjukkan tanda-tanda melemah dan cenderung telah beralih menuju ke fase Netral. Analisis kondisi dinamika atmosfer – laut terkini serta hasil prediksi beberapa luaran model iklim menunjukkan potensi terjadinya La Niña 2024 mulai meningkat dan berpotensi menggantikan El Niño dalam beberapa bulan ke depan.

Kejadian *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) fase dingin (La Niña) maupun fase hangat (El Niño) sebagai kopel fenomena atmosfer – laut dapat diidentifikasi berdasarkan parameter tekanan udara (parameter atmosfer) dan anomali suhu permukaan laut

di Pasifik (parameter laut). *Southern Oscillation Index* (SOI) sebagai indikator parameter atmosfer dari ENSO yang dihitung dari perbedaan tekanan udara di Tahiti (mewakili samudra Pasifik tropis bagian tengah) dan Darwin (mewakili samudra Pasifik tropis bagian barat). Sedangkan komponen laut ENSO umumnya dipantau dari kondisi anomali suhu permukaan laut (*Sea Surface Temperature/SST*) di wilayah samudra Pasifik Tropis bagian tengah (Nino3.4) yang dirata-ratakan selama periode tiga bulanan dan didefinisikan sebagai *Oceanic Nino Indeks* (ONI).

Evolusi El Niño 2023/2024

El Niño 2023/2024 terjadi setelah kejadian La Niña tiga tahun berturut – turut (*triple dip* La Niña). Nilai SOI



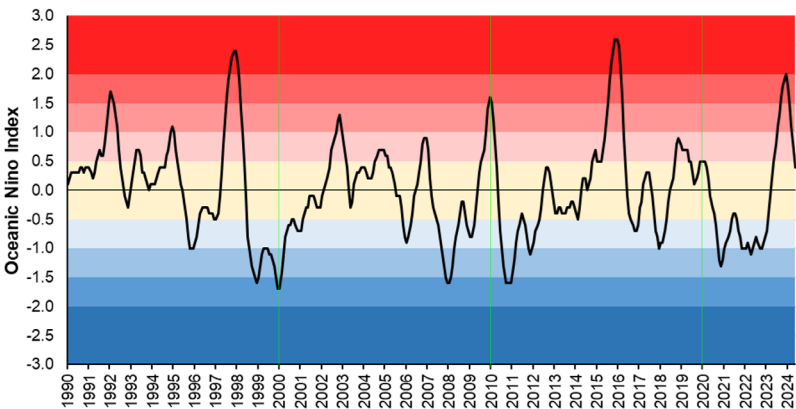
**Gambar 2.** Grafik nilai *Southern Oscillation Index* (SOI) bulanan selama lima tahun terakhir. Arsuran merah muda di dalam grafik menunjukkan ambang batas kondisi El Niño ( $\leq -7$ ), arsuran warna putih menunjukkan kondisi Netral dan arsuran warna biru menunjukkan kondisi La Niña ( $\geq +7$ ). (Sumber : Bureau of Meteorology/ BoM Australia)



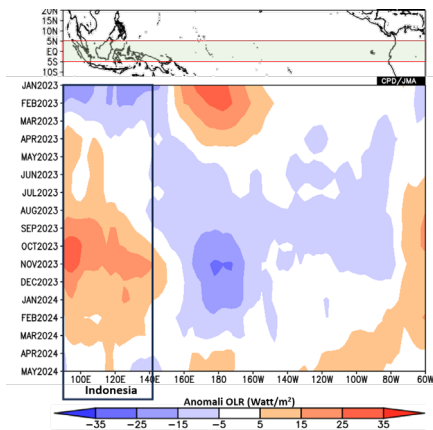
secara umum menunjukkan nilai positif (La Niña) sejak pertengahan 2020 hingga awal 2023 (Gambar 2). Mulai awal 2023, nilai SOI menunjukkan fluktuasi nilai pada rentang Netral dengan kecenderungan untuk terus turun, bahkan hingga melebihi ambang batas El Niño pada bulan Mei 2023. Fluktuasi nilai SOI pada rentang ambang batas El Niño ini terus berlangsung setidaknya hingga Februari 2024. Sedangkan mulai Maret 2024, nilai SOI masih berfluktuasi pada range kondisi netral, termasuk nilai SOI sebesar 3,8 untuk bulan Mei 2024.

Pada periode Juli – Agustus – September (JAS) 2020, ONI

telah menunjukkan nilai -0,6 yang merepresentasikan kondisi La Niña ( $\leq -0,5$ ). Nilai ONI negatif ini terus berlangsung hingga periode Desember – Januari – Februari (DJF) 2023. Berikutnya pada periode April – Mei – Juni (AMJ) 2023, ONI mulai menunjukkan nilai  $\geq +0,5$  yang mengindikasikan terjadinya El Niño dan terus bertahan hingga awal 2024 (Gambar 3). Kondisi komponen laut yang menggambarkan kejadian La Niña tiga tahun berturut-turut yang disusul oleh kejadian El Niño ini sejalan dengan apa yang digambarkan oleh SOI sebagai indikator komponen atmosfer ENSO.



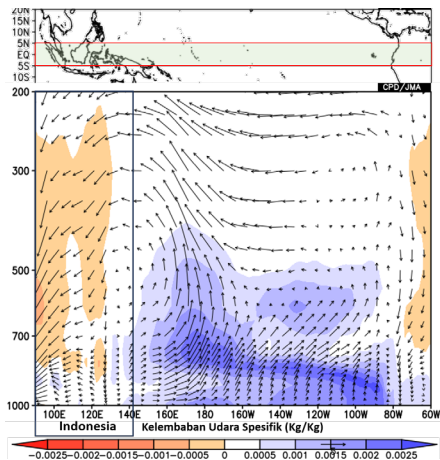
**Gambar 3.** Grafik *Oceanic Niño Index* (ONI) periode tahun 1990 hingga 2024 yang dihitung berdasarkan nilai rata-rata bergerak 3 bulanan dari anomali suhu permukaan laut di wilayah Nino34 (5°N-5°S, 120°-170°W) untuk mengidentifikasi fenomena El Niño (ditandai gradasi warna merah,  $ONI \geq +0,5$ ) dan La Niña (ditandai gradasi warna biru,  $ONI \leq -0,5$ ). Semakin gelap posisi garis hitam terhadap gradasi warna merah atau biru, menunjukkan semakin kuat intensitas kekuatan El Niño atau La Niña. Gradasi warna kuning muda menunjukkan kondisi Netral. (Sumber : <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov>)



**Gambar 4.** Anomali *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) di wilayah sekitar ekuator (kotak hijau peta di atas, nilai rata-rata di lintang 5S-5N) untuk bujur 90E hingga 60W (sumbu x) pada periode Januari 2023 hingga Mei 2024 (sumbu y) yang dihitung berdasarkan rata-rata bergerak 3-bulanan dan nilai klimatologis tahun 1991-2020. Warna pada gambar atas menunjukkan nilai anomali OLR dalam Watt/m<sup>2</sup>. (Sumber : NOAA CPC Blended OLR – CPD/JMA)

Anomali radiasi balik gelombang panjang (*Outgoing Longwave Radiation-OLR*) umumnya digunakan sebagai proksi atau indikator yang dapat menunjukkan keberadaan awan-awan yang berpotensi hujan. Anomali tebal dan tutupan awan di wilayah tropis Indonesia hingga Samudra Pasifik pada periode Januari 2023 hingga Mei 2024 dapat dilihat pada Gambar 4. Informasi OLR gabungan dari beberapa satelit ini (*Blended OLR*) diperoleh dari *National Oceanic and Atmospheric Administration - Climate Prediction Center* (NOAA-CPC) dan

diakses melalui *The Climate Prediction Division/ Japan Meteorological Agency* (CPD/JMA). Pada periode Januari hingga Maret 2023, anomali negatif OLR yang menunjukkan tebal dan tutupan awan lebih banyak dibandingkan normalnya dominan terjadi di wilayah Indonesia. Hal ini mengkonfirmasi bahwa pada periode tersebut, wilayah Indonesia masih dipengaruhi oleh La Niña. Sedangkan anomali positif OLR yang menunjukkan tebal dan tutupan awan lebih sedikit dibandingkan normalnya, teramati di sekitar wilayah Indonesia



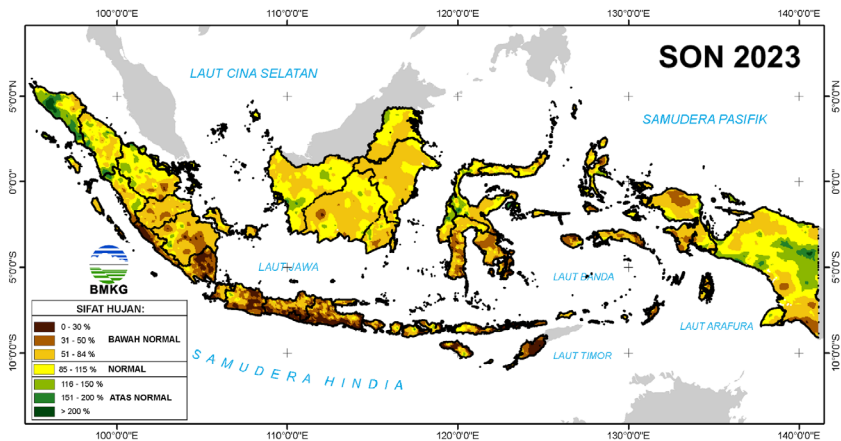
**Gambar 5.** Irisan penampang vertikal atmosfer dari ketinggian tekanan 1000 mb hingga 200 mb pada bujur 90E hingga 60W yang dirata-ratakan pada lintang 5S-5N periode SON 2023. Anak panah menunjukkan vektor yang divisualisasikan dari anomali komponen angin vertikal (atas – bawah) dan zonal (timur – barat). Warna pada gambar menunjukkan nilai anomali kelembaban udara spesifik dalam Kg/Kg. (Sumber : JRA-3Q CPD/JMA)

pada periode September – Oktober – November (SON) 2023.

Irisan vertikal kondisi atmosfer di wilayah sekitar ekuator Indonesia hingga Samudra Pasifik selanjutnya dilakukan untuk mengidentifikasi anomali pergerakan massa udara dan *transport* kandungan uap air (diidentifikasi berdasarkan kelembaban udara spesifik, yaitu perbandingan massa uap air terhadap massa udara) selama SON 2023 untuk mewakili kondisi El Niño 2023 (Gambar 5). Informasi ini diperoleh dari data *Japanese Reanalysis for Three Quarters of a Century* (JRA-3Q) CPD/JMA (Kosaka, dkk, 2024). Pada periode tersebut, pergerakan massa udara di wilayah pasifik tropis bagian tengah

umumnya dominan naik (dari atmosfer bawah di dekat permukaan ke atmosfer bagian atas) dengan kandungan uap air di atmosfer yang relatif lebih banyak dibandingkan dengan normalnya. Sebaliknya, pergerakan massa udara di wilayah Indonesia umumnya dominan turun (dari atmosfer bagian atas ke atmosfer bawah di dekat permukaan) dengan kandungan uap air di atmosfer yang relatif lebih sedikit dibandingkan dengan normalnya. Pola anomali pergerakan massa udara dan karakteristik kandungan uap air di atmosfer ini menunjukkan sirkulasi atmosfer yang umum terjadi saat El Niño.

Kondisi sifat hujan 3–bulanan di



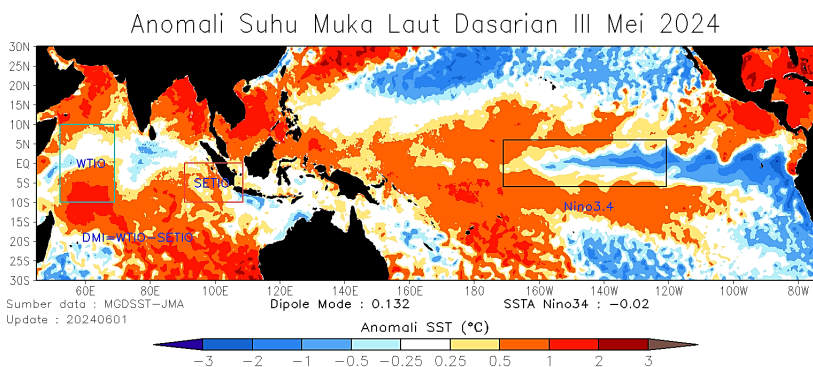
**Gambar 6.** Sifat hujan rata-rata 3–bulanan pada periode September – Oktober – November (SON) 2023 di wilayah Indonesia yang dapat merepresentasikan persentase anomali hujan terhadap normal (rata-rata tahun 1991–2020) selama periode tersebut. (Sumber: Tim Analisis Variabilitas Iklim BMKG)

bawah normal (rata-rata tahun 1991-2020) pada periode SON 2023 dominan terjadi di wilayah Indonesia (Gambar 6). Hal ini dapat merepresentasikan terjadinya anomali negatif hujan selama periode tersebut, dengan curah hujan yang turun hanya sebesar 31 – 84 % dari normalnya. Bahkan, terdapat beberapa wilayah di Sumatra bagian selatan, sebagian besar Jawa, Bali hingga Nusa Tenggara, sebagian Kalimantan bagian selatan, Sulawesi bagian selatan, Maluku Utara, Maluku dan Papua Barat yang memperoleh hujan yang hanya sebanyak 0 – 30 % dari normalnya. Meskipun demikian, terdapat pula wilayah yang memperoleh hujan lebih besar dibanding normalnya seperti Aceh, Sumatra bagian utara, Sulawesi bagian tengah dan sebagian Papua bagian timur. Hal ini mengkonfirmasi hasil penelitian sebelumnya terkait dampak ENSO di

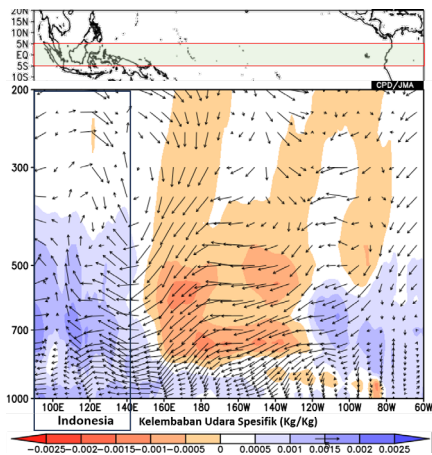
Indonesia yang menyebabkan terjadinya pengurangan curah hujan (Supari dkk, 2018) dan kekeringan (Setiawan, dkk, 2017).

### ***Perkembangan Kondisi Atmosfer – Laut Terkini***

Pada sepuluh hari terakhir (dasarian III) di bulan Mei 2024 (Gambar 7), anomali SST di Samudra Hindia menunjukkan kondisi *Indian Ocean Dipole* (IOD) netral (indeks +0.13) yang mengindikasikan tidak terjadi penambahan ataupun pengurangan suplai uap air baik dari maupun menuju samudra Hindia. Anomali SST Nino3.4 di wilayah samudra Pasifik tropis bagian tengah menunjukkan kondisi ENSO netral (indeks -0.02). Hal ini dapat dijadikan indikasi awal bahwa fenomena El Niño 2023/2024 akan segera berakhir dan beralih menuju fase ENSO Netral.



**Gambar 7.** Anomali suhu permukaan laut di wilayah samudra Hindia hingga samudra Pasifik pada dasarian III Mei 2024. (Sumber: Tim Analisis Variabilitas Iklim BMKG)

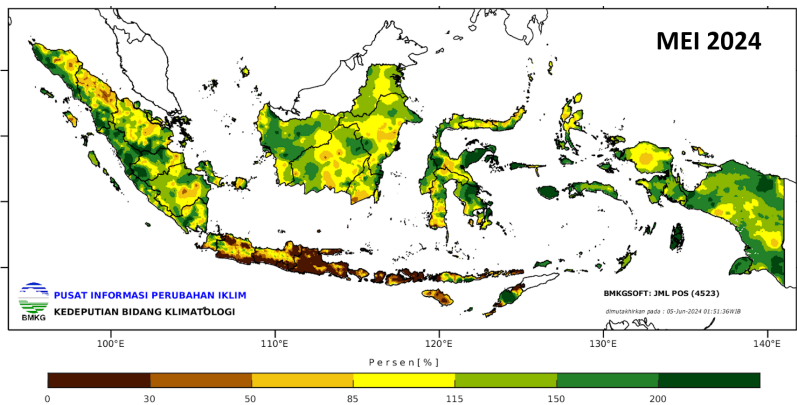


**Gambar 8.** Mirip seperti Gambar 5, kecuali untuk periode waktu sepuluh hari terakhir di bulan Mei (Dasarian III Mei) 2024. (Sumber : JRA-3Q CPD/JMA)

Nilai SOI terkini sebesar 3,8 untuk bulan Mei 2024 (Gambar 2) menunjukkan

bahwa parameter atmosfer dari ENSO juga mengindikasikan segera berakhirnya El Niño 2023/2024. Irisan vertikal kondisi atmosfer pada dasarian III Mei 2024 juga menunjukkan anomali pergerakan massa udara dan transport kandungan uap air dari samudra Pasifik ke wilayah di wilayah sekitar ekuator Indonesia (Gambar 8). Suplai pasokan uap air dari bujur 150E ke wilayah Indonesia ini tampak pada lapisan ketinggian tekanan 1000 mb hingga ketinggian tekanan 400 mb.

Sifat hujan bulan Mei 2024 di wilayah Indonesia umumnya berada pada rentang 85 – 115 % dari nilai normal hingga atas normal ( $\geq 115\%$ ). Wilayah dengan sifat hujan bawah normal terpantau masih terjadi di



**Gambar 9.** Analisis sifat hujan bulanan yang diolah dari 4523 pengamatan pos hujan di wilayah Indonesia yang dapat merepresentasikan persentase anomali hujan bulan Mei 2024 terhadap normal (rata-rata tahun 1991-2020). (Sumber: Tim Analisis Variabilitas Iklim BMKG)



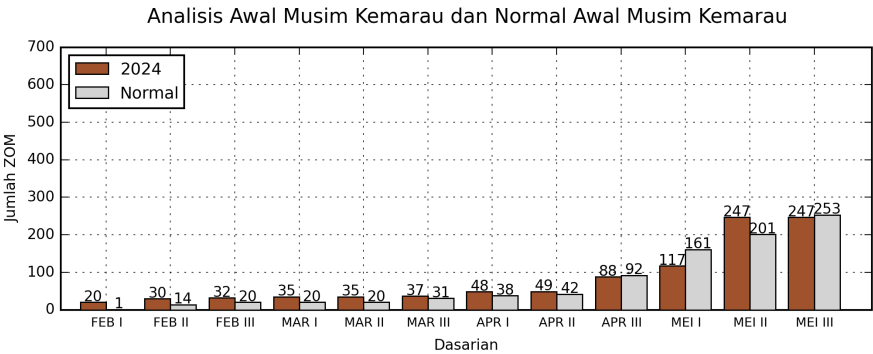
sebagian Aceh bagian utara dan timur, Sumatra Utara bagian utara dan timur, Banten bagian selatan, DKI Jakarta, Jawa Barat bagian selatan dan utara, sebagian besar Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Jawa Timur, Madura, Bali, NTB, NTT, sebagian Kalimantan Selatan bagian selatan, Sulawesi Utara bagian utara, sebagian Gorontalo, sebagian Sulawesi Selatan bagian selatan, dan sebagian Maluku Utara (Gambar 9).

Perkembangan musim kemarau hingga akhir Mei 2024 menunjukkan sejumlah 247 ZOM telah mengalami musim kemarau (Gambar 10). Jumlah ZOM yang telah memasuki musim kemarau ini mendekati dengan kondisi normalnya sebanyak 253 ZOM. Jika

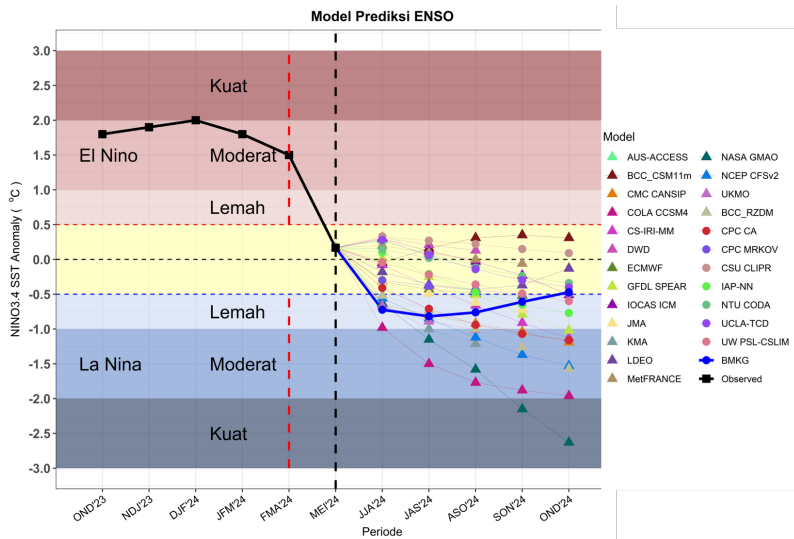
dibandingkan dengan keseluruhan ZOM di Indonesia, maka nilai Berdasarkan jumlah ZOM, terpantau sebanyak 36% wilayah Indonesia masuk musim kemarau. Wilayah yang sedang mengalami musim kemarau meliputi sebagian Aceh, sebagian Sumatra Utara, sebagian Riau, sebagian Kepulauan Riau, sebagian Banten, sebagian Jawa Barat, D.I Yogyakarta, sebagian Jawa Tengah, Jawa Timur, sebagian Bali, sebagian NTB, sebagian NTT, sebagian Sulawesi Tengah, sebagian Sulawesi Tengah, sebagian Gorontalo, dan sebagian Sulawesi Utara.

Potensi La Niña 2024

Jika kita perhatikan kembali kondisi anomali SST terkini pada akhir Mei 2024



**Gambar 10.** Jumlah ZOM yang telah memasuki musim kemarau (coklat) untuk setiap dasarian berdasarkan analisis awal musim kemarau tahun 2024 dibandingkan dengan kondisi normal periode 1991-2020 (abu-abu). Sumbu x menunjukkan skala waktu dasarian dari sepuluh hari pertama di bulan Februari (FEB I) 2024 hingga sepuluh hari ketiga di bulan Mei (MEI III) 2024, sedangkan sumbu y merupakan jumlah ZOM di Indonesia yang memasuki musim kemarau. (Sumber: Tim Analisis Variabilitas Iklim BMKG)

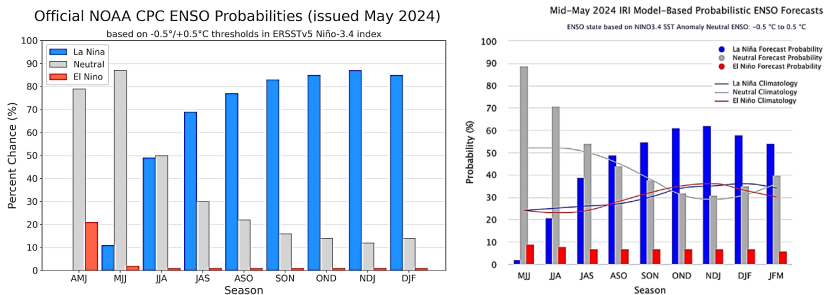


**Gambar 11.** Analisis SSTA Nino34 di Wilayah samudra Pasifik tropis bagian tengah pada periode Oktober – November – Desember (OND) 2023 hingga Mei 2024 (garis hitam tebal) dan prediksinya berdasarkan hasil luaran BMKG (garis tebal biru) dan institusi internasional Lainnya (garis warna tipis) versi Mei 2024.  
(Sumber: Tim Analisis Variabilitas Iklim BMKG)

(Gambar 7), mulai nampak pola anomali SST negatif (berwarna biru) yang menjulur dari wilayah samudra Pasifik timur (sebelah barat Ekuador, Peru dan Chili) hingga samudra Pasifik tropis bagian tengah (sekitar bujur 160 W). Hal ini menunjukkan adanya massa air yang lebih dingin dibandingkan normalnya mulai menggantikan massa air hangat di wilayah Pasifik tropis bagian tengah. Jika kondisi ini terus berlangsung, maka meningkatkan potensi terbentuknya pola spasial anomali SST yang berasosiasi dengan kejadian La Niña.

Berdasarkan pantauan satu bulan terakhir, anomali SST Nino3.4 di wilayah samudra Pasifik Tropis bagian tengah pada bulan Mei 2024 menunjukkan nilai sebesar 0,168 (Netral). BMKG dan beberapa Pusat Iklim Dunia lainnya memprediksi kondisi Netral tersebut berpotensi secara berangsur-angsur beralih menuju La Niña mulai periode Juni-Juli-Agustus (JJA) 2024 hingga akhir tahun 2024 (Gambar 11).

Selaras dengan apa yang telah disampaikan oleh BMKG, pada bulan Mei 2024 NOAA CPC dan IRI secara



**Gambar 12.** Prediksi peluang terjadinya setiap fase ENSO Netral, El Niño dan La Niña untuk beberapa bulan ke depan yang dikeluarkan oleh NOAA CPC (kiri) dan Model IRI (kanan) pada bulan Mei 2024. (Sumber: IRI)

resmi telah merilis prediksi peluang kejadian ENSO pada paruh kedua 2024 hingga awal 2025 (Gambar 12). Pada periode April hingga Juni 2024, kondisi ENSO berada pada fase Netral diprediksikan memiliki peluang terjadi sebesar 79 hingga 87 % menurut NOAA dan 89 % menurut IRI. Pada periode Juni hingga September 2024, kondisi ENSO Netral dan La Niña diprediksi memiliki peluang yang relatif sama untuk terjadi. Pada periode Juli – Agustus – September (JAS) hingga awal tahun 2025, baik BMKG, NOAA maupun IRI menunjukkan luaran prediksi yang relatif mirip yaitu La Niña memiliki peluang lebih besar untuk terjadi dibandingkan dengan kondisi Netral maupun El Niño. Meskipun demikian, kita perlu berhati-hati dalam menggunakan model prediksi ENSO dengan menggunakan inisial kondisi Mei ini karena memiliki

ketidakpastian yang relatif tinggi jika digunakan untuk memprediksi ENSO dengan *lead time* lebih dari tiga bulan ke depan (Setiawan dkk, 2017). Kita perlu terus memperhatikan perkembangan dinamika atmosfer – laut terkini dan update informasi iklim yang disampaikan oleh BMKG. (Editor: Siswanto)

## Referensi

- Kosaka, Y., S. Kobayashi, Y. Harada, C. Kobayashi, H. Naoe, K. Yoshimoto, M. Harada, N. Goto, J. Chiba, K. Miyaoka, R. Sekiguchi, M. Deushi, H. Kamahori, T. Nakaegawa; T. Y.Tanaka, T. Tokuhiro, Y. Sato, Y. Matsushita, & K. Onogi. 2024. The JRA-3Q reanalysis. *J. Meteor. Soc. Japan*, 102, 49-109, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2024-004>.
- Setiawan, A. M., Lee, W.-S., & Rhee, J. 2017. Spatio-temporal characteristics of Indonesian drought related to El Niño events and its predictability using the multi-model ensemble. *International Journal of Climatology*, 37(13), 4700-4719. doi:10.1002/joc.5117
- Supari, Tangang, F., Salimun, E. et al. 2018. ENSO modulation of seasonal rainfall and extremes in Indonesia. *Clim Dyn* 51, 2559-2580. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-4028-8>



# Banjir Demak dalam Perspektif Variabilitas dan Perubahan Iklim

Restu Tresnawati, Rosyidah, Stefani Putri dan Hary Tirto Djatmiko  
Stasiun Klimatologi Jawa Tengah dan Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan

Kabupaten Demak yang terletak di pantai utara Jawa Tengah dan dikenal dengan sejarah dan budayanya yang kaya<sup>1</sup>, kini menghadapi tantangan besar berupa banjir yang makin sering melanda wilayah ini. Dalam beberapa tahun terakhir, intensitas dan frekuensi kejadian banjir di Kabupaten Demak telah meningkat secara signifikan, membawa dampak besar bagi kehidupan masyarakatnya (Marfai, dkk., 2018).

Banjir tidak hanya merusak rumah dan infrastruktur, tetapi juga mengganggu aktivitas ekonomi, khususnya sektor pertanian yang menjadi tulang punggung perekonomian Demak. Sejumlah faktor seperti curah hujan ekstrem, perubahan pola musim,

dan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global turut berkontribusi pada fenomena ini.

Pada awal tahun 2024 saja setidaknya sudah dua kali Kabupaten ini mengalami banjir di bulan Februari dan Maret. Peristiwa ini masih menyisakan memori buruk bagi masyarakat Demak sendiri. Berdasarkan hasil kaji cepat banjir bulan Februari 2024 yang dihimpun Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Jawa Tengah per Sabtu, tanggal 17 Februari 2024, tercatat masih ada 25 desa di tiga kecamatan yang masih terdampak banjir antara lain di Kecamatan Karanganyar, Gajah, dan Mijen. Warga yang mengungsi sebanyak 24.359 jiwa dan

1 "Kabupaten Demak". id.wikipedia.org. Diakses tanggal 23 Mei 2024 [https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten\\_Demak](https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Demak)

tersebar di 135 titik<sup>2</sup>. Data ini diperkuat pula dengan laporan yang disampaikan pada Rapat Pembahasan Penanganan Bencana Banjir di Provinsi Jawa Tengah dari BPDAS Pemali Jratun tanggal 13 Februari 2024, bahwa terdapat 10 titik tanggul jebol akibat hujan lebat di wilayah hulu.

Sedangkan pada banjir Maret 2024 setidaknya sebelas kecamatan meliputi Kecamatan Demak, Kecamatan Karangtengah, Kecamatan Sayung, Kecamatan Mranggen, dan Kecamatan Wonosalam, Kecamatan Karanganyar, Kecamatan Karangawen, Kecamatan Kebonagung, Kecamatan Guntur, Kecamatan Dempet, serta Kecamatan Gajah dengan 93.149 jiwa terdampak dan 22.725 jiwa diantaranya mengungsi<sup>3</sup>. Beberapa tanggul di sekitar Sungai Wulan jebol akibat tidak mampu menahan debit air yang melimpah, sehingga semakin banyak desa yang terendam air. Jebolnya tanggul-tanggul ini memperparah situasi, mengakibatkan air sungai meluap dan membanjiri wilayah sekitar. Kejadian ini menciptakan genangan air dengan ketinggian hingga 2 meter di beberapa tempat, memaksa

ribuan warga mengungsi ke tempat yang lebih aman<sup>4</sup>.

Artikel ini akan menganalisis banjir Demak yang telah terjadi pada Maret 2024 dalam konteks variabilitas dan perubahan iklim, serta mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mempengaruhi frekuensi dan intensitas banjir. Apakah benar faktor ekstrem di Indonesia dan di Kabupaten Demak khususnya telah menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir tersebut kemudian langkah mitigasi dan adaptasi apa yang dapat dilakukan untuk menghindari berulangnya kejadian serupa.

Sebagai daerah yang beriklim tropis, Indonesia mempunyai fluktuasi suhu yang kecil, namun fluktuasi curah hujan yang besar (Molle dan Larasati, 2020 dan Rahayu, dkk., 2018). Selain itu, sebagai negara kepulauan, Indonesia juga memiliki curah hujan tahunan dan intensitas hujan yang tinggi (Aldrian dan Susanto, 2002 dan Alfahmi, dkk., 2019). Peningkatan suhu udara maksimum sebagai dampak perubahan iklim dapat berpotensi terjadinya kekeringan di musim kemarau, dan peningkatan curah hujan dapat menyebabkan banjir di

---

2 bnpb.go.id. Diakses tanggal 27 Mei 2024 <https://bnpb.go.id/berita/update-banjir-demak-genangan-berangsur-surut-pengungsi-mulai-kembali-ke-rumah>

3 "Banjir di Demak Semakin Meluas". dinkominfo.demakkab.go.id. Diakses tanggal 23 Mei 2024 <https://dinkominfo.demakkab.go.id/berita/detail/banjir-di-demak-semakin-meluas>

---

4 "Jokowi Ungkap Tanggul Jebol Penyebab Banjir Demak Sudah Dikerjakan, Hari Ini Rampung". nasional.kompas.com. Diakses tanggal 24 Mei 2024 <https://nasional.kompas.com/read/2024/03/22/05150091/jokowi-ungkap-tanggul-jebol-penyebab-banjir-demak-sudah-dikerjakan-hari-ini>

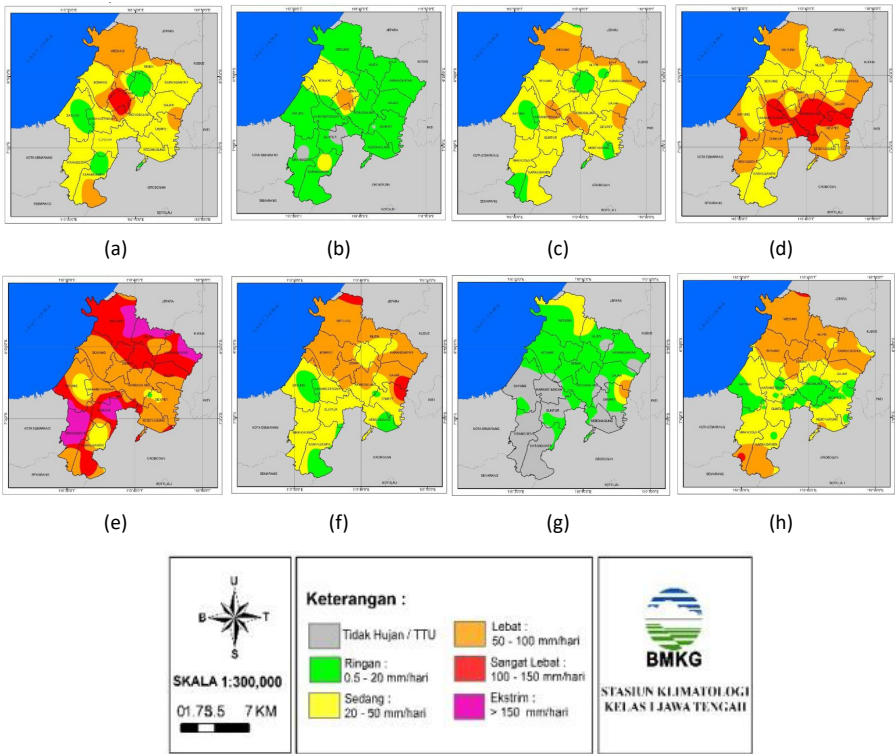
musim penghujan (Wasko, dkk., 2021 dan Suhadi, dkk., 2023). Hujan yang sangat deras dapat menimbulkan bencana hidrometeorologi seperti banjir dan tanah longsor di beberapa tempat (Marengo, dkk., 2020).

Data yang disampaikan dalam kajian ini adalah data sebaran hujan harian dan curah hujan bulanan untuk melihat pola hujan ekstrem dan tren perubahan hujan bulanan. Sedangkan data suhu udara digunakan untuk mengidentifikasi

tren peningkatan suhu yang dapat mempengaruhi pola hujan. Normal dan jumlah curah hujan Dasarian II Maret 2024 sebagai gambaran sejauh mana kondisi ekstrem di atas normal hujannya.

**Sebaran Hujan Harian Kabupaten Demak Tanggal 9 – 16 Maret 2024**

Gambar 1 memperlihatkan fluktuasi curah hujan tanggal 9 – 16 Maret 2024 di Kabupaten Demak cukup tinggi. Curah hujan tinggi itu menyebabkan kronologis



Gambar 1. Sebaran hujan harian Kabupaten Demak tanggal 9 – 16 Maret 2024 (berturut-turut)



banjir Demak yang sangat mengejutkan. Hujan deras dengan intensitas sedang terjadi dalam waktu 24 jam pada tanggal 11 Maret 2024 (Gambar 1.c). Beberapa daerah mulai melaporkan genangan air yang signifikan, terutama di kawasan rendah<sup>5</sup>. Pada tanggal 12 Maret 2024 (Gambar 1.d) hujan lebat terus berlanjut dengan intensitas mencapai 138 mm/hari. Sungai-sungai di wilayah Demak mulai menunjukkan tanda-tanda meluap, dan beberapa pemukiman di sekitar bantaran sungai mulai terendam. Hujan ekstrem terus berlanjut dengan intensitas mencapai 212 mm pada tanggal 13 - 14 Maret 2024 (Gambar 1.e dan Gambar 1.f), melebihi ambang batasnya. Pada tanggal 15 – 16 Maret 2024 terjadi hujan dengan intensitas ringan hingga lebat yang juga berkontribusi terhadap banjir yang sedang berlangsung.

Tabel 1 menunjukkan curah hujan harian maksimum yang terjadi pada tanggal 9 - 16 Maret 2024. Curah hujan tertinggi sebesar 212 mm/hari terjadi pada tanggal 13 Maret 2024 di wilayah Brumbung, berada dalam kategori ekstrem. Data menunjukkan adanya akumulasi curah hujan yang sangat tinggi selama beberapa hari berturut-

turut, yang menjadi penyebab utama jebolnya 4 tanggul sepanjang aliran Sungai Wulan sejak Rabu (13 Maret 2024) turut memicu banjir di Kabupaten Demak selain disebabkan intensitas hujan yang sangat tinggi.

### ***Variabilitas Curah Hujan Dasarian Demak Bulan Maret selama 30 tahun (1994 – 2024)***

Curah hujan dasarian (10 harian) dari hasil *blending* antara data pos hujan dengan data GSDMap pada Zona Musim (ZOM) Jateng\_43 digunakan untuk menggambarkan variabilitas curah hujan dasarian di wilayah Kabupaten Demak dalam kurun waktu 30 tahun terakhir.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa dalam 30 tahun terakhir curah hujan tertinggi di Kabupaten Demak terjadi pada Dasarian II Maret tahun 2024 sebesar 383 mm. Sementara itu, curah hujan dasarian terendah terjadi pada Dasarian III Maret tahun 2003 yaitu sebesar 20 mm.

Dari Gambar 3 terlihat curah hujan pada Dasarian II Maret 2024 di wilayah Kabupaten Demak 5 kali lebih tinggi dari normalnya. Sesuai dengan distribusi curah hujan pada Gambar 4 dimana di sebagian wilayah Kabupaten Demak pada Dasarian II bulan Maret 2024 masuk kriteria Sangat Tinggi atau lebih dari 300 mm/dasarian. Banjir tersebut

---

5 "Peta Banjir Demak 2024, Jumlah Korban & Update Kondisi Terkini". tirta.id. Diakses tanggal 27 Mei 2024 <https://tirta.id/peta-banjir-demak-dan-update-kondisi-terkini-gW6F>

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum  
Tanggal 9 – 16 Maret 2024

| Tanggal | Pos Hujan     | Curah Hujan (mm) |
|---------|---------------|------------------|
| 9       | Mangunjiwan   | 145              |
| 10      | Mangunjiwan   | 58               |
| 11      | Karanganyar   | 70               |
| 12      | BPP Wonosalam | 138              |
| 13      | Brumbung      | 212              |
| 14      | Wilalung      | 123              |
| 15      | Wilalung      | 53               |
| 16      | Banyumeneng   | 113              |

merupakan banjir terparah dalam 30 tahun terakhir dikarenakan wilayah yang terdampak jauh lebih luas dari bencana banjir di tahun-tahun sebelumnya<sup>6</sup>.

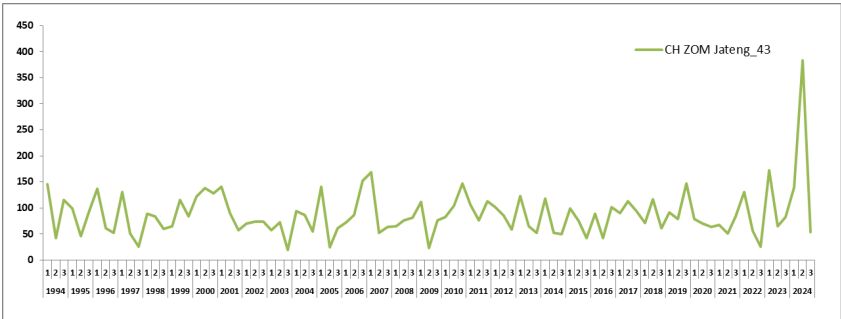
6 “Terparah sejak 1992, Banjir Demak Rendam 13 Kecamatan, Ketinggian Capai 3 Meter, 25.000 Warga Mengungsi. regional.kompas.com. Diakses tanggal 23 Mei 2024. <https://regional.kompas.com/read/2024/03/20/154044478/terparah-sejak-1992-banjir-demak-rendam-13-kecamatan-ketinggian-capai-3>

Analisis Dinamika Atmosfer Dasarian  
II Bulan Maret 2024

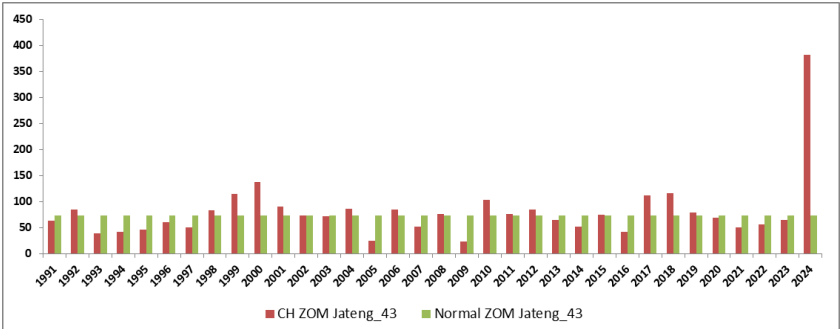
Berdasarkan analisis kondisi dinamika atmosfer pada pertengahan Maret 2024 yang ditunjukkan pada Gambar 5, terdapat peningkatan curah hujan di sebagian wilayah Indonesia termasuk Kabupaten Demak disebabkan aktivitas *Madden Julian Oscillation* (MJO) serta fenomena Gelombang Kelvin dan *Rossby Equatorial*<sup>7</sup>.

Selain gelombang atmosfer, terdapat juga tiga bibit siklon tropis, yaitu bibit siklon tropis 91S, 94S, dan 93P yang terpantau berada di sekitar Samudra Hindia selatan Jawa, Laut Timor, dan Laut Australia (Gambar 6). Keberadaan

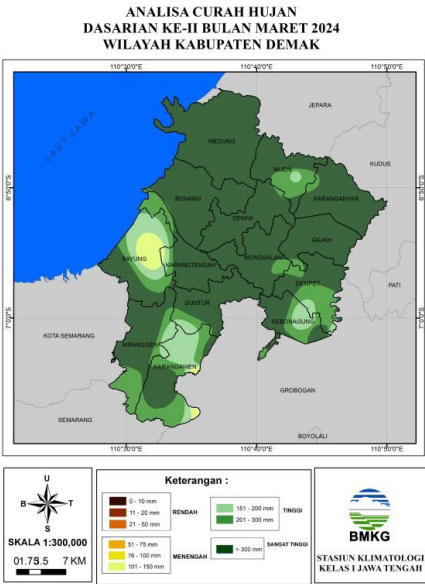
7 “BMKG Update Peringatan Dini: Waspada, Bibit Siklon Tropis Perpanjang Potensi Cuaca Ekstrem Hingga Awal Pekan Depan”. bmkgo.id. Diakses tanggal 23 Mei 2024 <https://www.bmkg.go.id/press-release/?p=bmkg-warning-update-waspada-bibit-siklon-tropis-perpanjang-potensi-cuaca-ekstrem-hingga-awal-pekan-depan&tag=&lang>ID>



Gambar 2. Grafik curah hujan dasarian bulan Maret Kabupaten Demak tahun 1994 – 2023



Gambar 3. Grafik perbandingan curah hujan Dasarian II bulan Maret Kabupaten Demak tahun 1994 – 2023 terhadap normal curah hujan Dasarian II bulan Maret



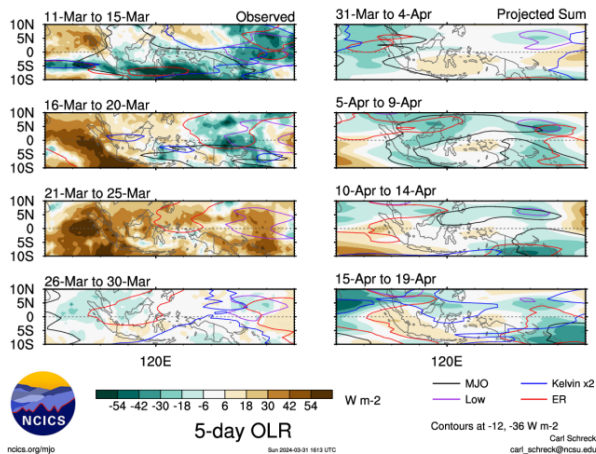
Gambar 4. Distribusi curah hujan Dasarian II bulan Maret 2024 di Kabupaten Demak

bibit-bibit siklon tropis ini menunjukkan adanya pengaruh terhadap wilayah Indonesia bagian selatan termasuk Jawa

Tengah sehingga memicu terjadinya hujan ekstrem di sebagian wilayah Jawa Tengah khususnya Kabupaten Demak. Fenomena atmosfer tersebut dapat meningkatkan anomali curah hujan lebih tinggi dari normalnya.

### Tren Curah Hujan Bulanan selama 30 Tahun (1994-2023)

Tren curah hujan bulanan yang dianalisis disini menggambarkan variabilitas dan perubahan iklim yang terjadi di Kabupaten Demak dengan sampel pos hujan Banyumeneng, Brumbung, Jatisono, Bungo dan Jungsemi selama kurun waktu 30 tahun. Dapat kita lihat pada Gambar 7 bahwa selama kurun waktu 30 tahun (1994 – 2023) curah hujan Kabupaten Demak secara umum mengalami kenaikan paling kecil 0,58 mm per tahunnya pada bulan Desember (Gambar 7.I) dan paling



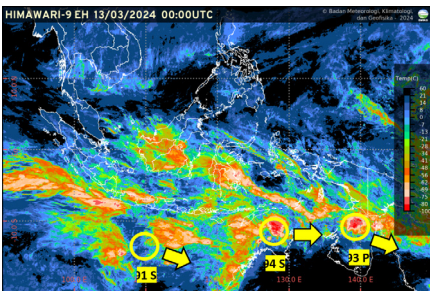
**Gambar 5.**  
Analisis MJO dan gelombang atmosfer tanggal 11 - 30 Maret 2024

besar 3,43 mm per tahun pada bulan Februari (Gambar 7.b). Tren mengalami penurunan pada bulan Oktober (Gambar 7.j) dan November (Gambar 7.k).

**Banjir Demak: Trend Curah Hujan dan Anomali Hujan Ekstrem.**

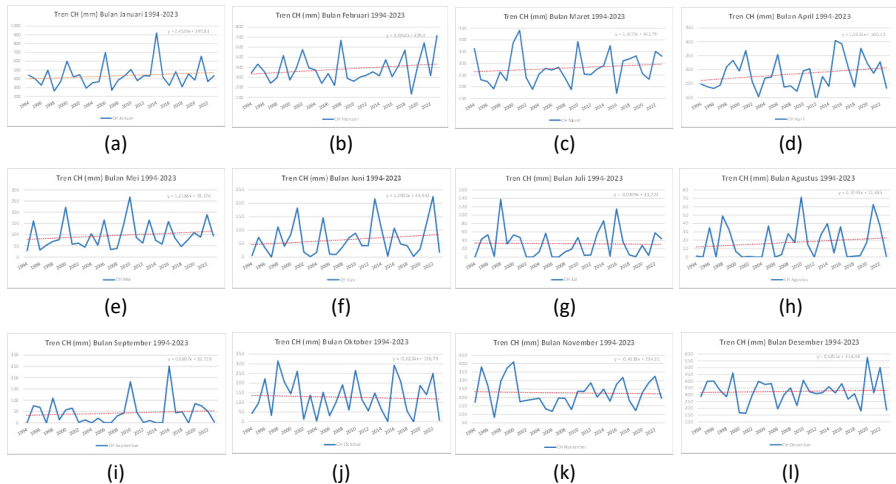
Curah hujan yang memicu kejadian banjir di wilayah Demak secara tinjauan klimatologis bisa dilihat sebagai berikut:

- Curah hujan harian yang turun di wilayah kejadian banjir di Demak berkisar pada rentang 50 mm/hari - 220 mm/hari. Curah hujan lebih dari 150 mm/hari tergolong kelas curah hujan ekstrem sesuai dengan definisi operasional BMKG
- Dinamika cuaca berupa kehadiran MJO menyebabkan dasarian ke-2 bulan Maret menjadi lebih basah



**Gambar 6.** Citra satelit Himawari 9 EH tanggal 13 Maret 2024 pukul 07.00 WIB (00.00 UTC)

dari biasanya. Pada periode 9 - 16 Maret 2024 setiap hari turun hujan >50 mm/hari, bahkan terdapat hari-hari hujan berturutan dengan curah ~150 mm/hari. Dasarian ke 2 bulan Maret 2024 juga menjadi dasarian terbasah sepanjang pencatatan curah hujan sejak 1994 dengan curah hujan kumulatif



**Gambar 7.** Tren rata-rata curah hujan bulanan Kabupaten Demak bulan Januari - Desember tahun 1994 – 2023 (berturut-turut)

spasial zona iklim no.43, dengan peningkatan 4,5 kali lebih basah dari normalnya.

- Peningkatan curah hujan juga tampak terukur dari tren

peningkatan curah hujan pada 30 tahun terakhir yang menunjukkan kecenderungan perubahan iklim di wilayah ini. (Editor: Imam)

## Referensi

- Idrian, E. dan R. Dwi Susanto, "Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature," Int. J. Climatol. A J. R. Meteorol. Soc., vol. 23, no. 12, pp. 1435–1452, 2003.
- Alfahmi, F., et.al., "The impact of concave coastline on rainfall offshore distribution over Indonesian maritime continent," Sci. World J., vol. 2019, 2019.
- Marengo, J.A., et.al., "Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the Metropolitan Area of São Paulo: a review," Ann. N. Y. Acad. Sci., vol. 1472, no. 1, pp. 5–20, 2020.
- Marfai, M.A., E. Rahayu dan A. Triyanti, "Peran Kearifan Lokal Dan Modal Sosial Dalam Pengurangan Risiko Bencana Dan Pembangunan Pesisir: Integrasi Kajian Lingkungan, Kebencanaan, dan Sosial Budaya". UGM PRESS, 2018.
- Molle, B.A. dan A. F. Larasati, "Analisis anomali pola curah hujan bulanan tahun 2019 terhadap normal curah hujan (30 tahun) di Kota Manado dan sekitarnya," J. Meteorol. Klimatologi dan Geofis., vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- Rahayu, N.D., B. Sasmito dan N. Bashit, "Analisis pengaruh fenomena indian ocean dipole (IOD) terhadap curah hujan di pulau Jawa," J. Geod. Undip, vol. 7, no. 1, pp. 57–67, 2018.
- Suhadi, S., F. Mabrurroh, A. Wiyanto dan I. Ikra, "Analisis Fenomena Perubahan Iklim Terhadap Curah Hujan Ekstrem," Opt. J. Pendidik. Fis., vol. 7, no. 1, pp. 94–100, 2023.
- Wasko, C., R. Nathan, L. Stein dan D. O'Shea, "Evidence of shorter more extreme rainfalls and increased flood variability under climate change," J. Hydrol., vol. 603, p. 126994, 2021.



# Dinamika Cuaca dan Iklim Dibalik Banjir Padang Pariaman

Charisma Ivana Almira R., Rodi Yunus,  
Rizky A. Syaputra, dan Setia Utami

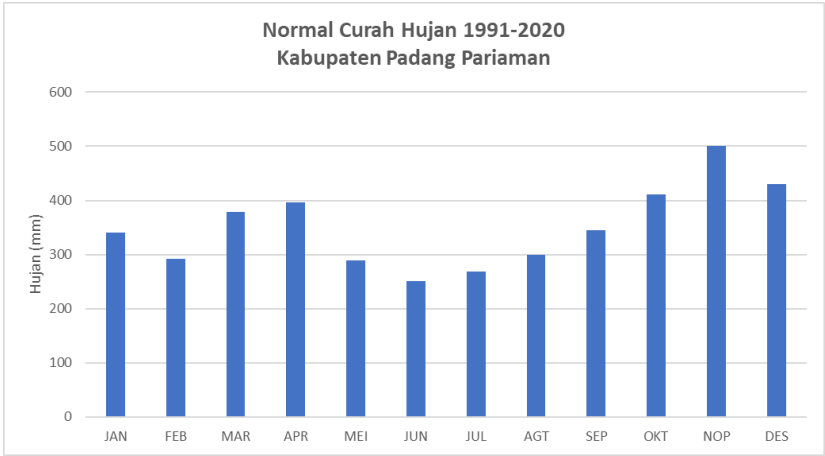
Stasiun Klimatologi Sumatera Barat

Kabupaten Padang Pariaman terletak di pesisir barat Sumatera Barat. Secara topografi, Kabupaten Padang Pariaman memiliki wilayah yang sangat bervariasi. Bagian barat kabupaten ini merupakan dataran rendah yang terbentang sepanjang pantai dengan ketinggian antara 0 hingga 10 meter di atas permukaan laut, meliputi sekitar 40% dari keseluruhan wilayah<sup>1</sup>. Sementara itu, bagian timurnya terdiri dari daerah bergelombang hingga ke Bukit Barisan dengan ketinggian mencapai 1.000 meter di atas permukaan laut, yang mencakup sekitar 60% wilayah kabupaten.

Dilihat dari kondisi iklimnya, Kabupaten Padang Pariaman memiliki tipe hujan ekuatorial 1, di mana terjadi dua puncak hujan dalam setahun, yaitu pada bulan April dan November. Wilayah ini hanya mengalami satu musim yakni hujan sepanjang tahun. Berdasarkan data normal curah hujan, Padang Pariaman memiliki curah hujan bulanan dengan intensitas lebih dari 200 mm per bulan (Gambar 1). Kondisi iklim dengan curah hujan tinggi dan keberagaman topografi menjadikan Padang Pariaman rentan terhadap berbagai bentuk bencana hidrometeorologi, termasuk bencana banjir khususnya di wilayah

<sup>1</sup> [https://perpustakaan.menlhk.go.id/pustaka/images/docs/SLHD20PADANGPARIAMAN\\_2006.pdf](https://perpustakaan.menlhk.go.id/pustaka/images/docs/SLHD20PADANGPARIAMAN_2006.pdf) diakses 31 Mei 2024.





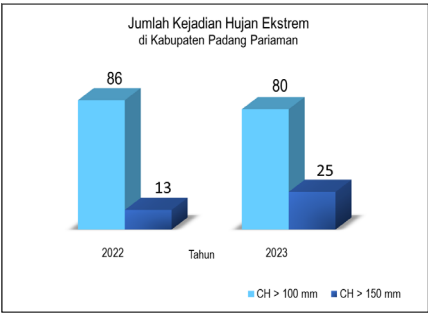
Gambar 1. Curah hujan rata-rata bulanan Kabupaten Padang Pariaman (Data: Stasiun Klimatologi Sumatera Barat)

dataran rendah.

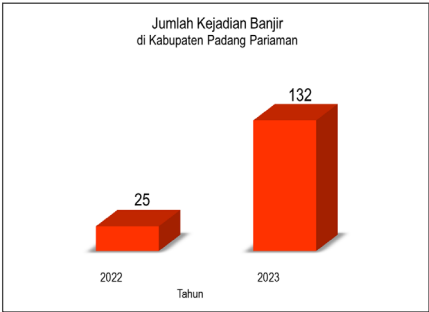
Padang Pariaman merupakan daerah yang dikenal dengan keindahan alam dan kekayaan budaya. Namun, dibalik pesona alamnya yang menakjubkan, kabupaten ini juga menghadapi tantangan serius berupa bencana banjir yang sering terjadi. Dalam beberapa tahun terakhir, banjir telah menjadi ancaman yang berulang, membawa dampak yang merugikan bagi masyarakat setempat dan lingkungan.

Pada tahun 2022, Kabupaten Padang Pariaman mengalami 86 kali hujan lebat dengan intensitas lebih dari 100 mm/hari, bahkan diantaranya sebanyak 13 kali mencapai lebih dari 150 mm/hari (Gambar 2). Pada tahun 2023, jumlah kejadian hujan lebat sedikit menurun

menjadi 80 kali, namun jumlah kejadian hujan ekstrem meningkat menjadi 25 kali, dengan intensitas lebih dari 150 mm/hari. Fenomena ini menunjukkan tren peningkatan intensitas hujan ekstrem yang berkontribusi pada



Gambar 2. Jumlah kejadian hujan ekstrem tahun 2022 dan 2023 (Data: Stasiun Klimatologi Sumatera Barat)

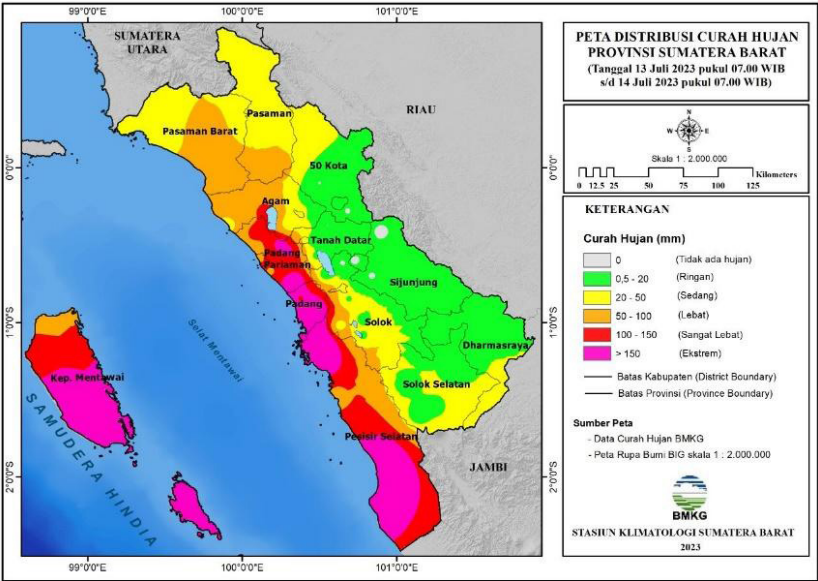


Gambar 3. Kejadian banjir tahun 2022 dan 2023 (Data: BPBD Provinsi Sumatera Barat)

tingginya risiko banjir di wilayah ini. Kondisi ini didukung data BPBD yang memperlihatkan bahwa pada tahun

2023 terjadi peningkatan peristiwa banjir hingga lebih dari lima kali lipat dibandingkan tahun 2022 (Gambar 3). Tahun 2022 tercatat kejadian banjir sebanyak 25 peristiwa, sedangkan tahun 2023 tercatat mencapai 132 peristiwa.

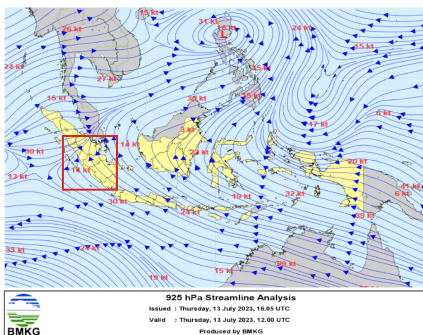
Dengan demikian, curah hujan ekstrem menjadi salah satu faktor utama pemicu dan sering kali menyebabkan terjadinya banjir di sejumlah wilayah di Kabupaten Padang Pariaman. Seperti saat kejadian banjir pada tanggal 13 Juli 2023 dimana curah hujan yang tercatat di Stasiun Klimatologi Sumatera Barat sebesar 165,8 mm. Curah hujan



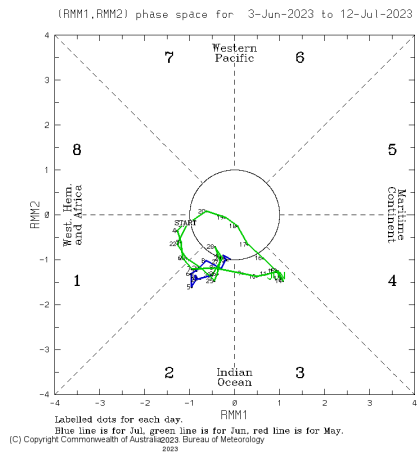
Gambar 4. Peta sebaran curah hujan harian Provinsi Sumatera Barat tanggal 13 Juli 2024

kategori ekstrem juga tercatat di Stasiun Meteorologi Minangkabau, yakni sebesar 258 mm (Gambar 4). Kejadian ini membuat sejumlah wilayah mengalami bencana banjir dan tanah longsor yang menyebabkan sejumlah rumah warga terendam dan beberapa lainnya mengalami kerusakan akibat tertimbun material longsor.

Berdasarkan analisis meteorologis dan klimatologis, bencana di Padang Pariaman dipicu oleh beberapa faktor atmosfer yang mendukung pembentukan awan, seperti adanya pertemuan angin (daerah konvergensi) di sekitar wilayah Sumatera Barat (Gambar 5) dan fenomena *Madden Julian Oscillation* (MJO) yang berada pada fase 2 atau sedang aktif di Samudera Hindia (Gambar 6). Fenomena cuaca ini memperkuat pembentukan awan hujan yang



**Gambar 5.** *Streamline* angin tanggal 13 Juli 2023 menunjukkan adanya belokan angin di sekitar Provinsi Sumatera Barat (Sumber: <https://web-meteo.bmkg.go.id/id/pengamatan/streamline>)



**Gambar 6.** *Monitoring* MJO pada kejadian banjir menunjukkan MJO Aktif pada fase 2 (Sumber: [www.bom.gov.au](http://www.bom.gov.au))

meluas, menyebabkan hujan ekstrem di daerah tersebut. Selain itu, faktor lokal juga berperan penting. Topografi bukit barisan dapat memicu terjadinya hujan orografis, di mana udara naik dan mendingin saat bertemu dengan permukaan pegunungan, menghasilkan kondensasi dan pembentukan awan hujan. Sementara itu, topografi pantai di bagian timur berkontribusi melalui sirkulasi angin darat-laut yang membawa massa udara untuk pembentukan awan hujan. Kombinasi dari faktor-faktor ini mengambil peran penting dalam peningkatan intensitas hujan di Padang Pariaman.

Kejadian banjir dan tanah longsor akibat hujan ekstrem menimbulkan



**Gambar 7.** Banjir Padang Pariaman 13 Juli 2023  
(Dokumentasi: [www.tvonenews.com](http://www.tvonenews.com))

dampak yang serius bagi masyarakat dan lingkungan. Banjir di Padang Pariaman tahun 2023 menyebabkan kerusakan beberapa rumah, sarana dan fasilitas umum, jembatan, irigasi, kebun dan sawah, serta kerusakan dan penutupan akses jalan (Gambar 7). Selain itu, BPBD memperkirakan kerugian dari bencana banjir di Padang Pariaman tahun 2023 mencapai Rp. 4.605.000.000. Sementara kerugian dari bencana longsor mencapai Rp. 323.600.000 (BPBD, 2023; BPBD, 2024).

Dampak dari kejadian hujan ekstrem yang menyebabkan banjir dan tanah longsor juga dapat berlanjut dalam jangka panjang. Misalnya, pemulihan dari kerusakan fisik dan psikologis dapat menghabiskan waktu

dan sumber daya yang signifikan. Selain itu, terjadinya banjir dan tanah longsor juga dapat memicu masalah lain seperti kelaparan, pemadaman listrik, dan kerusakan lingkungan yang berkelanjutan. Sehingga mitigasi risiko dan persiapan yang baik sangat penting untuk mengurangi dampak dari hujan ekstrem yang dapat menyebabkan bencana hidrometeorologi, tidak hanya peristiwa banjir namun termasuk juga tanah longsor dan banjir bandang. (Editor: Hikmat)

#### Referensi

- BPBD. 2023. Kabupaten Padang Pariaman Dalam Angka 2023. Volume 24.
- BPBD. 2024. Kabupaten Padang Pariaman Dalam Angka 2024. Volume 25.

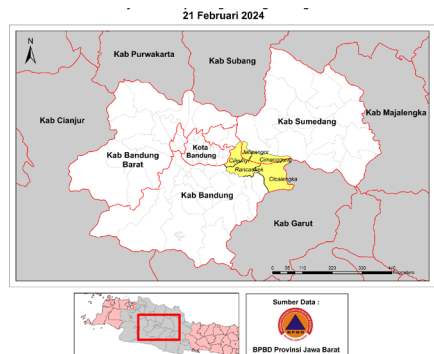
# Mengulas Puting Beliung Rancaekek

Rossian Nursiddiq I, Asri Rachmawati  
Stasiun Klimatologi Jawa Barat



Tanggal 21 Februari 2024, perbatasan Kabupaten Bandung dan Kabupaten Sumedang digemparkan dengan kejadian angin puting beliung. Angin puting beliung yang terjadi sekitar pukul 15.30 hingga 16.00 WIB, menyebabkan 835 keluarga terdampak dan 33 warga terluka menjalani perawatan di rumah sakit berdasarkan data BPBD Provinsi Jawa Barat. BPBD Provinsi Jawa Barat juga mencatat terdapat 5 kecamatan terdampak puting beliung yaitu Kecamatan Cileunyi, Rancaekek, Cicalengka di Kabupaten Bandung dan Kecamatan Jatinangor

serta Cimanggung di Kabupaten Sumedang (Gambar 1). Dampak



**Gambar 1.** Lokasi terdampak Puting Beliung Rancaekek 21 Februari 2024

cukup parah terjadi di Rancaekek yang kemudian menjadi populer dan dikenal sebagai fenomena Puting Beliung Rancaekek. Puting beliung juga pernah terjadi sebelumnya di Kabupaten Bandung yaitu di Kecamatan Baleendah pada 5 Juni 2023 menyebabkan 141 rumah rusak pada sore hari sekitar pukul 17.00 WIB.

Berdasarkan Perka BMKG No. 9 tahun 2010, angin puting beliung termasuk dalam cuaca ekstrem berupa angin kencang yang berputar yang keluar dari awan Cumulonimbus dengan kecepatan lebih dari 34,8 knots atau 64,4 km/jam dan terjadi dalam waktu singkat. Angin puting beliung umumnya berdurasi singkat kurang dari 10 menit. BMKG menyebutkan angin puting beliung terbentuk dari awan Cumulonimbus (CB), namun tidak semua awan CB dapat menimbulkan angin puting beliung.

### ***Puting Beliung vs Tornado***

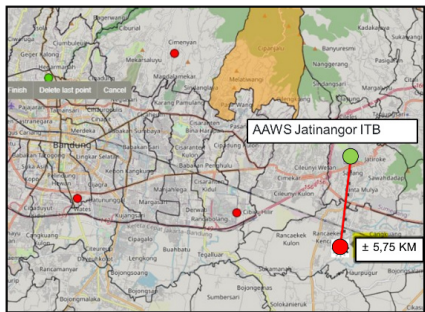
Lalu, apa perbedaannya dengan Tornado? Menurut WMO, Tornado adalah kolom udara yang berputar memanjang dari dasar awan Cumulonimbus dan sering terlihat sebagai corong yang bersentuhan dengan tanah dan debu atau puing yang berputar di daratan. Tornado memiliki klasifikasi kecepatan angin yaitu Skala

Fujita terdiri atas 6 kategori. Kategori paling rendah yaitu F0 dengan kecepatan angin 29,2–38,1 m/s atau setara dengan 105–137 km/jam. Secara visual, puting beliung dan tornado memiliki kemiripan hanya saja puting beliung memiliki skala kecepatan angin dan luasan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan tornado. Tornado dipicu oleh fenomena lintang tinggi seperti *front* dan *jetsream*, sementara puting beliung terbentuk oleh aktivitas konveksi akibat radiasi matahari dan labilitas atmosfer. Tornado memiliki dimensi atau skala yang lebih besar sehingga dapat diidentifikasi melalui satelit dan radar cuaca, sementara puting beliung sulit terdeteksi secara spesifik melalui citra radar dan satelit karena dimensi atau skala yang kecil, sangat lokal dan durasinya yang singkat.

### ***Aspek Meteorologis Puting Beliung Rancaekek***

Dalam ulasan ini, fenomena puting beliung Rancaekek dikaji dengan menganalisis data pengamatan parameter angin, suhu udara, dan kelembapan udara yang terdekat dengan lokasi kejadian seperti analisis yang telah dilakukan dalam *Siswanto dan Supari* (2012) untuk kejadian Puting Beliung Pangkal Pinang, ditambahkan dengan analisis citra satelit dan radar cuaca. Pada fenomena Puting Beliung



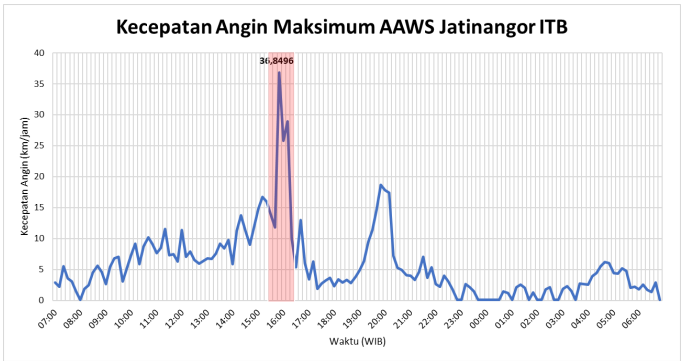


Gambar 2. Jarak lokasi alat AAWS Jatinangor ITB dan lokasi terdampak

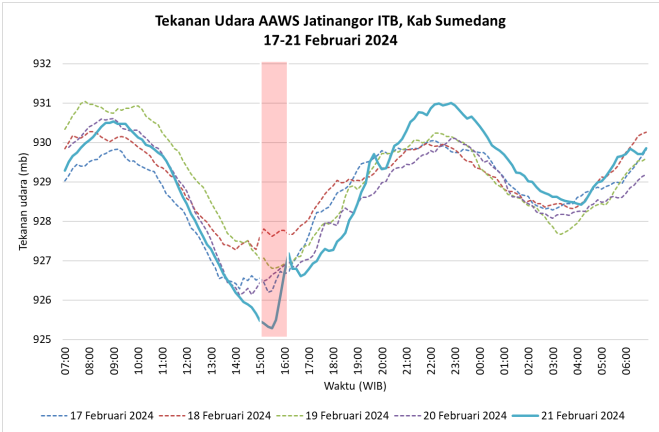
Rancaekek, alat pengukuran terdekat dengan lokasi adalah *Agroclimate Automatic Weather System (AAWS) Jatinangor ITB*, Kabupaten Sumedang. Pada tanggal kejadian puting beliung, tercatat kecepatan angin maksimum sebesar 36,8 km/jam pada pukul 15.50 WIB. Kecepatan angin ini cenderung lebih kecil karena jarak alat pengukuran dan lokasi kejadian cukup jauh yaitu sekitar 5,75 km sehingga tidak dapat

merepresentasikan kondisi sebenarnya pada lokasi kejadian angin puting beliung (Gambar 2). Namun, berdasarkan data AAWS Jatinangor ITB terdeteksi adanya pola peningkatan kecepatan angin secara signifikan yang bersesuaian dengan evolusi kejadian puting beliung sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

Hal itu juga ditunjukkan oleh perubahan variasi diurnal tekanan udara di AAWS Jatinangor ITB pada saat kejadian puting beliung dan 4 hari sebelumnya (Gambar 4). Secara umum, pola tekanan udara menunjukkan kenaikan dari pukul 07.00 WIB hingga pukul 10.00 WIB kemudian terjadi penurunan hingga pukul 14.30 WIB pada tanggal 17-20 Februari 2024. Pada tanggal 21 Februari 2024 menunjukkan pola tekanan udara yang berbeda. Penurunan tekanan udara pada tanggal 21 Februari 2024 masih terjadi 1 jam



Gambar 3. Kecepatan Angin maksimum AAWS Jatinangor ITB

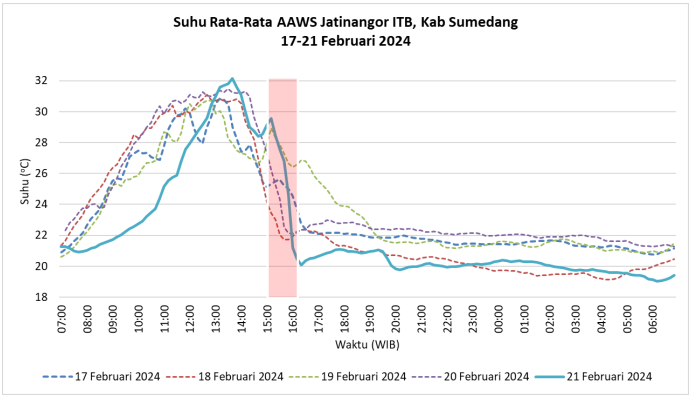


**Gambar 4.**  
Tekanan udara AAWS  
Jatinangor ITB, Kab  
Sumedang  
17-21 Februari 2024

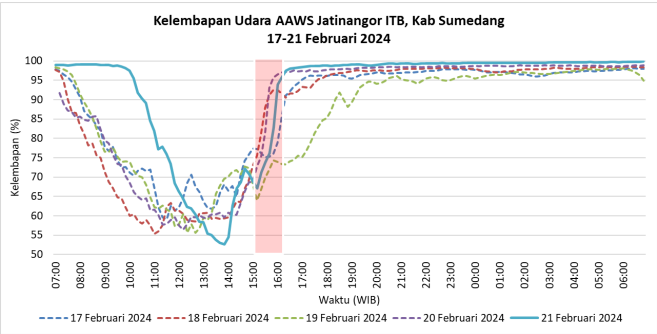
lebih lama dibandingkan kondisi 4 hari sebelumnya yakni hingga pukul 15.30 WIB dengan nilai tekanan udara terendah sebesar 925,5 mb. Kemudian, kenaikan tekanan udara pada saat kejadian puting beliung terjadi lebih cepat jika dibandingkan dengan 4 hari sebelumnya yaitu 1,51 mb pada 15.30-16.30 WIB. Pada malam hari kenaikan

tekanan udara kembali terjadi. Terdapat perbedaan pola tekanan udara setelah terjadi puting beliung yaitu tekanan udara lebih tinggi 1 mb dibandingkan dengan 4 hari sebelumnya yaitu mencapai 931,0 mb pada pukul 22.50 WIB.

Untuk parameter suhu udara yang ditunjukkan pada Gambar 5, pada



**Gambar 5.**  
Suhu Udara AAWS  
Jatinangor,  
Kab Sumedang  
17-21 Februari 2024

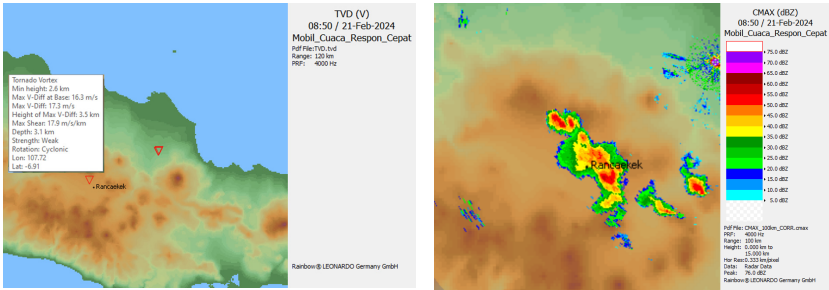


Gambar 6. Kelembapan Udara AAWS Jatinangor, Kab Sumedang 17-21 Februari 2024

tanggal 17-20 Februari 2024, secara umum suhu mengalami kenaikan mulai pukul 07.00 WIB. Perbedaan terjadi pada 21 Februari 2024, pola suhu mengalami penurunan terlebih dulu pada pukul 07.00-07.50 WIB kemudian naik lebih signifikan dibandingkan hari-hari lainnya hingga pukul 13.40 WIB. Nilai suhu maksimum pada saat kejadian puting beliung pun tercatat lebih tinggi jika dibandingkan dengan 4 hari sebelum kejadian yaitu mencapai 32°C dimana pada hari sebelumnya suhu tertinggi

berkisar antara 27,9-31,2°C. Pukul 13.40-14.50 WIB terjadi penurunan suhu signifikan sebelum akhirnya terjadi kenaikan kembali pada pukul 14.50-15.10 WIB. Pada saat kejadian puting beliung tercatat suhu turun drastis yaitu pada pukul 15.20-16.20 WIB.

Pada data kelembapan udara AAWS Jatinangor ITB, terdapat pola yang berbeda dibandingkan pada 4 hari sebelumnya (Gambar 6). Pada tanggal kejadian 21 Februari 2024, udara cenderung lembap hingga pukul



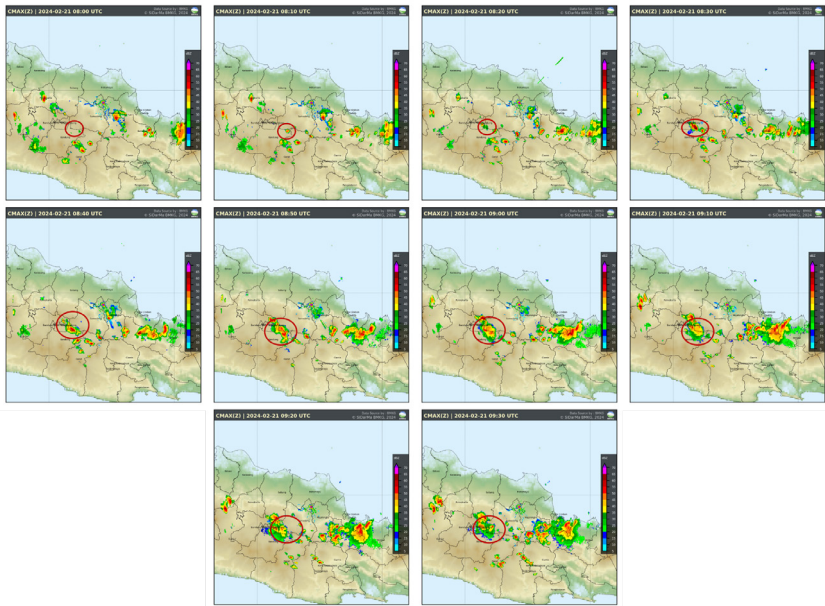
Gambar 7. Produk TVD dan CMAX Radar MCRC Jatiwangi

10.10 WIB kemudian baru terjadi penurunan hingga pukul 14.00 WIB. Nilai kelembapan minimum pada tanggal 21 Februari 2024 lebih rendah jika dibandingkan dengan 4 hari sebelumnya yaitu mencapai 54,4% pada pukul 14.00 WIB. Disusul dengan kenaikan yang cukup signifikan pada pukul 14.00-14.40 WIB. Kemudian turun hingga 15.20 WIB, kembali naik pada saat mendekati kejadian puting beliung.

Berdasarkan produk *Tornado Vortex Detection* (TVD) dari radar Mobil Cuaca Respon Cepat (MCRC) yang terletak di Jatiwangi, Kabupaten Majalengka

terdeteksi adanya *Cyclonic Vortex* atau pola siklonik pada ketinggian 2,6 km dengan kecepatan angin diestimasi mencapai 17,3 m/s atau 62,3 km/jam pada pukul 15.50 WIB (Gambar 7).

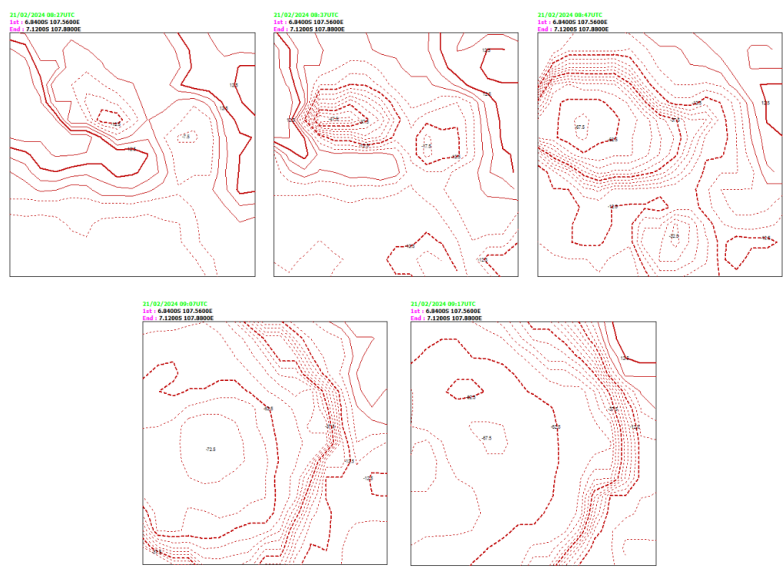
Kondisi dinamika atmosfer pada saat kejadian yaitu suhu muka laut di sekitar wilayah Indonesia, perairan selatan dan utara Jawa Barat masih relatif hangat sehingga mendukung penguapan di wilayah Jawa Barat. Pada analisis pola angin terpantau adanya sirkulasi siklonik di samudra Hindia barat Pulau Sumatra yang mengakibatkan terbentuknya pertemuan angin



Gambar 8. Citra Radar MCRC Jatiwangi 21 Februari 2024 pukul 15.00 – 16.30 WIB

(konfluensi) di sepanjang Pulau Sumatra bagian selatan, Selat Sunda hingga Laut Jawa, serta belokan angin (*shearline*) di sekitar wilayah Jawa Barat, kondisi ini mampu meningkatkan potensi pertumbuhan awan di sekitar wilayah konfluensi dan belokan angin tersebut. Pembentukan awan juga didukung oleh adanya kelembapan udara. Analisis kelembapan udara di wilayah Jawa Barat di lapisan 850-500 mb relatif tinggi yakni berada pada rentang antara 60-95% yang mengindikasikan kondisi atmosfer cukup lembap. Kemudian, kondisi labilitas atmosfer di wilayah Jawa Barat berada pada labil sedang hingga kuat.

Berdasarkan citra radar MCRC Jatiwangi (Gambar 8), terpantau awan di wilayah Kota Bandung bagian timur pada pukul 15.20 WIB. Awan tersebut menguat dan meluas ke wilayah perbatasan Kota Bandung, Kabupaten Bandung, dan Kabupaten Sumedang pada pukul 15.30 WIB. Nilai reflektivitas maksimum radar mencapai 60-65 dBz pada pukul 15.30 WIB di wilayah Jatinangor, Kabupaten Sumedang. Kemudian pada pukul 15.40 WIB, nilai reflektivitas awan di wilayah Jatinangor menurun yaitu 55-60 dBz. Pada pukul 15.50 WIB awan kembali meluas ke bagian tenggara dan barat laut dengan penurunan reflektivitas



**Gambar 9.** Analisis suhu puncak awan dari Citra Satelit Himawari 21 Februari 2024 pukul 15.00 – 16.30 WIB

radar.

Analisis suhu puncak awan dari Citra Satelit Himawari (Gambar 9) pada tanggal 21 Februari 2024 terpantau sel awan dengan suhu puncak awan  $-12,5^{\circ}\text{C}$  pada pukul 15.27 WIB. Pukul 15.37 WIB terjadi penurunan suhu puncak awan menjadi  $-47,5^{\circ}\text{C}$ . Pukul 15.47 WIB suhu puncak awan  $-67,5^{\circ}\text{C}$  dan pada pukul 15.57 WIB mencapai suhu puncak awan minimum mencapai  $-72,5^{\circ}\text{C}$ . Kondisi tersebut mengindikasikan adanya potensi hujan sangat lebat dengan disertai kilat/petir dan angin kencang.

Berdasarkan data observasi diatas, fenomena puting beliung diawali dengan kondisi yang lembap pada pagi hari hingga sekitar pukul 10.00 WIB. Kemudian turun signifikan dan lebih kering dari hari sebelumnya pada siang hari. Kenaikan suhu udara terjadi lebih lambat dan suhu maksimum lebih tinggi dibandingkan hari sebelumnya. Kenaikan suhu mencolok terjadi pada pukul 10.00-13.00 WIB sebesar  $8,25^{\circ}\text{C}$ . Sama halnya dengan dengan kelembapan udara, tekanan udara turun signifikan dan lebih rendah dibandingkan dengan hari sebelumnya. Penurunan tekanan udara menyebabkan wilayah tersebut memiliki tekanan yang lebih rendah dibandingkan wilayah sekitarnya sehingga dapat menarik angin ke dalam wilayah terdampak (Siswanto

dan Supari, 2012). Beberapa kondisi tersebut mengindikasikan atmosfer lembap pada pagi hari kemudian terjadi pemanasan yang cepat menjelang siang hari sehingga mendukung pembentukan awan konvektif.

Jika dibandingkan dengan kejadian puting beliung di Pangkalpinang tanggal 9 Januari 2008, perubahan yang paling mencolok pada kejadian Puting Beliung Rancaekek yang bisa dikenali adalah perubahan karakteristik tekanan udara, suhu udara, dan kelembapan yang signifikan pada 2 jam sebelum kejadian, sementara di Pangkalpinang 1 jam sebelum kejadian. Kedepan, ketiga parameter cuaca ini dapat menjadi perhatian bagi prakirawan cuaca (*forecaster*) untuk menjadi *proxy* dalam memantau secara intensif potensi akan terjadinya puting beliung. (Editor: Sekar)

### Referensi

---

- Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika No. 09. 2010. Tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem.
- WMO. 2017. *Tornado intensity*. <https://cloudatlas.wmo.int/en/Tornado-intensity.html> diakses pada 9 Juli 2024
- Siswanto dan Supari. 2012. *Identifying Precursor Condition For Local Wind Disaster" Puting Beliung "Event In Pangkalpinang*. Widyariset, Vol. 15 No.3, Desember 2012: 599–610.



# IKN, Pionir *Green City* di Indonesia

Rendy Artha Luvian dan Alberth C. Nahas

Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan



**Gambar 1.** Desain Kantor Presiden, Istana Negara dan Lapangan Upacara di IKN  
(Foto: Kementerian PUPR BPPW Kaltim)

Ibu Kota Negara atau lebih dikenal dengan sebutan IKN menjadi populer kembali semenjak wacana mengenai pemindahan ibu kota Indonesia dari Jakarta ke Kalimantan benar-benar direalisasikan. Pembangunan IKN direncanakan akan rampung dalam lima tahap, dengan tahap pertama dimulai pada tahun 2022 lalu dan berakhir di 2024 ini. Pada tahap pembangunan pertama difokuskan diantaranya pada pembangunan perkotaan dan

infrastruktur. Nah, pada tahapan ini pembangunan yang dikerjakan dijanjikan mengedepankan konsep *green and smart city*.

Konsep *green city* menekankan pentingnya pembangunan yang ramah lingkungan, pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, dan peningkatan kualitas lingkungan hidup. Ini termasuk penggunaan energi terbarukan, pengelolaan air yang efisien, transportasi publik yang ramah



Sementara itu, konsep *smart city* juga menekankan penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk meningkatkan efisiensi operasional, layanan publik yang lebih baik, dan partisipasi masyarakat yang lebih aktif dalam pengambilan keputusan. Ini termasuk penerapan teknologi dalam manajemen transportasi, pengelolaan limbah, sistem energi, keamanan publik, dan layanan kesehatan dan pendidikan.

### *IKN di Tengah Kawasan Pertambangan*

Menurut data dari Dinas ESDM Kalimantan Timur, telah dikeluarkan 1.434 izin pertambangan di wilayah ini, yang mencakup area seluas lebih dari 50.000 kilometer persegi, melebihi luas negara Belgia. Bahkan, masyarakat adat terus menghadapi tantangan dalam memperoleh pengakuan hak atas tanah mereka sendiri yang terus tergerus oleh konsesi-konsesi perusahaan yang semakin bertambah dari hari ke hari.

Situasi ini memposisikan IKN berada di tengah-tengah kawasan konsesi pertambangan. Ratusan Perseroan Terbatas (PT) dan Persekutuan Komanditer (*Commanditaire Vennootschap-CV*) sudah berdiri di sekitar lahan yang akan dijadikan sebagai ibukota negara baru, bahkan banyak diantaranya yang sudah masuk ke lahan rancangan IKN itu sendiri (lihat Gambar 2).

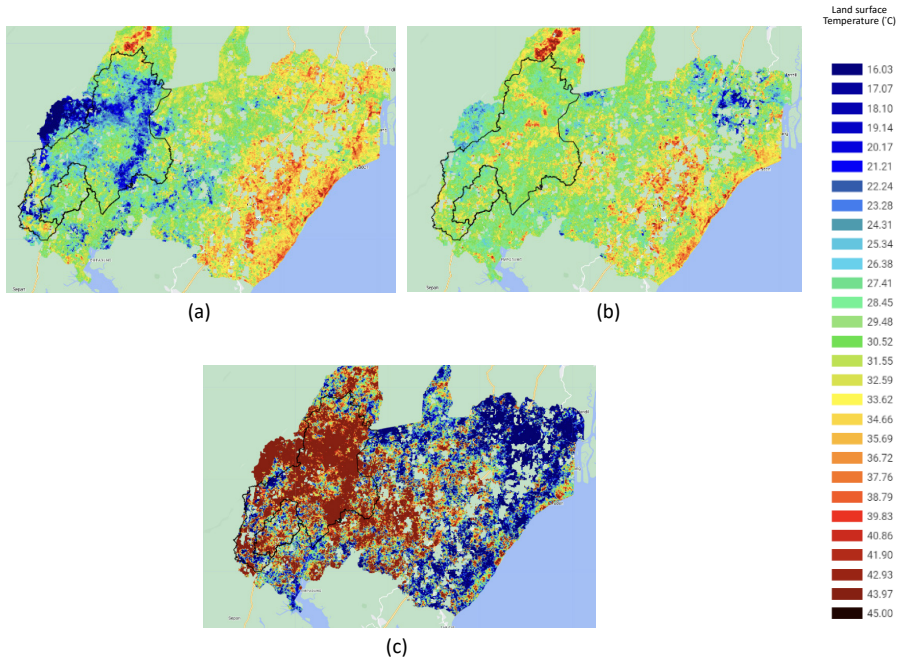
Keadaan ini menuntut IKN untuk ‘menertibkan’ tambang-tambang yang berada di dalam wilayahnya agar dapat mempertahankan konsep *green city*, sehingga keadaan iklim mikro di wilayah tersebut turut terjaga. Apalagi potensi dampak *urban heat island* (UHI) yang timbul saat IKN beroperasi sepenuhnya nanti juga harus ikut diperhitungkan. Salah satu hal yang harus diperhatikan

dari semenjak dini adalah jangan sampai IKN menjadi Jakarta kedua nantinya, kota yang penuh sesak dengan berbagai masalah iklim yang membahayakan dan membuat tidak nyaman para penduduknya sendiri.

Apabila kita amati kondisi Suhu Permukaan Tanah (*Land Surface Temperature-LST*) di tahun 2022 dan tahun 2023 (lihat gambar 3a), dapat kita lihat perubahan yang cukup signifikan pada Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP) atau lokasi IKN 1 dan Kawasan IKN (KIKN) atau lokasi IKN 2. Kenaikan kondisi suhu bagian terluar dari objek yang berada pada dua permukaan kawasan tersebut menunjukkan pengaruh perubahan tutupan lahan. Perubahan jenis tutupan lahan berperan besar dalam peningkatan suhu permukaan karena lahan yang terbangun cenderung memantulkan panas lebih banyak dibandingkan dengan lahan yang ditutupi oleh vegetasi. Pembangunan di kawasan KIPP sendiri mulai aktif semenjak tahun 2022 hingga 2024 sekarang ini. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), Basuki Hadimuljono, memberi keterangan bahwa di akhir tahun 2023 pembangunan fisik ibukota baru telah mencapai kisaran 60 persen<sup>1</sup>. Tidak

---

<sup>1</sup> sumber: <https://nasional.kompas.com/read/2023/12/13/09143731/menteri-basuki-batch-pertama-pembangunan-fisik-ikn-capai-612-persen>



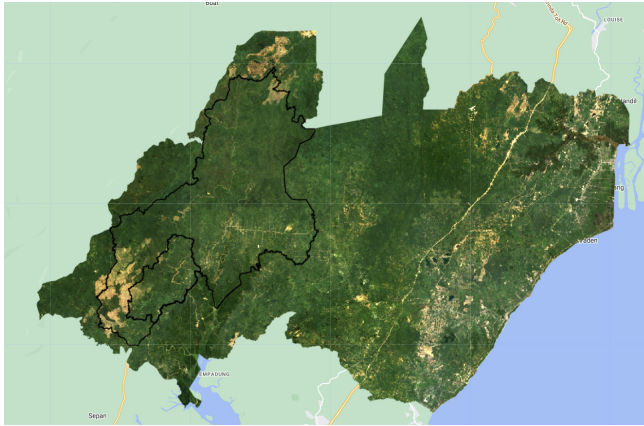
**Gambar 3.** Land Surface Temperature (LST) tahun (a) 2022 dan (b) 2023 serta (c) perubahannya selama kurun waktu 2022 s/d 2023 menggunakan data *Surface Reflectance* satelit Landsat 8 (USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1)

mengherankan apabila terjadi kenaikan LST di dua wilayah ini.

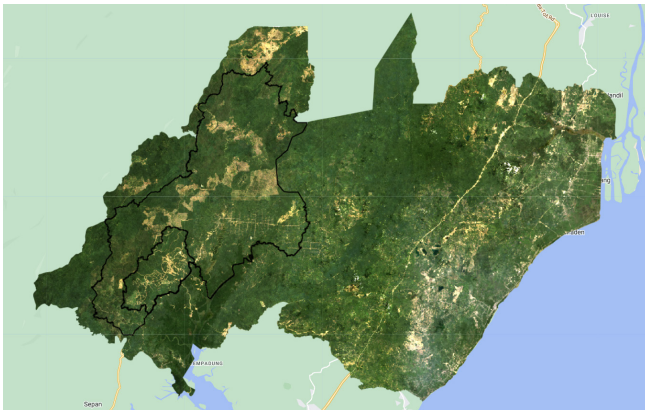
Hal yang berkebalikan terjadi di wilayah Kawasan Pengembangan IKN (KPIKN) atau lokasi IKN 3. Dari data LST tahun 2022 dan 2023 (lihat Gambar 3b) dapat kita lihat penurunan kondisi suhu bagian terluar dari objek yang berada di atas permukaan kawasan tersebut, terutama di bagian utara dan timur. Sedangkan di bagian baratnya terjadi kenaikan suhu sama seperti di wilayah

KIPP (lokasi IKN 1) dan KIKN (lokasi IKN 2).

Perubahan LST dari tahun 2022 hingga 2023 di kawasan ibukota baru (lihat Gambar 3c) memperjelas hal tersebut. Kendali atas jalannya proyek pertambangan di sekitar kawasan IKN bisa menjadi salah satu faktor menurunnya kondisi LST di wilayah tersebut. Ditutupnya sekitar 3000 hektar tambang ilegal di IKN yang menjadi temuan pada 2023 lalu menjadi indikasi



(a)



(b)

**Gambar 4.** Gambaran citra satelit pada tahun (a) 2022 dan (b) 2023 menggunakan satelit Landsat 8

yang positif bagi keberlanjutan konsep *Green City* IKN (sumber: Otorita Ibu Kota Nusantara/OIKN).

Perlu diingat selain perubahan tutupan lahan faktor-faktor lain bisa mengubah LST suatu wilayah

seperti aktivitas manusia, polusi udara, perubahan iklim, perubahan penggunaan energi, dan penggunaan material bangunan yang mempengaruhi sifat termal permukaan. Gambaran citra satelit terhadap kondisi permukaan



kawasan ibukota baru selama rentang tahun 2022 dan 2023 (lihat Gambar 4) menunjukkan perubahan tutupan lahan di wilayah barat terutama di KIPP (lokasi IKN 1) dan KIKN (lokasi IKN 2). Sebagian besar wilayah tersebut mengalami perubahan tutupan lahan, yakni pembangunan yang mengurangi wilayah hijau kecuali di bagian selatan yang mungkin telah menyelesaikan prosesnya sehingga menghidupkan kembali di 2023. Hal yang wajar jika perubahan LST segera menunjukkan kenaikan suhu yang cukup signifikan.

Sementara itu, di bagian sebelah timur justru tidak terlihat perubahan tutupan lahan yang signifikan yang juga berkesesuaian dengan data penurunan LST. Hal inilah yang memberikan indikasi akan faktor-faktor lain yang menyebabkan penurunan kondisi LST di tahun 2023 dibandingkan tahun sebelumnya, yang tentu saja bisa dikaitkan dengan upaya pengendalian geliat tambang-tambang di wilayah tersebut oleh Pemerintah.

### **Konsep Kota Hijau**

Konsep *Green City* atau Kota Hijau menjadi landasan bagi upaya pembangunan yang seimbang antara pertumbuhan ekonomi, kehidupan sosial, dan perlindungan lingkungan. Tidak hanya untuk generasi saat ini,

tetapi juga bagi generasi yang akan datang.

Pilar utama dari konsep *Green City* meliputi delapan elemen penting yang harus diwujudkan secara komprehensif. Pertama, *Green Planning and Design* (perencanaan dan rancangan hijau) yang menjadikan tata ruang kota sebagai landasan pembangunan yang berkelanjutan. Ini melibatkan perencanaan tata guna lahan dan bangunan yang ramah lingkungan serta penciptaan tata ruang yang menarik secara estetika.

Elemen kedua adalah *Green Open Space* (ruang terbuka hijau) yang tak kalah pentingnya. Ruang ini tidak hanya menambah keindahan kota, tetapi juga berperan dalam menyerap polusi dan menciptakan iklim mikro yang nyaman. Perluasan lahan taman dan pengembangan koridor hijau menjadi langkah konkrit dalam mewujudkan ruang terbuka hijau yang memadai.

*Green Waste* atau pengelolaan sampah hijau menjadi elemen ketiga yang tidak boleh diabaikan. Dengan prinsip *reduce, reuse, dan recycle*, pengelolaan sampah menjadi krusial dalam mengurangi dampak negatif pembangunan terhadap lingkungan. Teknologi pengolahan yang ramah lingkungan menjadi kunci dalam merancang sistem pengelolaan sampah



yang efektif.

*Green Transportation* (transportasi hijau), sebagai elemen keempat, menekankan pentingnya pengembangan transportasi massal yang berkualitas. Hal ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan kendaraan pribadi, mengurangi emisi kendaraan, dan menciptakan ruang jalan yang aman bagi pejalan kaki serta pengguna sepeda.

*Green Water* (manajemen air yang hijau) menjadi elemen kelima yang menyoroti pentingnya penggunaan air secara hemat dan berkualitas. Dengan teknologi yang tepat, penggunaan air dapat dioptimalkan melalui berbagai cara seperti penggunaan ulang air yang telah digunakan dan penjagaan kualitas air yang tersimpan di dalam tanah.

*Green Energy* atau energi hijau, sebagai elemen keenam, menekankan penggunaan energi terbarukan sebagai alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Pemanfaatan energi surya, angin, dan teknologi lainnya menjadi kunci dalam merancang sistem energi yang ramah lingkungan.

*Green Building* atau bangunan hijau, pada elemen ketujuh, menitikberatkan pada pembangunan bangunan yang ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan sumber daya. *Green building* tidak hanya mempertimbangkan

efisiensi energi, tetapi juga kenyamanan penghuni serta pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan.

Terakhir, elemen *Green Community* atau komunitas hijau menekankan pentingnya partisipasi aktif dari berbagai pihak dalam pembangunan kota hijau. Kolaborasi antara pemerintah, bisnis, dan masyarakat menjadi kunci dalam menciptakan lingkungan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Tahun ini adalah tahun dimulainya relokasi Aparatur Sipil Negara (ASN) ke wilayah yang akan menjadi pionir kota berkelanjutan di Indonesia. Dengan kesadaran akan pentingnya konsep *Green City*, diharapkan upaya pembangunan kota yang berkelanjutan dapat terwujud secara nyata terutama dengan kerjasama para ASN sebagai motor penggerak masyarakat. Melalui implementasi aksi-aksi iklim yang bisa dimulai oleh para abdi negara, sehingga Indonesia bisa memimpin perubahan yang berkelanjutan dan mensejahterakan di masa yang akan datang. (Editor: Alifi)



# Mendesain Iklim Mikro pada Lahan Pertanian

(Refleksi dari Praktik Permakultur Kebun Pladan, Tieng Wonosobo)

Indra Budi Legowo dan Dwi Indriyati  
Akademi Rakyat Mandiri Pangan (ARMP) dan Pusat  
Layanan Informasi Iklim Terapan BMKG

*Permaculture* (pertanian permanen) adalah sebuah pengetahuan dan kesadaran dalam menata dan memelihara sebuah ekosistem pertanian produktif yang di dalamnya terdapat keberagaman, daya tahan dan stabilitas. Permakultur juga dikenalkan sebagai salah satu desain sistem produksi pangan ramah lingkungan dan berkelanjutan yang menggambarkan lanskap produksi pangan yang meniru keragaman dan ketahanan ekosistem alami, dimana sistem pertanian ini dapat membantu dalam mengurangi penggunaan energi dan air, menghasilkan produk yang lebih sehat dan organik, serta meningkatkan kualitas lingkungan.

Prinsip-prinsip permakultur mencakup observasi dan respons terhadap pola-pola alami, penggunaan sumber daya secara efisien, pengembangan keragaman, dan integrasi antara elemen-elemen dalam

sistem. Pendekatan ini berusaha untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, meminimalkan limbah, dan memperkuat ketahanan masyarakat.

Dalam praktiknya, permakultur melibatkan desain dan pengelolaan sistem yang mempertimbangkan interaksi antara tanaman, hewan, manusia, dan lingkungan fisik. Contoh implementasi permakultur meliputi desain taman permakultur, penggunaan teknik pengolahan air hujan, perancangan kebun yang beragam, penggunaan energi terbarukan, dan penerapan prinsip-prinsip komunitas berbagi.

Permakultur juga melibatkan pendidikan dan pengembangan komunitas, dengan tujuan untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya keberlanjutan,

mempromosikan kerjasama, dan membangun kekuatan lokal dalam menghadapi tantangan lingkungan dan sosial. Sebagai pendekatan yang holistik, permakultur menekankan pentingnya memahami konteks lokal, menerapkan prinsip-prinsip adaptasi, dan terus belajar dari pengalaman untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem.

Berbicara tentang permakultur, rubrik *Climate Innovation* edisi kali ini menampilkan Bapak Indra Budi Legowo, seorang pegiat lingkungan yang fokus berkecimpung mendalami praktik pertanian permakultur di daerah Tieng, Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah. Bagaimana pandangannya tentang permakultur dan apa saja giat yang beliau lakukan selama ini dalam mempraktikkan permakultur, berikut petikan wawancaranya.

***Apa yang mendasari Bapak begitu tertarik terhadap pertanian permakultur?***

Permakultur bagi saya bukan sekedar sebuah metode pertanian, tapi lebih dalam dari itu. Permakultur merupakan ikhtiar atau upaya menjaga bumi tanpa melupakan manusianya. Dalam permakultur, yang sering diistilahkan sebagai *permanent agriculture* atau pertanian permanen, saat ini sudah



Ketika bedengan tanah sudah jadi, maka pencangkulan kembali tidak dilakukan, melainkan cukup dengan menambah kompos dan mulsa organik dari biomassa di kebun. Tanah akan menjadi kaya akan mikroorganisme pembenah tanah dan terus subur dari waktu ke waktu tanpa perlu pupuk kimia.

bergeser menjadi *permanent culture*, tidak hanya sekedar metode bertani, tapi juga melekat menjadi gaya hidup pelakunya. Kemelekatan gaya hidup ini karena etika permakultur yang mewajibkan pelakunya untuk mematuhi tiga hal, yaitu **peduli bumi, peduli manusia, dan berbudi adil**.

Selama empat belas tahun lebih saya bekerja di Lembaga Kemanusiaan atau NGO (*Non Governmental Organization*) yang salah satu fokus kerjanya adalah memberikan respon berupa bantuan kepada korban/penyintas bencana alam. Selama memberikan respon berupa bantuan akibat kejadian bencana alam tersebut saya mulai gelisah, karena dari tahun ke tahun bencana yang disebabkan perubahan iklim semakin banyak dan durasinya semakin sering. Bencana alam ini seperti banjir, tanah

longsor, kekeringan, dan puting beliung.

Hingga pada satu titik di tahun 2022, di puncak kegelisahan akan dampak perubahan iklim, saat itu ibu saya memerlukan pendampingan khusus karena sakit. Kondisi yang diperparah dengan meninggalnya bapak pasca covid. Oleh karena itu saya memutuskan untuk belajar lagi, secara teori berguru langsung dengan guru permakultur di Akademi Rakyat Mandiri Pangan (ARMP) dan praktik langsung dengan kembali ke kampung halaman, menjadi petani dan mencoba mendalami iklim mikro dengan berkebun. Dalam benak saya jika kontribusi secara makro sulit dan membutuhkan sebuah kebijakan yang masif diluar kendali saya, maka mencobanya secara mikro dan kemudian menjadikannya pembelajaran yang bisa dibagi mudah-mudahan bisa menjadi sebuah titik untuk dapat melakukan gerakan bersama demi menjaga bumi. Sehingga dapat turut berkontribusi terhadap upaya-upaya adaptasi serta mengurangi dampak perubahan iklim.

***Bagaimana awal mula Bapak terjun ke dunia pertanian permakultur ini dan teknik apa saja yang Bapak gunakan?***

Saya memulainya di lahan pertanian milik orang tua di Wonosobo, lahan seluas sekitar 1.000 meter persegi, di

ketinggian 1.400 mdpl (meter di atas permukaan laut). Lahan pertanian yang sebenarnya subur tapi karena sebelumnya digunakan untuk pertanian yang padat residu kimia, dan lapisan tanah atas atau *top soil* terus tergerus air hujan tanpa tanaman pengikat tanah dan pertanian monokultur maka saya memulainya dengan memperbaiki atau menghidupkan tanah kembali.

Pada saat memulai proses menyuburkan tanah, dalam permakultur kita mencoba mendesain sistem yang mandiri, meminimalkan *input* dari luar, memanfaatkan bahan organik yang ada dan menumbuhkan *biomassa* yang beragam. Saat itu kami membutuhkan kompos dalam jumlah besar, di saat yang sama ternyata kondisi sampah di dusun membutuhkan bantuan pengelolaan. Hal ini disebabkan apabila tidak dikelola, sampah beresiko dibuang ke sungai, dibakar atau menumpuk dalam kondisi



Proses kompos dengan metode *berkeley compost/hot compost* bisa mengompos dalam jumlah banyak dan dalam waktu cepat, sekitar 18 hari.

tercampur dan akan menyumbang gas metana dalam jumlah besar ke udara. Sampah warga ini kemudian kita kelola dengan terlebih dahulu dipilah. Dari sini kita mendapat bahan organik yang cukup banyak, sekitar dua ton lebih setiap bulannya, yang kemudian kita jadikan kompos dan pupuk organik cair. Kita mendapatkan limbah bahan organik untuk kebun, disisi lain juga ikut berkontribusi meminimalisir sampah yang terbuang ke sungai atau menjadi penyumbang gas metana ke udara.

***Kondisi lahan pertanian yang bagaimana yang ditargetkan dengan teknik menyuburkan tanah yang Bapak terapkan disini?***

Lahan pertanian yang menghadirkan iklim mikro dengan keragaman tanaman yang dibudidayakan di dalamnya. Tanah yang subur adalah tanah yang hidup, karena didalamnya terdapat miliaran biota tanah mulai dari mikroba, *fungi*, *nematode* sampai cacing yang biasanya akan musnah karena paparan residu kimia. Tanah yang subur dapat menjadi media penyimpan karbon dan dengan hadirnya tanaman maka karbon yang tadinya adalah sebuah masalah diubah menjadi energi kehidupan berupa oksigen serta makanan bagi rantai kehidupan. Tahapan selanjutnya seiring dengan usaha untuk terus memulihkan

tanah, kami menanam berbagai tanaman *annual* atau tanaman musiman dan tanaman *perennial* atau tanaman tahunan. Dengan keberagaman ini kami mencoba menghadirkan iklim mikro di kebun sendiri, kebun yang berada di lembah antara pegunungan Dieng dan Gunung Sindoro.

Kondisi ini secara umum menghadirkan iklim yang dingin dengan curah hujan yang tinggi dan di musim



Sayuran yang dirawat intensif di zona produksi dengan metode permakultur.



Semakin beraneka ragam jenis tanaman dalam ekosistem akan semakin membuat kebun semakin resilien



Bunga-bunga refugia melengkapi keanekaragaman jenis tanaman, mendatangkan serangga polinator dan juga mengendalikan hama tanaman dan beberapa jenisnya, kelopak bunganya bisa dijadikan tisane atau minuman segar dan sehat serta jadi pewarna makanan alami.

tertentu angin bertiup kencang. Dengan pola tanam monokultur padat kimia dan olah lahan yang sering, maka di musim dengan curah hujan yang tinggi sering terjadi longsor. Lapisan *top soil* tanah pertanian akan masuk ke sungai yang bisa jadi menyebabkan sedimentasi serta pendangkalan sungai dan bendungan yang sebenarnya beresiko. Untuk merespon hal tersebut, saya mendesain sengkedan dan guludan serta menanam tanaman kopi, bambu dan tanaman buah di tepian untuk menangkap sekaligus menahan air. Sebagian besar rumput, terutama di area jalan yang saya desain cukup lebar, tidak saya cabut atau potong, agar rumput membantu mengikat tanah dengan akarnya yang terus meresap dan

meluas di dalam tanah. Rerumpunan ini berperan seperti spon yang menyerap air hujan dan memasukkannya kedalam tanah.

Tanaman kopi, bambu dan pohon buah di tepian juga dimanfaatkan untuk menahan angin yang cukup kencang di musim-musim tertentu. Hal ini dimaksudkan juga untuk melindungi tanaman sayur musiman yang ditanam. Keberagaman ini saya bagi menjadi lima zona, yaitu zona **kebun dapur** untuk tanaman yang menjadi konsumsi sehari-hari, zona **food forest** yang dominan akan tanaman tahunan, zona **kebun produksi** untuk tanaman sayuran yang dijual dan diambil manfaat finansial, kemudian zona **tanaman konservasi** yang masih diambil hasilnya, ditanami tanaman konservasi seperti bambu, cemara, dan lain-lain. Satu lagi zona **tanaman endemik lokal** untuk jenis tanaman endemik lokal yang dibiarkan tumbuh di sekitar tepian sungai. Saat ini saya telah menanam lebih dari lima puluh jenis tanaman dan mulai mengumpulkan benih lokal.

Menanam tanaman secara tumpang sari dengan memadukan keluarga tanaman juga dapat mengoptimalkan hasil panen. Teknik yang saya terapkan adalah dengan cara memadukan tanaman utama dengan jenis tanaman *nitrogen fixer* yang menambang



nitrogen di udara dan tanaman jenis *dynamic accumulator* yang membantu menambang unsur hara di dalam tanah dengan akarnya yang menghujam.

***Terkait hadirnya iklim mikro di lahan pertanian permakultur yang Bapak kembangkan, bagaimana mekanisme alamnya dari peran iklim mikro itu sendiri terhadap aktivitas pertanian permakultur?***

Poin utama dari menghadirkan iklim mikro disini adalah menangkap energi matahari dan air dengan optimal. Cahaya matahari menjadi elemen utama kehidupan dan faktor penentu iklim mikro di kebun. Membuat desain yang disesuaikan dengan lokasi paparan matahari serta meningkatkan paparannya di lokasi yang teduh juga kami lakukan.

Demikian juga dengan air hujan, merupakan anugerah dan berkah bagi petani. Kemanfaatannya kami kelola dengan maksimal dengan cara menampung air hujan di kolam dan tong. Desain kontur disesuaikan agar aliran air bisa tertangkap, baik di guludan maupun di kolam-kolam yang dibuat pada beberapa lokasi. Kolam ini juga dapat difungsikan untuk memantulkan cahaya matahari ke lokasi yang teduh. Kami menanam tanaman *cover crop* (mulsa alami) dan membiarkan rerumputan

tumbuh, agar air terserap optimal kedalam tanah serta dapat pula untuk menjaga kelembaban tanah.

Dalam proses pengelolaan lahan pertanian permakultur yang menghadirkan iklim mikro ini, penggunaan aplikasi dari BMKG sangat membantu saya dalam memprediksi peluang hujan, arah dan kecepatan angin yang nantinya akan digunakan sebagai pelengkap analisis untuk menanam dan mendesain tangkapan energi.

Dari sekian banyak yang telah kami terapkan, masih ada proses yang belum kami lakukan, yaitu menghadirkan hewan ternak ke dalam kebun yang rencananya akan dihadirkan bertahap untuk melengkapi ekosistem. Mudah-mudahan dari tahun ke tahun kebun kami menjadi semakin resilien, bisa mencukupkan kebutuhannya tanpa membutuhkan banyak *input* dari luar, menghasilkan panen yang sehat dan baik, serta berkontribusi walau sangat kecil sekali terhadap pengurangan dampak perubahan iklim.

(Editor: Rendy)

# Melalui Literasi Iklim, Bersinergi Wujudkan Generasi Muda yang Sadar Iklim dan Sayang Bumi

Nikitasha Gemayunanda, Althaf Aini dan Widyasari

Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan



Rangkaian kegiatan Literasi Iklim dan Kualitas Udara dibuka pada Rabu, 27 Februari 2024 di Ruang Auditorium Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya, dilanjutkan dengan diskusi panel dengan topik utama Perubahan Iklim

Pada tahun ini untuk pertama kalinya kegiatan Literasi Iklim untuk Aksi Iklim Generasi Muda diselenggarakan oleh Unit Pelaksana Teknis (UPT) daerah dengan Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan sebagai penyelenggara perdana. Berkolaborasi dengan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Sriwijaya,

Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan sukses menggelar serangkaian kegiatan Literasi Iklim untuk Aksi Iklim Generasi Muda dengan mengusung tema “*Literasi Iklim dan Kualitas Udara untuk Generasi Muda Sumatera Selatan: Dari Ilmu ke Aksi, Generasi Muda Bergerak untuk Iklim*” yang berlangsung sejak 27 Februari hingga 8 Mei 2024.

### ***Dari Ilmu ke Aksi, Generasi Muda Bergerak untuk Iklim***

Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan dan Universitas Sriwijaya menyadari pentingnya aksi mahasiswa sebagai generasi penerus untuk bergerak menyelamatkan bumi di masa kini dan mendatang. Ilmu yang mereka peroleh di bangku perkuliahan bisa menjadi senjata dalam memerangi krisis iklim yang masif terjadi. Dalam kegiatan Literasi Iklim dan Kualitas Udara ini, 100 orang mahasiswa dari FMIPA Universitas Sriwijaya didaulat menjadi agen generasi muda yang sadar iklim dan sayang bumi. Mereka didampingi 6 orang *coach* telah berhasil menyelesaikan sejumlah *assignment* untuk menyuarakan kesadaran akan adanya perubahan iklim, dan bagaimana cara melakukan mitigasi yang tepat serta upaya adaptasi terhadap perubahan iklim itu sendiri. Rangkaian kegiatan dilakukan dalam tiga pertemuan: *opening*, *coaching session* dan *final mini project*.

Acara secara resmi dibuka pada tanggal 27 Februari 2024 oleh Wakil Rektor IV Bidang Perencanaan dan Kerjasama Universitas Sriwijaya, Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, MT bertempat di Gedung Auditorium Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya. Pada acara pembukaan ini Deputi Bidang Klimatologi BMKG, Dr. Ardhasena Sopaheluwakan

turut hadir dan menyampaikan *opening speech*. Dalam sambutannya, Deputi Bidang Klimatologi menyampaikan harapannya agar kegiatan ini dapat menjadi tonggak awal sinergi antara BMKG dengan Universitas Sriwijaya guna kemajuan Sumatera Selatan dan Indonesia pada masa yang akan datang.

Setelah acara pembukaan, seluruh peserta mengikuti diskusi panel yang dihadiri oleh para ahli di bidang perubahan iklim, yaitu Prof. Dr. Iskhaq Iskandar (Kepala LLDIKTI Wilayah 2 Sumatera bagian selatan), Supari, M.Sc., PhD (Koordinator Bidang Analisis Variabilitas Iklim BMKG) dan Siswanto, M.Sc., PhD (Sub Koordinator Bidang Produksi Informasi Iklim dan Kualitas Udara BMKG). Diskusi panel menjadi wadah eksplorasi perspektif untuk para peserta dalam memahami situasi iklim yang terjadi saat ini dan proyeksinya di masa mendatang.

Di akhir pertemuan pertama, sebanyak 6 orang *coach* yang merupakan pegawai Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan mendampingi 9 tim peserta untuk memulai *mini project* yang menjadi misi utama mereka dalam kegiatan Literasi Iklim. Tim dibagi atas 3 topik utama, yaitu tim Pembuktian Perubahan Iklim, tim Mitigasi Perubahan Iklim dan tim Adaptasi Perubahan Iklim. Masing – masing tim akan



Pertemuan kedua dilaksanakan di Ruang Teater Perpustakaan Universitas Sriwijaya pada Rabu, 27 Maret 2024 yang diawali dengan penyampaian informasi seputar kondisi iklim di wilayah Sumatera Selatan

merencanakan suatu aksi sesuai dengan topik utama yang mereka dapatkan. Guna memantik kesadaran peserta akan pentingnya memulai aksi sadar iklim dan sayang bumi dari diri sendiri, selama kegiatan berlangsung peserta difasilitasi perlengkapan *totebag* dan wadah minum untuk mengurangi sampah kantong plastik dan botol minum sekali pakai. Konsep *paperless* juga diterapkan disini dengan memanfaatkan teknologi media digital untuk pengisian daftar presensi peserta maupun pengumpulan *assignment*.

Dalam kurun waktu dua bulan sejak acara pembukaan kegiatan Literasi Iklim,

9 tim peserta diberi tiga *assignment* yang harus diselesaikan, yaitu membuat infografis tentang perubahan iklim, membuat *reels* di Instagram mengenai upaya penanggulangan perubahan iklim, dan mewujudkan aksi nyata kampanye “atasi perubahan iklim”. Seluruh misi ini dikerjakan dan dimuat di laman Instagram @literasiiklimsumsel.

Pada *coaching session* setiap tim bersama *coach* merumuskan aksi nyata yang akan mereka wujudkan di akhir kegiatan. Masing – masing tim terdiri dari 11 orang mahasiswa lintas jurusan. Mereka saling bertukar pikiran tentang perubahan iklim yang



Setiap tim berdiskusi dengan masing-masing *coach* untuk menentukan *final mini project*

terjadi di lingkungan sekitar kemudian melihat dampaknya di berbagai sektor, mulai dari sektor pendidikan, industri, hingga ekosistem. *Coach* bertanggung jawab mengarahkan para peserta agar dapat bekerja sama walaupun mereka memiliki latar belakang bidang keilmuan yang berbeda, karena pada akhirnya,

generasi muda harus menyadari bahwa perubahan iklim merupakan tantangan yang sangat kompleks, melibatkan berbagai aspek kehidupan dan memerlukan keterlibatan banyak pihak, serta saling berbagi sumber daya untuk mencapai hasil maksimal dalam mengupayakan penanggulangan dampaknya.

### ***Final Mini Project***

*Final Mini Project* menjadi puncak acara pada kegiatan Literasi Iklim dan Kualitas Udara Generasi Muda Sumatera Selatan tahun 2024 ini. Wakil Dekan Kemahasiswaan, Dr. Fiber Monado, M.Si bersama dengan Koordinator Bidang Observasi Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan, Ishak, M.Si menjadi juri penilai dalam kegiatan tersebut. Masing-masing ketua tim memaparkan aksi nyata penanggulangan perubahan iklim yang telah mereka laksanakan sebelumnya. Penilaian dilakukan berdasarkan materi aksi nyata, kerja sama dan komunikasi tim dalam menyajikan presentasi dihadapan juri dan seluruh peserta.

Dari hasil penilaian, Tim 9 menjadi tim terbaik dengan judul aksi nyata “Solusi Inovatif *Edible Film* yang Ramah Lingkungan untuk Menghadapi Perubahan Iklim”. Tim 9 berhasil memukau juri dan *coach* melalui eksperimen singkat membuat *edible*





Foto bersama peserta terbaik dan tim terbaik dengan para coach dan tim penilai

*film* berbahan dasar pati jagung yang digunakan untuk membungkus makanan sebagai alternatif penggunaan kertas maupun plastik pembungkus makanan. Mereka melakukan kampanye untuk membuka wawasan masyarakat tentang bahan ramah lingkungan yang mampu menjaga kualitas makanan dengan baik. Muhammad Husnil Mubarak dari Program Studi Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya sebagai Ketua Tim 9 juga mendapatkan gelar peserta terbaik atas partisipasi proaktifnya selama rangkaian acara Literasi Iklim berlangsung.

Seluruh rangkaian kegiatan Literasi Iklim dan Kualitas Udara untuk Generasi Muda Sumatera Selatan tahun 2024 resmi ditutup oleh Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya, Prof. Hermansyah,

M.Si, Ph.D. Proses mengenal dan belajar dalam kegiatan ini tidak hanya berlaku bagi para peserta, namun juga panitia kegiatan turut menerima ilmu baru melalui banyak diskusi bersama para agen generasi muda yang sadar iklim dan sayang bumi. Kiranya, seluruh alumni Literasi Iklim di berbagai daerah dapat saling bersinergi dalam menyebarkan pengaruh positif dan membangun kesadaran bersama akan pentingnya memahami iklim dan menyayangi bumi, sehingga bisa bersama – sama seperti pohon yang tumbuh, membangun akar untuk masa depan yang kuat dan berkelanjutan untuk kelestarian bumi pada masa ini dan masa mendatang nanti. (Editor: Nisa)



# Bergerak Bersama untuk Aksi Iklim Lintas Agama di Indonesia

Sekar Anggraeni Nur P. dan Hary Tirto Djatmiko

Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan



Krisis iklim merupakan tantangan global yang memerlukan peran dan kolaborasi dari semua lapisan masyarakat tanpa terkecuali, termasuk juga komunitas agama. Di Indonesia, komunitas keagamaan dan penganut kepercayaan telah ikut serta berperan aktif dalam mengatasi krisis iklim dan dampak perubahan iklim. Dalam kesempatan kali ini, BMKG kembali menggandeng organisasi keagamaan

untuk bersama-sama menyelaraskan pemahaman, visi dan misi dalam menyikapi perilaku iklim dimana perubahan iklim atau krisis iklim tidak lagi menjadi sekedar isu tapi telah menjadi ancaman di masa depan jika tidak segera diantisipasi dengan berbagai aksi nyata berupa perilaku adaptif dan mitigatif yang konsisten.

Untuk mewujudkannya, Kedeputan Bidang Klimatologi BMKG

menyelenggarakan kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) bertajuk “Literasi Iklim untuk Aksi Iklim: Mewujudkan Peran Kelompok Muda Komunitas Agama untuk Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG13)” pada tanggal 27-29 November 2023 di Hotel Santika Premiere Bekasi, Jawa Barat. Kegiatan ini merupakan forum diskusi dan berbagi pengalaman *best practice* yang melibatkan para pemerhati iklim dan pegiat lingkungan dari berbagai organisasi kemasyarakatan dan kepemudaan berbasis keagamaan dari 6 agama besar di Indonesia.

Kegiatan ini dilaksanakan secara *hybrid* dan dibuka oleh Deputi Bidang Klimatologi BMKG, Dr. Ardhasena Sopaheluwakan. Sebagai pemantik diskusi, Kedeputan Bidang Klimatologi menghadirkan *keynote speaker* dari Lembaga Pemulihan Lingkungan Hidup dan Sumber Daya Alam Majelis Ulama Indonesia (LPLH & SDA MUI), Dr. Hayu Prabowo. Diawali dengan penyampaian data yang membuktikan adanya perubahan iklim hingga komitmen bersama dalam aksi iklim serta rencana jangka panjang aksi iklim berbasis komunitas kemasyarakatan untuk memperkecil risiko dampak perubahan iklim. Agenda paparan disampaikan oleh tiga narasumber yang sudah berpengalaman di berbagai

kegiatan terkait aksi iklim. Siswanto, PhD, selaku Sub Koordinator Bidang Produksi Informasi Iklim dan Kualitas Udara sekaligus pembicara pertama, memaparkan “Program Literasi Iklim untuk Aksi Iklim Generasi Muda dan Masyarakat Komunitas” dengan sasaran utamanya adalah bagaimana mengubah pemahaman dan perilaku masyarakat terutama generasi mudanya.

Narasumber kedua dari Yayasan *Save The Children*, Hernowo Poetranto JB, memaparkan perihal “Antisipasi Dampak Perubahan Iklim Partisipatoris Berbasis Masyarakat Komunitas” dengan tujuan meningkatkan ketahanan terhadap iklim bagi anak-anak dan komunitas untuk mengurangi risiko dan dampak negatif dari perubahan iklim.

Sedangkan narasumber ketiga dari *Plan* Indonesia diwakili oleh Maulina Utaminingsih yang pada forum ini menyampaikan “Pelibatan Kaum Muda dalam Mengatasi Krisis Iklim” melalui pendampingan atau kaderisasi untuk mendorong kaum muda agar berperan aktif di lingkungannya dan berani menyuarakan pendapat.

Tak hanya pemaparan materi oleh para narasumber, forum ini juga dilengkapi sesi diskusi membahas aksi-aksi nyata apa saja yang telah dilakukan para pemuka agama di setiap lembaga/komunitas terkait upaya

menjaga kelestarian lingkungan serta sebagai langkah adaptasi dan mitigasi terhadap dampak perubahan iklim. Dimoderatori oleh Koordinator Bidang Diseminasi Informasi Iklim dan Kualitas Udara, Hary Tirta Djatmiko, ST, agenda paparan dan diskusi juga menghadirkan para penanggap dari kalangan pemuda serta pemuka agama dari berbagai organisasi lintas agama, antara lain Drs. Fakhurrazi R. Sutan, MA dari Dewan Masjid Indonesia, KH. M. Ali Yusuf dari Lembaga Penanggulangan Bencana dan Perubahan Iklim Nahdlatul Ulama (LPBINU), H. Naibul Umam, E.S, M.Si dari Muhammadiyah *Disaster Management Center* (MDMC), Pdt. Evangeline Pua dari *Climate Reality* Indonesia, Ws. Liem Liliany Lontoh, S.E, M.Ag dari Majelis Tinggi Agama Khonghucu Indonesia (MATAKIN), Kiki Tanzil dari Soka Gakkai, dan I Gede Raka Subawa dari Prajaniti Hindu Indonesia (PHI).



Pdt. Evangeline Pua, perwakilan dari Gereja Kristen Indonesia (GKI) yang sekaligus aktif di organisasi *Climate Reality*, berpartisipasi sebagai penanggap secara daring

Pembahasan diskusi meliputi kegiatan atau aktivitas sehari-hari yang dapat mengurangi peningkatan pemanasan global, keterlibatan peran rumah agama dalam menjaga lingkungan, serta harmonisasi antara manusia dengan alam dan lingkungannya. Selain itu juga dibahas mengenai edukasi dan komunikasi yang efektif terkait perubahan iklim seperti penyelenggaraan pameran atau *event* di lingkungan sekolah dan pemanfaatan media sosial untuk kampanye iklim, serta komitmen dan kebijakan terkait perubahan iklim di tingkat daerah maupun nasional.

Komunitas dari berbagai agama di Indonesia telah memainkan peran penting dalam mengatasi krisis iklim. Di berbagai forum, tokoh-tokoh agama dari berbagai keyakinan telah bersatu untuk membangun kesadaran dan menggerakkan masyarakat agar lebih peduli terhadap kelestarian lingkungan. Melalui webinar dan program edukasi, mereka berusaha mencari solusi nyata untuk menghadapi perubahan iklim dan dampaknya. Harapan dari kegiatan ini tidak hanya untuk memahami informasi iklim namun juga dapat menjadi *volunteer* untuk melakukan aksi nyata mengurangi atau mengantisipasi dampak perubahan iklim, dimulai dari lingkungan terdekatnya.



Diskusi antara narasumber dengan para penanggap



Aksi iklim yang melibatkan komunitas agama merupakan langkah penting dalam menghadapi krisis iklim. Inisiatif ini menunjukkan bahwa kerja sama lintas agama dapat menjadi kekuatan positif dalam mengatasi tantangan global ini. Di akhir acara disimpulkan bahwa perlu adanya forum lanjutan yang mewadahi gerakan-gerakan aksi iklim dan peduli lingkungan di kalangan masyarakat lintas agama dalam bentuk sosialisasi

terutama generasi muda agar muncul kesadaran untuk menjaga lingkungan dan peduli terhadap dampak bencana hidrometeorologi yang ditimbulkan oleh adanya perubahan iklim. Peran manusia sangat besar dalam mencegah perubahan iklim, dan kolaborasi antara komunitas agama dan organisasi lainnya menjadi kunci dalam menghadapi tantangan ini. (Editor: Hikmat)

# Energi Bersih

## Target Pembangunan Berkelanjutan

Kwarti Adha Sartika dan M. Rezza Ferdiansyah

Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 111 Tahun 2022 menetapkan 17 tujuan pembangunan berkelanjutan sebagai agenda untuk mengakhiri kemiskinan, meningkatkan kesejahteraan, dan melindungi bumi (Gambar 1). Salah satunya adalah energi bersih dan terjangkau, yaitu dengan menjamin akses energi yang terjangkau, andal, berkelanjutan dan modern untuk semua. Hal ini selaras dengan apa yang sudah disampaikan dalam “Visi Indonesia Emas” terkait misi ketahanan sosial budaya dan energi<sup>1</sup>. Sumber energi terbarukan dihasilkan

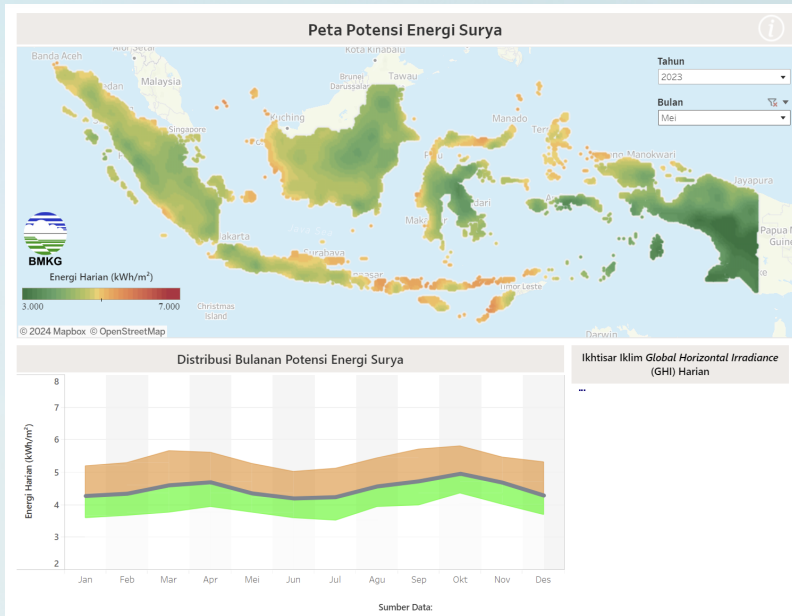
dari sumber daya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik. Sumber energi tersebut antara lain energi surya, panas bumi, bahan bakar nabati (*biofuel*), arus sungai, energi angin, *biomassa*, dan energi laut. Energi yang berasal dari surya merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan guna menggantikan energi yang dihasilkan oleh minyak bumi. Energi radiasi surya merupakan sumber energi yang tidak ada pembedingnya untuk kehidupan dan pembangkit (generator)

1 <https://indonesia2045.go.id/>



**Gambar 1.** Tujuh belas Target Pembangunan Berkelanjutan (SDG: Sustainable Development Goals) Pemerintah Indonesia berdasarkan Perpres No. 111 Tahun 2022.





**Gambar 2.** Peta Potensi Energi Surya. Peta ini dibuat berdasarkan data radiasi surya dari *re-analysis* ERA-5 dan data pengamatan radiasi dari jaringan pengamatan BMKG.

berbagai energi di permukaan bumi. Energi surya tidak bersifat polutif, bersih, aman, dan dengan persediaan yang tidak terbatas.

### **Negeri Khatulistiwa dan Potensi Energi Surya**

Indonesia, yang terletak di garis khatulistiwa, memiliki potensi besar dalam pengembangan energi surya. Pemanfaatan energi surya di Indonesia masih dalam tahap awal, meskipun potensinya sangat besar. Menurut data dari Kementerian ESDM RI, potensi

energi surya di Indonesia sangat besar, yakni sekitar 4,8 KWh/m<sup>2</sup> atau setara dengan 112.000 GWP, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Saat ini, pemerintah telah mengeluarkan *roadmap* pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terpasang hingga tahun 2025 adalah sebesar 0,87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun<sup>2</sup>.

Badan Meteorologi Klimatologi dan

2 <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia>



## INFORMASI PRAKIRAAN POTENSI ENERGI



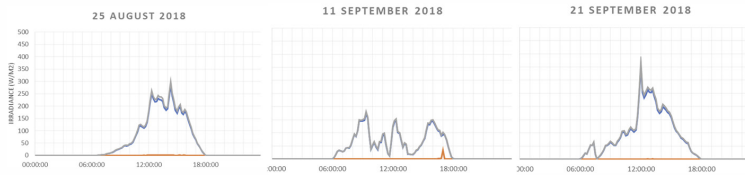
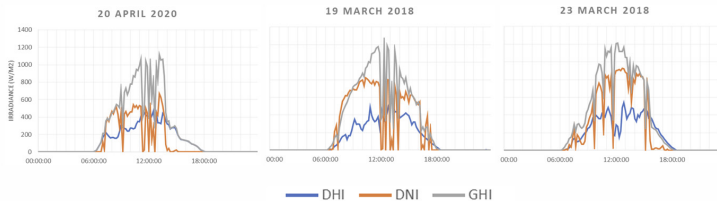
**Gambar 3.** Informasi Prakiraan Potensi Energi Surya. Peta ini dibuat berdasarkan data luaran model prediksi radiasi surya hingga 6 bulan ke depan (sumber: iklim.bmkg.go.id).

Geofisika (BMKG) berperan sebagai institusi pemerintah yang bertanggung jawab terhadap pelayanan informasi Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (MKG) sesuai dengan amanah yang diemban berdasarkan UU. No. 31 Tahun 2009 terkait pelayanan informasi iklim untuk sektor energi. Dalam rangka mendukung usaha pemerintah tersebut, demi menciptakan ekosistem yang kondusif untuk pemanfaatan energi terbarukan, BMKG terus berupaya mengembangkan produk informasi MKG yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna di sektor energi. Sebagai wujud dukungan BMKG maka disusunlah peta potensi energi surya (Gambar 2), namun ternyata hal itu belumlah cukup. Berdasarkan hasil diskusi kebutuhan penyediaan teknologi energi terbarukan dengan *stakeholder*

terkait, direkomendasikan tentang perlu adanya informasi prakiraan radiasi surya (Gambar 3) yang nantinya berguna untuk memperkirakan berapa kisaran energi listrik yang akan dihasilkan. Oleh karena itu penting untuk memunculkan suatu inovasi terobosan yang dapat menyediakan informasi guna mendukung perencanaan yang efektif dan efisien dari *stakeholder*.

### **Monitoring dan Prediksi Cuaca dan Iklim untuk Sektor Energi Surya**

Potensi energi surya yang dapat diproduksi di suatu wilayah memang bisa ditunjukkan oleh parameter radiasi di wilayah tersebut. Namun selain itu, beberapa parameter cuaca dan iklim lainnya pun turut mempengaruhi kegiatan operasional produksi energi surya. Kondisi cakupan awan dapat

**Radiation profile on some cloudiest days:**

**Radiation profile on some 'clearest' days – not a single 'clear' day in Jan 2018 – Jun 2020 period!**


**Gambar 4.** Pengamatan radiasi saat kondisi berawan (atas) dan cerah (bawah) di Stasiun Klimatologi Jambi. Tiga komponen radiasi matahari ditunjukkan oleh masing-masing warna. Warna abu-abu adalah komponen radiasi global atau *Global Horizontal Irradiance* (GHI), biru adalah radiasi baur atau *Diffuse Horizontal Irradiance* (DHI) dan oranye adalah radiasi langsung atau *Direct Normal Irradiance* (DNI)

mengurangi jumlah radiasi yang mencapai permukaan panel surya dan dapat menyebabkan produksi tegangan listrik dari panel surya menjadi tidak stabil/intermitensi (Gambar 4). Pada kondisi berawan, salah satu komponen radiasi yang ditunjukkan garis berwarna jingga berkurang drastis dibanding saat kondisi langit cerah. Selain itu, kondisi suhu udara yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan efisiensi produksi. Sedangkan lama penyinaran matahari dalam sehari mengindikasikan waktu optimal untuk kegiatan produksi energi. Arah dan kecepatan

angin menentukan cepat tidaknya perubahan/pergerakan awan yang dapat menyebabkan intermitensi pada proses produksi energi. Kemudian angin juga berperan dalam mendinginkan permukaan panel surya dan mengurangi kelembaban udara, sehingga dapat mengurangi efisiensi kegiatan produksi yang disebabkan oleh kondisi cuaca yang panas dan lembab.

Berdasarkan faktor-faktor di atas, dapat disimpulkan bahwa dalam melihat sebuah potensi energi surya di suatu wilayah tidak bisa hanya melihat dari sisi jumlah radiasi matahari yang

## AKTIVITAS

diterima saja, tetapi juga perlu melihat profil parameter cuaca dan iklim yang mempengaruhi aktivitas produksi energi. Dan untuk itu, pemantauan/*monitoring* serta prediksi cuaca dan iklim menjadi sangat berperan penting. Termasuk juga penyediaan layanan informasi peringatan dini untuk potensi panas ekstrem dan cuaca ekstrem (seperti hujan lebat dan angin kencang) yang dapat mengganggu efisiensi panel surya dan infrastruktur jaringan transmisi listrik.

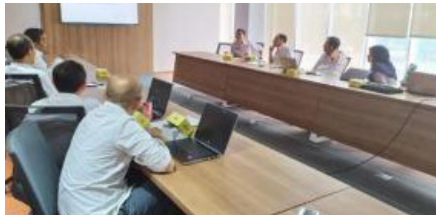
### **Kolaborasi Lintas Instansi dan Pemangku Kebijakan**

Untuk mewujudkan hal tersebut tentu saja kerjasama antar berbagai pihak menjadi sangat esensial. Mulai dari instansi pemerintah serta regulator yang memayungi dengan peraturan dan perundang-undangan, akademisi, lembaga riset dan inovasi, pengembang teknologi pembangkit listrik tenaga surya, penyedia jasa hingga komunitas pengguna energi baru terbarukan atau EBT. Masing-masing pihak dapat berkontribusi sesuai dengan koridor tugas dan fungsi lembaganya masing-masing, termasuk umpan balik dari komunitas pengguna agar dapat terwujud informasi yang sesuai dengan kebutuhan.

Bentuk nyata dari sebuah *co-*



**Gambar 5.** *Focus Group Discussion (FGD)* terkait pengembangan informasi iklim untuk EBT Surya



**Gambar 6.** Kegiatan kunjungan tim BMKG ke salah satu *stakeholder* yang menangani dan menyediakan panel surya secara nasional.

*designing* produk layanan informasi ini dapat direalisasikan dengan membentuk semacam kerangka risiko iklim untuk mengeksplorasi kerentanan variabel dari aktivitas produksi energi terbarukan (EBT Surya), baik itu kerentanan terhadap perubahan suhu, radiasi matahari maupun kecepatan angin. Dengan diawali dari pengidentifikasian risiko iklim ini, diharapkan nantinya dapat menjadi sebuah langkah aksi iklim yang cukup efektif di sektor energi khususnya energi surya. Serta mendukung upaya pemerintah terkait mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

(Editor: Rendy)

# Bersama di Garis Depan Aksi Iklim

Refleksi dari SERCOM-3 dan *Gender Conference*

Alberth C. Nahas dan Imam Yunanda Putra

Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan



Kepala BMKG membuka rangkaian acara SERCOM-3 dan *Gender Conference* di Bali, didampingi Presiden SERCOM, Direktur Layanan WMO, dan Kepala BPBD Provinsi Bali

Pada tanggal 3 hingga 9 Maret 2024, telah diselenggarakan acara *The Third Session of the Commission for Weather, Climate, Hydrological, Marine, and Related Environmental Services and Applications (SERCOM-3) and the Gender Conference* di Nusa Dua, Bali.

Dalam *event* internasional ini, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) tidak hanya berperan sebagai penyelenggara atau tuan rumah, tetapi juga berperan sebagai pemimpin dalam membawa isu-isu penting ke meja diskusi internasional.

SERCOM singkatan dari *Commission for Weather, Climate, Hydrological, Marine, and Related Environmental Services and Applications*, merupakan inisiatif global yang bertujuan untuk meningkatkan koordinasi dan kerja sama di antara negara-negara dalam bidang meteorologi, klimatologi, dan hidrologi serta layanan lingkungan terkait. Dengan mengadakan sesi reguler, komisi ini fokus pada pengembangan kebijakan, standar, dan praktik terbaik yang dapat diadopsi secara internasional untuk mengatasi tantangan yang dihadapi akibat perubahan iklim, bencana alam, dan masalah lingkungan lainnya. SERCOM menjadi *platform* utama bagi para pemangku kepentingan untuk bertukar pengetahuan, inovasi, dan solusi, yang memfasilitasi kerja sama yang lebih erat dan tindakan kolektif yang lebih efektif.

Kegiatan ini mengundang para ahli dari seluruh dunia untuk berkolaborasi dalam mengembangkan standar baru dan meningkatkan praktik di bidang layanan meteorologi, klimatologi, dan hidrologi. Lebih dari sekadar forum diskusi, SERCOM-3 dan Konferensi Gender menjadi titik balik penting dalam upaya global untuk memperkuat ketahanan iklim dan mengintegrasikan perspektif gender dalam semua aspek layanan.

Melalui kepemimpinan BMKG, konferensi tersebut menandai langkah maju yang signifikan dalam menghadapi tantangan global saat ini. Baik dalam konteks peningkatan layanan yang berbasis pada kebutuhan masyarakat, maupun dalam memastikan bahwa pendekatan gender menjadi bagian integral dari solusi terhadap perubahan iklim dan bencana alam.

Acara yang berlangsung di *Bali International Convention Center* ini tidak hanya menjadi ajang pertemuan para pakar tetapi juga menjadi simbol komitmen bersama untuk masa depan yang lebih berkelanjutan dan adil. Dengan demikian, BMKG menempatkan Indonesia pada peta dunia sebagai pusat keunggulan dan inovasi dalam bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika.

### ***Tujuan dan Peran Sentral BMKG dalam SERCOM-3 dan Konferensi Gender***

Dalam menghadiri SERCOM-3 dan Konferensi Gender pada Maret 2024 di Bali, BMKG tidak hanya memposisikan dirinya sebagai peserta, melainkan juga sebagai pemain kunci dengan visi yang jelas dan strategis. Sebagai badan nasional yang mengatur meteorologi, klimatologi, dan geofisika, BMKG memanfaatkan kedua konferensi ini untuk mendorong kerja sama

internasional, meningkatkan kesadaran tentang pentingnya integrasi gender dalam ilmu pengetahuan dan layanan yang mereka kelola, serta memperkuat kapasitas layanan melalui pertukaran pengetahuan dan inovasi.

Tujuan utama BMKG berpartisipasi adalah untuk menggalang dukungan dan membangun jaringan kerja sama dengan institusi serupa di seluruh dunia, serta memperkuat peran dan kontribusi Indonesia dalam dialog global tentang perubahan iklim dan manajemen bencana. Melalui kolaborasi ini, BMKG berambisi membawa layanan meteorologi, klimatologi, dan hidrologi di Indonesia ke tingkat berikutnya, baik dari segi kualitas maupun cakupan layanannya.

Lebih dari itu, BMKG berusaha keras untuk memastikan bahwa aspek kesetaraan gender terintegrasi dalam semua inisiatif dan layanan yang mereka kembangkan. Mengakui bahwa perubahan iklim dan bencana alam berdampak secara tidak proporsional pada perempuan dan kelompok marginal lainnya, BMKG mengadvokasi pendekatan yang lebih inklusif dan sensitif terhadap gender dalam pengembangan sistem peringatan dini dan respon bencana.

Dalam konferensi ini, BMKG menonjolkan inisiatif dan pencapaiannya

dalam bidang meteorologi dan klimatologi, menekankan bagaimana inovasi dan teknologi terbaru dapat dimanfaatkan untuk menghadapi tantangan global. BMKG juga aktif dalam diskusi panel, memimpin sesi tentang pentingnya data berkualitas tinggi dan akses terbuka untuk penelitian serta aplikasi praktis yang krusial dalam meningkatkan layanan iklim dan mengurangi risiko bencana.

### **Sesi Kunci dan Diskusi di *SERCOM-3***

SERCOM-3 dan Konferensi Gender di Bali tidak hanya menjadi ajang pertemuan global yang mengumpulkan para ahli dan pemangku kepentingan dari seluruh dunia, tetapi juga menandai momentum penting bagi BMKG dalam memperkuat perannya dalam diskusi terkait layanan meteorologi, klimatologi, dan lingkungan. Melalui partisipasi aktif dan inisiatif strategis, BMKG memainkan peran kunci dalam membentuk agenda dan diskusi selama konferensi.

Melalui sesi-sesi ini, BMKG tidak hanya menunjukkan kepemimpinan dan keahlian teknisnya tetapi juga kemampuannya membawa para pemangku kepentingan untuk bersama-sama melakukan upaya kolektif menghadapi tantangan global. Melalui diskusi yang kaya dan penuh pertukaran ide, BMKG memperkuat posisinya



## AKTIVITAS

sebagai pemimpin dalam komunitas meteorologi global, menegaskan kembali komitmennya terhadap peningkatan layanan meteorologi, klimatologi, dan hidrologi yang inklusif dan berkelanjutan.

### ***Konferensi Gender: Komitmen BMKG terhadap Kesetaraan Gender***

Dalam rangkaian acara SERCOM-3, Konferensi Gender berlangsung sebagai sebuah forum penting yang menyoroti komitmen BMKG dalam mempromosikan kesetaraan gender. Konferensi ini bukan hanya tentang diskusi tetapi juga manifestasi dari upaya BMKG untuk mengintegrasikan

perspektif gender dalam semua aspek layanan meteorologi, klimatologi, dan hidrologi. Dengan fokus pada pemberdayaan perempuan dan pengakuan terhadap peran vital mereka dalam sains dan respon terhadap perubahan iklim, BMKG menetapkan standar baru untuk *inklusivitas* dalam ilmu pengetahuan dan praktik layanan.

Pada momen ini, pidato kunci yang disampaikan Kepala BMKG tidak hanya menginspirasi tetapi juga memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana integrasi gender dapat meningkatkan efektivitas layanan meteorologi dan hidrologi. Kepala BMKG menekankan bahwa mengakui dan mengatasi



Konferensi Gender dalam rangkaian acara SERCOM-3

ketidaksetaraan gender bukan hanya soal keadilan tetapi juga tentang meningkatkan akurasi, keandalan, dan relevansi layanan yang disediakan. Pidato ini menyoroti inisiatif BMKG dalam mengembangkan program dan kebijakan yang mendukung kesetaraan gender dan pemberdayaan perempuan dalam bidang meteorologi dan hidrologi.

BMKG menunjukkan komitmennya terhadap pengembangan *Multi-Hazard Early Warning Systems* (MHEWS) yang inklusif dan responsif terhadap kebutuhan spesifik perempuan dan kelompok marginal lainnya. Melalui Konferensi Gender, BMKG mengadvokasi pentingnya memahami dan mengatasi dampak krisis iklim terhadap perempuan, yang sering kali paling terkena dampak namun memiliki akses terbatas terhadap informasi dan sumber daya. Upaya BMKG dalam mengatasi ketidaksetaraan ini menunjukkan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana krisis iklim dan bencana alam mempengaruhi berbagai kelompok masyarakat secara berbeda, dan pentingnya mempersiapkan semua komunitas dengan informasi dan alat yang mereka butuhkan untuk bertahan.

Konferensi Gender menjadi salah satu tonggak penting dalam usaha BMKG dan komunitas global untuk meningkatkan kesadaran dan tindakan

terhadap kesetaraan gender dalam sains dan layanan meteorologi serta hidrologi. Inisiatif dan kepemimpinan BMKG dalam konferensi ini menandai langkah maju yang signifikan menuju masa depan di mana layanan meteorologi dan hidrologi menjadi lebih inklusif, adil, dan efektif untuk semua.



Kepala BMKG bersama *forecaster* wanita dari Stasiun Meteorologi Wamena

### ***Hasil, Dampak, dan Langkah ke Depan***

Kontribusi BMKG selama SERCOM-3 dan Konferensi Gender tidak hanya memperkuat posisi Indonesia dalam komunitas layanan meteorologi, klimatologi, dan hidrologi global namun juga membawa perubahan signifikan terhadap cara layanan ini diintegrasikan dengan pertimbangan gender dan keberlanjutan. Dalam kesempatan ini, BMKG berhasil menempatkan isu

## AKTIVITAS

penting pada agenda global dan merintis jalur baru untuk masa depan layanan meteorologi dan hidrologi yang lebih inklusif dan responsif. Beberapa capaian dari BMKG pada SERCOM-3 antara lain:

BMKG menerima pengakuan internasional atas kontribusi dan inovasi mereka dalam meteorologi, klimatologi dan hidrologi, khususnya dalam integrasi data berkualitas tinggi dan aplikasi teknologi baru.

SERCOM-3 menghasilkan kesepakatan baru untuk kerja sama antara BMKG dan institusi internasional lainnya, memperkuat jaringan kerja sama dalam penelitian, pengembangan, serta aplikasi layanan meteorologi, klimatologi, dan hidrologi.

BMKG berhasil mempromosikan pentingnya integrasi perspektif gender dalam pengembangan dan penyampaian layanan serta mendorong adopsi praktik



Dr. Ardhasena Sopaheluwakan, Deputi Bidang Klimatologi BMKG, terpilih sebagai salah satu Wakil Presiden SERCOM dalam pemilihan yang berlangsung pada SERCOM-3 di Bali

ini diantara peserta konferensi lainnya.

BMKG semakin menempatkan diri sebagai pemegang peran penting dengan terpilihnya Deputi Bidang Klimatologi, Dr. Ardhasena Sopaheluwakan sebagai Wakil Presiden SERCOM; Dr. Ardhasena terpilih bersama dengan Mr. Ian Lisk (Inggris) sebagai Presiden SERCOM, Ms. Angela Corina (Italia) dan Mr. Raymond Tanabe (Amerika Serikat) sebagai dua Wakil Presiden SERCOM lainnya.

BMKG telah menunjukkan bahwa integrasi teknologi dan pendekatan inovatif, bersama dengan fokus pada kesetaraan gender, dapat meningkatkan efektivitas layanan meteorologi, klimatologi, dan hidrologi. Ini tidak hanya tentang peningkatan kapasitas teknis tetapi juga tentang memastikan layanan tersebut dapat diakses oleh semua lapisan masyarakat, khususnya kelompok yang paling rentan. Dampak dari inisiatif BMKG ini diperkirakan akan berkelanjutan, dengan potensi untuk meningkatkan ketahanan komunitas terhadap bencana alam dan perubahan iklim.

Momentum yang dibangun oleh BMKG di SERCOM-3 dan Konferensi Gender menetapkan dasar yang kuat untuk inovasi dan kolaborasi masa depan. BMKG berkomitmen untuk terus mengembangkan dan memperluas layanan meteorologi dan hidrologi

yang inklusif, dengan memanfaatkan teknologi terkini dan memastikan bahwa perspektif gender menjadi bagian integral dari semua inisiatif mereka. Ke depannya, BMKG akan terus bekerja sama dengan mitra global untuk berbagi pengetahuan, inovasi, dan praktik terbaik, serta mendorong penerapan hasil konferensi dalam praktik nasional dan internasional.

SERCOM-3 dan Konferensi Gender ini menegaskan posisi BMKG dan Indonesia dalam upaya global melawan perubahan iklim. “Bersama di Garis Depan Aksi Iklim” bukan hanya slogan tetapi manifestasi dari upaya nyata yang telah dijalankan, yang mencerminkan pentingnya kerja sama dan inovasi terpadu dalam menghadapi tantangan iklim dan sosial masa kini. Melalui kegiatan ini, BMKG telah memperkuat komitmen mereka untuk menjadi pelopor dalam integrasi teknologi dan keberlanjutan, menunjukkan bahwa perubahan yang berdampak dapat dicapai ketika kita bersatu dan bekerja sama. Kedepannya, kesinambungan aksi ini diharapkan akan membawa dampak yang lebih luas lagi, tidak hanya di Indonesia tetapi juga di kancah internasional, dalam menciptakan masa depan yang lebih adil dan berkelanjutan bagi semua. (Editor: Sekar)





## Pesan Penting Hasil dari WWF ke-10

Alberth C. Nahas, Ganesha T., Trinahwati, Siswanto, Indra Gustari, Marjuki

Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan dan Pusat Informasi Perubahan Iklim



Forum Air Dunia (*World Water Forum* atau WWF) ke-10 yang diadakan di Bali, 18-25 Mei 2024 yang lalu menjadi ajang penting bagi para pemangku kepentingan di bidang pengelolaan air. Forum ini bertujuan untuk membahas berbagai isu terkait sumber daya air, mencari solusi inovatif, dan memperkuat kerjasama internasional dalam pengelolaan air. Acara yang dihadiri oleh berbagai negara ini menghasilkan sejumlah pesan penting yang diharapkan dapat diterapkan untuk menghadapi tantangan air di masa depan.

Dalam forum ini, Indonesia memperkenalkan empat inisiatif penting yang diharapkan dapat memberikan dampak signifikan terhadap pengelolaan air. Pertama, usulan untuk penetapan **Hari Danau Sedunia** sebagai upaya untuk meningkatkan kesadaran global mengenai pentingnya pelestarian danau. Kedua, pembentukan **Pusat Keunggulan untuk Ketahanan Air dan Iklim** yang akan fokus pada penelitian dan pengembangan solusi inovatif untuk tantangan air dan perubahan iklim. Ketiga, inisiatif **Pengelolaan**

**Sumber Daya Air Terpadu untuk Pulau-Pulau Kecil** yang bertujuan untuk mengembangkan model pengelolaan air yang efektif di wilayah kepulauan. Keempat, penyusunan **Kompendium Proyek-Proyek Terkait Air dan Iklim** yang akan menjadi referensi penting untuk proyek-proyek masa depan yang berkaitan dengan air dan iklim.

Pesan-pesan dan inisiatif ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi negara-negara peserta dalam mengembangkan strategi pengelolaan air yang lebih berkelanjutan dan responsif terhadap tantangan global.

### ***Perlunya Pengelolaan Air yang Berkelanjutan***

Salah satu pesan utama dari forum ini adalah pentingnya pengelolaan air yang berkelanjutan. Pengelolaan yang berkelanjutan dapat dimaknai pentingnya mempertimbangkan keberlanjutan ekosistem dan kebutuhan generasi mendatang dalam setiap kebijakan terkait pengelolaan air.

Teknologi hemat air dan praktik irigasi yang efisien menjadi sorotan dalam forum ini. Teknologi ini mencakup berbagai alat dan sistem yang dirancang untuk mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi penggunaan air di sektor pertanian, industri, dan rumah tangga. Praktik irigasi yang efisien,

sebagai contoh, dapat mengurangi penggunaan air secara signifikan.

Forum ini juga menekankan pentingnya perlindungan ekosistem air, seperti sungai dan danau, yang memainkan peran penting dalam siklus air serta penyediaan air bersih. Selain itu, kerjasama antara pemerintah, sektor swasta, komunitas lokal, dan organisasi internasional dianggap penting untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan air.

### ***Pentingnya Kerjasama Internasional***

Forum ini menekankan bahwa pengelolaan sumber daya air adalah tanggung jawab bersama yang membutuhkan kerjasama antar negara. Pengelolaan air lintas batas memerlukan koordinasi yang efektif untuk mengatasi tantangan seperti kekeringan, banjir, dan polusi yang dapat berdampak luas. Oleh karena itu, kerjasama internasional sangat penting untuk mencapai tujuan pengelolaan air yang berkelanjutan.

Program-program kerjasama yang diusulkan dalam forum ini termasuk pembagian data hidrologi antar negara. Dengan berbagi data dan informasi yang akurat, negara-negara dapat membuat keputusan yang lebih baik dan cepat dalam menghadapi bencana air. Selain itu, penanganan bencana air lintas batas juga menjadi fokus, dengan negara-negara yang diharapkan dapat bekerja



## AKTIVITAS

sama dalam merespons dan memitigasi dampak bencana seperti banjir dan kekeringan.

Proyek pembangunan infrastruktur air bersama juga menjadi salah satu

penetapan *Hari Danau Sedunia*. Inisiatif ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran global tentang pentingnya danau dan perlindungannya. Dengan adanya Hari Danau Sedunia, diharapkan



Peran sentral Danau Batur di Bali sebagai ilustrasi pentingnya membangun kesadaran terhadap pelestarian danau (Sumber: IDN Times).

program yang diusulkan. Proyek ini mencakup pembangunan bendungan, sistem irigasi, dan pengolahan air limbah yang melibatkan beberapa negara, terutama di wilayah yang berbagi sumber daya air seperti sungai dan danau. Kerjasama ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air tetapi juga memperkuat hubungan diplomatik antar negara.

Selain itu, Indonesia mengusulkan

masyarakat internasional dapat lebih memahami peran penting danau dalam ekosistem dan mendukung upaya pelestarian danau di seluruh dunia.

Kerjasama internasional yang kuat dan efektif dapat memastikan pengelolaan sumber daya air yang adil dan berkelanjutan, serta mendorong terciptanya solusi inovatif untuk tantangan air global.

### ***Inovasi dan Teknologi dalam Pengelolaan Air***

Inovasi dan teknologi memainkan peran kunci dalam mengatasi tantangan pengelolaan air. Forum ini memperkenalkan berbagai teknologi terbaru yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan air. Salah satu teknologi yang diperkenalkan adalah sensor cerdas untuk pemantauan kualitas air. Sensor ini dapat mendeteksi perubahan dalam kualitas air secara *real-time*, memungkinkan respons cepat terhadap potensi pencemaran

dan masalah lainnya.

Selain itu, sistem pengolahan air limbah yang lebih efisien juga menjadi sorotan. Teknologi ini mencakup proses pengolahan yang dapat mengurangi kontaminan dengan lebih efektif dan menghasilkan air yang lebih bersih. Inovasi dalam pengolahan air limbah tidak hanya dapat membantu mengurangi dampak lingkungan tetapi juga menyediakan sumber air alternatif yang bisa digunakan kembali.

Aplikasi berbasis *Artificial Intelligence* (AI) untuk prediksi



Kepala BMKG memperkenalkan inisiatif Pusat Keunggulan untuk Ketahanan Air dan Iklim (*Center of Excellence on Water and Climate Resilience*) pada Sesi Khusus Forum Air Sedunia ke-10 (Sumber: BMKG).

## AKTIVITAS

kebutuhan air juga diperkenalkan. Aplikasi ini dapat menganalisis data historis dan tren penggunaan air untuk memprediksi kebutuhan di masa depan, sehingga membantu dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya air yang lebih baik. Dengan adanya teknologi ini, diharapkan pengelolaan air dapat dilakukan dengan lebih efisien, efektif, dan berkelanjutan, sehingga dapat mengatasi tantangan yang dihadapi oleh berbagai negara dalam hal sumber daya air.

Indonesia juga mengumumkan pembentukan **Pusat Keunggulan untuk Ketahanan Air dan Iklim** atau *Center of Excellence on Water and Climate Resilience*. Pusat ini akan berfokus pada penelitian dan pengembangan teknologi untuk mengatasi perubahan iklim dan pengelolaan air. Inisiatif ini diharapkan dapat menjadi pusat inovasi yang menghasilkan solusi praktis dan berkelanjutan untuk tantangan air di Indonesia dan negara lainnya, khususnya di kawasan Asia dan Pasifik.

### ***Perubahan Iklim dan Dampaknya terhadap Sumber Daya Air***

Perubahan iklim memiliki dampak signifikan terhadap sumber daya air. Peningkatan suhu global, perubahan pola curah hujan, dan kejadian cuaca ekstrem semakin sering terjadi, yang

semuanya mempengaruhi ketersediaan dan kualitas air. Diskusi dalam forum ini menggarisbawahi perlunya strategi mitigasi dan adaptasi yang efektif untuk menghadapi perubahan iklim. Langkah ini dilakukan dengan memperkuat sistem peringatan dini (*Early Warning Systems*) dan tindak lanjutnya agar sistem ini dapat menjangkau hingga komunitas yang paling rentan terhadap dampak dan bahaya dari perubahan iklim.



Proyek terkait air dan iklim dalam bentuk kompendium diarahkan pada peningkatan kualitas pemberdayaan sumber daya air nasional (Sumber: PUPR).

Rekomendasi yang muncul dari forum ini termasuk pengembangan infrastruktur tahan iklim, seperti bendungan dan sistem irigasi yang dirancang untuk menghadapi banjir dan kekeringan. Selain itu, forum ini juga menekankan pentingnya peningkatan

kapasitas adaptasi masyarakat, seperti edukasi tentang perubahan iklim dan pelatihan tentang teknik pengelolaan air yang lebih efektif.

Inisiatif *Kompedium Proyek-Proyek Terkait Air dan Iklim* yang diajukan oleh Indonesia juga diharapkan dapat menjadi referensi penting dalam menghadapi dampak perubahan iklim. Kompedium ini akan berisi berbagai proyek yang telah dilakukan atau direncanakan, yang dapat menjadi contoh dan inspirasi bagi negara-negara lain dalam mengembangkan strategi pengelolaan air yang tangguh terhadap perubahan iklim. Dengan demikian, upaya kolektif dan berbagi pengetahuan menjadi kunci dalam mengatasi tantangan perubahan iklim terhadap sumber daya air.

### ***Masa Depan Pengelolaan Air Global***

Peserta forum sepakat bahwa masa depan pengelolaan air global memerlukan visi yang jelas dan komitmen bersama. Strategi masa depan yang diusulkan mencakup pengembangan kebijakan berbasis sains, peningkatan kapasitas kelembagaan, dan komitmen untuk mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) terkait air. Kebijakan berbasis sains penting untuk memastikan bahwa setiap keputusan yang diambil didasarkan pada data yang akurat dan penelitian yang mendalam, sehingga hasilnya dapat dipertanggungjawabkan dan efektif dalam jangka panjang.

Peningkatan kapasitas kelembagaan juga menjadi fokus, dengan tujuan



Pulau-pulau kecil memiliki tantangan tersendiri dalam hal pengelolaan sumber daya air terpadu (Sumber: *UN Office for Project Services*).

memperkuat institusi yang bertanggung jawab atas pengelolaan air. Ini termasuk pelatihan tenaga kerja, peningkatan teknologi, dan peningkatan koordinasi antar lembaga. Dengan institusi yang kuat dan kompeten, pengelolaan sumber daya air dapat dilakukan lebih efisien dan responsif terhadap tantangan yang ada.

Komitmen untuk mencapai SDG terkait air, terutama SDG 6 yang berfokus pada air bersih dan sanitasi, menjadi salah satu prioritas utama. Ini mencakup memastikan akses universal terhadap air bersih dan sanitasi, mengurangi polusi air, meningkatkan kualitas air, dan melindungi serta memulihkan ekosistem terkait air seperti danau, sungai, dan rawa.

Indonesia juga memperkenalkan inisiatif *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu untuk Pulau-Pulau Kecil*. Inisiatif ini bertujuan untuk mengembangkan model pengelolaan air yang efektif dan efisien khususnya untuk wilayah kepulauan yang memiliki tantangan unik dalam pengelolaan sumber daya air. Dengan memanfaatkan teknologi modern dan pendekatan berbasis komunitas, inisiatif ini diharapkan dapat menjadi contoh bagi negara-negara lain dalam mengelola sumber daya air di wilayah serupa.

Dengan visi yang jelas, kebijakan

berbasis sains, peningkatan kapasitas kelembagaan, dan komitmen kuat terhadap SDG, masa depan pengelolaan air global diharapkan dapat lebih berkelanjutan dan adil, memastikan bahwa sumber daya air yang vital ini tersedia bagi generasi mendatang.

### ***Tantangan di Masa Depan***

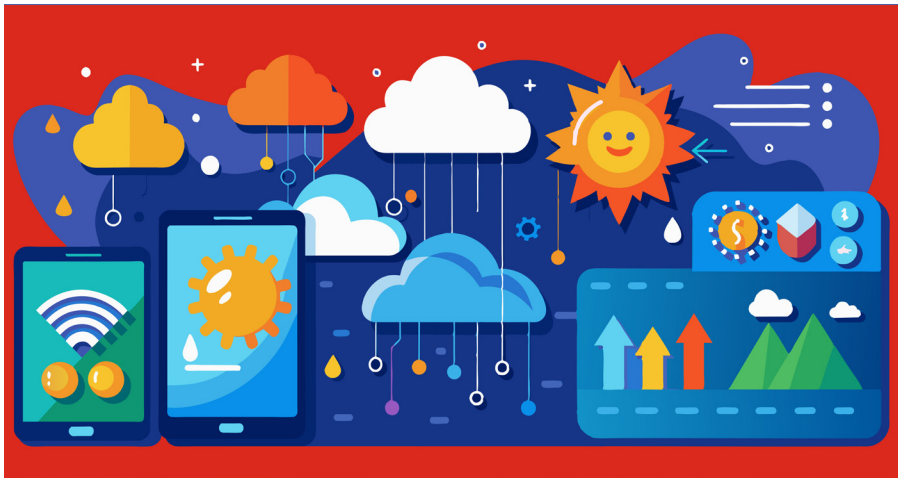
Forum Air Dunia (WWF) ke-10 di Bali menghasilkan sejumlah pesan penting yang diharapkan dapat mengarahkan pengelolaan air global ke arah yang lebih berkelanjutan. Dengan tema “Air untuk Kesejahteraan Bersama,” pesan-pesan ini mencakup berbagai aspek, mulai dari kerjasama internasional hingga inovasi teknologi, serta pentingnya edukasi dan kesadaran masyarakat. Implementasi dari rekomendasi-rekomendasi ini sangat penting untuk menghadapi tantangan air di masa depan dan memastikan keberlanjutan sumber daya air bagi generasi mendatang.

Harapan ke depan, semua pemangku kepentingan dapat bekerja sama dalam melaksanakan pesan-pesan penting ini, sehingga kita dapat mencapai tujuan bersama dalam pengelolaan air yang berkelanjutan dan adil. Dengan komitmen dan tindakan nyata, kita dapat mewujudkan pengelolaan air yang mendukung kesejahteraan bersama di seluruh dunia. (Editor: Siswanto)

# Membangun Kapasitas Adaptasi Masyarakat dalam Menghadapi Perubahan Iklim melalui Akses Informasi Cuaca dan Iklim

Hernowo Poetranto J.B., Siswanto dan Hary Tirta Djatmiko

*Community-based Climate Change Adaptation (CBCCA), Save the Children Indonesia*  
dan Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan BMKG



Mulai tahun 2023 hingga 2025, *Save the Children* bersama dengan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Pemerintah Daerah Kabupaten Bandung, dan sejumlah mitra lain menjalankan program bersama yang dinamai “Peningkatan Kapasitas Adaptasi Masyarakat dalam Menghadapi Perubahan Iklim melalui Akses Informasi Cuaca dan Iklim” yang menjadi bagian dari kegiatan Adaptasi

Perubahan Iklim Berbasis Masyarakat. Program ini secara khusus akan melakukan pendampingan masyarakat dan komunitas sekolah di delapan desa dan dua kelurahan di tiga kecamatan di Kabupaten Bandung. Tujuan dari kegiatan ini adalah meningkatkan penggunaan informasi iklim dan cuaca untuk mendukung adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di masyarakat.

Perubahan iklim merupakan salah



satu tantangan terbesar yang dihadapi masyarakat secara global. Perubahan iklim menimbulkan dampak negatif dan potensi dampak yang lebih besar di masa depan. Karena itu, beradaptasi terhadap dampak perubahan iklim menjadi penting. Edukasi untuk meningkatkan kesadaran dan pengetahuan masyarakat menjadi kunci dalam adaptasi berbasis masyarakat. Selain itu, partisipasi masyarakat dalam pengambilan keputusan dan penguatan kapasitas lokal juga menjadi faktor penentu keberhasilan adaptasi. Dengan pendekatan ini, masyarakat diharapkan lebih siap menghadapi dampak perubahan iklim. Di sisi lain, teknologi memainkan peran penting dalam mendukung aksi adaptasi ini. Pemanfaatan informasi iklim dan cuaca dalam bentuk aplikasi dan sistem menjadi pilihan yang menjadi pemercepat aksi adaptasi dan sarana alternatif sesuai eranya.

Aplikasi teknologi informasi dan komunikasi bisa membantu untuk memberikan akses yang lebih mudah dan terbuka terhadap informasi iklim dan cuaca dengan menyediakan data dan prakiraan cuaca yang lebih akurat. Dengan demikian, masyarakat dapat membuat keputusan yang lebih baik berkaitan dengan aktivitasnya. Selain itu, aplikasi semacam ini bisa membantu

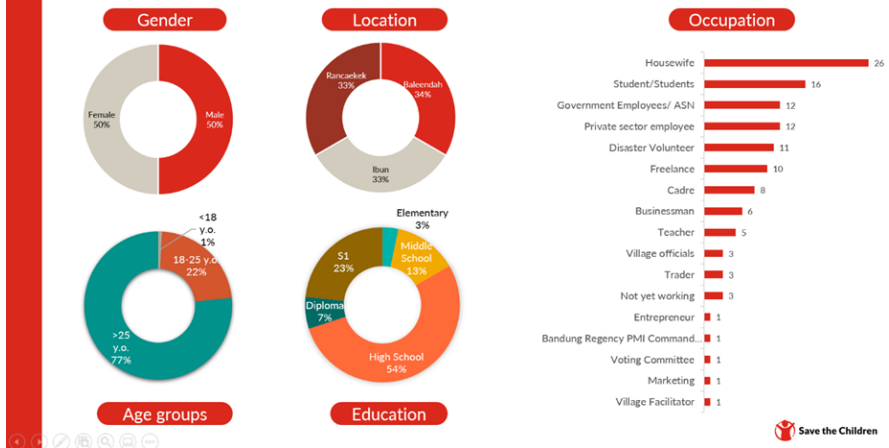
mitigasi atas risiko bencana melalui peringatan dini dan informasi tentang langkah-langkah yang perlu diambil.

### ***Kaji Cepat Analisis Kesenjangan Pemanfaatan Informasi Cuaca dan Iklim***

Implementasi program “Peningkatan Kapasitas Adaptasi Masyarakat dalam Menghadapi Perubahan Iklim melalui Akses Informasi Cuaca dan Iklim” diawali dengan melakukan kajian partisipatif masyarakat terkait pemanfaatan informasi cuaca dan iklim dari BMKG. Sesuai UU No. 31 Tahun 2009, BMKG merupakan lembaga otoritatif negara yang memiliki tugas pokok dan fungsi bagi pengelolaan meteorologi, klimatologi, dan geofisika. BMKG menyediakan informasi terkait cuaca, iklim, gempa dan tsunami, serta peringatan dini kebencanaan di Indonesia. Oleh karena itu menjadi penting sejauh mana informasi itu sudah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat Indonesia.

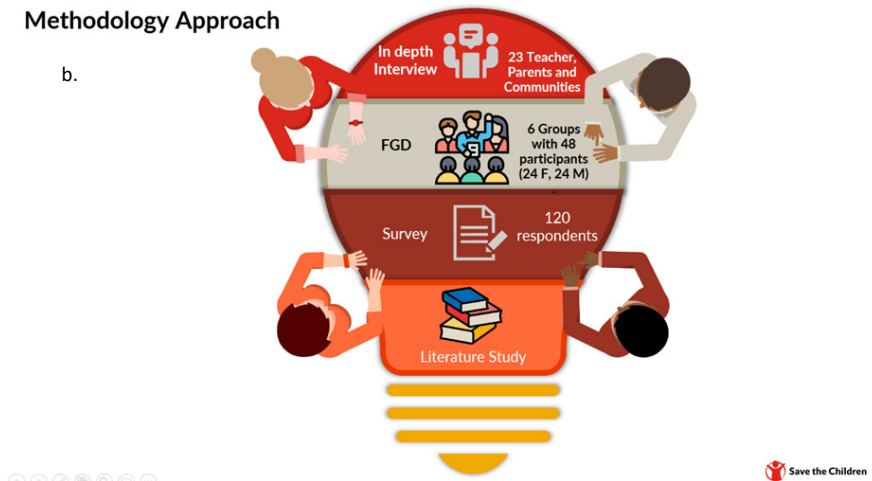
Kajian cepat analisis kesenjangan telah dilakukan *Save the Children* pada tahun 2023 terhadap 120 responden di tiga kecamatan di Kabupaten Bandung, yaitu Rancaekek, Ibun dan Baleendah. Responden merupakan warga masyarakat dengan berbagai latar belakang pendidikan dan

## a. Respondents Profile



## Methodology Approach

b.

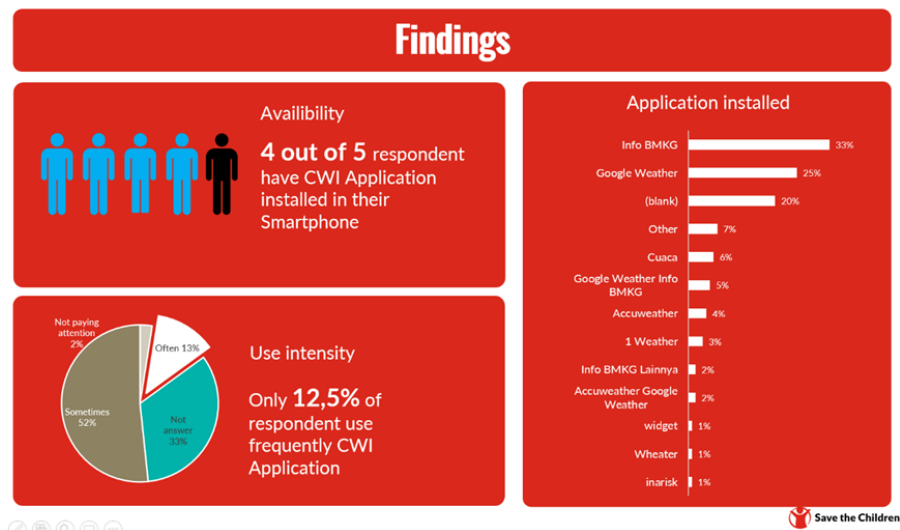


**Gambar 1.** (a) Profil responden dan (b) pendekatan metode yang digunakan pada kegiatan kajian cepat analisis kesenjangan Pemanfaatan Informasi Cuaca dan Iklim di Kabupaten Bandung.

pekerjaan (Gambar 1a). Pemilihan responden sudah mempertimbangkan keseimbangan *gender* dan sebaran geografis dari tiga kecamatan tersebut. Responden sebagian besarnya berada dalam rentang usia di atas 25 tahun (77%), diikuti oleh kelompok usia 18 - 25 tahun (22%). Mayoritas responden berpendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) atau sederajat (54%), diikuti oleh responden dengan gelar sarjana (23%), responden dengan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) menyumbang 13%, dan sisanya pendidikan Diploma 7% dan pendidikan Sekolah Dasar

(SD) 3%. Jenis pekerjaan responden bervariasi, dengan urutan tiga besar adalah ibu Rumah Tangga, Peserta didik dan Pegawai Pemerintah atau ASN. Sebagian besar responden dapat diklasifikasikan sebagai masyarakat terdidik. Kaji cepat dilakukan dengan pendekatan *survey* berbasis kuisioner, diskusi kelompok terfokus (*focus group discussion*, FGD) dan wawancara khusus serta mendalam. (Gambar 1b).

Hasil kajian cepat menunjukkan bahwa saat ini aplikasi sistem informasi iklim dan cuaca belum menjadi acuan utama dalam pengambilan keputusan



**Gambar 2.** Hasil temuan utama dari Kaji Cepat Analisis Kesenjangan Pemanfaatan Informasi Cuaca dan Iklim dari 120 responden yang dilakukan di Kecamatan Rancaekek, Ibum dan Baleendah, Kabupaten Bandung.

masyarakat untuk melakukan kegiatan sehari-hari (Gambar 2). Selain itu, studi ini menemukan bahwa pengetahuan masyarakat terkait aplikasi sistem informasi iklim dan cuaca sangat beragam dan cenderung belum konsisten dalam pemanfaatannya. Ditemukan bahwa empat dari lima responden (80%) menyatakan bahwa mereka memiliki aplikasi informasi cuaca dan iklim terinstall di telepon pintar mereka. Hal ini menunjukkan kesadaran yang tinggi akan pentingnya informasi cuaca dan iklim. Namun demikian, hanya 12,5% responden yang menyatakan bahwa mereka cukup sering memanfaatkan aplikasi sistem informasi cuaca dan iklim. Dan tiga besar aplikasi yang diinstall dalam *handphone* responden adalah Info BMKG (33%), *Google Weather* (25%) dan 20% responden tidak mengetahui nama aplikasi yang mereka gunakan. Info BMKG menjadi aplikasi yang paling populer di kalangan responden, menunjukkan kepercayaan terhadap sumber informasi cuaca nasional.

Secara umum, kesenjangan pemanfaatan aplikasi sistem informasi iklim dan cuaca berkaitan dengan keterbatasan pemahaman masyarakat mengenai fungsi-fungsi selain fungsi standar. Fungsi standar yang dimaksud adalah yang muncul dalam tampilan awal layar gawai, yaitu informasi suhu

dan informasi cuaca.

Anak-anak, termasuk kelompok disabilitas, cenderung mengikuti apa yang diajarkan oleh orang tua atau pengasuh mereka dalam hal melihat dan mengetahui gejala alam seperti cuaca. Ini juga termasuk apakah mereka mengakses pengetahuan dari aplikasi informasi iklim dan cuaca. Pola pemanfaatan aplikasi sistem informasi iklim dan cuaca oleh masyarakat bersifat insidental, belum mengacu pada informasi yang tersedia dalam aplikasi. Masyarakat masih merasa lebih praktis melihat gejala alam dibandingkan mengakses informasi dari aplikasi sistem informasi iklim dan cuaca.

Perubahan iklim yang terjadi saat ini secara langsung belum dapat mendorong masyarakat untuk memanfaatkan aplikasi sistem informasi iklim dan cuaca untuk mengurangi risiko dan dampak negatif dari perubahan iklim. Sementara itu, anak-anak dan kelompok disabilitas berada pada posisi yang paling rentan dan tidak memiliki akses yang memadai.

Diseminasi informasi mengenai aplikasi sistem informasi iklim dan cuaca belum secara terencana dan efektif diselenggarakan kepada masyarakat dari berbagai tingkatan. Di beberapa wilayah, kondisi sarana pendukung aplikasi sistem informasi iklim dan cuaca menjadi kendala yang menyebabkan

pemanfaatan sistem informasi iklim dan cuaca berjalan kurang efektif di masyarakat, seperti keterbatasan jaringan internet dan cakupan GPS (*Global Positioning System*).

### ***Edukasi partisipatif untuk Kurangi Kesenjangan***

Untuk mengurangi kesenjangan pemanfaatan informasi iklim dan cuaca, edukasi dan pendampingan diperlukan untuk membantu masyarakat memahami informasi yang tersedia. Informasi bisa dimanfaatkan sesuai kebutuhan masing-masing berdasarkan kerentanan wilayah, mata pencaharian, dan kriteria lain.

Penyebarluasan pengetahuan ini perlu dilakukan secara terencana dan bertahap, melibatkan koordinasi dengan pihak-pihak terkait. Perbaikan sarana pendukung sangat diperlukan di wilayah-wilayah yang terkendala secara teknis dalam pemanfaatan aplikasi, seperti keterbatasan jaringan internet. Media alternatif juga diperlukan untuk menyiasati persoalan tersebut.

Peran BMKG dibutuhkan untuk mengkomunikasikan informasi dengan bahasa lebih sederhana dalam aplikasi, serta memperkenalkan dan mempopulerkan istilah teknis yang ada di dalam informasi yang dikeluarkan oleh BMKG. Dengan demikian, informasi

iklim dan cuaca BMKG bisa lebih mudah dipahami melalui aplikasi yang ramah pengguna.

Beberapa kerja sama yang telah berjalan antara BMKG dan *Save the Children* adalah kegiatan “*Literasi Iklim Generasi Muda dan Masyarakat berbasis Komunitas*” dan “*BMKG Goes to School*”. Kegiatan ini sejalan dengan upaya untuk mempermudah penyampaian informasi rilisan BMKG yang meningkatkan kemampuan literasi kepada anak-anak usia sekolah. Kegiatan semacam ini di masa depan juga diharapkan bisa menjangkau lebih banyak pihak di masyarakat, di luar sekolah. Kesadaran dan pengetahuan masyarakat dapat ditingkatkan melalui kegiatan informal yang edukatif - partisipatif yang mendorong aksi nyata dalam masyarakat untuk tanggap bencana dan peduli iklim serta lingkungan. Itu menjadi kunci dalam menciptakan masyarakat adaptif. Selain itu, partisipasi masyarakat dalam pengambilan keputusan dan penguatan kapasitas lokal juga menjadi faktor penentu keberhasilan adaptasi. Pada akhirnya, upaya ini bisa membantu masyarakat memperoleh informasi dengan lebih mudah serta mempersiapkan diri untuk beradaptasi dengan dukungan teknologi sistem informasi iklim dan cuaca.

# Aksi Kita untuk Bumi yang Sehat

Nisa Farhana dan Alifi Maria Ulfah  
Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan



Tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals, SDG*) menjabarkan bagaimana kita dapat melindungi lingkungan dan memperlambat perubahan iklim, mulai dari hutan belantara hingga lautan dan semua hal yang berada diantara keduanya. Coba pikirkan tentang penggunaan listrik dan alat-

alat transportasi. Periksa meja makan kita. Gunakan kembali apa pun yang masih bisa digunakan. Ada banyak kemungkinan aksi nyata yang bisa kita lakukan dan jumlahnya bertambah dengan cepat.

Emisi gas rumah kaca yang dihasilkan tiap individu sangat bervariasi antar negara. Di Amerika Serikat, emisi



per kapitanya lebih dari dua kali lipat rata-rata dunia yang setara dengan 6,5 ton CO<sub>2</sub> (selanjutnya disebut CO<sub>2e</sub> atau CO<sub>2</sub> *equivalent*), sedangkan di India angkanya kurang dari setengah rata-rata dunia. Secara global, 10% penduduk dengan pendapatan tertinggi menyumbang hampir setengah dari seluruh emisi. Berikut ini beberapa tindakan aksi nyata yang bisa dilakukan untuk mengurangi dampak keseharian kita terhadap lingkungan.



### *Menghemat Energi di Rumah*

Sebagian besar energi listrik dan panas yang kita gunakan bersumber dari batu bara, minyak, dan gas. Gunakan lebih sedikit energi dengan cara mengurangi penggunaan alat pemanas dan pendingin, beralih ke bola lampu LED dan peralatan listrik hemat energi, mencuci cucian dengan air dingin, atau menjemur/menggantung barang hingga kering alih-alih menggunakan pengering. Kita juga bisa meningkatkan efisiensi energi di rumah, misalnya melalui isolasi yang lebih baik, atau mengganti tungku

minyak atau gas dengan pompa panas listrik yang dapat mengurangi jejak karbon hingga 900 kilogram CO<sub>2e</sub> per tahun.



### *Mengubah Sumber Energi di Rumah*

Tanyakan kepada perusahaan utilitas Anda apakah sumber energi rumah Anda berasal dari minyak, batu bara, atau gas. Jika memungkinkan, lihat lah apakah Anda dapat beralih ke sumber energi terbarukan seperti tenaga angin atau tenaga surya. Atau pasang panel surya di atap untuk menghasilkan energi untuk rumah. Mengalihkan rumah Anda dari energi berbahan bakar minyak, gas, atau batu bara ke sumber energi terbarukan, seperti angin atau matahari, dapat mengurangi jejak karbon hingga 1,5 ton CO<sub>2e</sub> per tahun. Pelajari lebih lanjut mengapa peralihan ke energi terbarukan adalah kunci untuk mengatasi krisis iklim.



### ***Berjalan Kaki, Bersepeda, atau Naik Angkutan Umum***

Jalan raya di seluruh dunia dipenuhi kendaraan, sebagian besar menggunakan bahan bakar solar atau bensin. Memilih berjalan kaki atau mengendarai sepeda daripada mengemudi kendaraan bermotor akan mengurangi emisi gas rumah kaca serta membantu kesehatan dan kebugaran kita. Untuk jarak yang lebih jauh, pertimbangkan untuk naik kereta atau bus. Dan *carpool* bila memungkinkan. Hidup tanpa mobil dapat mengurangi jejak karbon hingga 2 ton CO<sub>2e</sub> per tahun dibandingkan dengan gaya hidup menggunakan mobil.



### ***Beralih ke Kendaraan Listrik***

Jika Anda berencana membeli

mobil, pertimbangkan untuk memilih mobil listrik, dengan pilihan model yang lebih banyak dan lebih murah di pasaran. Di banyak negara, mobil listrik membantu mengurangi polusi udara dan menghasilkan emisi gas rumah kaca yang jauh lebih sedikit dibandingkan kendaraan bertenaga gas atau diesel. Namun banyak mobil listrik yang masih menggunakan listrik yang dihasilkan dari bahan bakar fosil. Baterai dan mesinnya juga memerlukan mineral langka yang seringkali menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan dan sosial. Beralih dari mobil bertenaga bensin atau solar ke kendaraan listrik dapat mengurangi jejak karbon Anda hingga 2 ton CO<sub>2e</sub> per tahun. Kendaraan hibrida dapat menghemat hingga 700 kilogram CO<sub>2e</sub> per tahun.



### ***Pertimbangkan Perjalanan Anda!***

Pesawat terbang membakar bahan bakar fosil dalam jumlah besar, sehingga menghasilkan emisi gas rumah kaca yang signifikan. Oleh sebab itu, mengurangi penerbangan menjadi salah

## GAGASAN

satu cara tercepat untuk mengurangi dampaknya terhadap lingkungan. Jika bisa, bertemulah secara virtual, naik kereta, atau lewati perjalanan jarak jauh itu sama sekali. Melakukan penerbangan pulang pergi dengan jarak yang lebih pendek dapat mengurangi jejak karbon Anda hingga hampir 2 ton CO<sub>2e</sub>.



### *Membersihkan Lingkungan*

Manusia, hewan, dan tumbuhan semuanya menderita akibat tanah dan air yang terkontaminasi sampah yang dibuang secara tidak benar. Gunakan apa yang Anda perlukan, dan bila Anda harus membuang sesuatu, buanglah dengan benar. Kita juga bisa ikut mendidik orang lain untuk melakukan hal yang sama dan berpartisipasi dalam kegiatan pembersihan taman, sungai, pantai, dan sebagainya. Setiap tahun orang membuang 2 miliar ton sampah. Sekitar sepertiganya menyebabkan kerusakan lingkungan, mulai dari terhambatnya pasokan air hingga keracunan tanah.



*Kurangi, Gunakan Kembali,  
Perbaiki dan Daur Ulang (Reduce,  
Reuse, Repair and Recycle – 4R)*

Barang elektronik, pakaian, plastik, dan barang lain yang kita beli menyebabkan emisi karbon di setiap titik pada proses produksinya, mulai dari ekstraksi bahan mentah hingga manufaktur dan pengangkutan barang ke pasar. Untuk melindungi iklim, belilah lebih sedikit barang, belanja barang bekas, dan perbaiki semampu Anda. Plastik sendiri menghasilkan 1,8 miliar metrik ton emisi gas rumah kaca pada tahun 2019, 3,4% dari total emisi global. Kurang dari 10% didaur ulang, dan sekali plastik dibuang, plastik tersebut dapat bertahan hingga ratusan tahun. Membeli lebih sedikit pakaian baru – dan barang konsumsi lainnya – juga dapat mengurangi jejak karbon Anda. Setiap kilogram tekstil yang diproduksi menghasilkan sekitar 17 kilogram CO<sub>2e</sub>.



### ***Membuang Lebih Sedikit Makanan***

Jika Anda membuang makanan, Anda juga membuang sumber daya dan energi yang digunakan untuk menanam, memproduksi, mengemas, dan mengangkutnya. Dan ketika makanan membusuk di tempat pembuangan sampah, maka akan dihasilkan metana, gas rumah kaca yang sangat kuat. Jadi belilah hanya apa yang Anda butuhkan, gunakan atau konsumsi apa yang Anda beli dan olah sisa makanan menjadi kompos. Mengurangi limbah makanan dapat mengurangi jejak karbon hingga 300 kilogram CO<sub>2e</sub> per tahun.



### ***Mengonsumsi Lebih Banyak Sayuran***

Mengonsumsi lebih banyak

sayuran, buah-buahan, biji-bijian utuh (padi-padian, gandum atau jagung), polong-polongan, kacang-kacangan, dan biji-bijian, serta lebih sedikit konsumsi daging dan produk susu, dapat menurunkan dampak terhadap lingkungan secara signifikan. Memproduksi makanan nabati umumnya menghasilkan lebih sedikit emisi gas rumah kaca dan membutuhkan lebih sedikit energi, lahan, dan air. Peralihan dari pola makan campuran ke pola makan vegetarian dapat mengurangi jejak karbon Anda hingga 500 kilogram CO<sub>2e</sub> per tahun (atau hingga 900 kilogram untuk pola makan vegan).



### ***Menanam Spesies Asli***

Jika Anda memiliki taman atau bahkan hanya satu atau dua tanaman di luar rumah, periksalah keaslian spesiesnya. Gunakan aplikasi identifikasi tanaman untuk membantu dan kemudian pertimbangkan untuk mengganti tanaman yang bukan spesies asli, terutama yang dianggap invasif. Tumbuhan, hewan, dan serangga saling

bergantung satu sama lain. Kebanyakan serangga tidak akan memakan tumbuhan asing, ini artinya burung dan spesies lain yang tergolong pemangsa serangga akan kehilangan sumber makanan. Akibatnya keanekaragaman hayati menderita. Bahkan sebatang pohon atau semak pun bisa menjadi tempat berlindung, jadi ingatlah untuk tidak menggunakan insektisida dan bahan kimia lainnya.



### *Jadikan Uang Anda Berarti*

Setiap kita membelanjakan uang akan berdampak pada planet ini. Anda memiliki kuasa untuk memilih barang dan jasa mana yang Anda dukung atau beli. Untuk mengurangi dampak lingkungan, pilihlah produk dari perusahaan yang menggunakan sumber daya dengan bertanggung jawab dan berkomitmen untuk mengurangi emisi gas dan limbah mereka. Jika Anda mempunyai uang yang diinvestasikan untuk masa depan Anda, misalnya investasi dana pensiun, dana tersebut mungkin dikelola untuk mendukung bahan bakar fosil atau penggundulan

hutan. Memastikan tabungan Anda diinvestasikan dalam bisnis yang ramah lingkungan dapat mengurangi jejak karbon Anda secara signifikan.



### *Angkat Bicara*

Bicaralah dan ajak orang lain untuk ikut mengambil tindakan. Ini adalah salah satu cara tercepat dan paling efektif untuk membuat perbedaan. Bicaralah dengan tetangga, kolega, teman, dan keluarga Anda. Sampaikan kepada para pemilik bisnis bahwa Anda mendukung perubahan yang berani – dari produk dan kemasan bebas plastik hingga kendaraan tanpa emisi. Begitu juga dengan himbauan kepada para pemimpin lokal dan dunia untuk bertindak sekarang. Aksi iklim adalah tugas kita semua, dan ini menyangkut kita semua. Tidak ada yang bisa melakukan semuanya sendirian – tapi kita bisa melakukannya bersama-sama! (Editor: Dwi)



Profil Stasiun

# Stasiun Klimatologi Papua Selatan

Garda Terdepan dalam Informasi Iklim di Wilayah Perbatasan

Andiani Aprilia Maharani dan Marsildus E. Keytimu  
Stasiun Klimatologi Papua Selatan



## Sejarah

Awal mula berdirinya Stasiun Klimatologi Kelas IV Papua Selatan dimulai dari tahun 2015, berawal dari dibangunnya Pos Iklim Tanah Miring. Saat itu dibangun gedung operasional dan taman alat dengan peralatan *Automatic Agroclimate and Weather Station*

(AAWS) dan peralatan konvensional (*Campbell Stokes*, panci penguapan, dan penakar hujan *Hellman*). Pada tahun 2016 Pos Iklim Tanah Miring ditetapkan sebagai Stasiun Klimatologi Kelas IV Tanah Miring yang sudah beroperasi lengkap dengan sumber daya manusia (SDM) dan peralatan operasional utama



## FIGUR KLIMA

(aloptama) yang sudah lebih lengkap seperti pos hujan kerjasama dan *Automatic Rain Gauge* (ARG), namun jumlahnya tidak terlalu banyak, hanya berada di sekitar Kabupaten Merauke.

operasional Stasiun Klimatologi. Stasiun Klimatologi Kelas IV Papua Selatan mempunyai tugas menyediakan informasi iklim di wilayah Provinsi Papua Selatan dan sebagian Papua Tengah



Selanjutnya pada tahun 2019 terjadi perubahan nama menjadi Stasiun Klimatologi Kelas IV Merauke disertai penambahan aloptama, diantaranya *Automatic Solar Radiation System* (ASRS), *High Volume Sampler*, Iklim Mikro, ARWS (*Automatic Rain Water Sample*). Pada tahun 2023 stasiun ini kembali berganti nama menjadi Stasiun Klimatologi Kelas IV Papua Selatan dan hingga saat ini tidak ada perubahan pada aloptamanya, sudah sesuai dengan

sampai perbatasan Indonesia. Terletak di ujung timur nusantara, stasiun ini tidak hanya mengamati cuaca dan iklim, tetapi juga mendukung berbagai sektor kehidupan di Merauke dan sekitarnya. Penggunaan media sosial untuk penyebaran informasi iklim terbukti efektif, sehingga pada tahun ini berhasil memperoleh Piagam Penghargaan dalam acara *Social Media Award* BMKG 2024.

### ***Tantangan Operasional di Ujung Timur***

Layanan informasi Stasiun Klimatologi Papua Selatan yang rutin diberikan kepada masyarakat dan juga

dengan berbagai tantangan operasional yang signifikan. Fasilitas yang tersedia, baik operasional maupun

non-operasional, seringkali masih terbatas. Keterbatasan ini mencakup



*stakeholder* diantaranya berupa Buletin Iklim berisi analisis dan prediksi curah hujan, Buletin Prakiraan Musim Hujan dan Musim Kemarau, dan layanan berupa kegiatan seperti Sekolah Lapang Iklim (SLI) untuk petani, dimana Merauke merupakan salah satu daerah penghasil padi yang cukup besar di Tanah Papua.

Dalam melaksanakan tugas-tugasnya, Stasiun Klimatologi Papua Selatan tentunya juga berhadapan

peralatan yang digunakan untuk pengamatan cuaca dan iklim, serta infrastruktur pendukung lainnya seperti jaringan komunikasi dan transportasi yang seringkali tidak memadai untuk menjangkau seluruh wilayah kerja.

Sebaran aloptama yang terbatas juga menjadi hambatan tersendiri. Hal ini menyebabkan beberapa daerah terpencil di sekitar Merauke kurang terlayani dengan baik dalam hal penyediaan data iklim yang akurat dan



tepat waktu. Selain itu, kebutuhan peringatan dini iklim juga perlu menjangkau semua masyarakat. Dalam kondisi geografis di Papua Selatan yang menantang, kecepatan dan ketepatan informasi iklim sangatlah penting, terutama untuk mendukung aktivitas pertanian, perikanan, serta mitigasi bencana alam.

### ***Harapan dan Solusi untuk Masa Depan***

Untuk mengatasi tantangan kecepatan dan ketepatan informasi iklim di wilayah Papua Selatan memerlukan koneksi internet yang cepat dan stabil. Di wilayah Merauke sendiri beberapa kali terjadi hilangnya koneksi internet yang terjadi hingga beberapa bulan setiap tahun. Sedangkan operasional sangat memerlukan koneksi internet yang cepat dan stabil.

Kami berharap Stasiun Klimatologi Papua Selatan mendapatkan fasilitas

internet yang memadai, cepat, dan stabil untuk memenuhi kebutuhan operasional maupun non-operasional agar kedepannya bisa meningkatkan kualitas kinerja dari Stasiun Klimatologi Papua Selatan. Sehingga analisis dan diseminasi informasi iklim yang kami jalankan bisa lebih optimal dan akurat serta tepat sasaran.

Keberadaan Stasiun Klimatologi Papua Selatan sebagai penyedia informasi iklim di wilayah perbatasan sangatlah penting. Meski menghadapi berbagai tantangan, harapan untuk memiliki sistem informasi iklim yang canggih tetap tinggi. Dengan dukungan teknologi dan infrastruktur yang memadai, stasiun ini tetap dapat terus berkontribusi optimal dalam menyampaikan informasi iklim kepada masyarakat Merauke dan sekitarnya.  
(Editor: Imam)



# Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan

Pemantauan Iklim di Paru-Paru Dunia

R. Hikmat Kurniawan, Sekar Anggraeni N.P.,  
Hary Tirto Djatmiko, dan Goeroeh Tjiptanto

Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan dan Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan



Profil Stasiun



## *Sejarah Singkat Stasiun Iklim di Selatan Kalimantan*

Stasiun Klimatologi Banjarbaru (sekarang bernama Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan) mulai beroperasi pada tahun 1973. Saat itu kantor Stasiun Klimatologi Banjarbaru dibangun di Jalan Unlam III No 3 Banjarbaru atau lebih tepatnya di area Universitas Lambung Mangkurat (Unlam, sekarang ULM).

Seiring dengan berakhirnya MoU dengan Universitas Lambung Mangkurat pada tahun 2005, Kantor Stasiun Klimatologi Banjarbaru kemudian pindah ke Jalan Trikora Banjarbaru. Sejak tahun 2022, berdasarkan Peraturan Badan (Perban) Meteorologi Klimatologi dan Geofisika No 1 Tahun 2022, nomenklatur Stasiun Klimatologi Banjarbaru berubah menjadi Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan. Berdasarkan Perban tersebut, Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan merupakan Stasiun Klimatologi Kelas I yang mempunyai tugas melaksanakan pengamatan, pengelolaan data, pelayanan informasi jasa klimatologi dan pemeliharaan alat klimatologi.

### ***Produk Informasi Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan***

Dalam menjalankan tugasnya, Stasiun Klimatologi Kelas I Kalimantan Selatan menyelenggarakan fungsi antara lain pengamatan klimatologi, pengelolaan data klimatologi, pelayanan informasi dan jasa klimatologi, pemeliharaan alat klimatologi, koordinasi kerja sama dan pelaksanaan administrasi dan kerumahtanggaan stasiun.

Selama ini Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan telah berupaya menyampaikan informasi iklim terhadap masyarakat di Kalimantan Selatan baik dalam skala waktu dasarian, bulanan,



maupun musiman. Produk iklim dasarian diantaranya adalah Peta Hari Tanpa Hujan (HTH), Peta Curah Hujan dan Sifat Hujan, serta Peta Prakiraan Peluang Hujan. Produk iklim bulanan diantaranya adalah Informasi Dinamika Atmosfer, Analisis Curah Hujan dan Sifat Hujan, Prakiraan Curah Hujan dan Sifat Hujan 3 bulan ke depan, Analisis Iklim Mikro Stasiun, serta Analisis dan Prakiraan Indeks Presipitasi Terstandarisasi (SPI). Sedangkan produk iklim musiman dikemas dalam bentuk laporan musim yang dibuat dua kali dalam setahun yaitu Informasi Prakiraan Musim Hujan dan Musim Kemarau. Kedua laporan tersebut didalamnya memuat informasi prediksi awal musim, perbandingan prediksi awal musim terhadap normalnya, sifat hujan, puncak musim, perbandingan prediksi puncak musim terhadap normalnya, durasi musim, perbandingan prediksi durasi musim terhadap normalnya, informasi rencana tanam pada lahan tadah hujan dataran tinggi dan lahan rawa lebak (pada Buletin Prediksi Musim Kemarau) di ZOM Kalimantan Selatan. Untuk media diseminasi, selain media cetak, Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan juga menyebarkan informasi iklim melalui media elektronik, diantaranya adalah dengan melakukan siaran langsung radio RRI Pro1 Banjarmasin, bekerja sama

dengan siaran Resonansi Banjarmasin Post, dan tayangan prakiraan iklim bulanan di TVRI Kalimantan Selatan.

Selain informasi iklim, Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan juga menyediakan pelayanan untuk keperluan akademisi, instansi dan perusahaan terkait klaim asuransi, peta kebencanaan, rencana tanam untuk petani, dan lainnya.

Untuk semakin menjangkau semua kalangan masyarakat termasuk generasi muda, informasi iklim juga disebarakan dalam bentuk infografis melalui platform media sosial seperti Instagram dengan akun @iklimkalsel, serta kanal YouTube untuk videografis dengan nama channel Iklim Kalsel.

### ***Tantangan dan Peluang Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan***

Sebagai unit kerja kepanjangan dari BMKG Pusat, Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan cukup tertantang dalam menanggapi pertanyaan dari masyarakat terkait layanan informasi yang berada diluar tupoksi dimana masih beredar anggapan di masyarakat jika BMKG mengetahui segala hal diluar bidang kerjanya. Tantangan inilah yang selanjutnya membuat Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan selalu berusaha menyediakan layanan informasi yang tidak hanya bersifat umum





atau standar yang dibuat secara umum tetapi juga relevan dengan karakteristik wilayah setempat dimana karakteristik tersebut dimanfaatkan sebagai sebuah peluang untuk mengembangkan inovasi dan memperluas jangkauan dan ragam informasi yang disediakan.

Berdasarkan wilayahnya, Provinsi Kalimantan Selatan memiliki karakteristik topografi dengan banyak sungai dan hutan yang luas. Iklim di wilayah Kalimantan Selatan yang juga dipengaruhi El-Nino dan La-Nina menyebabkan beberapa wilayahnya berpotensi mengalami banjir di musim hujan, terutama banjir genangan akibat luapan sungai serta potensi terjadinya karhutla saat musim kemarau. Hal ini menjadi tuntutan tersendiri bagi Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan untuk dapat menyediakan layanan informasi analisis cuaca dan iklim secara tepat

dan akurat kepada para stakeholder dan masyarakat sehingga keberadaan BMKG selalu ada untuk masyarakat Kalimantan Selatan.

Di sisi lain Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan juga merupakan koordinator UPT BMKG yang ada di provinsi ini sehingga keberadaannya semakin komplek dalam mendukung keberadaan BMKG di daerah dan mendukung daerah dalam berbagai tantangan terlebih saat ini Kalimantan Selatan merupakan salah satu gerbang menuju IKN.

### **Salam iklim!**

Kenali iklimnya, rencanakan kegiatannya.  
(Editor: Dwi)



# Klima Bakti

Julius Warouw

Liputan oleh  
Dwi Indriyati

Biasa dipanggil “Om Boll”, pria kelahiran Minahasa dengan nama lengkap Julius Warouw ini telah mengabdikan selama 39 tahun sebagai ASN di BMKG dan per tanggal 1 Agustus 2024 beliau memasuki purna bakti di usia 58 tahun.

## ***Bertugas di BMG (sekarang BMKG)***

Pak Julius memulai pengabdiannya di BMG sejak tahun 1985. Dengan berbekal ijazah SMP beliau mendaftar melalui jalur penerimaan pegawai honorer di Stasiun Klimatologi Kayuwatu, Manado (sekarang bernama Stasiun Klimatologi Sulawesi Utara). Setelah diterima sebagai pegawai honorer, beliau selanjutnya mengikuti pelatihan pengamatan Agrometeorologi (AgM) selama 3 minggu, dan sesudahnya

kemudian mengikuti jadwal tugas pengamatan/observasi dan pengolahan data klimatologi.

Setiap hari beliau berdinis mulai pukul 06.30 WITA hingga 13.00 WITA untuk *shift* pagi dan jam 12.30 WITA hingga 18.30 WITA untuk *shift* sore. Rutinitas yang dijalannya sangat beragam, mulai dari pengamatan/observasi, pengolahan data klimatologi, pengamatan AgM, dan juga pengambilan sampel tanah untuk mengukur Kadar Air Tanah (KAT), semua dijalankan dengan penuh rasa tanggung jawab. Terlebih pada saat itu tidak mengenal kata hari libur dikarenakan kurangnya tenaga SDM dan pembagian jadwal dinas yang tidak fleksibel alias hanya dibagi dalam dua *shift* saja.

Selain itu juga ada jadwal perjalanan





Foto bersama  
Kepala Stasiun  
Klimatologi  
Sulawesi Utara  
dan rekan-rekan

perjalanan dinas luar untuk inspeksi peralatan observasi yang tersebar kurang lebih di 100 lokasi dimana jadwal inspeksi dibagi sesuai jumlah petugas dalam bentuk kelompok. Kegiatan ini sifatnya terjadwal dan harus terlaksana dalam satu tahun berjalan. Kesibukan inilah yang membuatnya harus bisa saling bahu membahu dan bekerjasama dengan rekan-rekan sejawat agar operasional bisa berjalan lancar dan tepat waktu.

Selang dua tahun kemudian, tepatnya di tahun 1987 akhirnya Om Boll, demikian Pak Julius biasa disapa, berhasil menyandang status sebagai Calon Pegawai (Capeg) dengan pangkat Juru Muda Tk. I/I-b. Bagi Om Boll, banyak ilmu dan pengalaman yang didapatkan selama menekuni pekerjaan tersebut, terutama ilmu meteorologi

dan klimatologi.

### **Kesan**

“Bangga sebagai insan BMKG”, ujarnya. Dan juga apresiasi terhadap apa yang sudah dicapai BMKG saat ini, mulai dari UPT Daerah sebagai ujung tombak operasional BMKG, Balai Besar Wilayah MKG dari ujung barat hingga timur, hingga Kantor Pusat BMKG Jakarta. Adanya berbagai upaya peningkatan dalam hal kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, digitalisasi peralatan yang awalnya manual, peningkatan kapasitas SDM yang terus meningkat dari tahun ke tahun, dan kerjasama dengan berbagai instansi terkait, terus dilakukan BMKG. Hal ini dilakukan dalam upaya meningkatkan layanan informasi baik kepada masyarakat luas, maupun kepada stakeholder serta instansi-



instansi terkait. Sehingga informasi yang dibutuhkan bisa tersampaikan secara cepat, tepat, dan sesuai dengan yang diharapkan.

Suasana lingkungan kerja yang menyenangkan, saling bekerja sama bahu membahu satu sama lain, toleransi terhadap sesama pegawai, dan saling memberikan motivasi antara pegawai yang lebih senior kepada pegawai junior menjadi hal yang begitu berkesan bagi Om Boll dalam perjalanan karirnya menjadi ASN BMKG. Hal itu dirasakannya mulai dari pertama kali berdinan sebagai pengamat hingga saat ini.

### ***Pesan***

Memasuki masa purna tugasnya, beliau berpesan kepada generasi muda/ milenial ASN BMKG agar lebih tanggap terhadap perkembangan teknologi yang semakin maju dengan pesat, karena generasi mudalah yang akan menjadi penerus tongkat estafet bagi kemajuan BMKG di masa yang akan datang. Juga teruslah meningkatkan kapasitas diri dengan menggali potensi yang ada dengan turut andil dalam kesempatan meningkatkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi. Sehingga BMKG sebagai lembaga pemberi layanan informasi terkait cuaca dan iklim bagi masyarakat dapat diakui dan bersaing di kancah dunia.

Om Boll juga menitipkan pesan kepada para pemimpin di BMKG Pusat agar dapat meluangkan waktu untuk lebih rutin terjun ke lapangan (daerah), melihat kondisi dan perkembangan UPT Daerah beserta sumber daya manusianya. Dengan harapan perhatian yang diberikan oleh para pimpinan ini dapat menjadi motivasi tambahan bagi para personel BMKG di daerah. Ia ingin Mars BMKG yang selalu dinyanyikan di setiap acara kedinasan BMKG dan apel pagi bukan hanya sekedar lagu, tetapi harus dibuktikan dan diimplementasikan dalam kerja nyata setiap insan BMKG ke depannya.

### ***Rencana Menikmati Masa Purna Bakti***

Setelah memasuki purna tugas Om Boll berencana mengisi dan menikmati hari-harinya bersama keluarga. Memberikan perhatian dan kasih sayang yang lebih harmonis dan intens kepada keluarga, terutama kepada istri, anak-anak, dan cucu-cucu, serta aktif dalam kegiatan sosial masyarakat dan keagamaan, sehingga cinta kasih serta kebahagiaan semakin bertumbuh dan selalu merasa bersyukur dengan nikmat yang Tuhan berikan.

“Maju terus dan berkembang buat BMKG!” pesannya. (Editor: Nisa)

# Neraca Bujet Energi Bumi

Siswanto

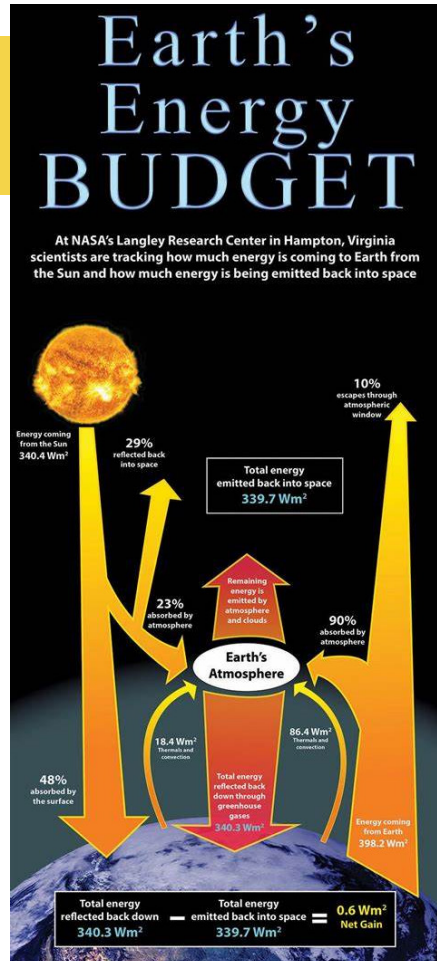
Pusat Layanan Informasi Iklim Terapan

Pada edisi-edisi sebelumnya, pembaca sudah dikenalkan dengan sistem iklim di bumi dan energi penggerakannya. Berikutnya pada edisi kali ini kita akan membahas bagaimana sumber energi cahaya ditransfer dari matahari hingga sampai ke permukaan bumi dan bagaimana energi tersebut terbagi di permukaan bumi.

Energi dari radiasi matahari yang sampai ke bumi kemudian akan mendapatkan respon dari setiap medium yang dikenainya sehingga mencapai kesetimbangan. Itu disebut sebagai Neraca Bujet Energi. Neraca Bujet Energi bumi mengacu pada keseimbangan antara energi masuk (yang diterima dari matahari) dan energi keluar (energi yang hilang kembali ke luar angkasa) dalam sistem iklim bumi.

## Energi Masuk dan Energi Keluar

Sinar matahari mengandung berbagai panjang gelombang, termasuk



Neraca Bujet Energi Panas di atmosfer dan permukaan bumi  
(sumber: [www.forbes.com](http://www.forbes.com))

sinar inframerah yang merupakan panas. Total energi yang diterima di bagian atas atmosfer bumi (TOA) diukur dalam watt per detik dan diberikan oleh konstanta surya dikali dengan

luas penampang bumi yang terkena radiasi. Dari total energi yang diterima, sekitar 29% dipantulkan kembali ke luar angkasa oleh awan, permukaan yang cerah, dan atmosfer itu sendiri. Sebagian energi matahari diserap oleh permukaan bumi, atmosfer, dan samudra. Ini menyebabkan pemanasan dan perubahan suhu di berbagai lapisan. Ketika sinar matahari mencapai permukaan bumi, sebagian energinya diubah menjadi panas. Sekitar 23% dari energi masuk diserap oleh atmosfer melalui gas-gas atmosfer, debu, dan partikel lainnya. 48% sisanya diserap oleh permukaan Bumi. Sedangkan panas yang dikeluarkan dari permukaan bumi sebagai pantulan balik maupun emisi gelombang panjang, 90% akan serap panasnya oleh atmosfer dan hanya 10% sisanya yang dilepas ke angkasa luar.

Sebagian besar energi yang masuk ke bumi akan diubah menjadi energi panas. Ini tidak hanya berdampak pada pemanasan permukaan, tetapi juga pada energi yang keluar dari planet kita. Sisa energi yang diserap oleh atmosfer dan permukaan bumi akan dipantulkan kembali ke luar angkasa oleh awan, es, dan permukaan bumi. Bumi memantulkan kembali dan memancarkan energi keluar ini dalam bentuk radiasi inframerah. Di atmosfer, sebagian radiasi keluar ini

ditahan oleh gas rumah kaca (GRK), mencegahnya lolos langsung ke luar angkasa. GRK bertindak seperti selimut yang memerangkap energi dan akan memanaskan atmosfer bumi. GRK pada peran aslinya merupakan komponen alami yang penting dalam menjaga suhu bumi. GRK, seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), memungkinkan sinar matahari masuk ke atmosfer bumi, tetapi juga menahan panas yang dipantulkan kembali dari permukaan bumi. Tanpa efek rumah kaca, suhu bumi akan jauh lebih dingin dan tidak cocok untuk kehidupan. Namun, akibat aktivitas manusia yang berlebihan, seperti pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi, telah meningkatkan konsentrasi GRK di atmosfer yang menyebabkan lebih banyak energi terperangkap. Akibatnya, suhu bumi mengalami pemanasan yang berlebihan dan memicu perubahan iklim yang signifikan.

Mengetahui berapa banyak energi yang masuk ke dalam sistem iklim bumi kita sangat penting dalam menghitung neraca bujet energi bumi. Sederhananya, jika lebih banyak energi yang masuk ke dalam sistem daripada yang keluar, maka sistem akan memanaskan, dan sebaliknya jika lebih banyak energi yang keluar daripada yang masuk, maka sistem akan menjadi dingin.



## Terganggunya Neraca Bujet Energi Bumi Akibat Aktivitas Manusia

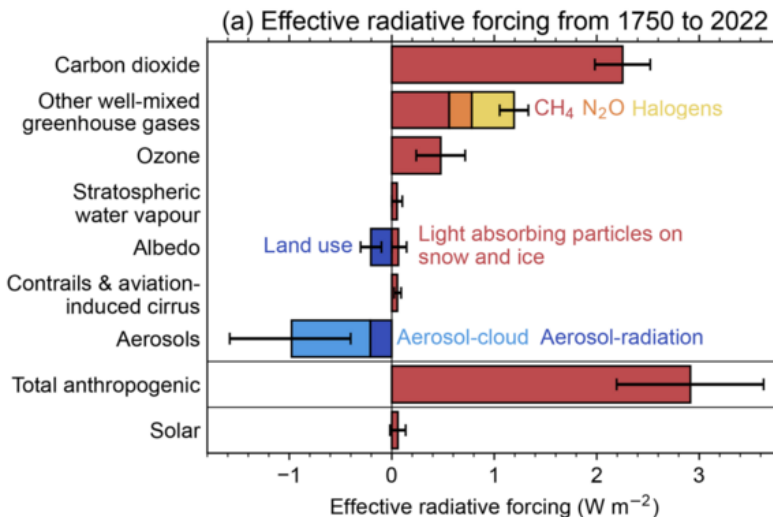
Aktivitas manusia dan keserakahannya menyebabkan penumpukan GRK di stratosfer bumi dan mengganggu Neraca Bujet energi bumi dengan mengubah mengubah komposisi atmosfer. Perubahan itu kemudian mempengaruhi sistem iklim bumi. Mekanisme dari proses itu diantaranya:

### 1. Daya Radiatif (*radiative forcing*):

Dalam ilmu iklim terdapat konsep *Radiative Forcing* (RF). RF merupakan besaran yang mengukur dan mengkuantifikasi berbagai

faktor beserta pengaruhnya yang menyebabkan perubahan energi radiasi di atmosfer bumi. Lebih khusus, RF mengacu pada besaran perubahan netto dalam energi radiasi (biasanya dalam bentuk panas) yang disebabkan oleh faktor-faktor seperti gas rumah kaca, aerosol, dan aktivitas manusia di atmosfer maupun permukaan bumi. Faktor-faktor yang menyebabkan *radiative forcing* itu meliputi, diantaranya:

- peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (seperti CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O), ini akan menyebabkan peningkatan *radiative forcing* secara positif,



Penaksiran daya radiasi efektif pada tahun 2022 menggunakan tahun dasar 1750 (IPCC AR6, 2021).

karena mengamplifikasi re-radiasi dan panas di atmosfer bumi;

- jumlah partikel aerosol (misalnya debu, asap, dan polutan) di atmosfer dapat menyebabkan *radiative forcing* negatif karena memantulkan sinar matahari kembali ke luar angkasa;
- perubahan permukaan rupa bumi berupa perubahan tutupan, alih guna lahan, deforestasi atau urbanisasi juga mempengaruhi *radiative forcing*, karena merubah albedo dan reflektansi radiasi di permukaan bumi.

Pada akhirnya RF akan mempengaruhi suhu permukaan Bumi dan iklim secara keseluruhan. Peningkatan RF positif berkontribusi pada pemanasan global, sementara RF negatif dapat mengimbangi efek pemanasan. Memahami *radiative forcing* membantu kita mengukur dampak berbagai faktor pada perubahan iklim dan mengembangkan strategi mitigasi.

## 2. Umpan Balik Iklim (*climate feedback*):

Ketika gas rumah kaca meningkat (akibat aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil), gas tersebut memerangkap lebih banyak panas di atmosfer bumi. Panas yang terperangkap ini menyebabkan

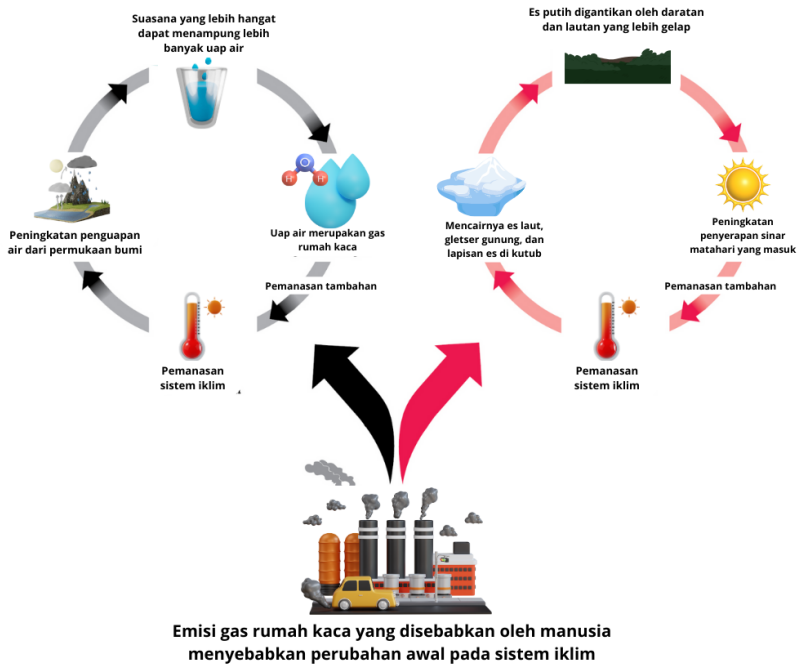
peningkatan suhu global. Namun, proses pemanasan tidak berhenti sampai di situ. Hal ini memicu efek sekunder yang dikenal sebagai umpan balik iklim atau *climate feedback*. *Feedback* atau umpan balik adalah serangkaian interaksi yang menentukan respons suatu sistem terhadap perubahan awal (*change in the initial conditions*). Dalam sistem iklim, umpan balik dapat mengurangi atau memperkuat dampak perubahan pada satu bagian sistem. Sehingga *climate feedback* didefinisikan sebagai proses dalam sistem iklim yang memperkuat atau mengurangi efek dari faktor-faktor awal yang menyebabkan pemanasan. Ketidakseimbangan energi di atmosfer bumi dapat dipengaruhi oleh berbagai mekanisme umpan balik ini. Mekanisme ini terbagi menjadi dua, yaitu:

- Umpan Balik Positif (*positive feedback*) yaitu ketika pemanasan menyebabkan pelepasan lebih banyak gas rumah kaca (seperti pencairan es, peningkatan uap air, pelepasan gas metana (CH<sub>4</sub>) dari permafrost), yang pada gilirannya memicu atau mempercepat pemanasan lebih lanjut.
- Umpan Balik Negatif (*negative feedback*) yaitu proses

meningkatnya suhu menyebabkan peningkatan penguapan air sehingga menghasilkan lebih banyak awan di atmosfer. Awan ini dapat memantulkan sinar matahari kembali ke luar angkasa sehingga mengurangi panas yang masuk ke permukaan bumi. Contoh lainnya misalnya penyerapan panas laut, penyerapan karbon oleh tanaman.

### 3. Sensitivitas Iklim (*climate sensitivity*) *Climate sensitivity* adalah istilah

yang digunakan oleh Panel Antar Pemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC) untuk menggambarkan sejauh mana suhu bumi akan memberikan respons terhadap peningkatan konsentrasi GRK (salah satunya  $\text{CO}_2$ ) di atmosfer atau terhadap daya radiatif lainnya. Secara khusus, hal ini menggambarkan seberapa panas bumi akan menjadi jika jumlah gas rumah kaca di atmosfer meningkat dua kali lipat. Meskipun hingga saat ini para ilmuwan belum tahu secara pasti



*Contoh skema umpan balik yang secara signifikan akan mempengaruhi cepat lambat laju perubahan iklim (diadopsi dari [www.climatecomissions.gov.au](http://www.climatecomissions.gov.au)).*

sejauh apa sensitivitas iklim bumi, konsep ini membantu kita memahami rentang risiko yang kita hadapi akibat perubahan iklim. Pemahaman itu misalnya jika sensitivitas iklim kita rendah, maka konsekuensinya laju perubahan iklim akan menjadi lebih lambat dan lebih terkendali. Sebaliknya bila sensitivitasnya tinggi, itu akan memberikan risiko perubahan yang lebih cepat dan lebih mengkhawatirkan.

Menurut laporan IPCC terbaru, sensitivitas iklim kita sangat mungkin berada di antara 2 hingga 5 °C. Faktor umpan balik, seperti awan, es laut, dan uap air, mempengaruhi kisaran ini. Angka sensitivitas iklim ini menggunakan asumsi pelipatgandaan karbon dioksida dan GRK lainnya, dibandingkan dengan tingkat GRK sebelum manusia mulai membakar bahan bakar fosil secara massal pada abad ke-19. Jika GRK berlipat ganda dalam jangka panjang, efek umpan balik dapat berubah dan suhu bumi dapat menjadi lebih sensitif terhadap emisi GRK tambahan, hal ini dapat menyebabkan pemanasan global bergerak lebih cepat. Apabila GRK tambahan bisa dihentikan saat ini, stabilisasi perubahan iklim global akan tetap memerlukan waktu setelah emisi berhenti. Sehingga, kita masih akan

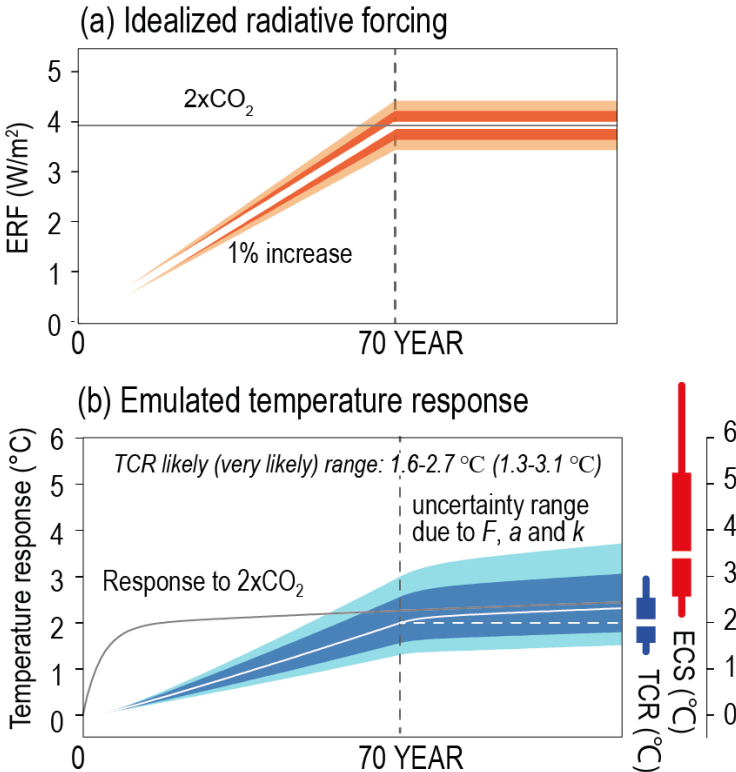
melihat pemanasan global memerlukan beberapa tahun untuk menyesuaikan diri dengan sensitivitas iklim kita.

Para ilmuwan iklim mengestimasi besaran sensitivitas iklim melalui berbagai metode, diantaranya menggunakan:

1. Data Historis. Catatan observasi suhu udara dan konsentrasi gas rumah kaca sejak Revolusi Industri dimulai hingga saat ini dapat dianalisis untuk menyatakan hubungan empiris dari keduanya.
2. Data Paleoklimat (iklim purba). Catatan iklim masa lampau dapat diekstraksi dari inti es, lapisan sedimen, lingkaran pohon, lapisan kulit kerang dan karang laut dapat memberikan informasi besaran parameter iklim secara tidak langsung dari masa lalu dengan menggunakan teknik penanggalan karbon radioaktif dan isotop.
3. Model Iklim. Model komputer dapat mensimulasikan iklim untuk memahami bagaimana iklim merespons perubahan daya radiasi.

Meskipun sensitivitas iklim membantu kita memahami risiko iklim saat ini, kita tidak boleh terlalu terpaku pada angka yang pasti. Kebijakan tindakan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim harus tetap menjadi

## Process assessment of Transient Climate Response



*Konsep sensitivitas iklim bagaimana suhu bumi merespon apabila konsentrasi CO<sub>2</sub> global menjadi 2 kali lipat dalam 70 tahun (IPCC AR6, 2021)*

prioritas yang berpijak pada data dan kajian ilmiah serta berprinsip kehati-hatian. Kita perlu menggabungkan ilmu pengetahuan, kebijakan, dan tindakan masyarakat untuk menghadapi tantangan ini. Jadi, meskipun angka pasti

sensitivitas iklim mungkin tidak selalu ada, kesadaran akan ketidakpastian ini harus menggerakkan kita untuk bertindak dan melakukan aksi iklim demi keberlanjutan planet kita. (Editor: Dwi)







9 772655 361003

**KEDEPUTIAN BIDANG KLIMATOLOGI**  
**BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA**

Jalan Angkasa I No. 2, Kemayoran, Jakarta Pusat 10610 – Indonesia

Telp. & Fax. (021) 6545769

[www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id)