

Hubungan antara Luas Panen Padi terhadap Emisi Metana di Indonesia: Analisis Data FAO dan BPS

Salsa Fajriya*, Apip Supriadi, Asep Yusup Hanapia, Rivan Indra Maulana,
Rohyatul Kirom, Rosie Suci Pebriani, Shafdiar Gustira

Program Studi Magister Manajemen, Program Pascasarjana, Universitas Siliwangi, Jl. Siliwangi No. 24
Kahuripan, Tawang, Kota Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat, Indonesia, 46115.

*salsafajriya263@gmail.com,

Article History:

Received : 04/12/2025
Received in revised form : 10/01/2026
Accepted : 30/02/2026

Abstract: *This study aims to analyze and describe the trend of rice harvested area in Indonesia and its relationship with methane (CH₄) emissions from the agricultural sector in the period 2018–2022. The type of research used is descriptive quantitative by utilizing secondary data from the Central Statistics Agency (BPS) for Harvested Area and FAOSTAT for methane emission estimation. The calculation of emissions in the data refers to the IPCC 2006 Guidelines methodology and its update in 2019. The results of the study show that the trend of rice harvested area and annual methane emissions have a consistent pattern, with a gradual decrease from 2018 to 2021 before experiencing a slight increase in 2022. Based on statistical analysis, a correlation coefficient (r) value of 0.940 was found, indicating a very strong positive relationship. Furthermore, the coefficient of determination (R²) value of 0.883 indicates that 88.3% of the variation in total methane emissions from the agricultural sector in Indonesia can be explained by the variable of rice harvested area. Despite showing a very strong positive relationship, this finding is limited by the very short data period (n=5), so the high correlation results are not able to represent long-term trends in variable relationships. Furthermore, the methodology used is still based on the simplifying assumption of IPCC Tier 1 with a single conventional inundation scaling factor (SFw=1.0), which does not reflect real-world variations in land management. These findings demonstrate that expanding planted areas linearly increases the risk of methane emissions due to anaerobic soil conditions in inundated land. The novelty of this research lies in the effort to synchronize national activity databases with international platforms as a first step in mapping emission risks amidst the dynamics of post-pandemic land conversion. This study recommends the need for accelerated mitigation through water management such as Alternate Wetting and Drying (AWD) techniques to reduce emissions without reducing land productivity.*

Keywords: *Climate Change Mitigation, Sustainable Agriculture; Rice Harvest Area; Methane Emissions (CH₄); FAO; BPS.*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mendeskripsikan tren Luas Panen padi di Indonesia serta hubungannya dengan emisi metana (CH₄) dari sektor pertanian pada periode 2018–2022. Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan memanfaatkan data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) untuk Luas Panen dan FAOSTAT untuk estimasi emisi metana. Perhitungan emisi dalam data tersebut mengacu pada metodologi IPCC 2006 Guidelines dan pembaruannya pada tahun 2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tren luas panen padi dan emisi

metana tahunan memiliki pola yang sejalan, dengan penurunan bertahap dari tahun 2018 hingga 2021 sebelum mengalami sedikit peningkatan pada tahun 2022. Berdasarkan analisis statistik, ditemukan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,940 yang menunjukkan hubungan positif yang sangat kuat. Selanjutnya, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,883 mengindikasikan bahwa 88,3% variasi total emisi metana sektor pertanian di Indonesia dapat dijelaskan oleh variabel luas panen padi. Meskipun menunjukkan hubungan positif yang sangat kuat, temuan ini memiliki keterbatasan pada penggunaan periode data yang sangat singkat ($n=5$), sehingga hasil korelasi yang tinggi belum mampu merepresentasikan tren hubungan variabel dalam jangka panjang. Selain itu, metodologi yang digunakan masih berbasis asumsi penyederhanaan IPCC Tier 1 dengan faktor skala penggenangan konvensional tunggal ($SFw=1.0$), yang belum mencerminkan variasi manajemen lahan secara riil. Temuan ini membuktikan bahwa perluasan area tanam secara linear meningkatkan risiko beban emisi metana akibat kondisi tanah anaerob pada lahan yang tergenang. Kebaruan penelitian ini terletak pada upaya mensinkronisasikan basis data aktivitas nasional dengan platform internasional sebagai langkah awal pemetaan risiko emisi di tengah dinamika konversi lahan pasca-pandemi. Penelitian ini merekomendasikan perlunya akselerasi mitigasi melalui manajemen air seperti teknik *Alternate Wetting and Drying* (AWD) untuk menekan emisi tanpa mengurangi produktivitas lahan.

Kata kunci: Mitigasi Perubahan Iklim; Pertanian Berkelanjutan; Luas Panen Padi; Emisi Metana (CH_4); FAO; BPS.

PENDAHULUAN

Sektor pertanian memiliki peran yang sangat vital dalam menjaga keberlanjutan ketahanan pangan sekaligus menopang perekonomian nasional. Sebagai salah satu produsen padi terbesar di dunia, Indonesia menghadapi dilema strategis antara menjaga stabilitas produksi pangan untuk memenuhi kebutuhan pokok masyarakat, sekaligus menekan emisi gas rumah kaca (GRK). Sejumlah kajian pustaka memperlihatkan bahwa sektor pertanian global berkontribusi sekitar 20–25% terhadap total emisi GRK dunia. Di dalam sektor tersebut, sawah padi merupakan sumber utama emisi metana (CH_4). Data terbaru menunjukkan bahwa emisi sistem pangan global telah mencapai 16,5 miliar ton CO_{2eq} , dengan emisi di tingkat usaha tani (*farm-gate*) menyumbang porsi signifikan sebesar 8,1 miliar ton CO_{2eq} . Budidaya padi sendiri secara spesifik bertanggung jawab atas 8% dari total emisi metana global akibat praktik penggenangan tradisional yang menciptakan kondisi anaerobik (FAO, 2025).

Emisi GRK dari sektor padi dipengaruhi secara dominan oleh intensitas manajemen lahan, di mana sinkronisasi antara produktivitas dan rendah emisi hanya dapat dicapai melalui integrasi data yang akurat (Qian et al., 2023). Proyeksi terkini mengindikasikan bahwa emisi GRK pertanian diperkirakan langsung akan terus meningkat sebesar 6% dalam dekade mendatang kecuali terdapat adopsi teknologi mitigasi yang masif (FAO, 2025). Di konteks Indonesia,

tantangan utama penelitian dan pengembangan ke depan adalah sinkronisasi data emisi dengan kondisi spesifik di berbagai tipologi lahan guna mendukung keberlanjutan (Ariani et al., 2021). Hal ini sejalan dengan temuan yang mencatat bahwa pemetaan tren emisi di lahan sawah saat ini semakin berfokus pada teknik budidaya yang adaptif terhadap target kebijakan rendah karbon nasional (Paramitha, 2024).

Penelitian mengenai emisi metana pada budidaya padi masih terbatas pada skala mikro, yaitu berfokus pada praktik budidaya di tingkat petani atau plot percobaan. Penelitian yang menelaah keterkaitan antara peningkatan luas lahan panen secara nasional dan pertumbuhan emisi metana dalam konteks makro masih jarang ditemukan. Padahal, upaya meningkatkan produksi padi secara nasional hampir selalu diikuti oleh meningkatnya penggunaan lahan sawah tergenang, yang pada akhirnya turut mendorong kenaikan emisi metana. Oleh sebab itu, analisis berskala nasional mengenai hubungan antara perubahan luas panen padi dan emisi metana sangat penting sebagai dasar penyusunan kebijakan mitigasi perubahan iklim yang lebih komprehensif dan berbasis data.

Indonesia sendiri mempunyai peranan penting dalam peta produksi padi global. Dengan total lahan sawah yang mencapai jutaan hektar dan kebutuhan pangan yang terus meningkat setiap tahun, pengelolaan produksi padi di Indonesia tidak dapat dipisahkan dari diskursus terkait perubahan iklim. Adapun data Luas Panen dan Produksi Padi sebagai berikut:

Tabel 1. Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia Tahun 2018 – 2022

Tahun	Luas Panen (Ha)	Produksi Padi (ton)
2018	11.377.934,44	59.200.533,72
2019	10.677.887,15	54.604.033,34
2020	10.657.274,96	54.649.202,24
2021	10.411.801,22	54.415.294,22
2022	10.452.672,00	54.748.977,00

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025.

Tabel 1. menunjukkan bahwa terjadi fluktuasi yang cenderung menurun pada luas panen dan produksi padi. Namun, penurunan luas lahan tidak secara otomatis menjamin penurunan beban emisi jika intensitas emisi per hektar tetap tinggi. Hal ini sejalan dengan Laporan Emission Gap Report UNEP (2022) yang menempatkan sektor pertanian Indonesia sebagai sumber emisi terbesar kedua

setelah energi. Hubungan antara aktivitas budidaya dengan output emisi metana sektoral selama periode yang sama dipaparkan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Estimasi Emisi Metana (CH₄) dari Berbagai Sub-Sektor Pertanian di Indonesia Tahun 2018–2022 (kt)

Tahun	Rice Cultivation	Burning - Crop residues	Enteric Fermentation	Manure Management	Total Emisi Metana Pertanian
2018	2.405,61	27,21	1.028,40	165,87	3.627,09
2019	2.257,60	25,22	1.066,70	170,29	3.519,81
2020	2.253,25	23,17	1.090,71	160,65	3.527,78
2021	2.201,34	22,53	1.106,79	151,07	3.481,73
2022	2.209,99	23,85	1.140,93	158,55	3.533,32

Sumber: FAOSTAT, 2025

Perbandingan antara Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan adanya korelasi positif yang konsisten antara luas panen dan emisi metana dari *rice cultivation*. Meskipun kategori emisi lain seperti *enteric fermentation* menunjukkan tren kenaikan, emisi dari budidaya padi tetap menjadi kontributor dominan dalam profil emisi metana pertanian Indonesia.

Pemerintah Indonesia telah menargetkan penurunan emisi sektor pertanian sebesar 0,32% atau sekitar 9 juta ton CO₂e sebagaimana tertuang dalam dokumen Enhanced NDC. Untuk mencapai target ini, berbagai pendekatan dan praktik budidaya ramah lingkungan mulai diterapkan, seperti Sistem Intensifikasi Padi (SRI), pemanfaatan varietas padi rendah emisi, serta penggunaan irigasi berselang untuk mengurangi periode anaerob di lahan sawah. Inovasi-inovasi ini bertujuan untuk mengurangi emisi tanpa menurunkan produktivitas padi nasional.

Penelitian ini menggunakan rentang data 2018–2022 untuk memberikan gambaran kontemporer yang memadai mengenai respons emisi terhadap dinamika lahan pasca-implementasi kebijakan NDC tahap awal. Meskipun durasinya relatif singkat, analisis ini bersifat eksploratif awal yang krusial untuk memotret tren jangka pendek sebagai dasar penyesuaian target mitigasi sektor pertanian sebesar 0,32% atau 9 juta ton CO₂e. Fokus pada periode ini memungkinkan identifikasi apakah penurunan luas panen secara linier diikuti oleh penurunan emisi metana dari budidaya padi (*rice cultivation*). Kebaruan penelitian ini terletak pada penggabungan analisis tren produksi padi dengan pola emisi metana pada level nasional, yang selama ini sering dianalisis secara terpisah. Kontribusi ilmiah yang ditawarkan adalah penyediaan bukti empiris

mengenai hubungan kuantitatif antara fluktuasi luas panen dan emisi CH₄, yang berfungsi sebagai instrumen proyeksi bagi pengambil kebijakan. Melalui pendekatan ini, diharapkan tercipta rumusan strategi pembangunan pertanian berkelanjutan yang mampu menyelaraskan target swasembada pangan dengan komitmen rendah karbon secara lebih presisi dan berbasis data makro.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif berbasis data sekunder. Fokus penelitian adalah analisis deret waktu (*time-series*) untuk periode 2018–2022. Penelitian ini bertujuan untuk memotret hubungan antara dinamika luas panen padi nasional dengan fluktuasi emisi metana (CH₄) tanpa memberikan perlakuan khusus terhadap variabel yang diteliti.

Data yang digunakan adalah data sekunder nasional Indonesia yang diperoleh dari dua sumber otoritas statistik utama:

1. Data Luas Panen dan Produksi Padi: Diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) periode 2018–2022.
2. Data Emisi Metana (CH₄): Diperoleh dari pangkalan data statistik FAOSTAT (2025). Data emisi yang digunakan mencakup kategori *Rice Cultivation, Burning - Crop Residues, Enteric Fermentation, dan Manure Management*. Penggunaan data langsung dari FAOSTAT dimaksudkan untuk menjaga standarisasi internasional dan konsistensi data emisi yang telah terverifikasi secara global.

Penelitian ini mengacu pada metodologi inventarisasi gas rumah kaca (GRK) yang ditetapkan dalam 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* serta pembaruannya pada 2019 *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines*. Secara teoritis, emisi metana dari budidaya padi (E) ditentukan oleh luas panen (A), durasi musim tanam (t), dan faktor emisi harian (EF) melalui persamaan:

$$E = A \times t \times EF$$

Guna menjaga konsistensi data dan menghindari kesalahan estimasi akibat keterbatasan parameter lokal (seperti koefisien pengelolaan air dan input organik), penelitian ini mengadopsi luaran data dari FAOSTAT (2025). Data FAOSTAT merupakan hasil integrasi metodologi IPCC terbaru yang telah disesuaikan dengan profil emisi spesifik wilayah tropis Indonesia Selanjutnya, untuk mengetahui hubungan antar variabel digunakan analisis korelasi.

Hubungan antara variabel Luas Panen dan Emisi Metana diuji menggunakan analisis Korelasi Pearson Product Moment. Analisis dilakukan dengan perangkat lunak Microsoft Excel melalui prosedur statistik sebagai berikut:

- a. Penyusunan tabulasi data *time-series* tahun 2018–2022.
- b. Penghitungan koefisien korelasi (r) untuk menentukan kekuatan dan arah hubungan.
- c. Interpretasi nilai koefisien korelasi berdasarkan skala keeratan hubungan.

Mengingat jumlah observasi yang terbatas ($n=5$), analisis korelasi dalam penelitian ini diposisikan sebagai analisis deskriptif untuk mengidentifikasi tren linearitas jangka pendek. Penulis menyadari batasan jumlah sampel ini, sehingga hasil korelasi digunakan sebagai dasar indikasi awal dalam mendukung proyeksi mitigasi emisi sektor pertanian, bukan sebagai generalisasi statistik jangka panjang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi Emisi Metana (CH₄) Sektor Pertanian

Estimasi emisi metana dalam penelitian ini tidak lagi menggunakan perhitungan manual statis guna menghindari bias linearitas, melainkan mengadopsi data observasi dari FAOSTAT yang berbasis metodologi IPCC Tier 1. Pendekatan ini mempertimbangkan variasi emisi pada berbagai sub-sektor pertanian di Indonesia. Pendekatan IPCC Tier 1 dipilih karena mampu menyediakan estimasi emisi yang konsisten pada skala nasional dengan keterbatasan data lapangan, sehingga sesuai untuk analisis tren jangka menengah di tingkat makro.

Hasil perhitungan emisi metana sektor pertanian tertuang dalam Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa *Rice Cultivation* merupakan kontributor utama emisi metana di Indonesia, menyumbang lebih dari 60% dari total emisi pertanian. Sementara itu, emisi dari *Burning - Crop residues* memiliki kontribusi yang sangat kecil (kurang dari 1%), yang mengindikasikan bahwa manajemen lahan basah jauh lebih krusial dibandingkan penanganan pasca-panen dalam konteks emisi CH₄.

Analisis Tren Luas Panen dan Emisi Metana

Analisis tren dilakukan untuk melihat hubungan antara fluktuasi luas panen dengan output emisi dari budidaya padi. Pada penelitian ini, untuk mengetahui Tren Luas Panen dan Emisi Metana Pada Tahun 2018 sampai dengan 2022, maka dilakukan pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel* untuk mencari

JURNAL MANAJEMEN PUBLIK DAN KEBIJAKAN PUBLIK VOL 8 NO 1, MARET 2026

trend dan melihat perbandingan setiap tahunnya. Adapun perbandingan luas panen dan emisi budidaya padi sebagai berikut:

Tabel 3. Perbandingan Luas Panen dan Emisi Metana Tahun 2018–2022

Tahun	Luas Panen (Ha)	Total Emisi Metana Pertanian
2018	11.377.934,44	3.627,09
2019	10.677.887,15	3.519,81
2020	10.657.274,96	3.527,78
2021	10.411.801,22	3.481,73
2022	10.452.672,00	3.533,32

Tabel 3. menunjukkan tren yang sejalan antara penurunan luas panen dan penurunan emisi metana dari tahun 2018 hingga 2021. Penurunan luas panen secara bertahap diikuti oleh penurunan total emisi pertanian. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti konversi lahan, perubahan iklim yang menggeser masa tanam, serta dinamika populasi ternak yang memengaruhi angka total emisi secara tahunan. Secara global, sektor padi juga diidentifikasi sebagai salah satu kontributor utama emisi metana pertanian, sehingga pola yang ditemukan dalam penelitian ini menempatkan Indonesia dalam konteks tantangan mitigasi perubahan iklim global.

Analisis Korelasi Pearson (r)

Agar memberikan penafsiran besar atau kecilnya koefisien korelasi, maka digunakan pedoman interpretasi sebagai berikut:

Tabel 4. Pedoman Untuk Memberikan Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00-0,199	Sangat Rendah
0,20-0,0399	Rendah
0,40-0,599	Sedang
0,60-0,799	Kuat
0,80-1,000	Sangat Kuat

Sumber: Sugiyono, 2022

Berdasarkan uji statistik menggunakan *microsoft excel* dengan sumber data pada Tabel 3, diperoleh nilai koefisien korelasi (r) = 0,940. Nilai ini menunjukkan hubungan yang sangat kuat. Nilai korelasi sebesar 0,940

membuktikan bahwa luas panen padi merupakan variabel penentu yang mengendalikan tren emisi metana pertanian di Indonesia. Selanjutnya, berdasarkan hasil uji korelasi Pearson sebesar $r = 0,940$ tersebut, dapat dilakukan analisis hubungan yang lebih mendalam sebagai berikut:

1. Signifikansi Variabel Luas Panen: Nilai korelasi yang mendekati +1 menunjukkan bahwa luas panen padi memiliki determinasi yang sangat dominan terhadap profil emisi metana pertanian nasional. Secara statistik, ini berarti arah pergerakan total emisi metana di Indonesia hampir sepenuhnya searah dengan fluktuasi luas panen padi. Ketika luas panen menyusut, total emisi metana nasional turun secara signifikan, dan sebaliknya.
2. Analisis Koefisien Determinasi (R^2): Dengan nilai $r = 0,940$, maka diperoleh nilai R^2 sebesar 0,883. Hal ini menginterpretasikan bahwa 88,3% variasi total emisi metana sektor pertanian di Indonesia dapat dijelaskan oleh variabel luas panen padi. Sisanya sebesar 11,7% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diukur dalam korelasi ini, seperti fluktuasi populasi ternak ruminansia dan perubahan manajemen limbah pertanian.

Analisis Hubungan Luas Panen dan Emisi Metana

Berdasarkan hasil uji korelasi ($r = 0,940$) dan determinasi ($R^2 = 0,883$), dapat disimpulkan bahwa luas lahan memiliki pengaruh yang sangat dominan terhadap volume emisi metana yang dihasilkan. Tingginya keterkaitan ini terjadi karena emisi metana pada padi sawah sangat bergantung pada kondisi lahan yang tergenang air. Secara alami, lahan sawah yang digenangi akan menciptakan kondisi tanpa oksigen (*anaerob*) yang memicu aktivitas bakteri penghasil metana. Oleh karena itu, setiap perubahan luas panen akan berbanding lurus dengan jumlah emisi yang dilepaskan ke atmosfer.

Hal ini selaras dengan hasil kajian di Asia yang menunjukkan bahwa emisi metana dari sawah merupakan salah satu fokus utama dalam penelitian regional, di mana *luas area sawah yang tergenang* berkontribusi besar terhadap total CH_4 yang dilepaskan dan penelitian juga menyoroti peran manajemen air dan kondisi lingkungan sebagai faktor kontrol emisi yang penting (Paramitha, 2024). Selain itu, analisis terbaru tentang praktik pengelolaan air sawah menunjukkan bahwa pengurangan durasi dan luas lahan yang tergenang air secara signifikan dapat menurunkan emisi CH_4 , yang

secara tidak langsung menguatkan hubungan antara luas *area flooded* dan total emisi metana. Artinya, apabila lahan yang tergenang lebih luas dan lebih lama, produksi metana secara agregat akan lebih besar dibandingkan kondisi dengan area tergenang yang lebih kecil atau lebih cepat dikeringkan (Minamikawa, 2025).

Dominasi variabel luas panen sebesar 88,3% dalam menjelaskan variasi emisi metana menegaskan bahwa kebijakan mitigasi di Indonesia harus berfokus pada intervensi teknologi di tingkat lahan tanpa harus mengurangi luas area produksi demi menjaga ketahanan pangan. Adapun sisa pengaruh sebesar 11,7% yang berasal dari faktor lainnya menunjukkan adanya peluang mitigasi integratif. Dengan demikian, sinkronisasi antara pengaturan periode penggenangan lahan dan optimalisasi indeks pertanaman menjadi kunci utama bagi pemerintah dalam mencapai target *Nationally Determined Contributions* (NDC) dari sektor pertanian.

Meskipun hasil analisis menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara luas panen dan emisi metana, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena menggunakan data agregat nasional yang belum sepenuhnya merepresentasikan variasi spasial, tipe lahan, dan sistem irigasi di tingkat regional. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk mengintegrasikan data berbasis wilayah dan praktik budidaya agar estimasi emisi menjadi lebih presisi.

Temuan ini juga mengindikasikan bahwa kebijakan mitigasi emisi sektor pertanian perlu memprioritaskan pengelolaan lahan sawah, khususnya melalui pengaturan sistem irigasi, penerapan pengairan berselang, serta perlindungan lahan produktif dari konversi, sebagai bagian dari strategi pembangunan rendah karbon nasional.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data tahun 2018–2022, penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat korelasi positif yang sangat kuat ($r = 0,940$) antara luas panen padi dengan total emisi metana sektor pertanian di Indonesia. Nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,883$) menegaskan bahwa 88,3% fluktuasi emisi metana nasional ditentukan oleh luas lahan yang tergenang (aktivitas budidaya padi). Hal ini membuktikan secara empiris bahwa perluasan area

tanam demi ketahanan pangan secara linear meningkatkan risiko beban emisi metana akibat kondisi tanah anaerob. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan pada rentang waktu data yang relatif pendek (5 tahun) dan penggunaan asumsi perhitungan emisi sekunder dari FAOSTAT yang berbasis metodologi IPCC Tier 1. Oleh karena itu, hubungan korelasi ini perlu dipandang sebagai tren jangka pendek yang masih memerlukan validasi lebih lanjut melalui data historis yang lebih panjang dan pengukuran lapangan secara langsung untuk menangkap variasi emisi pada tingkat lokal yang lebih spesifik.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian tersebut, saran yang dapat direkomendasikan adalah sebagai berikut:

1. Penyempurnaan Inventarisasi Emisi: Mengingat dominansi luas panen terhadap total emisi, pemerintah melalui Kementerian Pertanian perlu beralih dari metodologi IPCC Tier 1 ke Tier 2 atau Tier 3 yang lebih rinci. Metode ini harus mengintegrasikan variabel manajemen air dan jenis tanah di setiap provinsi agar diperoleh data emisi yang lebih presisi sebagai dasar kebijakan mitigasi.
2. Akselerasi Mitigasi Berbasis Manajemen Air: Dengan pengaruh variabel luas lahan yang mencapai 88,3%, intervensi paling efektif yang dapat dilakukan tanpa mengurangi luas produksi adalah masifnya penerapan teknik *Alternate Wetting and Drying (AWD)* atau pengairan berselang. Hal ini krusial untuk memutus durasi kondisi anaerob di lahan sawah.
3. Ekspansi Variabel Penelitian: Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk memperpanjang periode pengamatan (minimal 10–20 tahun) dan memasukkan variabel tambahan seperti volume penggunaan pupuk nitrogen dan populasi ternak ruminansia di tingkat regional untuk menjelaskan sisa pengaruh sebesar 11,7% yang tidak teridentifikasi dalam penelitian ini.
4. Kebijakan Intensifikasi Rendah Emisi: Pemerintah perlu mengarahkan kebijakan pada intensifikasi lahan (peningkatan produktivitas per hektar) daripada ekstensifikasi (perluasan lahan baru), guna menekan laju pertumbuhan emisi metana yang sangat sensitif terhadap penambahan luas panen.

DAFTAR RUJUKAN

- Ariani, M., Hanudin, E., & Haryono, E. (2021). *Greenhouse Gas Emissions from Rice Fields in Indonesia: Challenges for Future Research and Development*. Indonesian Journal of Geography, 53(1), 30–43. <https://doi.org/10.22146/IJG.55681>
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2025). *Luas panen dan produksi padi di Indonesia 2018–2022*. Badan Pusat Statistik, <https://www.bps.go.id>
- FAO. (2025). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2025*. In *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2025*. <https://doi.org/10.4060/cd4313en>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2025). *Methane (CH₄) emissions from agriculture: Indonesia 2018–2022*. FAOSTAT Database. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *2006 IPCC Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2022). *Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV) Tahun 2021*. Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim.
- Minamikawa, K. (2025). *Climate-smart water management in rice paddies: a meta-synthesis on greenhouse gas emissions and yield impacts*. Paddy and Water Environment, 23(4), 525–532. <https://doi.org/10.1007/s10333-025-01045-4>
- Paramitha, I. G. A. A. P. (2024). *A Systematic Review of Research Trends in Methane Emissions from Rice Fields in Asia*. LIMNOTEK Perairan Darat Tropis Di Indonesia, 2(3), 33–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.55981/limnotek.2024.5101>
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (Ed. 3). Alfabeta.
- Qian, H., Zhu, X., Huang, S., Linquist, B., Kuzyakov, Y., Wassmann, R., Minamikawa, K., Martinez-Eixarch, M., Yan, X., Zhou, F., Sander, B. O., Zhang, W., Shang, Z., Zou, J., Zheng, X., Li, G., Liu, Z., Wang, S., Ding, Y., ... Jiang, Y. (2023). *Greenhouse gas emissions and mitigation in rice agriculture*. Nature Reviews Earth and Environment, 4(10), 716–732. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00482-1>