

Dampak Perubahan Iklim terhadap Dinamika Tanah dan Produksi Padi: Tinjauan Berbasis Model Simulasi dan Kesesuaian Lahan Agroklimat

Dedi Kusbiantoro¹, Fiqi Alfisar Lubis^{2*}

¹ Fakultas Pertanian, Agroteknologi, Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Indonesia

^{2*} Fakultas Pertanian, Agroteknologi, Universitas Amir Hamzah, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 27 Mei 2026
Revisi Akhir: 04 Juni 2026
Diterbitkan Online: 05 Juni 2026

KATA KUNCI

Perubahan iklim; Dinamika tanah; Produktivitas padi; *Systematic Literature Review*; Pertanian berkelanjutan.

KORESPONDENSI

Phone: +62 822-7608-2874
E-mail: fiqi@unhamzah.ac.id

ABSTRAK

Perubahan iklim telah menjadi salah satu tantangan utama bagi sektor pertanian karena memengaruhi kondisi tanah dan produktivitas tanaman pangan, khususnya padi (*Oryza sativa* L.). Peningkatan suhu udara, perubahan pola curah hujan, peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO₂), serta meningkatnya frekuensi kejadian iklim ekstrem berpotensi mengubah sifat fisik, kimia, dan biologi tanah yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan menyintesis hasil-hasil penelitian mengenai pengaruh perubahan iklim terhadap dinamika tanah serta implikasinya terhadap produktivitas padi melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR). Kajian dilakukan mengikuti pedoman PRISMA 2020 dengan menelusuri artikel ilmiah yang dipublikasikan pada periode 2015–2025 melalui basis data Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Google Scholar, dan Garuda. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis menggunakan pendekatan thematic synthesis untuk mengidentifikasi pola hubungan antara perubahan iklim, dinamika tanah, dan produktivitas padi. Hasil sintesis menunjukkan bahwa perubahan iklim memengaruhi produktivitas padi secara tidak langsung melalui perubahan kelembapan tanah, kandungan bahan organik, ketersediaan air, dinamika unsur hara, serta aktivitas biologis tanah. Tanah dengan kualitas yang baik memiliki kapasitas lebih tinggi dalam mengurangi dampak negatif perubahan iklim terhadap pertumbuhan tanaman. Kajian ini juga menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian masih membahas hubungan perubahan iklim dan produktivitas padi secara parsial, sehingga integrasi aspek dinamika tanah masih terbatas. Penelitian ini menawarkan sintesis konseptual yang menempatkan tanah sebagai komponen mediasi utama antara perubahan iklim dan produktivitas padi. Hasil kajian diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan strategi pengelolaan tanah dan sistem budidaya padi yang adaptif terhadap perubahan iklim guna mendukung pertanian berkelanjutan dan ketahanan pangan.

Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan utama dalam sistem pertanian modern, khususnya pada budidaya tanaman padi yang sangat bergantung pada kondisi lingkungan, terutama iklim dan

tanah. Padi (*Oryza sativa* L.) sebagai komoditas pangan utama di Indonesia memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan suhu, curah hujan, serta dinamika ketersediaan air tanah. Perubahan pada parameter iklim tersebut secara

langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologis tanah sebagai media tumbuh tanaman.

Dalam beberapa dekade terakhir, peningkatan suhu global dan perubahan pola curah hujan telah menyebabkan terjadinya ketidakstabilan sistem produksi pertanian. Perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan suhu, variabilitas curah hujan, serta kejadian iklim ekstrem berdampak signifikan terhadap produktivitas tanaman padi, terutama pada lahan sawah tadah hujan yang sangat bergantung pada ketersediaan air alami (Estiningtyas & Syakir 2018). Selain itu, perubahan musim tanam akibat pergeseran pola curah hujan juga telah mengakibatkan penurunan luas tanam dan produktivitas padi di berbagai wilayah (Ruminta, 2016).

Dari perspektif ilmu tanah, perubahan iklim berperan dalam mengubah dinamika air tanah, suhu tanah, serta proses biogeokimia yang mempengaruhi kesuburan tanah. Peningkatan suhu udara dapat mempercepat laju evaporasi dan evapotranspirasi, sehingga mengurangi kelembapan tanah dan meningkatkan risiko kekeringan pada tanaman padi. Sebaliknya, curah hujan yang berlebihan dapat menyebabkan pencucian unsur hara (*Leaching*), erosi, serta penurunan kualitas struktur tanah. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanah bukan hanya media pasif, tetapi merupakan sistem dinamis yang sangat dipengaruhi oleh variabilitas iklim.

Lebih lanjut, perubahan iklim juga berdampak terhadap kesesuaian lahan pertanian. Pergeseran zona agroklimat akibat perubahan pola curah hujan dan suhu menyebabkan perubahan kesesuaian lahan untuk budidaya padi, yang pada akhirnya mempengaruhi pola tanam dan produktivitas pertanian (Saputra *et al.*, 2018). Studi terbaru menunjukkan bahwa perubahan iklim dalam jangka panjang berpotensi menurunkan kesesuaian lahan dan produktivitas padi jika tidak diimbangi dengan strategi adaptasi yang tepat (Pujiati *et al.*, 2025).

Selain itu, lahan sawah tadah hujan sebagai salah satu sistem produksi utama di Indonesia memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap perubahan iklim, terutama terhadap cekaman kekeringan dan fluktuasi ketersediaan air tanah (Wihardjaka *et al.*, 2020). Hal ini menegaskan pentingnya

pendekatan terpadu antara ilmu tanah dan agroklimatologi dalam memahami dan mengelola dampak perubahan iklim terhadap sistem produksi padi.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa interaksi antara faktor iklim dan sifat tanah memiliki peranan penting dalam menentukan produktivitas padi. Oleh karena itu, kajian yang mengintegrasikan aspek perubahan iklim dan dinamika tanah menjadi sangat penting untuk mendukung keberlanjutan produksi padi serta menjaga ketahanan pangan nasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif pengaruh perubahan iklim terhadap dinamika tanah dan implikasinya terhadap produksi padi melalui pendekatan kajian literatur ilmiah.

Bahan dan Metode

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengacu pada pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020). Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh sintesis ilmiah yang sistematis, transparan, dan dapat direplikasi mengenai pengaruh perubahan iklim terhadap dinamika tanah serta implikasinya terhadap produktivitas tanaman padi. Berbeda dengan narrative review, metode SLR memungkinkan identifikasi, seleksi, evaluasi kualitas, dan sintesis hasil penelitian secara terstruktur sehingga mampu meminimalkan bias dalam proses penelaahan literatur.

2. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber ilmiah, antara lain:

- Artikel jurnal nasional terakreditasi (SINTA) dan jurnal internasional bereputasi
- Prosiding ilmiah
- Laporan lembaga resmi seperti BMKG, BPS, dan FAO
- Publikasi terkait model iklim (DSSAT, CMIP6)

Artikel yang digunakan mencakup periode publikasi ± 10 –15 tahun terakhir guna memastikan relevansi dan kebaruan informasi.

3. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

1. Kriteria inklusi:
 - a) Penelitian yang membahas:
 - b) Perubahan iklim (suhu, curah hujan, CO₂)
 - c) Sifat tanah (kelembapan, kesuburan, air tanah)
 - d) Produksi atau produktivitas padi
2. Menggunakan metode ilmiah (eksperimen, survei, atau pemodelan seperti DSSAT dan CMIP6)
3. Memiliki data yang jelas dan dapat dianalisis

4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui:

- a) Penelusuran database ilmiah seperti Google Scholar, ScienceDirect, dan Garuda
- b) Penggunaan kata kunci:
 - 1) Perubahan iklim dan padi
 - 2) Climate change rice soil
 - 3) Agroclimate rice productivity
 - 4) Soil moisture climate impact

Selanjutnya dilakukan seleksi artikel berdasarkan judul, abstrak, dan isi penuh (full text review) untuk memastikan kesesuaian dengan tujuan penelitian. Hasil dan Pembahasan.

5. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan metode analisis deskriptif-kualitatif melalui beberapa tahapan:

a. Reduksi Data

Mengelompokkan informasi penting dari setiap jurnal, seperti:

- 1) Variabel iklim (suhu, curah hujan)
- 2) Parameter tanah (kelembapan, struktur, kesuburan)
- 3) Respon tanaman padi

b. Penyajian Data

Data yang telah direduksi disusun dalam bentuk narasi ilmiah dan tabel komparatif untuk memudahkan interpretasi hubungan antar variabel.

c. Sintesis dan Interpretasi

Mengintegrasikan hasil dari berbagai penelitian untuk:

- 1) Mengidentifikasi pola hubungan iklim-tanah-padi
- 2) Menyusun model konseptual

3) Menarik kesimpulan ilmiah

Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk memahami hubungan kausal antara perubahan iklim, dinamika tanah, dan produktivitas padi secara holistik.

6. Kerangka Analisis

Penelitian ini menggunakan kerangka analisis sebagai berikut:

Perubahan Iklim → Dinamika Tanah → Produktivitas Padi

Penjelasan:

- 1) Perubahan iklim (suhu & curah hujan) mempengaruhi kondisi tanah
- 2) Tanah (air tanah, kesuburan) menentukan pertumbuhan tanaman
- 3) Tanaman padi merespon perubahan tersebut dalam bentuk produktivitas

7. Validitas Data

Untuk menjamin validitas hasil kajian, dilakukan:

- 1) Triangulasi sumber (membandingkan beberapa jurnal)
- 2) Penggunaan jurnal bereputasi
- 3) Konsistensi hasil antar penelitian

Hasil dan Pembahasan

1. Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Tanah dan Produktivitas Padi

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa perubahan iklim memiliki pengaruh signifikan terhadap produktivitas tanaman padi melalui perubahan variabel utama seperti suhu, curah hujan, dan konsentrasi karbon dioksida (CO₂). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu global dan variabilitas curah hujan menjadi faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan dan hasil padi di berbagai wilayah dunia (Na Li *et al.*, 2024).

Kenaikan suhu udara, khususnya suhu malam hari, diketahui dapat menurunkan produktivitas padi melalui peningkatan respirasi tanaman dan penurunan efisiensi fotosintesis. Selain itu, kejadian suhu ekstrem yang semakin sering terjadi juga berdampak negatif terhadap hasil panen padi secara global (Zhu, X. *et al.*, 2022). Variasi iklim musiman juga terbukti mempengaruhi produktivitas padi secara signifikan, di mana perubahan distribusi

curah hujan menyebabkan ketidakpastian dalam waktu tanam dan fase pertumbuhan tanaman (Nguyen *et al.*, 2024).

Namun demikian, beberapa studi menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CO₂ dapat memberikan efek positif terhadap pertumbuhan tanaman melalui peningkatan fotosintesis, meskipun dampak tersebut seringkali tidak mampu mengimbangi efek negatif dari peningkatan suhu dan stres air (Na Li *et al.*, 2024). Dengan demikian, secara umum perubahan iklim cenderung memberikan dampak negatif bersih terhadap produktivitas padi, terutama pada wilayah tropis yang sensitif terhadap perubahan suhu.

Tabel 1. Tabel Sintesis Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Produksi Padi

No	Penulis & Tahun	Variabel Iklim	Aspek Tanah yang Dipengaruhi	Dampak terhadap Padi	Metode	Temuan Utama
1	Estiningtyas & Syakir (2017)	Suhu, curah hujan, CO ₂	Ketersediaan air tanah, kelembapan	Produksi meningkat pada kondisi tertentu, namun menurun pada suhu tinggi	DSSAT	Iklim berpengaruh signifikan terhadap produktivitas padi di lahan tadah hujan
2	Zaini & Saitama (2020)	Curah hujan, hari hujan, suhu	Kelembapan tanah	Produktivitas dipengaruhi oleh curah hujan (r = 0,622)	Regresi & korelasi	Faktor iklim menjelaskan ±46,6% variasi hasil padi
3	Pujiati <i>et al.</i> (2024)	Suhu, curah hujan (CMIP6)	Kesesuaian lahan, kondisi agroklimat	Penurunan kesesuaian lahan di masa depan	Model iklim	Dampak lebih besar pada skenario jangka panjang
4	Ruminta (2016)	Suhu, curah hujan	Kelembapan dan kesuburan tanah	Penurunan hasil akibat stres iklim	Analisis statistik	Suhu tinggi mempercepat penurunan hasil padi
5	Wihardjaka <i>et al.</i> (2020)	Variabilitas iklim	Air tanah dan struktur tanah	Penurunan produksi pada lahan tadah hujan	Studi lapangan	Lahan tadah hujan sangat rentan terhadap perubahan iklim
6	IPB Agromet (2019)	Variabilitas iklim	Suhu tanah dan kelembapan	Fluktuasi produktivitas	Penginderaan jauh	Iklim mempengaruhi dinamika tanah dan pertumbuhan padi

Tabel 2. Distribusi bahan kajian berdasarkan wilayah

Wilayah	Fokus Kajian
Indonesia	Produktivitas padi, kesesuaian lahan, perubahan iklim
China	Simulasi perubahan iklim
India	Kesuburan tanah
Bangladesh	Ketahanan pangan
Vietnam	Adaptasi budidaya

Tabel 3. Sintesis pengaruh perubahan iklim terhadap sifat fisik tanah

Faktor iklim	Respon tanah	Dampak terhadap padi
Suhu meningkat	Kelembapan menurun	Pertumbuhan terhambat
Curah hujan tinggi	Erosi meningkat	Kehilangan lapisan olah
Kekeringan	Retakan tanah	Penurunan serapan air

Tabel 4. Sintesis perubahan sifat kimia tanah

Parameter	Dampak perubahan iklim
pH	Berubah pada beberapa kondisi
C-organik	Menurun
Nitrogen	Kehilangan akibat pencucian
Fosfor	Ketersediaan berubah
Kalium	Menurun

Tabel 5. Dampak perubahan iklim terhadap biologi tanah

Komponen	Dampak
Biomassa mikroba	Menurun
Aktivitas enzim	Berubah
Respirasi tanah	Meningkat
Mineralisasi	Lebih cepat

Tabel 6. Sintesis pengaruh iklim terhadap produktivitas

Faktor	Dampak
Suhu	Menurunkan hasil
Curah hujan	Mengubah kalender tanam
CO ₂	Meningkatkan fotosintesis pada kondisi tertentu
Kekeringan	Menurunkan hasil
Banjir	Menyebabkan gagal panen

Tabel 7. Strategi adaptasi yang dilaporkan dalam literatur

Strategi	Tujuan
Penambahan bahan organik	Meningkatkan retensi air
Mulsa	Mengurangi evaporasi
Irigasi efisien	Menghemat air
Varietas toleran	Mengurangi dampak cekaman
Kalender tanam	Menyesuaikan perubahan musim

Berdasarkan Tabel 2 di atas, sebagian besar penelitian berasal dari negara-negara Asia yang merupakan sentra produksi padi dunia. Dominasi wilayah tersebut menunjukkan bahwa kawasan Asia menjadi fokus utama penelitian mengenai adaptasi sistem budidaya padi terhadap perubahan iklim. Kemudian (Tabel 3) hampir seluruh penelitian melaporkan bahwa perubahan suhu dan curah hujan memengaruhi kelembapan tanah, infiltrasi, stabilitas agregat, dan kapasitas menahan air, yang

pada akhirnya menentukan produktivitas padi. Pada (Tabel 4) peningkatan suhu mempercepat dekomposisi bahan organik, sedangkan intensitas hujan yang tinggi meningkatkan pencucian unsur hara. Akibatnya, kesuburan tanah menurun apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan yang tepat.

Tabel 5 dan 6, secara umum, produktivitas padi dipengaruhi oleh interaksi antara kondisi iklim dan kemampuan tanah dalam menyediakan air

serta unsur hara. Tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dan kapasitas retensi air yang baik menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi terhadap cekaman iklim. Kemudian (Tabel 7) hasil sintesis menunjukkan bahwa perubahan iklim memengaruhi sifat fisik, kimia, dan

2. Dinamika Tanah sebagai Respon terhadap Variabilitas Iklim

Dalam perspektif ilmu tanah, perubahan iklim tidak hanya mempengaruhi tanaman secara langsung, tetapi juga mengubah sifat fisik, kimia, dan biologis tanah sebagai media tumbuh. Peningkatan suhu menyebabkan meningkatnya laju evaporasi dan evapotranspirasi, yang berdampak pada penurunan kelembapan tanah dan ketersediaan air bagi tanaman. Kondisi ini berpotensi meningkatkan risiko kekeringan, terutama pada lahan sawah tadah hujan.

Sebaliknya, peningkatan intensitas curah hujan dapat menyebabkan proses pencucian unsur hara (*Leaching*), erosi tanah, serta penurunan kualitas struktur tanah. Perubahan ini berdampak langsung terhadap kesuburan tanah dan efisiensi penggunaan hara oleh tanaman. Dalam skala global, sifat tanah seperti kapasitas tukar kation dan kandungan bahan organik terbukti menjadi faktor penting dalam menentukan efisiensi penggunaan nitrogen dan hasil padi (Shending C. *et al.*, 2023).

Selain itu, kondisi tanah tergenang pada budidaya padi sawah menciptakan lingkungan anaerob yang meningkatkan emisi gas rumah kaca seperti metana (CH_4), yang pada gilirannya memperkuat umpan balik perubahan iklim (Thai, V.T. *et al.*, 2026). Hal ini menunjukkan adanya hubungan timbal balik antara tanah dan iklim, di mana tanah tidak hanya dipengaruhi oleh iklim tetapi juga berkontribusi terhadap perubahan iklim global.

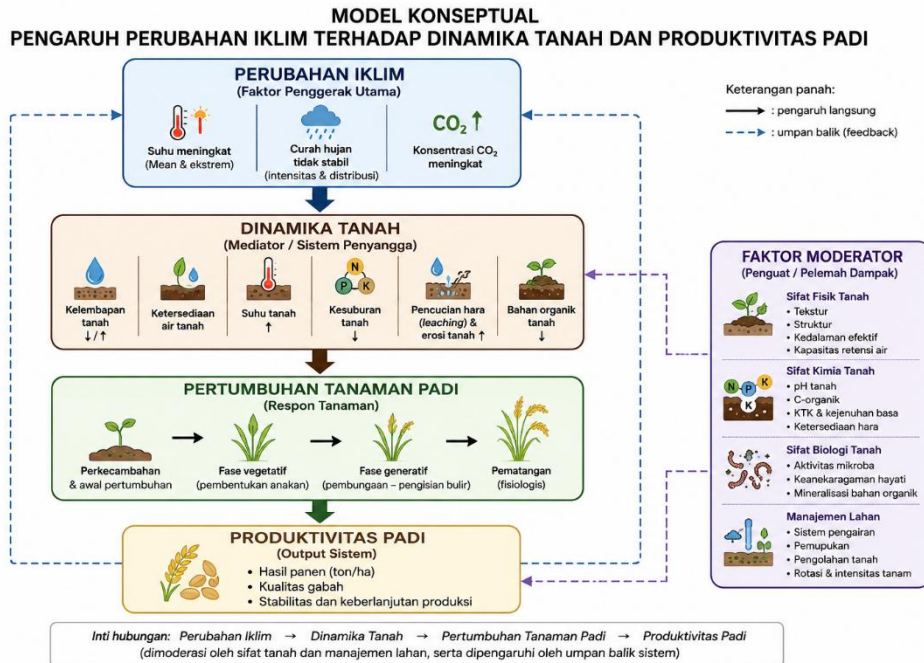
biologi tanah yang selanjutnya menentukan produktivitas padi. Tanah berperan sebagai komponen mediasi utama sehingga pengelolaan tanah menjadi bagian penting dari strategi adaptasi terhadap perubahan iklim.

3. Model Konseptual Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Dinamika Tanah dan Produksi Padi

Model konseptual dalam penelitian ini menggambarkan hubungan kausal antara perubahan iklim, dinamika tanah, dan produktivitas tanaman padi (Na Li *et al.*, 2024). Perubahan iklim yang ditandai oleh peningkatan suhu, variabilitas curah hujan, serta peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO_2) berperan sebagai faktor eksternal utama yang mempengaruhi sistem pertanian.

Variabel iklim tersebut secara langsung mempengaruhi kondisi tanah, terutama dalam hal kelembapan tanah, ketersediaan air tanah, suhu tanah, serta proses biogeokimia seperti mineralisasi dan pencucian unsur hara. Perubahan sifat tanah ini kemudian berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi, yang tercermin dalam produktivitas hasil panen. Selain itu, tanah juga berfungsi sebagai sistem penyangga (*Buffer System*) yang dapat memperkuat atau melemahkan dampak perubahan iklim terhadap tanaman. Tanah dengan kandungan bahan organik tinggi dan kapasitas retensi air yang baik cenderung lebih mampu mempertahankan produktivitas tanaman di bawah kondisi iklim yang tidak stabil. Sebaliknya, tanah yang terdegradasi akan meningkatkan kerentanan tanaman terhadap stres lingkungan (Zhu, X. *et al.*, 2022).

Dengan demikian, hubungan antara iklim, tanah, dan tanaman padi bersifat interaktif dan dinamis, di mana perubahan pada satu komponen akan mempengaruhi komponen lainnya dalam suatu sistem agroekosistem.



Gambar 1. Skema Model Konseptual

Gambar 1 di atas, menggambarkan model konseptual hubungan antara perubahan iklim, dinamika tanah, dan produktivitas padi. Perubahan iklim berperan sebagai faktor penggerak utama yang mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah. Perubahan tersebut berdampak pada pertumbuhan tanaman padi dan akhirnya menentukan produktivitas. Faktor tanah dan manajemen lahan berperan sebagai variabel moderator yang dapat memperkuat atau melemahkan dampak perubahan iklim.

4. Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesesuaian Lahan Padi

Perubahan iklim juga berdampak pada kesesuaian lahan untuk budidaya padi. Peningkatan suhu dan perubahan pola curah hujan menyebabkan pergeseran zona agroklimat, sehingga beberapa wilayah menjadi kurang sesuai untuk budidaya padi di masa depan.

Studi global menunjukkan bahwa skenario perubahan iklim ekstrem dapat menurunkan luas lahan yang sesuai untuk padi, khususnya di wilayah Asia yang merupakan pusat produksi padi dunia (Amir D. *et al.*, 2025). Pergeseran ini menuntut adanya strategi adaptasi, seperti perubahan waktu tanam, penggunaan varietas tahan cekaman, serta pengelolaan tanah dan air yang lebih efisien.

Selain itu, variabilitas iklim juga menyebabkan perubahan pola tanam dan intensitas tanam, yang secara tidak langsung mempengaruhi produktivitas lahan dan keberlanjutan sistem pertanian padi.

5. Implikasi terhadap Pengelolaan Tanah dan Adaptasi Pertanian

Hasil kajian menunjukkan bahwa upaya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim harus mempertimbangkan aspek tanah secara komprehensif. Pengelolaan tanah yang baik, seperti peningkatan bahan organik melalui pemupukan organik, konservasi tanah, serta pengelolaan air yang efisien, dapat meningkatkan ketahanan sistem pertanian terhadap perubahan iklim.

Praktik seperti penggunaan pupuk organik terbukti mampu meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi kehilangan hasil akibat suhu ekstrem (Zhu, X. *et al.*, 2022). Selain itu, strategi adaptasi seperti penyesuaian waktu tanam, penggunaan varietas unggul, serta diversifikasi sistem pertanian juga terbukti mampu meningkatkan produktivitas padi di tengah perubahan iklim.

Dari sisi kebijakan, hasil sintesis ini dapat menjadi dasar dalam penyusunan program adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian, termasuk pengembangan

kalender tanam berbasis informasi iklim, rehabilitasi lahan terdegradasi, serta perencanaan penggunaan lahan yang

mempertimbangkan perubahan kesesuaian agroklimat di masa depan

Kesimpulan

Berdasarkan hasil Systematic Literature Review, perubahan iklim terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap dinamika tanah dan produktivitas tanaman padi melalui interaksi yang kompleks antara faktor iklim, sifat tanah, dan respons fisiologis tanaman. Peningkatan suhu udara, perubahan pola curah hujan, peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO₂), serta meningkatnya kejadian iklim ekstrem memengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, termasuk kelembapan tanah, kandungan bahan organik, ketersediaan unsur hara, aktivitas mikroorganisme, dan kapasitas retensi air. Perubahan tersebut secara langsung maupun tidak langsung menentukan kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan dan produktivitas padi.

Sintesis berbagai penelitian menunjukkan bahwa tanah berperan sebagai komponen mediasi yang menentukan tingkat kerentanan maupun ketahanan sistem budidaya padi terhadap perubahan iklim. Tanah dengan kualitas fisik dan kimia yang baik serta kandungan bahan organik yang tinggi memiliki kapasitas lebih besar dalam mempertahankan produktivitas padi dibandingkan tanah yang telah mengalami degradasi. Dengan demikian, pengelolaan tanah merupakan bagian integral dari strategi adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian.

Kajian ini juga mengidentifikasi bahwa sebagian besar penelitian terdahulu masih mengkaji pengaruh perubahan iklim terhadap produktivitas padi atau karakteristik tanah secara terpisah. Melalui sintesis sistematis, artikel ini menawarkan kerangka konseptual yang mengintegrasikan perubahan iklim, dinamika tanah, dan produktivitas padi dalam satu sistem agroekologi. Pendekatan tersebut memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan ilmu tanah dan agroklimatologi sekaligus memperkuat dasar ilmiah bagi penyusunan strategi pengelolaan lahan yang adaptif dan berkelanjutan dalam mendukung ketahanan pangan.

Saran

Berdasarkan hasil kajian ini, beberapa rekomendasi ilmiah dapat diajukan sebagai berikut.

1. Penelitian mendatang perlu mengintegrasikan faktor iklim, sifat fisik, kimia, dan biologi tanah dalam satu model analisis sehingga mekanisme pengaruh perubahan iklim terhadap produktivitas padi dapat dijelaskan secara lebih komprehensif.
2. Pengembangan model prediksi produktivitas padi sebaiknya mengombinasikan data observasi lapangan dengan teknologi penginderaan jauh (remote sensing), Sistem Informasi Geografis (SIG), pemodelan agroklimat, serta pendekatan machine learning untuk meningkatkan akurasi prediksi pada berbagai skenario perubahan iklim.
3. Penelitian eksperimental jangka panjang pada berbagai tipe tanah dan zona agroekologi di Indonesia perlu diperluas untuk mengevaluasi perubahan karbon organik tanah, dinamika unsur hara, keseimbangan air tanah, dan aktivitas mikroorganisme sebagai indikator ketahanan agroekosistem terhadap perubahan iklim.
4. Strategi adaptasi yang direkomendasikan bagi pengelolaan lahan meliputi peningkatan kandungan bahan organik tanah, konservasi tanah dan air, optimalisasi sistem irigasi, penggunaan varietas padi toleran terhadap cekaman iklim, serta penerapan kalender tanam berbasis informasi iklim. Pendekatan tersebut diharapkan mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan sumber daya tanah.
5. Hasil kajian ini dapat dijadikan dasar ilmiah bagi penyusunan kebijakan pengelolaan lahan pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim, khususnya dalam mendukung program ketahanan pangan nasional, rehabilitasi lahan terdegradasi, dan implementasi pertanian cerdas iklim (climate-smart agriculture).

Daftar Pustaka

- Amir Dadrasi, Davina Vačkářová, Fatemeh Salmani, Can Trong Nguyen, Jan Weinzettel, 2025. Global rice land suitability and adaptation strategies under climate change, *Journal of Environmental Management*, Volume 394, 127630, ISSN 0301-4797, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127630>
- Estiningtyas, W., & Syakir, M. (2018). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Padi di Lahan Tadah Hujan. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 18(2). <https://doi.org/10.31172/jmg.v18i2.406>
- Na Li, Yating Zhao, Jinsheng Han, Qiliang Yang, Jiaping Liang, Xiaogang Liu, Yazhou Wang, Zhengzhong Huang, 2024. Impacts of future climate change on rice yield based on crop model simulation—A meta-analysis, *Science of The Total Environment*, Volume 949, 175038, ISSN 0048-9697. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175038>
- Nguyen, P. T. M., Ho, P. T., & Pham, H. X., 2024. Impacts of seasonal climate variation on rice yield: Evidence from the Central Coast of Vietnam. *Cogent Economics & Finance*, 12(1). DOI: <https://doi.org/10.1080/23322039.2024.2421894>
- Pujiati, Adhi M.A., Wati T., Kristiawan A. & Firmansyah, 2025. Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesesuaian Lahan Agroklimat Tanaman Padi Dengan Skenario SSP245, SSP370 dan SSP585 Studi Kasus Jawa Tengah. *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains (BIOEDUSAINS)*. Volume 8, Nomor 6, November-Desember 2025. e-ISSN: 2598-7453. DOI: <https://doi.org/10.31539/zyz5hv59>
- Ruminta, 2016. Analisis penurunan produksi tanaman padi akibat perubahan iklim di Kabupaten Bandung Jawa Barat. *Jurnal Kultivasi* Vol. 15(1). ISSN 1412-4718. DOI: 10.24918/kultivasi
- Saputra R.A., Akhir N. & Yulianti V., 2018. Efek Perubahan Zona Agroklimat Klasifikasi Oldeman 1910-1941 dengan 1985-2015 terhadap Pola Tanam Padi Sumatera Barat. *Jurnal Tanah dan Iklim* Vol. 42 No. 2, Desember 2018: 125-133. ISSN 1410-7244.
- Shending Chen, Ahmed S. Elrys, Chang Zhao, Zucong Cai, Jinbo Zhang, Christoph Müller, 2023. Global patterns and controls of yield and nitrogen use efficiency in rice, *Science of The Total Environment*, Volume 898, 165484, ISSN 0048-9697. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165484>
- Thai, V.T., Checco, J., Mitchell, J. *et al.*, 2026. Producing more rice with fewer emissions: a global meta-analysis. *npj Sustain. Agric.* 4, 27. DOI: <https://doi.org/10.1038/s44264-026-00136-x>
- Wihardjaka A., Pramono A. & Sutriadi M.T., 2020. Peningkatan Produktivitas Padi Sawah Tadahan Hujan Melalui Penerapan Teknologi Adaptif Dampak Perubahan Iklim. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol. 14 No. 1, Juli 2020: 25-36. ISSN 1907-0799.
- Zhu, X., Chen, J., Huang, S. *et al.*, 2022. Manure amendment can reduce rice yield loss under extreme temperatures. *Commun Earth Environ* 3, 147. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00481-y>