DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP TANAMAN PADI DI INDONESIA

Rikko Alpando
Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana

ABSTRAK

Perubahan iklim adalah tantangan serius bagi industri pertanian di Indonesia, terutama yang berkaitan dengan produksi padi sebagai komoditas makanan utama. Penelitian ini mengeksplorasi dampak perubahan iklim terhadap padi di Indonesia dengan menggunakan data observasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dari tahun 2015 hingga 2024, yang dipadukan dengan data hasil produksi padi dari Badan Pusat Statistik (BPS). Analisis yang dilakukan mengungkapkan bahwa kenaikan temperatur udara rata-rata nasional telah mencapai 1,02°C setiap 44 tahun (1981–2024), di mana tahun 2024 mencatat rekor suhu tertinggi (+0,8°C) dalam sejarah pengamatan. Fenomena El Niño yang terjadi pada tahun 2015, 2019, serta 2023–2024 memicu kejadian kekeringan yang berdampak signifikan terhadap penurunan hasil dan luas area panen padi. Perubahan dalam pola curah hujan, meningkatnya frekuensi cuaca ekstrem, dan modifikasi pola musim tanam adalah beberapa faktor yang menjadi ancaman bagi ketahanan pangan di negara ini. Langkah-langkah adaptasi seperti penggunaan varietas padi yang tahan kekeringan, peningkatan sistem irigasi, dan pemanfaatan data iklim dari BMKG menjadi rekomendasi penting untuk menghadapi tantangan iklim di masa mendatang.

Kata Kunci: *perubahan iklim, padi, El Niño, BMKG, ketahanan pangan, Indonesia*

ABSTRACT

Climate change poses a serious challenge to Indonesia's agricultural sector, particularly with regard to rice production as a staple food commodity. This study explores the impact of climate change on rice in Indonesia using observational data from the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency (BMKG) from 2015 to 2024, combined with rice production data from the Central Statistics Agency (BPS). The analysis reveals that the national average air temperature has risen by 1.02°C every 44 years (1981–2024), with 2024 recording the highest temperature on record (+0.8°C) in the history of observations. El Niño events occurring in 2015, 2019, and 2023–2024 triggered droughts that significantly impacted rice yield and harvested area. Changes in rainfall patterns, increased frequency of extreme weather, and shifts in planting season patterns are among the factors threatening food security in the country. Adaptation measures such as the use of drought-tolerant rice varieties, improvements to irrigation systems, and the utilization of climate data from the BMKG are key recommendations for addressing future climate challenges.

Keywords: *climate change, rice, El Niño, BMKG, food security, Indonesia.*

PENDAHULUAN

Sebagai negara agraris, Indonesia menempatkan sektor pertanian khususnya Tanaman Padi pada posisi strategis karena beras merupakan bahan pokok bagi lebih dari 270 juta penduduk dan mata pencaharian jutaan petani padi. Stabilitas pasokan beras erat kaitannya dengan ketahanan pangan nasional. Namun, perubahan iklim kini menjadi ancaman serius bagi sektor yang krusial ini.

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) melaporkan bahwa suhu udara rata-rata di Indonesia telah meningkat sebesar 1,02°C selama periode pengamatan 1981–2024. Tahun 2024 sendiri tercatat sebagai tahun terpanas sepanjang sejarah dengan suhu rata-rata nasional mencapai 27,52°C–27,53°C dan anomali suhu 0,85°C. Meskipun angka kenaikan ini tampak kecil, dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman padi sangat signifikan. Lebih mengkhawatirkan lagi, suhu minimum malam hari meningkat sekitar 1,64**°**C dalam rentang waktu yang sama. Peningkatan suhu malam dapat mengurangi efisiensi pengisian gabah, sehingga menurunkan kualitas dan bobot hasil panen secara signifikan.

Perubahan iklim juga berdampak pada pola curah hujan. BMKG mencatat bahwa fenomena El Nino dan La Nina menyebabkan ketidakmenentuan curah hujan yang ekstrem. Pada periode 2015–2024, Indonesia mengalami rangkaian El Nino pada tahun 2015, 2019, dan 2023–2024 yang menurunkan curah hujan hingga **>40%** di hampir seluruh wilayah, terutama pada musim Juni–Agustus dan September–November. Sebaliknya, La Nina yang berkepanjangan pada 2020–2022 menyebabkan peningkatan curah hujan **20–40%** lebih tinggi dibandingkan tahun netral. Kondisi ini mengganggu penentuan waktu tanam dan pengelolaan operasional pertanian.

Kepala BMKG Dwikorita Karnawati menegaskan bahwa pertanian merupakan sektor yang mengalami dampak paling serius akibat perubahan iklim. Perubahan pola curah hujan dan kenaikan suhu udara menyebabkan produksi pertanian menurun secara signifikan, dengan kejadian iklim ekstrim berupa banjir dan kekeringan yang memperluas area gagal panen atau *puso*. Studi menunjukkan bahwa kenaikan suhu rata-rata 1°C akan menurunkan produktivitas padi 5–7% akibat berkurangnya pembentukan gabah, pendeknya periode pertumbuhan, dan meningkatnya respirasi tanaman. Bahkan, BRIN memperkirakan produksi padi nasional bisa turun hingga 50% ketika suhu naik 1–2 derajat Celcius.

Data Badan Pusat Statistik (BPS) mengungkapkan bahwa fluktuasi produksi padi berkorelasi dengan fenomena iklim ekstrim tersebut. Pada tahun 2018 dan 2019, produksi padi turun drastis menjadi kurang dari 60 juta ton salah satunya akibat perubahan iklim.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis pola perubahan parameter iklim berdasarkan data dari BMKG tahun 2015 hingga 2024; (2) mempelajari dampak perubahan iklim terhadap hasil panen dan luas tanam padi; serta (3) memberikan saran adaptasi yang didasarkan pada bukti empiris untuk memperkuat ketahanan pangan nasional.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan studi kuantitatif dengan pendekatan analitis-deskriptif yang mengandalkan tinjauan literatur dan analisis data sekunder dalam rentang waktu 2015 hingga 2024. Metode ini sejalan dengan yang diterapkan oleh Malau dan rekan-rekan (2023) dalam mengevaluasi pengaruh ENSO terhadap hasil pertanian di 16 provinsi di Indonesia

dengan memakai regresi data panel. Pengolahan data sekunder dilakukan secara terstruktur untuk menemukan hubungan antara variabel cuaca dan hasil padi.

Sumber Data

Data yang digunakan dalam studi ini berasal dari institusi resmi yang dapat dipercaya, yang mencakup: (1) Rekaman anomali suhu udara tahunan Indonesia oleh BMKG untuk periode 2015 hingga 2024; (2) Informasi mengenai perubahan suhu dan curah hujan dari tahun 1981 sampai 2024 yang diambil dari BMKG; (3) Statistik mengenai produksi padi, luas panen, dan tingkat produktivitas yang dirilis oleh BPS (Press Release No. 74/02/Th. XXVII, 3 Februari 2025); serta (4) Penelitian akademik yang terdapat dalam jurnal ternama nasional dan buku-buku yang diterbitkan oleh lembaga pemerintah dengan kriteria sepuluh tahun terakhir.

Metode Analisis

Analisis data dilakukan melalui: (1) Analisis tren suhu menggunakan data anomali BMKG untuk periode 2015–2024; (2) Analisis korelasi antara fase ENSO (El Niño/La Niña) dengan data produksi padi BPS; (3) Sintesis literatur secara naratif untuk mengidentifikasi mekanisme dampak iklim terhadap fisiologi padi; dan (4) Formulasi rekomendasi adaptasi berbasis bukti empiris dari kajian ilmiah terkini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

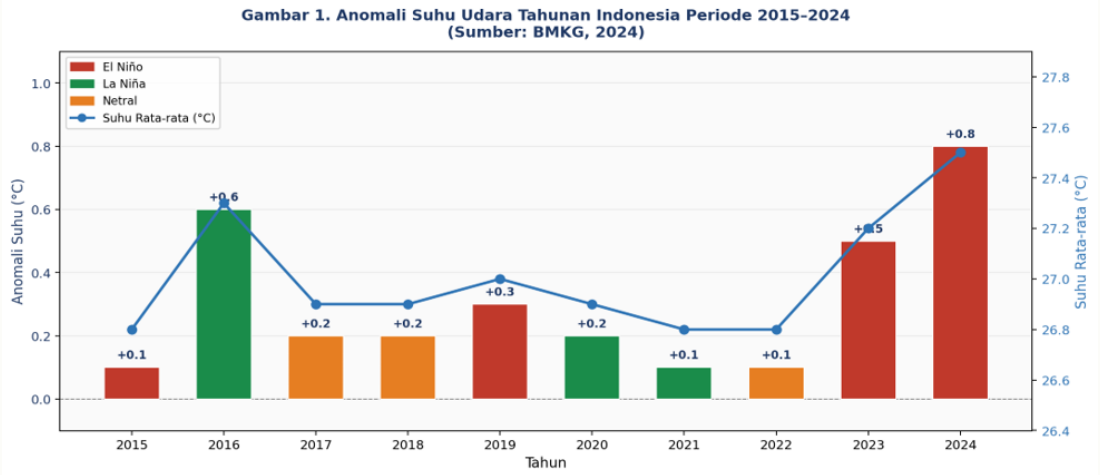
Tren Perubahan Suhu Udara Indonesia 2015-2024

Berdasarkan informasi dari 116–117 lokasi pengamatan BMKG, suhu rata-rata untuk periode normal 1991–2020 di Indonesia tercatat sebesar 26,7°C. Dalam dekade 2015–2024, hampir setiap tahun mengalami pergeseran suhu positif, dengan tingkat keparahan yang terus bertambah. Tabel 1 menunjukkan data mengenai anomali suhu tahunan di Indonesia untuk periode 2015–2024.

Tabel 1. Anomali Suhu Udara Rata-rata Tahunan Indonesia Periode 2015–2024

Tahun	Suhu Rata-rata (°C)	Anomali (°C)	Kondisi ENSO / Keterangan
2015	26,8	+0,1	El Niño Kuat
2016	27,3	+0,6	Tahun Terpanas ke-3 (1981–2023)
2017	26,9	+0,2	Fase Netral
2018	26,9	+0,2	Fase Netral
2019	27,0	+0,3	El Niño Moderat
2020	26,9	+0,2	La Niña
2021	26,8	+0,1	La Niña
2022	27,0	+0,2	Fase Netral
2023	27,2	+0,5	Tahun Terpanas ke-2 (1981–2023)
2024	27,5	+0,8	Tahun Terpanas ke-1 (1981–2024)

Sumber: BMKG (2024-2025), data anomali suhu udara tahunan nasional

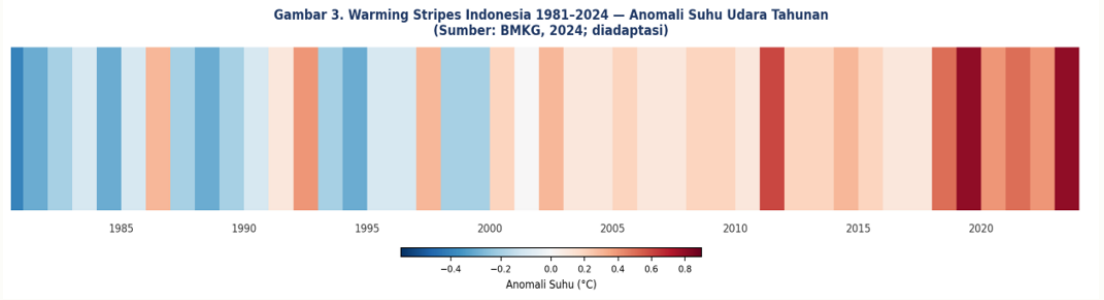


Gambar 1. Anomali Suhu Udara Tahunan Indonesia 2015-2024 (batang) dan suhu rata-rata (garis) berdasarkan data BMKG; diolah menggunakan Phyton/Matplotlib

Data dalam Tabel 1 menunjukkan pola pemanasan yang stabil. Rekor anomali tertinggi dicatat pada tahun 2024 (+0,8°C), disusul oleh tahun 2016 (+0,6°C) dan 2023 (+0,5°C). Menurut BMKG (2025), tahun 2024 diakui sebagai tahun terpanas selama 44 tahun pengamatan, dengan anomali suhu positif yang hampir merata di semua 117 lokasi pengamatan. Anomali paling tinggi terdeteksi di Stasiun Gusti Syamsir Alam, Kabupaten Kotabaru (+1,5°C), sementara anomali negatif yang satu-satunya muncul di Banda Aceh (−0,2°C). Kenaikan suhu rata-rata nasional mencatatkan angka 1,02°C per 44 tahun (1981–2024), sementara suhu minimum mengalami peningkatan yang lebih cepat sebesar 1,64°C dalam periode yang sama (BMKG, 2024). Kenaikan signifikan pada suhu minimum ini semakin memperburuk terjadinya fenomena 'malam hangat' yang berdampak negatif terhadap akumulasi bahan kering pada tanaman padi. Visualisasi Warming Stripes BMKG untuk rentang waktu 1981–2024 menunjukkan warna merah yang semakin dominan sejak pertengahan tahun 1990-an, dengan intensitas paling tinggi terjadi pada tahun 2016, 2023, dan 2024, yang menegaskan percepatan pemanasan yang berpotensi membahayakan ketahanan produksi padi (BMKG, 2024). Temuan ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Ruminta., dkk. (2018) yang menemukan tanda-tanda peningkatan suhu yang konsisten di daerah Sumatera Selatan dan Malang Raya, disertai dengan perubahan dalam pola curah hujan serta klasifikasi agroklimat Oldeman yang menunjukkan semakin besarnya kerentanan dalam pertanian pangan. Melihat ke depan, Nazarudin, L. (2024) menerapkan model simulasi AquaCrop yang didasarkan pada data CORDEX-SEA dan menunjukkan bahwa dalam skenario emisi tinggi (RCP8. 5), hasil pertanian padi di area sentra produksi di pantai utara Jawa Barat, Jawa Tengah, serta Jawa Timur berisiko mengalami penurunan hingga 60–90% pada musim kemarau, yang merupakan ancaman serius bagi ketahanan pangan nasional ke depannya.

Tren Jangka Panjang: Warming Stripes Indonesia 1981-2024

Gambar 3 memberikan representasi visual tentang Warming Stripes Indonesia 1981-2024, yang diambil dari gagasan yang juga dipublikasikan secara resmi di situs BMKG. Setiap garis yang berdiri tegak melambangkan satu tahun: warna biru menunjukkan tahun yang lebih sejuk dibandingkan rata-rata, sedangkan warna merah menunjukkan tahun yang lebih panas.

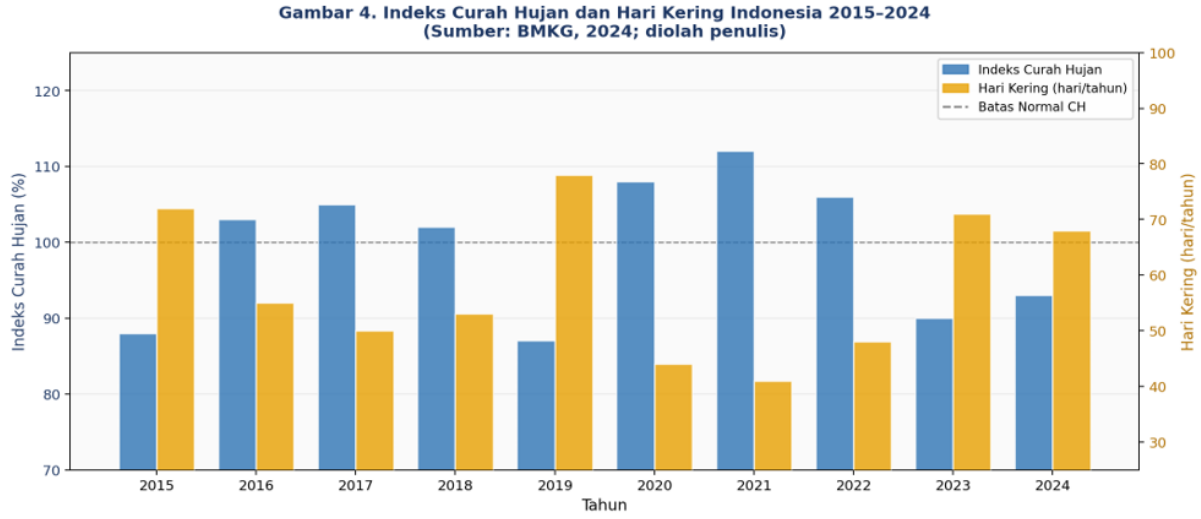


Gambar 2. Warming Stripes Indonesia 1981-2024- Anomali Suhu Udara Tahunan Diadaptasi dari konsep Prof. Ed Hawkins (Univ. of reading); data BMKG 2024

Warming Stripes menunjukkan peningkatan warna merah yang semakin menguat sejak pertengahan tahun 1990-an, mencapai puncaknya pada tahun 2016, 2023, dan 2024. Pola ini sesuai dengan informasi angka dari BMKG yang mencatat peningkatan suhu sebesar 1,02°C dalam 44 tahun terakhir. Keberadaan warna merah yang dominan antara tahun 2015 hingga 2024 secara grafik menggambarkan percepatan pemanasan yang dapat berpotensi mengancam ketahanan dalam produksi padi.

Perubahan Pola Curah Hujan 2015-2024

Gambar 3 menunjukkan nilai indeks curah hujan relatif dan jumlah hari kering di Indonesia untuk periode 2015–2024. Indeks dengan nilai 100 mencerminkan keadaan curah hujan yang biasa sesuai dengan informasi klimatologis dari BMKG.

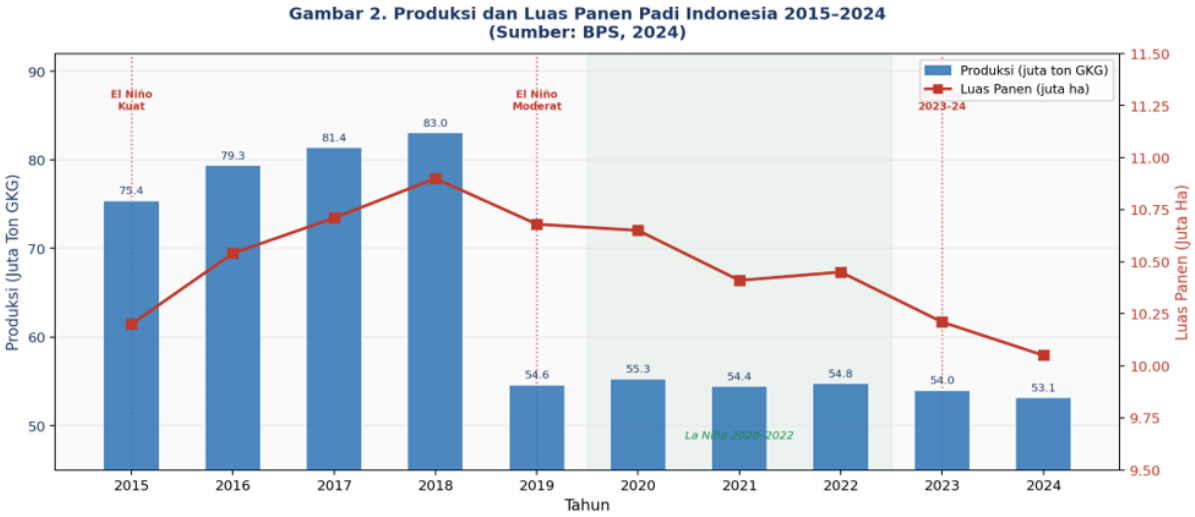


Gambar 3. Indeks Curah Hujan Relatif dan Hari Kering Indonesia 2015–2024 Dibuat berdasarkan data BMKG; diolah penulis dengan Python/Matplotlib

Pada periode El Niño (2015, 2019, 2023–2024), tingkat hujan tercatat berada di bawah rata-rata dan jumlah hari tanpa hujan meningkat mencapai 71–78 hari dalam setahun. Sebaliknya, fenomena La Niña yang terjadi antara 2020 hingga 2022 membawa dampak surplus hujan dan menurunkan jumlah hari kering. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) melaporkan bahwa laju peningkatan curah hujan maksimum harian mengalami kenaikan hingga 118 mm dalam kurun waktu 44 tahun di beberapa daerah, menandakan adanya peningkatan risiko terjadinya banjir pada musim hujan.

Dampak terhadap Produksi Padi Nasional 2015-2024

Gambar 4 menunjukkan informasi mengenai hasil produksi padi (dalam juta ton GKG) dan area panen (dalam juta ha) di tingkat nasional untuk tahun 2015 hingga 2024 menurut BPS, yang disesuaikan dengan kondisi iklim. Pada grafik ini, hubungan antara ENSO dan hasil padi terlihat dengan sangat jelas.



Gambar 4. Produksi Padi (batang) dan Luas Panen (garis) Indonesia 2015–2024 Dibuat berdasarkan data BPS; diolah penulis dengan Python/Matplotlib

Tabel 2. Produksi, Luas Panen, dan Produktivitas Padi Indonesia 2015–2024

Tahun	Prod. (Jt ton GKG)	L. Panen (Jt ha)	Prod. (ton/ha)	Kondisi ENSO
2015	75.40	10.20	7.39	El Niño Kuat
2016	79.35	10.54	7.53	La Niña Lemah
2017	81.38	10.71	7.60	Netral
2018	83.04	10.90	7.62	Netral
2019	54.60*	10.68	7.22	El Niño Moderat
2020	55.27	10.65	7.41	La Niña
2021	54.42	10.41	7.46	La Niña
2022	54.75	10.45	7.50	Netral
2023	53.98	10.21	7.45	El Niño 2023–2024
2024	53.14	10.05	7.42	El Niño sisa / Netral

Sumber: BPS (2024)

Produksi padi mencapai titik tertingginya pada tahun 2018 dengan hasil 83,04 juta ton GKG selama periode Netral-La Niña, lalu mengalami penurunan yang signifikan saat terjadi El Niño. Pada tahun 2024, area panen berkurang sebesar 167 ribu hektar (1,64%), dan hasil beras untuk konsumsi juga mengalami penurunan sebesar 0,76 juta ton

dibandingkan tahun 2023 (BPS, 2025). Malau., dkk. (2023) menegaskan bahwa ENSO memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap produksi padi nasional melalui analisis regresi panel data dari 16 provinsi. Penurunan hasil padi ladang yang disebabkan oleh El Niño (2,91%) lebih besar dibandingkan dengan padi sawah beririgasi (2,43%), yang menunjukkan betapa pentingnya pengembangan infrastruktur irigasi teknis sebagai perlindungan terhadap efek El Niño (Irawan, 2006). Situasi ini menekankan kebutuhan mendesak untuk melakukan adaptasi terhadap infrastruktur irigasi yang dijabarkan dalam RAN-API (BAPPENAS, 2021). Pada tingkat regional, Aditya, F., dkk. (2021) juga menunjukkan bahwa fluktuasi curah hujan yang tinggi yang berkaitan dengan fenomena El Niño/La Niña—memiliki dampak buruk terhadap hasil pertanian padi sawah di Kalimantan Barat, khususnya saat tanaman berada di fase pertumbuhan yang kritis. Selain itu, Andri, A dan Priantoro, R.D. (2020) dalam penelitian mereka di Kabupaten Subang menemukan bahwa El Niño tahun 2015 secara langsung mengurangi curah hujan, mengurangi luas panen, serta mengurangi produksi padi secara signifikan, yang memperkuat pola serupa yang terlihat dalam data BPS nasional antara tahun 2015 hingga 2024.

Mekanisme Dampak Iklim terhadap Fisiologi Padi

Perubahan iklim mempengaruhi tanaman padi melalui beberapa mekanisme fisiologis yang penting: (1) kekeringan selama fase pembungaan dan pengisian biji menyebabkan kematian serbuk sari dan penurunan jumlah gabah yang terisi; (2) fenomena malam hangat akibat peningkatan suhu minimum yang cepat mempercepat proses respirasi di malam hari dan mengurangi cadangan fotosintat; (3) perubahan musim mengakibatkan fase kritis tidak sesuai dengan tersedia air; dan (4) La Niña mendorong pertumbuhan patogen serta peningkatan jumlah serangga pembawa penyakit yang berdampak buruk pada kualitas dan jumlah hasil panen. Ruminta, R. (2016) dalam studi yang dilakukan di Kabupaten Bandung, Jawa Barat, secara khusus mengungkapkan adanya penurunan yang signifikan dalam produksi padi akibat perubahan faktor iklim. Di sini, peningkatan suhu serta pergeseran pola curah hujan membuat tingkat kerentanan dan risiko gagal panen semakin buruk. Temuan ini didukung oleh penelitian Estiningtyas, W dan Syakir, M. (2018) yang menunjukkan bahwa padi pada lahan tadah hujan lebih terkena dampak negatif dari perubahan iklim dibandingkan dengan padi yang ditanam di lahan irigasi, karena pasokan air sepenuhnya bergantung pada curah hujan yang kini semakin tidak stabil akibat pengaruh El Niño. Di sisi lain, Natawidjaja, R. S. (2020) menemukan bahwa perubahan iklim juga berimbas pada penurunan pendapatan pertanian padi di Jawa Barat. Hal ini mendorong para petani untuk mengambil berbagai langkah mitigasi seperti merencanakan ulang waktu tanam dan memilih varietas yang lebih sesuai dengan kondisi iklim, meskipun kemampuan adaptasi mereka masih terhambat oleh kurangnya akses terhadap modal dan informasi tentang iklim.

STRATEGI ADAPTASI DAN MITIGASI

Pemanfaatan Informasi Iklim BMKG

BMKG menawarkan berbagai jenis informasi cuaca yang bisa digunakan secara langsung: ramalan musim, estimasi curah hujan dua mingguan, peta risiko banjir, dan ramalan iklim CMIP6. Penggunaan informasi cuaca dari BMKG yang optimal dapat membantu menyesuaikan jadwal penanaman yang lebih tepat untuk menghindari stres pada fase

penting padi. Program Sekolah Lapang Iklim (SLI) BMKG adalah langkah strategis untuk meningkatkan pemahaman petani tentang iklim di tingkat desa.

Penggunaan Varietas Adaptif Iklim

Varietas padi yang tahan terhadap kekeringan, suhu ekstrem, dan genangan air seperti seri Inpari dan Inpago yang sudah dirilis oleh Balitbangtan terbukti mampu menurunkan efek perubahan iklim sebanyak 20–30% (Fathrio, I.,dkk. 2025). Pengembangan varietas yang dapat beradaptasi adalah strategi jangka panjang yang paling efisien dari segi biaya dan keberlanjutan. Surmain, Ei dan Syahbuddin, H. (2016) menegaskan bahwa penentuan waktu tanam yang tepat berdasarkan prediksi awal musim hujan merupakan komponen krusial dalam sistem adaptasi pertanian padi Indonesia, mengingat penetapan kalender tanam yang sesuai dapat mengurangi risiko kegagalan panen akibat cekaman kekeringan maupun banjir secara signifikan.

Perbaikan Sistem Irigasi

Perluasan sistem pengairan yang menggunakan teknologi dan teknik irigasi berselang telah terbukti dapat menurunkan penggunaan air sebesar 30–50% tanpa mengurangi hasil panen secara signifikan. Informasi yang ada memperlihatkan bahwa padi yang mendapatkan pengairan lebih tahan terhadap fenomena El Nino. Kebijakan RAN-API (BAPPENAS, 2021) mencakup rehabilitasi sistem pengairan sebagai elemen utama dalam penyesuaian terhadap perubahan iklim.

Diversifikasi Pangan

Diversifikasi sumber carbohydrate (ubi kayu, jagung, sorgum, kentang manis) harus diperkuat sebagai pengaman ketahanan pangan ketika produksi padi terpengaruh oleh anomali cuaca. Strategi ini memerlukan dukungan insentif harga dan pendidikan mengenai perubahan pola konsumsi dari masyarakat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan kajian data dari BMKG dan BPS untuk periode 2015 hingga 2024 serta dukungan dari ulasan jurnal nasional: (1) Suhu rata-rata nasional mengalami peningkatan sebesar 1,02°C dalam kurun waktu 44 tahun (1981–2024), di mana tahun 2024 tercatat sebagai tahun terpanas dalam sejarah pencatatan suhu (+0,8°C anomali); (2) Suhu minimum mengalami kenaikan lebih cepat yaitu 1,64°C per 44 tahun, sehingga memperburuk fenomena malam hangat yang berdampak buruk pada hasil gabah; (3) Kejadian El Niño pada tahun 2015, 2019, serta 2023–2024 menunjukkan hubungan negatif dengan produksi dan luas area panen padi; (4) Penurunan produksi padi ladang yang disebabkan oleh El Niño (2,91%) lebih besar dibandingkan dengan padi sawah beririgasi yang mengalami penurunan sebesar 2,43%; dan (5) Rencana adaptasi yang menjadi prioritas mencakup penggunaan informasi dari BMKG, pengenalan varietas yang adaptif, perluasan sistem irigasi teknis, serta diversifikasi sumber pangan.

Saran

Disarankan: (1) Mempercepat penggabungan prakiraan cuaca dari BMKG ke dalam rencana pertanian; (2) Meningkatkan dana penelitian untuk varietas padi yang tahan terhadap suhu tinggi dan kekeringan; (3) Menjadikan rehabilitasi sistem irigasi teknis di

wilayah yang rawan El Niño sebagai prioritas; (4) Melanjutkan penelitian dengan memanfaatkan data spasial BMKG yang memiliki resolusi tinggi di setiap pusat produksi; dan (5) Memperluas program Sekolah Lapang Iklim BMKG demi meningkatkan pemahaman iklim di kalangan petani.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya, F., Gusmayanti, E., dan Sudrajat, J. (2021). Pengaruh Perubahan Curah Hujan terhadap Produktivitas Padi Sawah di Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(2), 237–246. DOI: 10.14710/jil.19.2.237-246

Andri, A. dan Priantoro, R. D. (2020). El Nino 2015: Asosiasinya Dengan Kekeringan dan Dampaknya Terhadap Curah Hujan, Luas Panen dan Produksi Padi di Kabupaten Subang. *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 18(2), 132–143.. DOI: 10.21831/gm.v18i2.34959 | URL: https://jurnal.uny.ac.id/index.php/geomedia/article/view/34959

Athoillah, I., Sibarani, R. M., dan Doloksaribu, D. E. (2017). Analisis Spasial Pengaruh Kejadian El Nino Kuat Tahun 2015 dan La Nina Lemah Tahun 2016 Terhadap Kelembapan, Angin dan Curah Hujan di Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 18(1), 33–41. DOI: 10.29122/jstmc.v18i1.2140

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2024). Analisis Laju Perubahan Suhu Udara Rata-rata Tahunan (1981–2024). Diakses dari: https://www.bmkg.go.id/iklim/analisis-laju-perubahan-suhu-udara

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2024). Analisis Laju Perubahan Curah Hujan (1981–2024). Diakses dari: https://www.bmkg.go.id/iklim/analisis-laju-perubahan-suhu-udara

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2024). Anomali Suhu Udara Rata-rata Tahun 2023. Diakses dari: https://www.bmkg.go.id/iklim/anomali-suhu-udara/anomali-suhu-udara-rata-rata-tahun-2023

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2024). Warming Stripes Indonesia. Diakses dari: https://www.bmkg.go.id/iklim/warming-stripes

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2025). Anomali Suhu Udara Rata-rata Tahun 2024. Diakses dari: https://www.bmkg.go.id/iklim/anomali-suhu-udara-rata-rata-tahun-2024

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2025). Climate Outlook 2025. Diakses dari: Climate Outlook 2025 - Klimatologi - BMKG

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2025). Proyeksi Perubahan Suhu Udara (Skenario SSP CMIP6). Diakses dari: BMKG - Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS). (2021). Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API). Jakarta: BAPPENAS. Diakses dari: Publikasi | Kementerian PPN/Bappenas

Badan Pusat Statistik (BPS). (2025). Pada 2024, Luas Panen Padi Mencapai Sekitar 10,05 Juta Hektare dengan Produksi Padi sebanyak 53,14 Juta Ton GKG. Berita Resmi

Statistik No. 74/02/Th. XXVII. Jakarta: BPS. Diakses dari: https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2025/02/03/2414/pada-2024--luas-panen-padi-mencapai-sekitar-10-05-juta-hektare-dengan-produksi-padi-sebanyak-53-14-juta-ton-gabah-kering-giling--gkg--.html

Estiningtyas, W. dan Syakir, M. (2018). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Padi di Lahan Tadah Hujan. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 18(2), 83–93. DOI: 10.31172/jmg.v18i2.406

Fathrio, I., Nuryanto, D. E., Estiningtyas, W., Nugroho, B. D. A., Kombara, P. Y., Muharsyah, R.,... & Subrata, B. A. G. (2025). Prediksi Iklim untuk Ketahanan Pangan. https://doi.org/10.55981/brin.1244

Irawan, B. (2006). Fenomena Anomali Iklim El Niño dan La Niña: Kecenderungan Jangka Panjang dan Pengaruhnya terhadap Produksi Pangan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 24(1), 28–45. Diakses dari: https://epublikasi.pertanian.go.id/epublikasi/fae/2006/Volume%2024%20Nomor%201%20Juli%202006/files/assets/downloads/publication.pdf

Malau, L. R. E., Rambe, K. R., Ulya, N. A., dan Purba, A. G. (2023). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Tanaman Pangan di Indonesia. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 23(1), 34–46. https://doi.org/10.25181/jppt.v23i1.2418

Natawidjaja, R. S. (2020). Dinamika respon mitigasi petani padi di Jawa Barat dalam menghadapi dampak perubahan iklim serta kaitannya dengan pendapatan usaha tani. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*. https://doi.org/10.14710/jwl.8.3.247-260

Nazarudin, L. (2024). Dampak Perubahan Iklim terhadap Produktivitas Padi di Pulau Jawa di Masa Mendatang. *Jurnal Wydia Climago*, 6(2), 42–53. Diakses dari: https://ejournal-pusdiklat.bmkg.go.id/index.php/climago/article/view/129

Ruminta, R. (2016). Analisis Penurunan Produksi Tanaman Padi Akibat Perubahan Iklim di Kabupaten Bandung Jawa Barat. *Jurnal Kultivasi*, 15(1), 37–45. https://journal.unpad.ac.id/kultivasi/vol15/iss1/6

Ruminta, R., Handoko, H., dan Nurmala, T. (2018). Indikasi Perubahan Iklim dan Dampaknya terhadap Produksi Padi di Indonesia (Studi Kasus: Sumatera Selatan dan Malang Raya). *Jurnal Agro*, 5(1), 48–60. DOI: 10.15575/1607

Surmaini, E. dan Syahbuddin, H. (2016). Kriteria Awal Musim Tanam: Tinjauan Prediksi Waktu Tanam Padi di Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 35(2), 47–56. DOI: 10.21082/jp3.v35n2.2016.p47-56

Surmaini, E., Runtunuwu, E., dan Las, I. (2016). Upaya Sektor Pertanian dalam Menghadapi Perubahan Iklim. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(1), 1–7. Diakses dari: http://www.ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jppp/article/view/2480

Suryana, A. (2014, December). Menuju ketahanan pangan indonesia berkelanjutan 2025: tantangan dan penanganannya. In Forum Penelitian Agro Ekonomi (Vol. 32, No. 2, pp. 123-135). *Indonesian Center for Agricultural Socioeconomic and Policy Studies.* https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/fae/article/view/1123