Sangkareang
Journal of Agricultural Innovation (SJAI)
https://journal.synrise.org/index.php/sjai

e-ISSN : XXXX-XXX

Vol 1, Issue 1, 2026
pp. 36-44

# Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produktivitas dan Ketahanan Tanaman Padi di Indonesia: Kajian Dampak Variabilitas Iklim, Strategi Adaptasi, dan Upaya Mewujudkan Sistem Pertanian Berkelanjutan

**Ayu Wardani**
Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Mataram, Mataram, Indonesia

*Corresponding email: *wardani371@ummat.ac.id*

**Article Info**

**Article history:**

Received: -
Revised: -
Accepted: -

**Keywords:**

Perubahan Iklim,
Produktivitas Padi,
Ketahanan Pangan,
Adaptasi Pertanian

**ABSTRACT**

Perubahan iklim menjadi salah satu tantangan utama dalam keberlanjutan sektor pertanian, khususnya dalam mempertahankan produktivitas tanaman pangan strategis seperti padi di Indonesia. Tanaman padi memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional karena beras menjadi sumber pangan utama bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Namun, peningkatan suhu global, perubahan pola curah hujan, peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrem, serta perubahan musim tanam memberikan tekanan besar terhadap sistem produksi padi. Kondisi tersebut dapat menyebabkan gangguan terhadap proses fisiologis tanaman, penurunan produktivitas, serta meningkatnya risiko gagal panen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan iklim terhadap produktivitas dan ketahanan tanaman padi di Indonesia serta mengidentifikasi strategi adaptasi yang dapat diterapkan untuk menghadapi perubahan kondisi lingkungan. Metode penelitian yang digunakan adalah kajian literatur (*literature review*) dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Data penelitian diperoleh dari berbagai sumber ilmiah berupa artikel jurnal internasional dan nasional, laporan lembaga internasional seperti *Food and Agriculture Organization* (FAO) dan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), serta publikasi yang membahas hubungan perubahan iklim dengan sistem produksi tanaman pangan. Hasil kajian menunjukkan bahwa perubahan iklim memberikan pengaruh signifikan terhadap tanaman padi melalui peningkatan suhu, perubahan ketersediaan air, serta meningkatnya kejadian kekeringan dan banjir. Suhu tinggi dapat menghambat proses pembungaan dan pengisian gabah, sedangkan ketidakstabilan curah hujan menyebabkan perubahan kalender tanam dan meningkatkan risiko kehilangan hasil produksi. Selain itu, perubahan iklim juga berpengaruh terhadap ketahanan pangan karena menyebabkan ketidakpastian produksi padi. Strategi adaptasi seperti penggunaan varietas padi tahan cekaman iklim, penerapan sistem irigasi efisien, pengembangan kalender tanam berbasis informasi iklim, serta pemanfaatan teknologi pertanian modern menjadi langkah penting untuk menjaga keberlanjutan produksi padi di Indonesia. Oleh karena itu, diperlukan kolaborasi antara pemerintah, peneliti, dan petani dalam membangun sistem pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim.

Copyright © 2025, The Author(s).
This is an open access article under the CC–BY-SA license

## PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor strategis yang memiliki peran penting dalam keberlangsungan kehidupan manusia melalui penyediaan bahan pangan, penyediaan lapangan kerja, serta kontribusinya terhadap pembangunan ekonomi nasional. Pertanian tidak hanya berfungsi sebagai penyedia kebutuhan dasar masyarakat, tetapi juga menjadi fondasi utama dalam menjaga stabilitas sosial dan ekonomi, terutama di negara berkembang. Di Indonesia, sektor pertanian

***How to cite:*** Example: Wardani, A. (2026). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produktivitas dan Ketahanan Tanaman Padi di Indonesia: Kajian Dampak Variabilitas Iklim, Strategi Adaptasi, dan Upaya Mewujudkan Sistem Pertanian Berkelanjutan. Sangkareang: *Journal of Agricultural Innovation*, *1*(1), 36–44.

tanaman pangan memiliki posisi yang sangat penting karena berkaitan langsung dengan ketahanan pangan nasional. Salah satu komoditas pangan strategis adalah padi (*Oryza sativa L.*), karena beras menjadi sumber pangan utama bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk, urbanisasi, serta perubahan pola konsumsi menyebabkan kebutuhan beras terus meningkat sehingga keberlanjutan produksi padi menjadi tantangan utama dalam pembangunan pertanian (FAO, 2017; Malthus, 1798).

Peningkatan produksi padi pada masa mendatang menghadapi berbagai kendala yang semakin kompleks, baik dari aspek lingkungan maupun sosial ekonomi. Ketersediaan lahan pertanian produktif yang semakin terbatas, penurunan kualitas tanah, kompetisi penggunaan air, serta meningkatnya tekanan lingkungan menjadi faktor pembatas dalam peningkatan produktivitas tanaman pangan. Selain faktor produksi konvensional, keberhasilan sistem pertanian modern juga sangat dipengaruhi oleh perubahan kondisi iklim global. Perubahan iklim telah menjadi salah satu ancaman utama terhadap keberlanjutan sistem pangan dunia karena memengaruhi produktivitas tanaman, ketersediaan sumber daya alam, dan stabilitas produksi pangan (Wheeler & von Braun, 2013).

Perubahan iklim secara umum ditandai oleh peningkatan suhu rata-rata global, perubahan pola distribusi curah hujan, peningkatan kejadian iklim ekstrem, serta perubahan karakteristik musim. Kondisi tersebut memberikan dampak signifikan terhadap sektor pertanian karena sebagian besar aktivitas budidaya tanaman sangat bergantung pada faktor iklim. Menurut laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), perubahan iklim telah menyebabkan perubahan terhadap sistem hidrologi, peningkatan suhu ekstrem, serta perubahan pola kejadian cuaca yang berdampak langsung terhadap produksi pertanian di berbagai wilayah dunia (IPCC, 2022). Tanaman padi memiliki kebutuhan lingkungan tertentu agar dapat tumbuh optimal, terutama terkait suhu, ketersediaan air, radiasi matahari, dan periode pertumbuhan. Apabila kondisi lingkungan mengalami perubahan melampaui batas toleransi fisiologis tanaman, maka proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman dapat terganggu (Peng et al., 2004).

Suhu merupakan salah satu faktor iklim yang paling berpengaruh terhadap produktivitas tanaman padi. Peningkatan suhu, terutama pada fase pembungaan dan pengisian gabah, dapat menyebabkan gangguan proses reproduksi tanaman, peningkatan sterilitas gabah, serta penurunan hasil panen. Studi global menunjukkan bahwa peningkatan suhu akibat perubahan iklim telah menyebabkan penurunan produktivitas berbagai tanaman pangan utama dunia, termasuk padi, gandum, dan jagung (Lobell et al., 2011). Pada tanaman padi, suhu tinggi selama fase pembungaan dapat menghambat proses fertilisasi akibat gangguan viabilitas serbuk sari sehingga jumlah gabah bernas mengalami penurunan (Jagadish et al., 2010).

Selain peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan juga menjadi faktor penting yang memengaruhi produksi padi. Sistem budidaya padi sawah memiliki ketergantungan tinggi terhadap ketersediaan air sehingga perubahan distribusi hujan dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara kebutuhan air tanaman dan ketersediaan air di lapangan. Kekurangan air akibat periode kekeringan dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan tanaman, sedangkan kelebihan air akibat curah hujan tinggi dapat menyebabkan banjir dan menurunkan produktivitas tanaman (Bouman et al., 2007). Fenomena iklim global seperti El Niño dan La Niña juga berperan dalam memengaruhi variabilitas iklim regional Indonesia, terutama melalui perubahan pola curah hujan dan ketersediaan air untuk pertanian (Naylor et al., 2007).

Indonesia sebagai negara kepulauan yang berada di wilayah tropis memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap dampak perubahan iklim. Karakteristik geografis Indonesia menyebabkan dampak perubahan iklim berbeda antarwilayah. Beberapa daerah sentra produksi padi menghadapi peningkatan risiko kekeringan akibat perubahan pola musim, sementara wilayah lain mengalami peningkatan ancaman banjir akibat intensitas curah hujan yang tinggi. Perubahan tersebut tidak hanya memengaruhi produktivitas tanaman, tetapi juga memengaruhi stabilitas

produksi pangan nasional (Boer et al., 2011). Penelitian Ruminta et al. (2018) menunjukkan bahwa perubahan iklim berpotensi memberikan dampak negatif terhadap produksi padi di Indonesia melalui perubahan suhu dan pola curah hujan.

Dampak perubahan iklim terhadap tanaman padi juga berkaitan erat dengan kondisi sosial ekonomi petani. Ketidakpastian musim menyebabkan petani mengalami kesulitan dalam menentukan waktu tanam, memilih varietas, serta mengatur strategi pengelolaan lahan. Risiko gagal panen akibat kejadian iklim ekstrem dapat menyebabkan penurunan pendapatan dan meningkatkan kerentanan ekonomi masyarakat yang menggantungkan hidup pada sektor pertanian (Morton, 2007). Oleh karena itu, diperlukan strategi adaptasi yang mampu meningkatkan kemampuan petani dalam menghadapi perubahan lingkungan yang terus berlangsung.

Salah satu pendekatan yang berkembang dalam menghadapi tantangan perubahan iklim adalah penerapan konsep pertanian cerdas iklim (*climate-smart agriculture*). Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan, memperkuat kemampuan adaptasi terhadap perubahan iklim, serta mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor pertanian (FAO, 2013). Dalam sistem produksi padi, strategi adaptasi dapat dilakukan melalui penggunaan varietas unggul tahan kekeringan dan suhu tinggi, pengelolaan air secara efisien melalui sistem irigasi hemat air, penerapan teknologi budidaya konservasi, serta pemanfaatan informasi iklim untuk menentukan kalender tanam yang sesuai (Campbell et al., 2014).

Pengembangan teknologi informasi juga memberikan peluang besar dalam meningkatkan kemampuan sektor pertanian menghadapi perubahan iklim. Pemanfaatan sistem informasi iklim, teknologi sensor, penginderaan jauh, dan analisis data dapat membantu petani serta pengambil kebijakan dalam melakukan pemantauan kondisi lingkungan dan menentukan strategi pengelolaan pertanian secara lebih tepat. Integrasi teknologi digital dalam pertanian dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya sekaligus mengurangi risiko produksi akibat ketidakpastian iklim (Wolfert et al., 2017).

Berdasarkan kondisi tersebut, kajian mengenai pengaruh perubahan iklim terhadap produktivitas dan ketahanan tanaman padi di Indonesia menjadi sangat penting untuk dilakukan. Pemahaman mengenai hubungan antara faktor iklim dan respons tanaman padi diperlukan untuk merancang strategi adaptasi yang efektif dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak perubahan iklim terhadap sistem produksi padi serta mengidentifikasi berbagai strategi adaptasi yang dapat diterapkan guna menjaga keberlanjutan produksi pangan nasional.

## METODE PENELITIAN

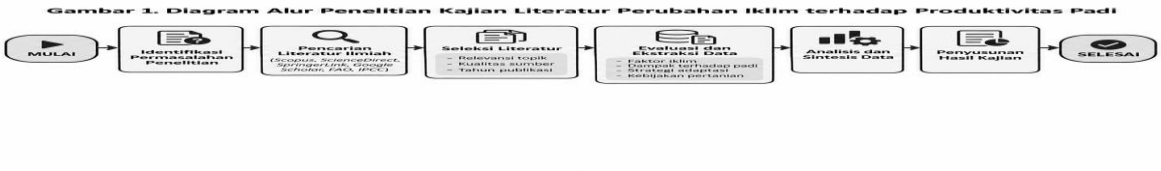
Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur (*literature review*) dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Metode kajian literatur dipilih karena penelitian bertujuan untuk menganalisis, membandingkan, dan mensintesis berbagai hasil penelitian terdahulu mengenai pengaruh perubahan iklim terhadap produktivitas dan ketahanan tanaman padi di Indonesia. Pendekatan ini memungkinkan peneliti memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif berdasarkan berbagai bukti ilmiah yang telah dipublikasikan.

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber ilmiah, meliputi artikel jurnal internasional bereputasi, jurnal nasional, buku akademik, laporan lembaga internasional, serta publikasi institusi yang berkaitan dengan perubahan iklim dan pertanian. Sumber literatur diperoleh melalui beberapa basis data ilmiah seperti Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, Google Scholar, serta laporan dari organisasi internasional seperti Food and Agriculture Organization (FAO) dan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Proses pencarian literatur dilakukan menggunakan kata kunci yang berkaitan dengan topik penelitian, yaitu *climate change impact on rice production*, *climate variability and agriculture*, *rice productivity*

*under climate change*, *adaptation strategy for rice farming*, dan *food security in Indonesia*. Literatur yang diperoleh kemudian dilakukan proses seleksi berdasarkan kesesuaian topik, kualitas sumber, serta keterbaruan publikasi.

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis melalui beberapa proses. Tahap pertama adalah identifikasi permasalahan penelitian mengenai dampak perubahan iklim terhadap tanaman padi. Tahap kedua adalah pencarian literatur dari berbagai sumber ilmiah. Tahap ketiga dilakukan seleksi literatur berdasarkan kriteria inklusi, yaitu artikel yang membahas hubungan perubahan iklim dengan produktivitas tanaman pangan, khususnya padi. Tahap selanjutnya adalah ekstraksi informasi mengenai faktor iklim yang berpengaruh, dampak terhadap produksi, serta strategi adaptasi yang dapat diterapkan.




**Gambar 1.** Diagram Alur Penelitian Kajian Literatur Perubahan Iklim terhadap Produktivitas Padi

Analisis data dilakukan menggunakan metode analisis isi (*content analysis*) dengan mengidentifikasi tema utama dari setiap literatur yang telah dikaji. Informasi yang diperoleh kemudian dikelompokkan berdasarkan aspek perubahan iklim, dampak terhadap produktivitas padi, risiko terhadap ketahanan pangan, serta strategi adaptasi pertanian. Hasil analisis selanjutnya disintesis untuk memperoleh gambaran mengenai hubungan perubahan iklim dengan keberlanjutan produksi padi di Indonesia.

Literatur yang digunakan diprioritaskan berasal dari publikasi ilmiah terbaru serta sumber yang memiliki relevansi tinggi terhadap topik penelitian. Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman akademik mengenai dampak perubahan iklim terhadap tanaman padi serta memberikan rekomendasi strategi adaptasi untuk mendukung ketahanan pangan Indonesia.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perubahan Iklim dan Dinamika Produksi Tanaman Padi di Indonesia

Perubahan iklim merupakan salah satu faktor lingkungan yang memberikan pengaruh besar terhadap keberlanjutan sistem produksi tanaman padi di Indonesia. Tanaman padi memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap kondisi iklim, terutama suhu, curah hujan, dan ketersediaan air. Perubahan kondisi iklim yang terjadi secara terus-menerus menyebabkan perubahan pola pertumbuhan tanaman, pergeseran musim tanam, serta meningkatnya risiko gangguan produksi. Dalam sistem pertanian tradisional, keberhasilan produksi padi sangat bergantung pada kestabilan musim sehingga perubahan iklim menjadi tantangan serius bagi petani.

Peningkatan suhu global telah menyebabkan perubahan kondisi lingkungan yang secara langsung memengaruhi proses fisiologis tanaman padi. Suhu yang meningkat di atas kondisi optimum dapat menghambat proses fotosintesis, mempercepat perkembangan tanaman, serta mengurangi waktu pengisian gabah. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan jumlah dan kualitas hasil panen. Penelitian Lobell et al. (2011) menunjukkan bahwa peningkatan suhu akibat perubahan iklim telah berkontribusi terhadap penurunan produktivitas berbagai tanaman pangan utama dunia.

Selain suhu, perubahan pola curah hujan menjadi faktor penting yang memengaruhi produksi padi di Indonesia. Sistem budidaya padi sawah membutuhkan ketersediaan air yang cukup, terutama pada fase awal pertumbuhan dan fase reproduktif. Ketidakteraturan pola hujan menyebabkan petani mengalami kesulitan menentukan waktu tanam yang tepat. Perubahan awal musim hujan

maupun musim kemarau dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara kalender tanam tradisional dengan kondisi iklim aktual.

Fenomena iklim seperti El Niño dan La Niña juga memberikan pengaruh besar terhadap produksi padi nasional. Fenomena El Niño menyebabkan berkurangnya curah hujan dan meningkatkan risiko kekeringan, sedangkan La Niña menyebabkan peningkatan curah hujan yang dapat memicu banjir pada lahan pertanian. Kedua fenomena tersebut dapat menyebabkan kehilangan hasil produksi apabila tidak diantisipasi melalui strategi adaptasi yang tepat.

Dampak perubahan iklim tidak hanya berkaitan dengan penurunan produktivitas, tetapi juga berhubungan dengan aspek ketahanan pangan. Produksi padi yang tidak stabil dapat menyebabkan gangguan terhadap ketersediaan pangan nasional dan meningkatkan ketergantungan terhadap impor. Oleh karena itu, pemahaman mengenai hubungan antara perubahan iklim dan sistem produksi padi menjadi penting dalam merancang strategi pertanian yang lebih adaptif.




**Gambar 2.** Hubungan Perubahan Iklim terhadap Produktivitas Tanaman Padi

**Dampak Peningkatan Suhu terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Padi**

Suhu merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan pertumbuhan tanaman padi. Setiap varietas padi memiliki rentang suhu optimum yang mendukung proses fisiologis seperti fotosintesis, respirasi, pembentukan bunga, dan pengisian gabah. Peningkatan suhu akibat perubahan iklim dapat menyebabkan tanaman mengalami stres panas (*heat stress*) yang berdampak terhadap penurunan produktivitas.

Pada fase vegetatif, peningkatan suhu dapat mempercepat pertumbuhan tanaman sehingga periode pembentukan biomassa menjadi lebih pendek. Kondisi tersebut menyebabkan tanaman tidak memiliki waktu yang cukup untuk mengakumulasi cadangan energi yang diperlukan dalam pembentukan hasil. Sementara itu, pada fase reproduktif, suhu tinggi dapat menyebabkan gangguan pembentukan serbuk sari dan meningkatkan sterilitas bunga.

Fase pembungaan merupakan tahap yang sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Apabila suhu melebihi batas toleransi tanaman, proses penyerbukan dapat terganggu sehingga jumlah gabah yang terbentuk menjadi lebih sedikit. Selain itu, suhu tinggi pada fase pengisian gabah dapat mempercepat pematangan sehingga berat gabah mengalami penurunan.

Perubahan suhu juga dapat memengaruhi kualitas hasil panen. Peningkatan temperatur dapat menyebabkan perubahan komposisi kimia gabah, termasuk penurunan kualitas beras yang dihasilkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa perubahan iklim tidak hanya berpengaruh terhadap jumlah produksi, tetapi juga terhadap mutu hasil pertanian.

Strategi adaptasi terhadap peningkatan suhu dapat dilakukan melalui penggunaan varietas padi yang memiliki toleransi terhadap suhu tinggi. Pengembangan varietas unggul adaptif menjadi salah satu pendekatan penting untuk mempertahankan produktivitas padi dalam kondisi iklim yang berubah.




**Gambar 3.** Mekanisme Pengaruh Suhu Tinggi terhadap Tanaman Padi

**Pengaruh Perubahan Curah Hujan, Kekeringan, dan Banjir terhadap Produksi Padi**

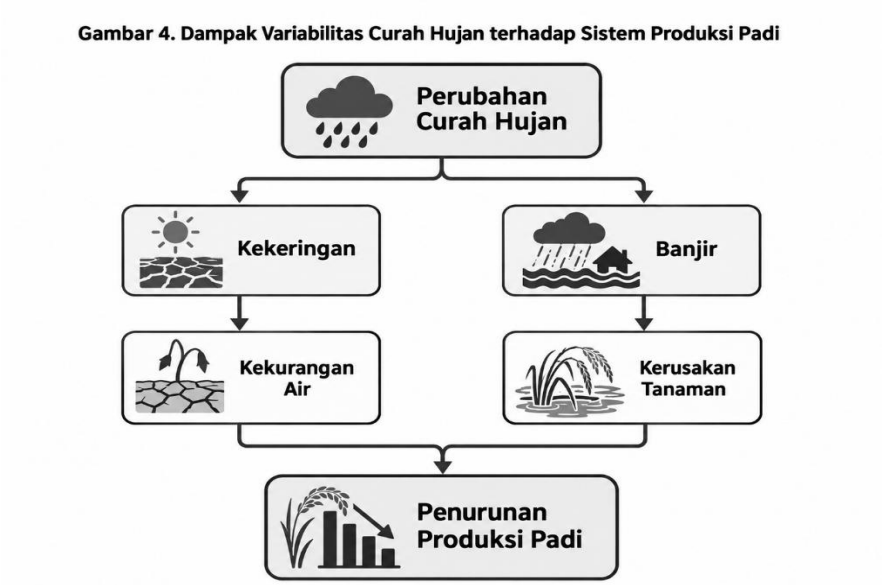
Selain peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi keberhasilan produksi padi. Ketersediaan air memiliki hubungan erat dengan pertumbuhan tanaman padi karena sebagian besar sistem budidaya padi di Indonesia masih bergantung pada sistem irigasi dan curah hujan.

Kekeringan menjadi salah satu risiko terbesar akibat perubahan iklim. Kondisi kekurangan air menyebabkan tanaman mengalami gangguan metabolisme, penurunan laju fotosintesis, serta terganggunya proses pembentukan gabah. Pada kondisi kekeringan berat, tanaman dapat mengalami gagal panen terutama apabila terjadi pada fase pembungaan dan pengisian gabah.

Fenomena El Niño sering dikaitkan dengan peningkatan risiko kekeringan di wilayah pertanian Indonesia. Ketika musim kemarau berlangsung lebih panjang dari kondisi normal, sumber air irigasi mengalami penurunan sehingga luas tanam padi dapat berkurang. Kondisi tersebut berdampak terhadap penurunan produksi nasional.

Sebaliknya, curah hujan yang berlebihan juga dapat memberikan dampak negatif terhadap tanaman padi. Banjir menyebabkan akar tanaman kekurangan oksigen, meningkatkan risiko penyakit tanaman, serta menyebabkan kerusakan fisik pada tanaman. Pada fase awal pertumbuhan, genangan yang terlalu lama dapat menyebabkan kematian tanaman.

Upaya mengurangi dampak perubahan curah hujan dapat dilakukan melalui pengembangan sistem irigasi adaptif, pembangunan infrastruktur penyimpanan air, serta pemanfaatan informasi prakiraan iklim. Informasi iklim dapat membantu petani menentukan waktu tanam yang lebih sesuai dengan kondisi lingkungan.




**Gambar 4.** Dampak Variabilitas Curah Hujan terhadap Sistem Produksi Padi

**Strategi Adaptasi Perubahan Iklim untuk Meningkatkan Ketahanan Tanaman Padi**

Menghadapi perubahan iklim membutuhkan strategi adaptasi yang mampu menjaga produktivitas tanaman padi secara berkelanjutan. Adaptasi menjadi pendekatan penting karena perubahan iklim merupakan fenomena jangka panjang yang tidak dapat dihindari sepenuhnya. Oleh karena itu, sistem pertanian perlu dikembangkan agar memiliki kemampuan menyesuaikan diri terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Salah satu strategi utama adalah penggunaan varietas padi yang memiliki ketahanan terhadap cekaman iklim. Varietas tahan kekeringan, tahan genangan, dan memiliki toleransi terhadap suhu tinggi dapat membantu mengurangi risiko kehilangan hasil. Pengembangan varietas adaptif menjadi bagian penting dalam program peningkatan ketahanan pangan.

Strategi berikutnya adalah penerapan kalender tanam berbasis informasi iklim. Kalender tanam memungkinkan petani menentukan waktu tanam berdasarkan prediksi curah hujan dan kondisi musim. Dengan demikian, risiko tanaman mengalami kekurangan air atau terkena banjir dapat dikurangi.

Pengelolaan air juga menjadi faktor penting dalam adaptasi perubahan iklim. Sistem irigasi hemat air seperti *alternate wetting and drying* (AWD) pada padi sawah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus mengurangi emisi gas rumah kaca dari lahan sawah.

Selain itu, pemanfaatan teknologi digital seperti sistem informasi iklim, sensor lingkungan, dan pemodelan prediksi produksi dapat membantu petani mengambil keputusan yang lebih tepat. Integrasi teknologi dan pengetahuan lokal menjadi pendekatan yang efektif dalam membangun pertanian padi yang adaptif.




**Gambar 5.** Strategi Adaptasi Pertanian Padi terhadap Perubahan Iklim

### Tantangan Implementasi Adaptasi Perubahan Iklim pada Pertanian Padi Indonesia

Meskipun berbagai strategi adaptasi telah dikembangkan, implementasinya di tingkat petani masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu kendala utama adalah keterbatasan akses terhadap teknologi dan informasi iklim. Sebagian petani masih bergantung pada pengalaman tradisional dalam menentukan waktu tanam sehingga membutuhkan peningkatan kapasitas dalam penggunaan informasi modern.

Faktor ekonomi juga menjadi hambatan dalam penerapan teknologi adaptasi. Penggunaan varietas unggul, pembangunan sistem irigasi modern, serta pemanfaatan teknologi digital membutuhkan biaya investasi yang tidak sedikit. Petani kecil sering mengalami keterbatasan modal sehingga diperlukan dukungan kebijakan dan program pemerintah.

Selain itu, kelembagaan pertanian memiliki peran penting dalam keberhasilan adaptasi perubahan iklim. Kelompok tani, penyuluh pertanian, dan lembaga penelitian perlu berperan aktif dalam memberikan pendampingan kepada petani. Transfer teknologi harus dilakukan secara berkelanjutan agar inovasi dapat diterapkan secara efektif.

Pemerintah memiliki peran strategis melalui penyediaan kebijakan, infrastruktur pertanian, sistem informasi iklim, serta program peningkatan kapasitas petani. Kolaborasi antara pemerintah, akademisi, sektor swasta, dan masyarakat menjadi kunci dalam membangun sistem pertanian padi yang tangguh terhadap perubahan iklim.

## KESIMPULAN

Perubahan iklim memberikan pengaruh signifikan terhadap produktivitas dan ketahanan tanaman padi di Indonesia melalui perubahan suhu, pola curah hujan, serta peningkatan kejadian iklim ekstrem. Peningkatan suhu menyebabkan gangguan fisiologis tanaman terutama pada fase pembungaan dan pengisian gabah, sedangkan perubahan curah hujan meningkatkan risiko kekeringan dan banjir yang dapat menurunkan hasil produksi.

Dampak perubahan iklim tidak hanya berpengaruh terhadap produktivitas pertanian, tetapi juga terhadap ketahanan pangan nasional karena menyebabkan ketidakstabilan produksi beras. Oleh karena itu, diperlukan strategi adaptasi yang komprehensif melalui penggunaan varietas tahan iklim, pengelolaan air yang efisien, penerapan kalender tanam berbasis informasi iklim, serta pemanfaatan teknologi pertanian modern.

Keberhasilan adaptasi perubahan iklim pada tanaman padi membutuhkan dukungan berbagai pihak, terutama pemerintah, lembaga penelitian, penyuluh pertanian, dan petani. Dengan pendekatan yang tepat, sistem produksi padi Indonesia dapat menjadi lebih tangguh, produktif, dan berkelanjutan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim.

## DAFTAR PUSTAKA

Boer, R., Urip, H., Ardiansyah, M., Anwar, M., & Sopaheluwakan, A. (2011). Climate change impact on rice production and adaptation strategies in Indonesia. *Indonesian Journal of Agricultural Science, 12*(2), 65–73.

Bouman, B. A. M., Humphreys, E., Tuong, T. P., & Barker, R. (2007). Rice and water. *Advances in Agronomy, 92*, 187–237. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(04)92004-4

Campbell, B. M., Thornton, P., Zougmoré, R., van Asten, P., & Lipper, L. (2014). Sustainable intensification: What is its role in climate smart agriculture? *Current Opinion in Environmental Sustainability, 8*, 39–43. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.07.002

Food and Agriculture Organization. (2013). *Climate-smart agriculture sourcebook*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Food and Agriculture Organization. (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844

Jagadish, S. V. K., Craufurd, P. Q., & Wheeler, T. R. (2010). High temperature stress and spikelet fertility in rice (*Oryza sativa L.*). *Journal of Experimental Botany, 61*(9), 2411–2418. https://doi.org/10.1093/jxb/erq112

Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science, 333*(6042), 616–620. https://doi.org/10.1126/science.1204531

Malthus, T. R. (1798). *An essay on the principle of population: As it affects the future improvement of society*. J. Johnson.

Morton, J. F. (2007). The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(50), 19680–19685. https://doi.org/10.1073/pnas.0701855104

Naylor, R. L., Battisti, D. S., Vimont, D. J., Falcon, W. P., & Burke, M. B. (2007). Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(19), 7752–7757. https://doi.org/10.1073/pnas.0701825104

Peng, S., Huang, J., Sheehy, J. E., Laza, R. C., Visperas, R. M., Zhong, X., Centeno, G. S., Khush, G. S., & Cassman, K. G. (2004). Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 101*(27), 9971–9975. https://doi.org/10.1073/pnas.0403720101

Ruminta, R., Handoko, H., & Nurmala, T. (2018). Impact of climate change on rice production and adaptation strategies in Indonesia. *Journal of Agronomy, 17*(1), 1–9.

Wheeler, T., & von Braun, J. (2013). Climate change impacts on global food security. *Science, 341*(6145), 508–513. https://doi.org/10.1126/science.1239402

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems, 153*, 69–80. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023