



Bab 1

Dampak Perubahan Iklim pada Sektor Prioritas

Yeli Sarvina, Elza Surmaini, & Lilik Slamet Supriatin

A. Perubahan Iklim: Sebuah Keniscayaan

Secara alamiah, perubahan iklim telah terjadi di lapisan biosfer sepanjang waktu dengan laju perubahan berlangsung pada kurun waktu yang panjang sehingga semua makhluk hidup dapat menyesuaikan diri melalui aklimatisasi dan adaptasi alamiah. Namun, perubahan iklim yang terjadi saat ini disebabkan oleh aktivitas manusia melalui emisi antropogenik gas rumah kaca (GRK) dengan intensitas dan laju yang terus meningkat (IPCC, 2023). Pemanasan global yang disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi GRK dan suhu permukaan bumi telah menyebabkan perubahan iklim yang memberikan dampak yang kompleks pada semua sektor kehidupan manusia.

Y. Sarvina*, E. Surmaini, & L. S. Supriatin

Badan Riset dan Inovasi Nasional, *e-mail: yeli002@brin.go.id

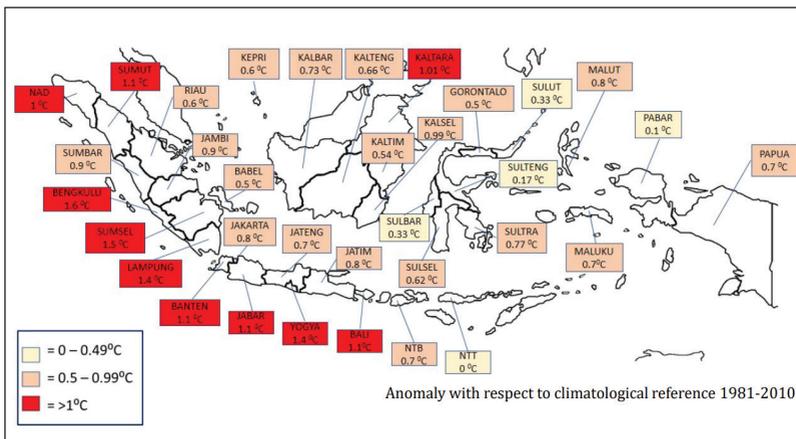
© 2023 Editor & Penulis

Sarvina, Y., Surmaini, E., & Supriatin, L. S. (2023). Dampak perubahan iklim pada sektor prioritas. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (1–21). Penerbit BRIN.

DOI: 10.55981/brin.901.c716 E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Penggunaan bahan bakar fosil, pembukaan hutan, dan pengelolaan lahan adalah sumber emisi antropogenik utama yang meningkatkan konsentrasi GRK. Setiap tahunnya, 30 miliar ton CO₂ dilepaskan ke atmosfer dan panas/bahang yang dikembalikan ke permukaan bumi makin besar. Bukti dan data ilmiah menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi GRK telah menyebabkan pemanasan sistem bumi-atmosfer dan berdampak pada perubahan sistem iklim di berbagai wilayah di dunia. Perubahan iklim tersebut menyebabkan fenomena cuaca dan iklim ekstrem berubah, baik dari segi frekuensi maupun intensitasnya. Hal ini berpotensi menimbulkan dampak buruk yang signifikan pada sektor prioritas, yaitu sektor pertanian, air, kesehatan, serta kelautan dan pesisir (Kementerian PPN/Bappenas, 2021).

Dampak negatif yang telah mendisrupsi sektor-sektor tersebut adalah naiknya suhu rata-rata bumi-atmosfer, perubahan pola dan distribusi curah hujan, kenaikan muka laut, dan peningkatan frekuensi serta intensitas bencana hidrometeorologis.



Sumber: Sopaheluwakan (2020)

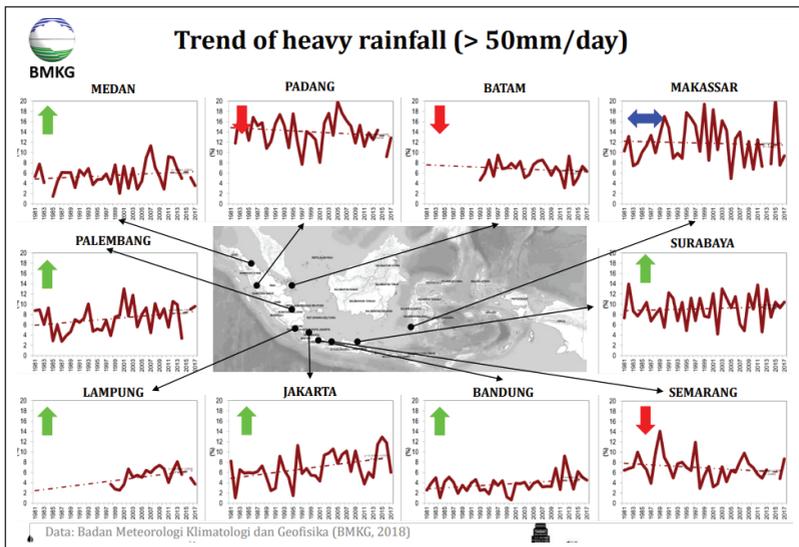
Gambar 1.1 Anomali Suhu Udara di Beberapa Kota Besar di Indonesia pada Periode 1981–2018

1. Suhu Udara

Salah satu indikator yang menunjukkan telah terjadi perubahan iklim di Indonesia adalah kenaikan suhu udara. Pada Gambar 1.1, dapat dilihat data suhu udara historis Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dari tahun 1981–2018. Dari data tersebut, terlihat kenaikan dengan kisaran $0,03^{\circ}\text{C}$ setiap tahunnya, baik suhu minimum, maksimum, maupun rata-rata. Oleh karena itu, diperkirakan dalam kurun waktu 30 tahun, Indonesia akan mengalami kenaikan suhu sebesar $0,9^{\circ}\text{C}$ (Sopaheluwakan, 2020). Suhu udara di Indonesia diproyeksikan terus meningkat dengan peningkatan $0,2\text{--}0,3^{\circ}\text{C}$ per dekade dan proyeksi peningkatannya sebesar $0,9\text{--}2,2^{\circ}\text{C}$ pada akhir tahun 2060 serta $1,1\text{--}3,2^{\circ}\text{C}$ pada tahun 2100.

2. Curah Hujan

Secara rata-rata, total curah hujan tahunan meningkat 12% selama 30 tahun terakhir. Kondisi berbeda terlihat untuk curah hujan pada



Sumber: Sopaheluwakan (2020)

Gambar 1.2 Tren Curah Hujan di Beberapa Kota Besar Indonesia pada Periode 1981–2010

musim kemarau (Juli–September) yang menunjukkan tren penurunan sekitar 4,8%. Ini mengindikasikan musim kemarau yang makin kering. Perubahan curah hujan menunjukkan pola yang berbeda, yaitu terjadi peningkatan curah hujan di bagian utara wilayah Indonesia, sedangkan sebaliknya, di bagian selatan menunjukkan tren penurunan. Secara umum, terjadinya peningkatan curah hujan pada musim hujan menunjukkan musim hujan yang makin basah. Awal musim hujan mundur sampai 20 hari pada periode 1991–2003 apabila dibandingkan periode 1960–1990, sedangkan musim kemarau lebih maju 10–60 hari. Tren curah hujan di beberapa kota besar Indonesia pada periode 1981–2010 ditunjukkan pada Gambar 1.2.

3. Kenaikan Muka Laut

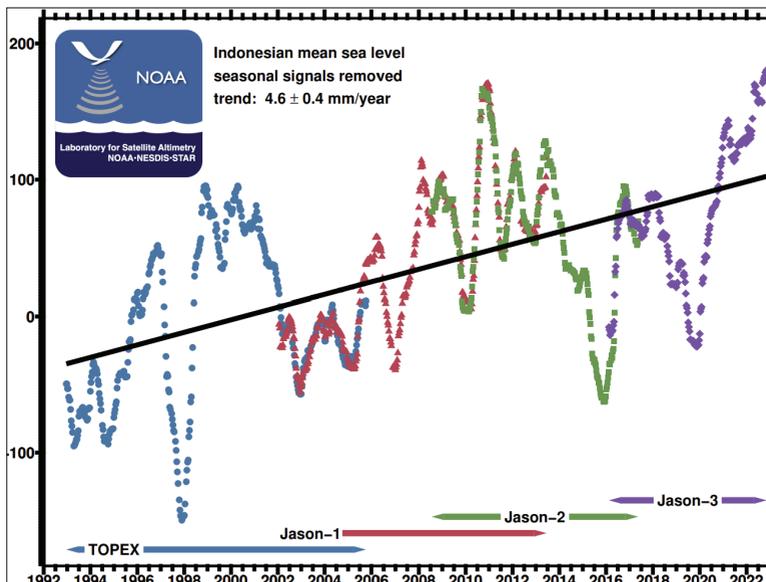
Secara global, muka laut naik dengan kisaran 0,44–0,74 m pada akhir abad ke-21. Pada skenario medium, kenaikan muka laut mencapai 6,1 mm/tahun. Kenaikan ini akan berdampak terhadap 81 ribu km garis pantai Indonesia dan lebih dari 60% penduduk Indonesia yang tinggal di pesisir pantai (Le Bars dkk., 2017). Selain itu, National Oceanic and Atmospheres Administration (NOAA, 2023), mengestimasi bahwa Indonesia mengalami kenaikan muka laut setinggi $4,6 \pm 0,4$ mm/tahun pada periode 1992–2022 (Gambar 1.3). Kenaikan tertinggi terdapat di pantai utara Papua yang mencapai 10–12 mm/tahun, sedangkan yang terendah terdapat di Pulau Jawa bagian selatan, bagian barat Sumatra, bagian selatan Nusa Tenggara, dan Selat Karimata, yang berkisar 2–4 mm/tahun (Nababan dkk., 2015; Sofian dkk., 2013).

Indonesia tercatat sebagai negara yang rentan terhadap kenaikan muka laut karena Indonesia memiliki garis pantai yang sangat panjang dan populasi pesisir tertinggi kelima di dunia. Kenaikan muka air laut menyebabkan hilangnya lahan pertanian subur di pesisir akibat inundasi dan peningkatan salinitas yang memengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman, terutama pada musim kemarau di mana air irigasi terbatas. Konsentrasi penduduk, kegiatan ekonomi, dan lahan-lahan sawah utama Indonesia sebagian besar berada di wilayah pesisir yang rentan. Lahan sawah yang terancam hilang merupakan

penopang utama produksi pangan Indonesia berlokasi di pantai utara Jawa; pantai timur Sumatra; pantai selatan, timur, dan barat Kalimantan; pantai barat Sulawesi; dan daerah rawa di pantai selatan dan barat Papua (Förster dkk., 2011). Hasil kajian Aldrian dkk. (2022) menyebutkan bahwa pada skenario RCP 8.5 dengan kenaikan muka laut 1 m untuk tahun 2100, diproyeksikan sekitar 134.509 ha lahan sawah di pesisir pantai (51% berlokasi di Pulau Jawa) akan tergenang. Kondisi tergenang ini akan menurunkan kualitas hidup masyarakat perkotaan dan merupakan kerugian ekonomi yang sangat besar.

4. Iklim Ekstrem

Dampak lain dari perubahan iklim adalah peningkatan frekuensi dan intensitas iklim ekstrem (Seneviratne dkk., 2023). Kejadian iklim ekstrem, antara lain suhu ekstrem, hujan ekstrem, banjir (banjir sungai,



Sumber: NOAA (2023)

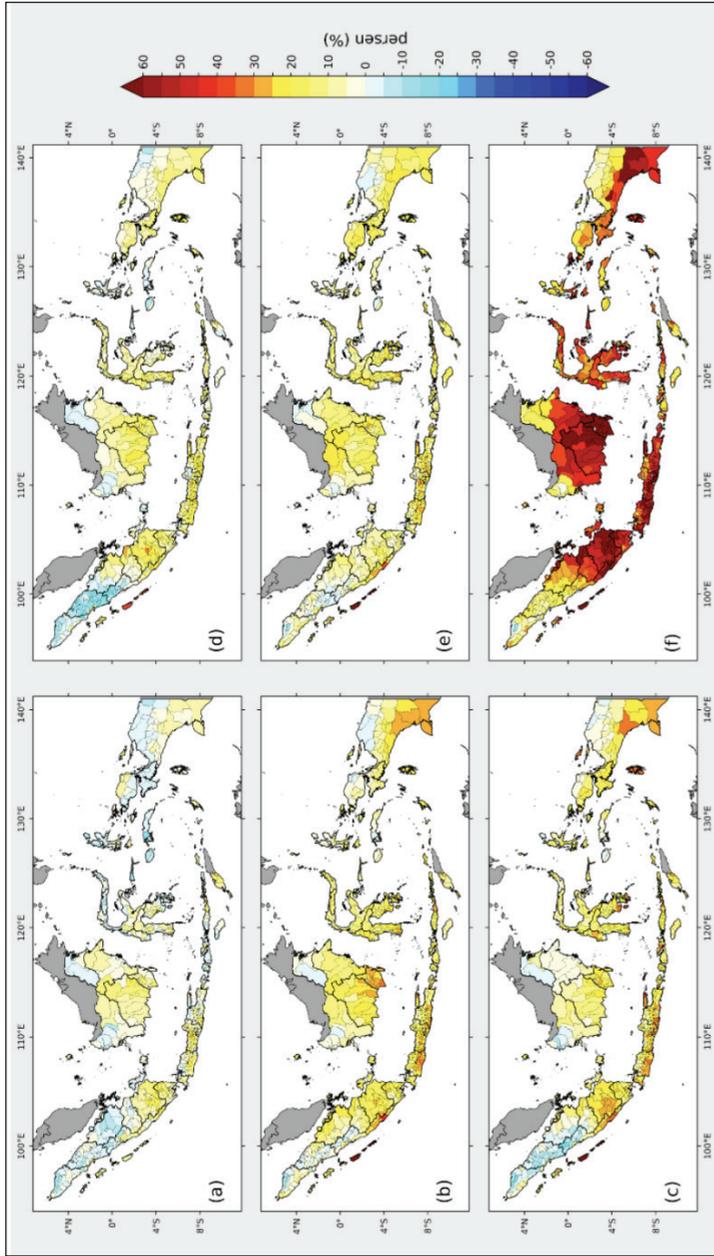
Gambar 1.3 Tren Kenaikan Muka Air Laut di Indonesia Periode 1992–2022

rob, dan banjir bandang), kekeringan, dan badai (gelombang tinggi dan siklon). Data dekade terakhir menunjukkan tren peningkatan curah hujan dan suhu ekstrem untuk wilayah Asia termasuk Indonesia (Choi dkk., 2009; Endo dkk., 2009; Supari dkk., 2017). Kejadian iklim ekstrem ini diproyeksikan akan terus meningkat (Ngai dkk., 2022; Supari dkk., 2020). Hasil kajian Aldrian dkk. (2022) menunjukkan bahwa, baik dengan skenario *Representative Concentration Pathway 4.5* (RCP 4.5) maupun dengan skenario RCP8.5, deret hari kering pada masa depan akan bertambah panjang yang mengindikasikan kondisi iklim makin kering (Gambar 1.4).

Perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu udara, dan kejadian iklim ekstrem di Indonesia telah menyebabkan peningkatan bencana iklim, baik frekuensi kejadian, intensitas, maupun dampak kerugiannya. Kejadian iklim ekstrem menyebabkan kerugian hampir pada semua sektor kehidupan manusia, seperti pertanian (Surmaini & Faqih, 2016), perikanan dan kelautan (Rahman dkk., 2023), transportasi (Ningsih dkk., 2023), dan kesehatan (Haryanto dkk., 2020).

B. Sektor Prioritas Terdampak

Perubahan iklim berdampak secara substansial pada berbagai dimensi kehidupan manusia dan dampak ini terus meluas yang menyebabkan kerugian pada kehidupan manusia. IPCC (2023) membagi dampak tersebut ke dalam empat kategori, yaitu ketersediaan air dan sistem produksi pangan, kesehatan, kota, permukiman, dan infrastruktur, serta biodiversitas dan ekosistem. Indonesia sebagai salah satu negara yang rentan terhadap dampak perubahan iklim telah mengidentifikasi beberapa dampak perubahan iklim pada sektor prioritas, yaitu sektor pertanian, air, kesehatan, serta kelautan dan pesisir. Hal itu telah dituangkan dalam RPJMN 2020–2024 pada agenda ke enam, yaitu Membangun Lingkungan Hidup, Meningkatkan Ketahanan Bencana, dan Perubahan Iklim (Kementerian PPN/Bappenas, 2019). Peningkatan ketahanan iklim menjadi tujuan pembangunan jangka panjang menengah 2020–2024 yang tertuang dalam RPJMN 2020–2024. Dalam



Keterangan: (a, d) Periode proyeksi *near-term*; (b, e) Periode proyeksi *mid-term*; (c, f) Periode proyeksi *long-term*
 Sumber: Aldrian dkk. (2022)

Gambar 1.4 Perubahan CDD (dalam %) pada Skenario RCP4.5 (Kolom Kiri) dan RCP8.5 (Kolom Kanan) terhadap Periode *Baseline* 1986–2005

RPJMN tersebut disebutkan bahwa peningkatan ketahanan iklim dilaksanakan dengan mengimplementasikan Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API) pada sektor-sektor prioritas, melalui (1) Perlindungan Kerentanan Pesisir dan Sektor Kelautan, baik berupa penguatan infrastruktur adaptasi berbasis ekosistem, penyadartahuan masyarakat, pengembangan teknologi, maupun diversifikasi mata pencaharian masyarakat pesisir; (2) Perlindungan Ketahanan Air pada Wilayah Berisiko Iklim, melalui peningkatan penyediaan pasokan air baku dan perlindungan terhadap daya rusak air; (3) Perlindungan Ketahanan Pangan terhadap Perubahan Iklim; serta (4) Perlindungan Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan dari Dampak Perubahan Iklim.

1. Sektor Pertanian

Semua proses dan kegiatan sistem produksi pertanian baik dari hulu sampai ke hilir sangat bergantung pada kondisi cuaca dan iklim sehingga perubahan pada unsur iklim dan cuaca akan berdampak pada sistem pertanian. Perubahan iklim secara nyata telah memengaruhi sistem pertanian Indonesia, baik langsung maupun tidak langsung, pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dampak langsung perubahan iklim di antaranya ialah peningkatan konsentrasi CO₂, suhu, dan curah hujan. Perubahan tersebut berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dampak tidak langsungnya, antara lain ketersediaan air, kandungan organik, erosi, perubahan serangan hama dan penyakit, kemunculan spesies invasif, dan berkurangnya daerah yang sesuai karena penurunan wilayah pesisir dan penggurunan (disertifikasi lahan).

Dampak perubahan suhu udara pada sistem pertanian banyak dikaji melalui fenologi tanaman, yaitu ilmu yang mempelajari fase-fase pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Setiap komoditas pertanian memiliki karakteristik fenologi yang berbeda-beda. Fenologi ini dijadikan indikator yang paling sensitif dan akurat untuk melihat pengaruh perubahan iklim terutama peningkatan suhu udara terhadap komoditas pertanian. Dampak lain dari peningkatan suhu udara ialah peningkatan serangan organisme pengganggu tanaman

(OPT). Perubahan iklim telah menyebabkan peningkatan luasan serangan hama dan penyakit tanaman di Indonesia (Susanti dkk., 2018). Dampak lainnya ialah munculnya hama dan penyakit dominan baru.

Perubahan curah hujan, baik intensitas maupun polanya, menyebabkan perubahan masa tanam dan awal musim tanam. Panjang masa tanam dan awal tanam sangat penting dalam pertanian tanaman semusim. Perubahan panjang masa tanam menyebabkan perubahan pola tanam. Penurunan produktivitas terjadi karena kegiatan budi daya dilakukan pada kondisi lingkungan yang kurang optimum dan risiko kehilangan hasil diakibatkan oleh bencana iklim yang makin tinggi. Pada tanaman perkebunan yang sebagian besar merupakan tanaman tahunan, perubahan pola dan intensitas curah hujan ini dapat menyebabkan penurunan produktivitas, pergeseran musim berbunga dan panen, serta perubahan tingkat kesesuaian lahan.

Pengaruh kenaikan suhu udara, curah hujan, dan peningkatan CO₂ terhadap produksi padi di Indonesia secara simultan dengan menggunakan beberapa pemodelan iklim telah dilakukan (Kinose dkk., 2020). Peningkatan suhu udara berdampak pada produksi padi dengan proyeksi penurunan mencapai 30%. Perubahan produksi yang disebabkan perubahan curah hujan berkisar 0–5%. Lain halnya dengan peningkatan CO₂ sampai batas tertentu yang diproyeksikan justru akan dapat meningkatkan produksi padi. Hal ini dapat terjadi karena proses fotosintesis pada tanaman akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar CO₂ di atmosfer. Namun, peningkatannya hanya berkisar 0–10% yang tidak sebanding dengan kehilangan hasil karena peningkatan suhu udara. Lebih lanjut, proyeksi produksi dengan mengombinasikan perubahan konsentrasi CO₂, peningkatan suhu udara, dan perubahan curah hujan, Indonesia secara rata-rata akan mengalami penurunan produksi sebesar 12,1%.

2. Sektor Pesisir dan Kelautan

Dampak perubahan iklim yang paling nyata dirasakan di wilayah pesisir adalah kenaikan muka laut. Kenaikan muka laut telah menye-

babkan bencana seperti banjir akibat pasang surut (banjir rob), erosi, abrasi, sedimentasi pantai, serta hilangnya populasi mangrove yang berguna sebagai penahan gelombang dan pelindung pantai. Dampak jangka panjang kenaikan muka laut ialah dapat menenggelamkan daratan. Khusus untuk negara kepulauan seperti Indonesia, peristiwa ini dapat menyebabkan hilangnya pulau-pulau kecil. Kenaikan muka laut juga memberikan dampak ekologis melalui intrusi air laut dan evaporasi kolam garam. Kondisi lahan dan kualitas air yang berubah mengakibatkan kerusakan ekosistem pesisir. Intrusi air laut secara nyata menyebabkan peningkatan kadar garam dan pH air tanah. Hal ini menyebabkan kerusakan pada kualitas tanah dan air.

Perubahan iklim juga berdampak pada cuaca ekstrem yang menyebabkan perubahan arah dan kecepatan angin ekstrem dan tinggi gelombang sehingga sering menimbulkan badai. Perubahan ini menyebabkan terjadinya perubahan rantai makanan pada ekosistem laut, berubahnya musim ikan, serta berpindahnya *fishing ground*. Hal ini berdampak secara ekonomi pada masyarakat yang mengandalkan kehidupan dan mata pencahariannya pada kawasan pesisir dan laut. Gelombang tinggi dan cuaca ekstrem menyebabkan nelayan tidak melaut sehingga tidak mendapatkan penghasilan. Bagi nelayan yang sudah melaut pun, hasil tangkapannya makin berkurang dan bahkan kondisi tersebut dapat mengancam keselamatan nelayan.

Secara sosial dan ekonomi, dampak perubahan iklim pada masyarakat di wilayah pesisir adalah berkurangnya pendapatan nelayan karena bergesernya *fishing ground* dan musim ikan serta adanya kerusakan terumbu karang yang menyebabkan populasi ikan makin berkurang. Biaya operasional penangkapan makin meningkat karena banyaknya kerusakan yang diakibatkan oleh badai dan gelombang tinggi. Hal ini menyebabkan profesi nelayan mulai ditinggalkan sehingga terjadi pergeseran mata pencaharian pada sektor lain yang lebih menjanjikan.

3. Sektor Kesehatan

Dampak perubahan iklim pada sektor kesehatan sangat kompleks. Haryanto dkk. (2020) menguraikan beberapa mekanisme bagaimana perubahan iklim berdampak pada sektor kesehatan, antara lain sebagai berikut.

- 1) Perubahan suhu dan curah hujan berdampak pada siklus kehidupan penyebab penyakit dan/atau spesies yang merupakan pengantar penyakit pada manusia. Perubahan temperatur dan curah hujan ini dapat berdampak pada proses reproduksi, umur hidup, penyebaran, dan hal lain yang berdampak pada kehidupan manusia yang terkena penyakit.
- 2) Perubahan suhu udara dan curah hujan akan berdampak pada sektor pertanian dan pangan yang dapat meningkatkan risiko gagal panen dan kekurangan gizi yang berkonsekuensi pada berbagai macam permasalahan kesehatan.
- 3) Perubahan curah hujan menyebabkan perubahan siklus hidrologi yang berdampak pada ketersediaan air bersih dan sanitasi. Hal ini akan dapat menyebabkan peningkatan risiko *water-borne disease*.
- 4) Kejadian iklim ekstrem menyebabkan kerusakan pada permukiman dan sarana-sarana umum lainnya yang menyebabkan kerusakan fisik pada tubuh manusia, kehilangan pendapatan, stres, dan berbagai dampak kesehatan lainnya.

4. Sektor Air

Air merupakan komponen utama bagi kehidupan. Pertumbuhan jumlah penduduk, peningkatan kebutuhan domestik, dan industri mengakibatkan kebutuhan dan persaingan untuk mendapatkan air makin tinggi yang sering menyebabkan konflik, baik di level individu, kelompok, komunitas masyarakat, dan bahkan antarsektor. Perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan suhu udara dan perubahan pola curah hujan menyebabkan berubahnya siklus hidrologi. Perubahan siklus hidrologi ini membawa dampak pada

ketersediaan air, kualitas air, distribusi spasial dan temporal, serta adanya peningkatan bencana yang disebabkan oleh air, seperti banjir, longsor/erosi, badai, dan kekeringan.

Peningkatan suhu udara menyebabkan peningkatan evaporasi. Perubahan nilai evaporasi ini, lebih lanjut, menyebabkan perubahan surplus dan defisit sumber daya air yang ditunjukkan oleh nilai selisih antara curah hujan (P) dan evaporasi (E). Nilai P - E negatif menunjukkan defisit dan sebaliknya, nilai positif menunjukkan surplus sumber daya air. Secara global, pada masa yang akan datang, dunia mengalami defisit sumber daya air. Nilai limpasan permukaan juga diproyeksikan meningkat di sebagian besar wilayah dunia. Peningkatan nilai limpasan permukaan ini menjadi ancaman risiko bencana hidrologi berupa erosi dan banjir (Kirtman dkk., 2013).

Total ketersediaan air Indonesia saat ini $690 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{tahun}$, sedangkan total permintaan air adalah $175 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Data ini menunjukkan bahwa dari segi volume, Indonesia masih surplus air, tetapi permasalahan utama sumber daya air di Indonesia adalah distribusi ketersediaan air yang tidak merata, baik secara spasial maupun temporal. Secara spasial, Pulau Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara Timur (NTT) adalah wilayah yang sudah hampir mengalami defisit air, sedangkan pulau lain, seperti Kalimantan, Papua, dan Sumatra, memiliki surplus air yang cukup besar. Distribusi temporal menunjukkan kelimpahan pada musim hujan, sedangkan pada musim kemarau sebagian besar wilayah mengalami defisit sumber daya air. Oleh karena itu, perlu dikembangkan berbagai teknologi untuk memanen dan menyimpan air pada musim hujan. Air hujan yang jatuh di daratan harus dapat ditahan agar tidak terus bermuara ke laut.

C. Pentingnya Adaptasi Perubahan Iklim

Adaptasi menjadi sangat penting untuk keberlanjutan sistem kehidupan di permukaan bumi ini. Adaptasi diartikan sebagai tindakan menyesuaikan diri untukantisipasi dampak perubahan iklim dengan tujuan meringankan dampak buruk yang dihadapi. Kegiatan adaptasi diharapkan dapat meningkatkan resiliensi terhadap dampak negatif

dari perubahan iklim. Adaptasi dapat melebarkan daya tahan (*coping rate*). Adaptasi terencana diperlukan untuk meminimalisasi dampak kerugian dan memanfaatkan keuntungan akibat dari *residual impact* tersebut. Kemampuan suatu sistem untuk melakukan penyesuaian terhadap perubahan iklim termasuk variabilitas iklim dan iklim ekstrem guna mengurangi dampak dan potensi bahaya disebut dengan kemampuan adaptasi.

Adaptasi dapat berbentuk teknologi, langkah aksi, maupun kebijakan. Adaptasi juga dapat dilakukan dalam berbagai konteks dan dimensi, antara lain sosial, ekonomi, teknologi, biofisik, dan politik, serta bersifat dinamis dari waktu ke waktu mengikuti perubahan dampak dari perubahan iklim. Pemerintah Indonesia telah menyusun sejumlah kebijakan dan Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API). Kebijakan dan rencana aksi di tingkat nasional tersebut perlu diterjemahkan oleh daerah sehingga program-program yang dilaksanakan dapat selaras dan saling mendukung.

Hal lain yang sangat penting dalam adaptasi perubahan iklim adalah kearifan lokal. Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Pasal 1, kearifan lokal diartikan sebagai nilai-nilai luhur yang berlaku dalam tatanan kehidupan masyarakat, antara lain melindungi dan mengelola hidup secara lestari. Kearifan lokal memiliki peran sentral dalam upaya adaptasi terhadap perubahan iklim di Indonesia. Indonesia dengan lanskap geografis yang beragam memiliki pengetahuan lokal yang terakumulasi selama beberapa generasi yang telah menjadi kunci dalam mengatasi tantangan iklim yang makin kompleks. Praktik-praktik pertanian berkelanjutan, pengelolaan hutan adat, dan sistem penanggulangan bencana lokal merupakan contoh nyata dari kearifan lokal ini (Kinose dkk., 2020). Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, sangat penting untuk mengintegrasikan teknologi dan kearifan lokal dalam perencanaan dan pelaksanaan strategi adaptasi. Hal ini akan memastikan bahwa upaya adaptasi tidak hanya efektif, tetapi juga memperkuat keberlanjutan budaya dan ekologi di tingkat lokal (daerah).

Berdasarkan penjelasan tersebut, buku ini disusun untuk mengangkat berbagai teknologi adaptasi dan kearifan lokal pada sektor prioritas RPJMN 2020–2024, yaitu sektor pesisir dan kelautan, ketersediaan sumber daya air, pertanian dan pangan, serta kesehatan. Buku ini juga disusun untuk menggali sistem komunikasi dan pendidikan yang ada di masyarakat untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap perubahan iklim. Pengumpulan teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim ini menjadi sangat penting untuk disebarluaskan sehingga teknologi-teknologi adaptasi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim yang ada dapat diadopsi oleh masyarakat yang lebih luas.

D. Uraian Isi Buku

Buku ini terdiri dari sebelas bab. Bab I merupakan bab pengantar singkat yang menguraikan latar belakang mengapa teknologi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim sangat penting. Pada bab ini, antara lain diuraikan fakta ilmiah perubahan iklim Indonesia yang dapat dilihat dari kenaikan suhu udara, perubahan pola dan intensitas curah hujan, kenaikan muka laut, dan kejadian iklim ekstrem. Bab ini juga membahas dampak perubahan iklim pada sektor pertanian, kelautan dan perikanan, sumber daya air, dan kesehatan. Pada bagian akhir bab ini dijelaskan mengapa teknologi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim sangat penting untuk keberlanjutan pembangunan Indonesia.

Bab II berisi telaah filosofis kearifan lokal di mana kearifan lokal harus dipandang sebagai pengetahuan dinamis dan harus dipahami secara kontekstual. Setiap wilayah lokal memerlukan teknologi yang sesuai dengan kebutuhan, nilai tradisi, dan konteks kewilayahan sehingga diperlukan lokalisasi pengetahuan dan teknologi. Kearifan lokal yang ada perlu diapresiasi, dikritisi, dan ditelusur ulang agar terbebas dari bias kepentingan tertentu.

Bab III mengangkat sistem *walik* jerami untuk menghindari kekeringan lahan sawah tadah hujan. *Walik* jerami merupakan salah satu kearifan lokal pada sistem budi daya padi di Jawa Tengah. Ke-

keringan menjadi isu yang paling banyak dibahas dalam dampak perubahan iklim pada sektor pertanian sehingga salah satu upaya adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian adalah pengembangan teknologi untuk mengatasi kekeringan. Kearifan lokal *walik jerami* ini sangat relevan untuk diangkat sebagai salah satu kearifan lokal adaptasi perubahan iklim.

Sementara itu, berbagai teknologi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian lainnya dibahas dalam Bab IV. Bab ini mengangkat secara komprehensif teknologi adaptasi perubahan iklim sektor pertanian, di antaranya pengelolaan bahan organik, konservasi tanah, pengelolaan hara, dan pengelolaan tanaman. Kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim yang diangkat dalam artikel ini adalah kearifan lokal dalam penentuan waktu tanam, kearifan lokal pengelolaan air, dan kearifan lokal pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Beberapa kearifan lokal dalam penentuan waktu tanam, di antaranya *pranata mangsa*, *palontara*, *ngaseuk*, *sawah rintak*, dan *sawah surung*. Kearifan lokal dalam pengelolaan air, antara lain subak, *nyabuk gunung*, *budaya pamali*, pemanfaatan gerakan pasang surut air, *keujreun blang*, sawah surjan, padi ratun, pembuatan selokan dalam, dan *kobekolo*. Tiga kearifan lokal pengendalian OPT yang diangkat adalah pemanfaatan predator dan penanaman tanaman refugia, penggunaan *Trichoderma* spp., dan pengendalian penyakit dengan ekstrak binahong.

Bab V mengungkap teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim pada sektor kelautan, khususnya adaptasi terhadap kenaikan muka laut. Bab ini menyajikan fakta-fakta kenaikan muka laut dan dampaknya pada kehidupan masyarakat pesisir. Teknologi yang diangkat dalam bab ini adalah teknologi-teknologi dari beberapa negara kepulauan, yaitu Jepang, Jerman, Belanda, dan sebagainya. Teknologi-teknologi tersebut sangat relevan dengan kondisi Indonesia sebagai negara kepulauan. Pada bab ini juga diangkat teknologi “Chi A Gian” sebagai sebuah terobosan adaptasi kenaikan muka laut. Chi A Gian didesain berbentuk kapal selam dan digagas dengan sistem kerja untuk membekukan air laut di Antarktika dan Greenland serta menormalisasi gletser yang telah mencair. Cara kerjanya, yaitu kapal

selam didesain dengan fitur penyerap tenaga laut sebagai energi untuk menghasilkan pembekuan terhadap air laut. Artinya, teknologi ini tetap ramah lingkungan dan tidak berkontribusi terhadap pemanasan global.

Bab VI menyajikan tinjauan teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim pada sumber daya air. Bab ini diawali dengan pembahasan dampak perubahan iklim di Indonesia terhadap sumber daya air melalui indikator penting terjadinya perubahan iklim pada sumber daya air dan melalui pemodelan dampak perubahan iklim pada sumber daya air. Teknologi adaptasi perubahan iklim yang diangkat dalam bab ini, antara lain *food smart village* dan teknologi pengelolaan air dan irigasi pada berbagai tipe agrosistem lahan. Kearifan lokal untuk adaptasi sumber daya air yang diulas adalah kearifan lokal panen air untuk irigasi pertanian, domestik, dan pulau-pulau kecil. Bab ini dilengkapi dengan studi kasus pengembangan teknologi irigasi hemat air di Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah.

Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim pada bidang kesehatan diulas pada Bab VII. Bab ini mengulas tentang Topi Anti DBD (TAD) sebagai strategi adaptasi perubahan iklim terhadap infeksi dengue di daerah rawan air bersih, yaitu Tarakan, Kalimantan Utara. Masyarakat di wilayah ini terbiasa menampung air hujan untuk kebutuhan domestik karena wilayah ini memiliki keterbatasan ketersediaan air bersih. Namun, penampungan air tersebut berisiko meningkatkan jentik nyamuk yang berdampak pada peningkatan kasus demam berdarah.

Teknologi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim sektor pertanian selanjutnya dilengkapi dengan teknologi dan kearifan lokal pada subsektor peternakan, khususnya peternakan ruminansia pada Bab VIII. Bab ini menguraikan dampak perubahan iklim pada peternakan dan berbagai teknologi berbasis kearifan lokal untuk adaptasi ternak ruminansia yang dibagi dalam beberapa bagian, antara lain teknologi terhadap perubahan respons fisiologis karena perubahan iklim serta teknologi pendukung adaptasi perubahan iklim, seperti genetik/*breeding*, lingkungan pemeliharaan, kesehatan, dan penyakit.

Bab ini juga dilengkapi dengan upaya penumbuhan kesadaran dan kepedulian peternak terhadap perubahan iklim.

Bab IX berisi pembahasan peran penting pendidikan dalam penumbuhan kepedulian dan kesadaran adaptasi perubahan iklim. Bab ini mengulas peran pendidikan pesantren untuk perubahan sosial dalam penyelamatan lingkungan dan adaptasi perubahan iklim. Artikel ini mengangkat studi kasus di tiga pesantren di Provinsi Jawa Barat. Kearifan lokal dan ekосоfi dalam bentuk fikih lingkungan dalam kurikulum pesantren menjadi titik fokus bab ini. Fikih lingkungan sangat penting untuk pemeliharaan lingkungan berkelanjutan bagi generasi muda pesantren. Pesantren adalah lembaga pendidikan Islam yang khas dan asli Indonesia. Ia tidak hanya berperan sebagai lembaga pendidikan, tetapi juga berperan sebagai lembaga sosial dan penyebaran agama. Artikel tentang peran pendidikan pesantren dalam menumbuhkan kesadaran perubahan iklim dan penyelamatan lingkungan masih jarang dibahas dan masih terbatas.

Bab X ditujukan untuk membangun kesadaran masyarakat tentang penyelamatan lingkungan dan perubahan iklim melalui radio komunitas. Radio komunitas merupakan aktor lokal dalam menghadapi krisis iklim dan lingkungan. Komunikasi melalui radio komunitas menjadi sarana penyampaian informasi perubahan iklim dan penyelamatan lingkungan. Radio dibangun dengan semangat kebersamaan komunitas dalam penumbuhan kesadaran masyarakat. Radio komunitas dapat digunakan dengan mudah dan sangat efektif dalam penyampaian informasi pada skala desa. Radio ini juga dapat digunakan untuk menyampaikan informasi *real time* dan akurat terkait kondisi yang pada wilayah setempat.

Akhirnya, pada Bab XI diulas catatan penutup dari seluruh bab-bab pada buku ini untuk mempertajam kembali teknologi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim. Catatan akhir dari bab ini mengungkapkan bahwa sudah sejak zaman dahulu masyarakat Indonesia telah memiliki teknologi tradisional yang disebut dengan teknik budi daya dan kearifan lokal yang bertujuan untuk kelestarian lingkungan walaupun pada saat itu, teknologi dan kearifan lokal belum

ditujukan untuk adaptasi terhadap dampak perubahan iklim. Peran dari lembaga penelitian dan perguruan tinggi untuk mengangkat teknik budi daya dan kearifan lokal yang dimiliki oleh setiap daerah di Indonesia menjadi pengetahuan tingkat dunia atau sains atau cabang dari ilmu yang telah ada sebelumnya ialah melalui penelitian dan kajian ilmiah yang lebih mendalam. Integrasi antara teknologi dan kearifan lokal akan menjadi solusi yang efektif dalam adaptasi perubahan iklim. Bab ini ditutup dengan beberapa rekomendasi penting adaptasi perubahan iklim.

Referensi

- Aldrian, E., Surmaini, E., Marwanto, S., Apriyana, Y., Maftu'ah, E., Pramudia, A., Fanggidae, Y. R., Supari, Syafrianno, A. A., Khoir, A. N., Chandrasa, G. T., Muharsyah, R., Suradi, Perdinan, Anggraeni, L., Adi, R. F., Tjahjono, R. E. P., Infrawan, D. Y. D., & Sulistyowati, D. (2022). *Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian Indonesia: Fokus komoditas padi dan kopi (arabika dan robusta)*. PI-AREA.
- Choi, G., Collins, D., Ren, G., Trewin, B., Baldi, M., Fukuda, Y., Afzaal, M., Pianmana, T., Gomboluudev, P., Huong, P. T. T., Lias, N., Kwon, W. T., Boo, K. O., Cha, Y. M., & Zhou, Y. (2009). Changes in means and extreme events of temperature and precipitation in the Asia-Pacific Network region, 1955–2007. *International Journal of Climatology*, 29(13), 1906–1925. <https://doi.org/10.1002/joc.1979>
- Endo, N., Matsumoto, J., & Lwin, T. (2009). Trends in precipitation extremes over Southeast Asia. *Sola*, 5, 168–171.
- Förster, H., Sterzel, T., Pape, C. A., Moneo-Lain, M., Niemeyer, I., Boer, R., & Kropp, J. P. (2011). Sea-level rise in Indonesia: On adaptation priorities in the agricultural sector. *Regional Environmental Change*, 11(4), 893–904. <https://doi.org/10.1007/s10113-011-0226-9>
- Haryanto, B., Lestari, F., & Nurlambang, T. (2020). Extreme events, disaster, and health impact in Indonesia. Dalam R. Akhtar (Ed.), *Extreme weather events and human health* (227–245). Springer.
- IPCC. (2023). Summary for policymakers. Dalam Core Writing Team, H. Lee, & J. Romero (Ed.), *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1–34). https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf

- Kementerian PPN/Bappenas. (2019). *Rencana pembangunan jangka menengah nasional 2020–2024*.
- Kementerian PPN/Bappenas. (2021). *Daftar lokasi & aksi ketahanan iklim*.
- Kinose, Y., Masutomi, Y., Shiotsu, F., Hayashi, K., Ogawada, D., Gomez-Garcia, M., Matsumura, A., Takahashi, K., & Fukushi, K. (2020). Impact assessment of climate change on the major rice cultivar ciharang in Indonesia. *Journal of Agricultural Meteorology*, 76(1), 19–28. <https://doi.org/10.2480/agrmet.D-19-00045>
- Kirtman, B., Power, S. B., Adedoyin, J. A., Boer, G. J., Bojariu, R., Camilloni, I., Doblas-Reyes, F. J., Fiore, A. M., Kimoto, M., Meehl, G. A., Prather, M., Sarr, A., Schär, C., Sutton, R., van Oldenborgh, G. J., Vecchi, G., & Wang, H. J. (2013). Near-term climate change: Projections and predictability. Dalam T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Ed.), *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter11_FINAL.pdf
- Le Bars, D., Drijfhout, S., & de Vries, H. (2017). A high-end sea level rise probabilistic projection including rapid Antarctic ice sheet mass loss. *Environmental Research Letters*, 12(4). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6512>
- Nababan, B., Hadiani, S., & Natih, N. M. N. (2015). Dinamika anomali paras laut perairan Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1), 259–272.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2023). *Laboratory for satellite altimetry/sea level rise: Regional sea level time series: Indonesian*. Diakses 30 September, 2023, dari https://www.star.nesdis.noaa.gov/socd/lisa/SeaLevelRise/slr/slr_sla_int_keep_txj1j2_90.pdf
- Ngai, S. T., Juneng, L., Tangang, F., Chung, J. X., Supari, S., Salimun, E., Cruz, F., Ngo-Duc, T., Phan-Van, T., Santisirisomboon, J., & Gunawan, D. (2022). Projected mean and extreme precipitation based on bias-corrected simulation outputs of CORDEX Southeast Asia. *Weather and Climate Extremes*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100484>

- Ningsih, N. S., Azhari, A., & Al-Khan, T. M. (2023). Wave climate characteristics and effects of tropical cyclones on high wave occurrences in Indonesian waters: Strengthening sea transportation safety management. *Ocean and Coastal Management*, 243. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106738>
- Rahman, M. S., Huang, W. C., Toiba, H., Putritamara, J. A., Nugroho, T. W., & Saeri, M. (2023). Climate change adaptation and fishers' subjective well-being in Indonesia: Is there a link? *Regional Studies in Marine Science*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103030>
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. (2009). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/38771/uu-no-32-tahun-2009>
- Seneviratne, S. I., Zhang, X., Adnan, M., Badi, W., Dereczynski, C., Di Luca, A., Ghosh, S., Iskandar, I., Kossin, J., Lewis, S., Otto, F., Pinto, I., Satoh, M., Vicente-Serrano, S. M., Wehner, M., & Zhou, B. (2023). Weather and climate extreme events in a changing climate. Dalam V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Ed.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1513–1766). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.013>
- Sofian, I., Wijanarto, A., & Karsidi, A. (2013). Estimating the steric sea level rise in Indonesian seas using an oceanic general circulation model. *International Journal of Geoinformatics*, 9(3). <https://www.researchgate.net/publication/278031767>
- Sopaheluwakan, A. (2020). *Projection of climate change in Indonesia : Preliminary analysis for the Bengawan Solo River* [Bahan paparan dalam Orientation Seminar on Climate Change Adaptation: In the Pilot Case of Solo River Basin]. https://www.pwri.go.jp/icharm/special_topic/20200319_indonesia/06_Ardhasena%20Sopaheluwakan.pdf
- Supari, Tangang, F., Juneng, L., & Aldrian, E. (2017). Observed changes in extreme temperature and precipitation over Indonesia. *International Journal of Climatology*, 37(4), 1979–1997. <https://doi.org/10.1002/joc.4829>

- Supari, Tangang, F., Juneng, L., Cruz, F., Chung, J. X., Ngai, S. T., Salimun, E., Mohd, M. S. F., Santisirisomboon, J., Singhruck, P., Phan Van, T., Ngo-Duc, T., Narisma, G., Aldrian, E., Gunawan, D., & Sopaheluwakan, A. (2020). Multi-model projections of precipitation extremes in Southeast Asia based on CORDEX-Southeast Asia simulations. *Environmental Research*, 184. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109350>
- Surmaini, E., & Faqih, A. (2016). Kejadian iklim ekstrem dan dampaknya terhadap pertanian tanaman pangan di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 10(2), 115–128.
- Susanti, E., Surmaini, E., & Estiningtyas, W. (2018). Parameter iklim sebagai indikator peringatan dini serangan hama penyakit tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12(1), 59–70.