

## **PRODUK DOMESTIK BRUTO DALAM EMISI CO<sub>2</sub> SEKTOR PERTANIAN DAN PERTANIAN REGENERATIF SEBAGAI SOLUSI MENUJU NET ZERO EMISSION 2060**

**Leony Artamepia<sup>1</sup>, Mariyah<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Pertanian Tropika Basah, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman

<sup>2</sup>Dosen Magister Pertanian Tropika Basah, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Email: artamepia1@gmail.com

### **Abstrak**

Sektor pertanian memiliki peran strategis dalam perekonomian nasional melalui kontribusinya terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), penyediaan pangan, dan penyerapan tenaga kerja. Namun, peningkatan aktivitas ekonomi di sektor ini berpotensi meningkatkan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), terutama apabila pertumbuhan produksi belum sepenuhnya mengadopsi prinsip keberlanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian terhadap emisi CO<sub>2</sub> sektor pertanian di Indonesia selama periode 2003–2023, serta mengeksplorasi potensi pertanian regeneratif sebagai solusi menuju target net zero *emission* 2060. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis regresi linear sederhana berbasis data deret waktu periode 2003-2023. Hasil analisis menunjukkan bahwa PDB sektor pertanian berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub>, dengan nilai koefisien determinasi sebesar 73,7%. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan pertumbuhan ekonomi sektor pertanian cenderung diikuti oleh peningkatan emisi karbon. Oleh karena itu, penerapan pertanian regeneratif yang menekankan pemulihan kesehatan tanah, pelestarian keanekaragaman hayati, serta efisiensi penggunaan input menjadi strategi penting dalam mendukung pembangunan rendah karbon, sejalan dengan kerangka *green economy* dan tujuan pembangunan berkelanjutan.

Kata kunci: PDB Sektor Pertanian, Emisi CO<sub>2</sub>, Pertanian Regeneratif.

### **Abstract**

*The agricultural sector plays a strategic role in national economic development through its contribution to Gross Domestic Product (GDP), food provision, and employment generation. However, increasing agricultural economic activities may lead to higher carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions, particularly when production expansion is not accompanied by sustainable practices. This study aims to analyze the effect of agricultural GDP on CO<sub>2</sub> emissions from the agricultural sector in Indonesia during the period 2003–2023, and to explore the potential of regenerative agriculture as a pathway toward achieving net zero emissions by 2060. A quantitative approach was employed using simple linear regression analysis based on time-series data for the period 2003-2023. The results indicate that agricultural GDP has a positive and statistically significant effect on CO<sub>2</sub> emissions, with a coefficient of determination of 73.7%. These findings suggest that economic growth in the agricultural sector tends to be associated with increased carbon emissions. Therefore, the adoption of regenerative agriculture practices emphasizing soil health restoration, biodiversity conservation, and efficient input use is essential to support low-carbon agricultural development, in line with the green economy framework and the sustainable development goals.*

*Keywords: Agricultural GDP; CO<sub>2</sub> Emissions; Regenerative Agriculture.*

## PENDAHULUAN

Sektor pertanian hingga saat ini masih memegang peran strategis dalam pembangunan nasional, baik dalam menopang pertumbuhan ekonomi maupun pemerataan pembangunan. Kontribusi sektor ini tercermin melalui sumbangannya terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) sebesar 12,4% dan perannya sebagai sektor penyerap tenaga kerja terbesar dengan persentase 29,96%, penyedia pangan, penghasil devisa melalui ekspor, penyedia bahan baku industri, pencipta lapangan kerja, serta instrumen penting dalam pengentasan kemiskinan dan penggerak sektor-sektor ekonomi lainnya (Komalasari et al., 2022; Rahmawaty, 2023; Syahputri et al., 2024; Syofya & Rahayu, 2018). Namun, kenyataannya sektor pertanian masih menghadapi berbagai permasalahan, khususnya perubahan iklim yang berpotensi menghambat keberlangsungan aktivitas pertanian (Rozci, 2024; Ruminta et al., 2018; Surmaini & Faqih, 2016).

Perubahan iklim menempatkan sektor pertanian pada posisi multidimensi, yaitu sebagai penyerap sekaligus sebagai sumber emisi karbon. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023) menunjukkan bahwa sektor ini menyumbang emisi karbon dioksida sebesar 15,01% per tahun, menjadikan Indonesia menempati urutan kedua penyumbang emisi pertanian global (WRI Indonesia, 2025). Hal ini menunjukkan adanya urgensi untuk melakukan transformasi sistem pertanian menuju praktik yang lebih ramah lingkungan (Rahmah et al., 2019). Sekretariat Kabinet (2020) menegaskan bahwa tantangan utama sektor pertanian di masa mendatang adalah menurunkan emisi tanpa menurunkan produktivitas. Pembangunan rendah karbon berusaha menjawab tantangan yang timbul dari fenomena ini (Nasihin & Waniatri, 2023).

Pembangunan rendah karbon merupakan komitmen Indonesia dalam mendukung Paris Agreement bersama 195 negara lainnya untuk menekan laju perubahan iklim dan mencapai target net zero emission pada tahun 2060 (Medrilzam, 2019). Komitmen ini memiliki relevansi penting mengingat degradasi lingkungan dan kerusakan sumber daya alam di Indonesia telah menyebabkan penurunan pendapatan nasional hingga sekitar 10% (Kementerian Keuangan, 2024; Nurjanana, et al., 2024). Melalui kebijakan pembangunan rendah karbon, Indonesia berupaya meminimalkan trade-off antara pertumbuhan ekonomi dan pelestarian lingkungan sekaligus mendukung pencapaian tujuan ke-13 Sustainable Development Goals (SDGs) yaitu aksi perubahan iklim (Aprilianti et al., 2024; Medrilzam, 2021)

Salah satu instrumen utama pembangunan rendah karbon adalah penerapan konsep green economy (Aisah et al., 2023). Konsep ini menekankan pada aktivitas ekonomi yang meningkatkan kesejahteraan manusia secara berkelanjutan melalui praktik produksi, distribusi, dan konsumsi yang efisien serta ramah lingkungan. Penerapan konsep green economy dalam sektor pertanian, tidak hanya bertujuan mencegah degradasi lingkungan, tetapi juga mengemban misi penting dalam menumbuhkan kesadaran ekologis masyarakat. Lebih lanjut, green economy diyakini mampu mewujudkan pembangunan serta pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan berkeadilan (Nugraha et al., 2019; Pugu et al., 2020; Suryandari, 2023).

Secara makroekonomi, laju pertumbuhan sektor pertanian menjadi indikator penting dalam mengukur produktivitas sektor pertanian. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), sektor pertanian menunjukkan tren pertumbuhan yang positif dalam kurun waktu 2004-2024, dengan rata-rata laju pertumbuhan sebesar 7,73% (BPS, 2025). Di sisi lain,

KLHK (2024) melaporkan tren emisi karbon nasional cenderung mengalami peningkatan dalam rentang waktu yang sama. Fenomena peningkatan emisi karbon ini tampaknya sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi. Hal ini, menimbulkan pertanyaan apakah peningkatan pertumbuhan sektor pertanian berkorelasi dengan peningkatan emisi karbon, atau sebaliknya, perlu dilakukan penaksiran estimasi dari data yang ada.

Mengingat kompleksitas permasalahan tersebut, dibutuhkan suatu konsep pertanian baru yang mampu menekan penggunaan bahan kimia, menyeimbangkan produktivitas lahan guna mencegah pencemaran lingkungan. Pertanian regeneratif hadir sebagai bentuk inovasi pertanian berkelanjutan yang bertujuan untuk melindungi sumber daya dan keanekaragaman hayati, melalui prinsip pertanian konservasi, pertanian terintegrasi, restorasi kesehatan tanah, dan rekarbonasi biosfer terestrial (Giller et al., 2021; Woittiez et al., 2017). Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh pertumbuhan sektor pertanian terhadap emisi karbon serta mengeksplorasi potensi pertanian regeneratif sebagai solusi menuju net zero emission 2060. Sebagai implikasinya, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami dinamika pembangunan pertanian, dan menawarkan strategi mitigasi perubahan iklim secara berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan analisis kuantitatif dengan menggunakan data sekunder sebagai sumber informasi. Data yang digunakan berupa deret waktu tahunan (*time series*) yang mencakup periode dari tahun 2003 hingga 2023. Informasi mengenai Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian dan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sektor pertanian diperoleh dari situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS) serta Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK).

Untuk menganalisis data yang telah diperoleh, penelitian ini menggunakan metode regresi linear sederhana dengan pendekatan *Ordinary Least Squares* (OLS). Perhitungan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak IBM SPSS Statistics versi 26. Proses analisis mencakup beberapa tahapan, yaitu pengujian model ekonometrika, uji koefisien determinasi (R<sup>2</sup>), dan Uji t untuk menguji hipotesis yang diajukan. Model ekonometrika, dianalisis melalui nilai konstanta, koefisien regresi pada variabel independen, serta harga residual atau error term. Adapun bentuk model ekonometrika yang digunakan dalam penelitian ini dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_i X_i + e....(1)$$

Informasi:

- Y : Emisi karbon dioksida sektor pertanian tahun 2003-2023
- X<sub>i</sub> : PDB sektor pertanian tahun 2003-2023
- B<sub>i</sub> : Koefisien regresi variabel independen
- β<sub>0</sub> : Konstanta
- e : Residual atau *error term*

### *Uji Koefisien Determinasi*

Koefisien determinasi merupakan ukuran yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana proporsi variasi pada variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam suatu mode ekonometrika. Menurut Ghozali (2018), harga koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) berada pada rentang antara 0 hingga 1. Harga R<sup>2</sup> yang mendekati 1 menunjukkan bahwa

kemampuan variabel independen dalam menjelaskan variasi variabel dependen semakin besar, sehingga hubungan antar variabel dapat dikatakan kuat. Sebaliknya, apabila nilai  $R^2$  mendekati 0, maka kemampuan variabel independen dalam menjelaskan variasi variabel semakin rendah, yang berarti hubungan antar variabel bersifat lemah.

### *Uji t*

Uji t digunakan untuk menguji pengaruh parsial dari independen terhadap variabel dependen, dengan asumsi bahwa variabel lainnya dianggap konstan. Tingkat signifikansi ditentukan berdasarkan harga *sig.* (*p-value*). Apabila harga *Sig.*  $< \alpha = 0,05$ , maka pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen dinyatakan signifikan secara statistik. Sebaliknya apabila harga *Sig.*  $\geq \alpha = 0,05$ , maka variabel independen dianggap tidak memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap variabel dependen.

### *Hipotesis Penelitian*

- H<sub>0</sub> : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian terhadap emisi karbon dioksida sektor pertanian.  
H<sub>a</sub> : Terdapat pengaruh yang signifikan antara Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian terhadap emisi karbon dioksida sektor pertanian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Produk Domestik Bruto Sektor Pertanian dan Emisi CO<sub>2</sub> Sektor Pertanian*

Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian merupakan nilai tambah yang dihasilkan dari seluruh aktivitas produksi di sektor pertanian dalam suatu negara selama periode tertentu. Sektor ini mencakup berbagai subsektor, antara lain tanaman pangan, hortikultura, peternakan, perikanan, dan kehutanan (BPS, 2024)

Emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari sektor pertanian adalah salah satu bentuk gas rumah kaca yang dihasilkan melalui berbagai aktivitas produksi di bidang pertanian seperti penggunaan pupuk nitrogen yang menghasilkan gas dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O), pengelolaan lahan sawah, pembakaran limbah pertanian, serta konsumsi bahan bakar untuk pengoperasian alat dan mesin pertanian. Di Indonesia, sektor pertanian berkontribusi sekitar 15,01% terhadap total emisi karbon nasional. Salah satu sumber utama emisi tersebut berasal dari subsektor tanaman pangan, khususnya produksi padi, yang menghasilkan emisi metana (CH<sub>4</sub>) dari lahan sawah tergenang serta emisi N<sub>2</sub>O dari penggunaan pupuk kimia (Eratani, 2024; BRMP SDLP, 2025). Perkembangan PDB sektor pertanian dan emisi CO<sub>2</sub> sektor pertanian dapat dilihat secara lebih rinci pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1  
Data Perkembangan PDB Sektor Pertanian dan Emisi CO<sub>2</sub> Sektor Pertanian 2003 – 2023

Tahun	Produk Domestik Bruto Sektor Pertanian	Emisi Sektor Pertanian
2003	305.784	86.166,19
2004	329.125	85.948,98
2005	364.169	87.410,58
2006	433.223	88.693,14
2007	541.932	91.755,87
2008	716.656	90.616,37
2009	857.197	93.956,48
2010	985.471	96.955,06

Tahun	Produk Domestik Bruto Sektor Pertanian	Emisi Sektor Pertanian
2011	1.091.447	102.978,69
2012	1193453,00	101.693,21
2013	1310427,00	96.869,20
2014	1.446.722,00	99.984,01
2015	1.555.207,00	100.591,34
2016	1.671.597,80	102.574,85
2017	1.787.963,20	105.307,25
2018	1.900.621,70	104.053,45
2019	2.012.742,80	105.300,85
2020	2.115.494,50	107.849,59
2021	2.254.541,30	111.935,17
2022	2.428.900,50	109.350,65
2023	2.617.690,40	92.017,65

Sumber: Badan Pusat Staistik (2025) & Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2024)

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 1, terlihat bahwa peningkatan Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian cenderung diikuti oleh peningkatan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari sektor pertanian. PDB sektor pertanian mengalami peningkatan signifikan dari Rp305,78 triliun pada tahun 2003 menjadi Ro2.617,69 triliun pada tahun 2023. Sementara itu, emisi karbon sektor pertanian menunjukkan fluktuasi, namun secara keseluruhan menunjukkan tren peningkatan dari 86.166,19 kiloton menjadi 92.017,65 kiloton pada akhir periode pengamatan. Pola ini mengindikasikan adanya hubungan positif antara pertumbuhan ekonomi sektor pertanian dan peningkatan emisi karbon dioksida yang dihasilkan.

Kecenderungan tersebut dapat dijelaskan oleh meningkatnya intensitas aktivitas produksi, penggunaan pupuk kimia, serta perluasan dan intensifikasi lahan pertanian yang memperbesar kontribusi gas rumah kaca, terutama dari proses fermentasi enterik dan pengelolaan lahan. Menurut FAO (2020), pertumbuhan output pertanian sering kali berbanding lurus dengan peningkatan emisi karbon, terutama apabila ekspansi produksi belum sepenuhnya mengadopsi praktik pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Sebagai contoh, penggunaan pupuk nitrogen sintesis yang berlebihan dan pengelolaan lahan secara konvensional meningkatkan pelepasan gas rumah kaca seperti metana dan dinitrogen oksida (Xing & Wang, 2024). Dengan demikian, meskipun peningkatan PDB sektor pertanian mencerminkan kemajuan ekonomi nasional, kondisi ini sekaligus menegaskan pentingnya penerapan prinsip-prinsip pertanian berkelanjutan guna menekan laju emisi karbon di masa mendatang (FAO, 2022; Mustikaningrum et al., 2021).

### ***Pengaruh PDB Sektor Pertanian terhadap Emisi CO<sub>2</sub> Sektor Pertanian***

Hasil pengolahan data menggunakan bantuan aplikasi IBM SPSS Statistics Versi 26, diperoleh hasil analisis regresi linear sederhana yang disajikan pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 1.  
Hasil Analisis Regresi Linear Sederhana

Variabel	Koefisien	Std. Error	Statistik t	Sig.
PDRB Sektor Pertanian	0,102	0,014	7,296	0,000
C	10,078	0,194	51,973	0,000

Variabel	Koefisien	Std. Error	Statistik t	Sig.
R Square			0,737	
Statistik f			53,227	
Probabilitas f			0,000	

Sumber: Data diolah menggunakan IBM SPSS Statistics Versi 26

Berdasarkan hasil analisis regresi linear sederhana yang disajikan pada Tabel 2, dapat disusun model ekonometrika untuk menjelaskan pengaruh pertumbuhan ekonomi sektor pertanian terhadap emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada sektor pertanian, sebagai berikut:

$$Y_i = 10,078 + 0,102 X_i \dots(2)$$

Berdasarkan persamaan regresi yang telah diperoleh, dapat dijelaskan bahwa:

1. Nilai konstanta sebesar 10,078, menunjukkan bahwa apabila variabel independen, yaitu pertumbuhan ekonomi sektor pertanian, bernilai nol atau tidak mengalami perubahan, maka tingkat emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sektor pertanian di Indonesia diperkirakan berada pada tingkat 10,078 ton. Nilai konstanta ini merepresentasikan besarnya emisi karbon dioksida yang dihasilkan tanpa adanya pengaruh dari perubahan nilai Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian.
2. Koefisien regresi sebesar 0,102 pada variabel Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian, menunjukkan bahwa setiap peningkatan PDB sektor pertanian sebesar 1% akan meningkatkan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sektor pertanian sebesar 0,102 ton, dengan asumsi variabel lain dianggap konstan. Hasil ini mengindikasikan adanya hubungan positif antara PDB sektor pertanian dan tingkat emisi karbon dioksida yang dihasilkan. Dengan kata lain, semakin tinggi aktivitas ekonomi di sektor pertanian, semakin besar pula potensi peningkatan emisi karbon yang dihasilkan dari proses produksi pertanian.

#### ***Uji Koefisien Determinasi (R-Square)***

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada Tabel 2, diperoleh nilai koefisien determinasi (*R Square*) sebesar 0,737. Nilai ini menunjukkan bahwa variabel Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian mampu menjelaskan sebesar 73,7% variasi yang terjadi pada emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sektor pertanian. Sementara itu, sebesar 26,3% sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak termasuk dalam model penelitian ini.

#### ***Uji Hipotesis (Uji t)***

Uji t dipergunakan untuk mengevaluasi secara parsial sejauh mana variabel Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian berpengaruh terhadap emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sektor pertanian. Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 1, diperoleh nilai t hitung sebesar 7,296, yang lebih besar dibandingkan dengan nilai t tabel sebesar 2,085 (7,296 > 2,098). Selain itu, harga *Sig.* Sebesar 0,000 lebih kecil daripada tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$  (0,000 < 0,05).

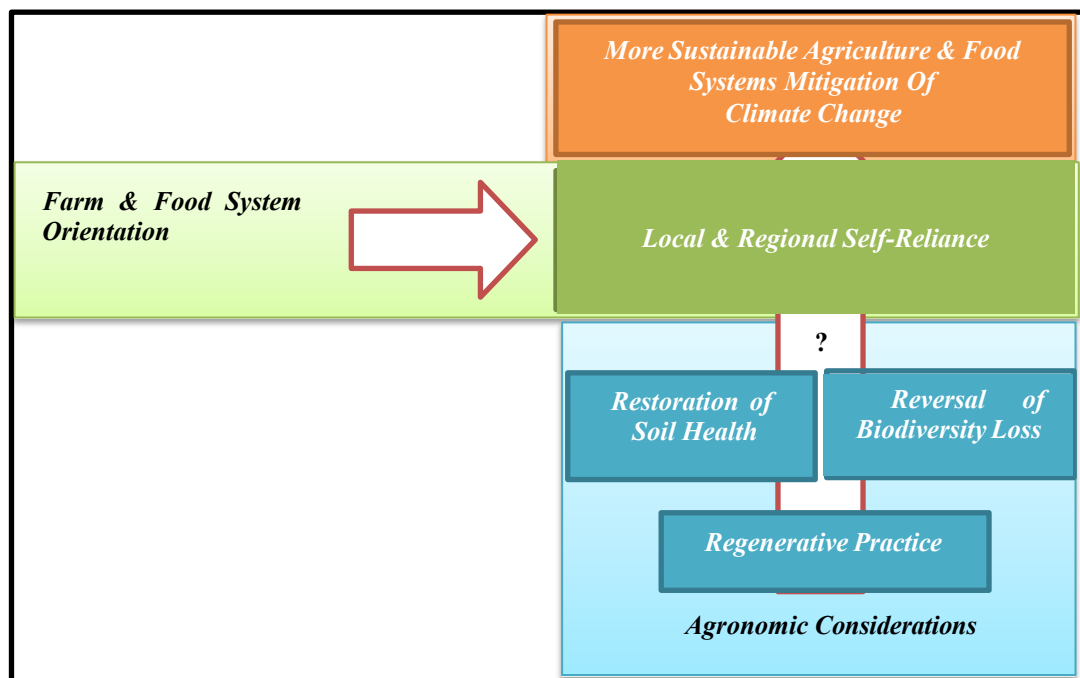
Hasil tersebut menunjukkan bahwa H<sub>0</sub> ditolak dan H<sub>1</sub> diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian berpengaruh secara signifikan terhadap emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sektor pertanian. Artinya, peningkatan aktivitas ekonomi di sektor pertanian cenderung diikuti oleh peningkatan emisi karbon yang dihasilkan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Baitmoko (2023) yang menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi di Indonesia selama periode 1990-2019, memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan emisi karbon dioksida. Hasil ini juga didukung oleh penelitian Nazmah & Setiawan (2025) yang mengungkapkan bahwa aktivitas ekonomi, khususnya PDRB per kapita, berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida.

### ***Rekomendasi Kebijakan Rendah Karbon Sektor Pertanian***

Kesehatan tanah merupakan salah satu aspek yang menjadi perhatian utama dalam narasi pertanian regeneratif. Pengelolaan tanah dengan menekan khusus pada peningkatan karbon tanah yang berakibat akan meningkatkan hasil panen dan pengurangan emisi karbon. Upaya menjaga keanekaragaman hayati dalam ekosistem pertanian dapat dilakukan melalui pengurangan penggunaan pestisida kimia serta penerapan sistem tumpang sari, yaitu menanam berbagai jenis tanaman secara bersamaan dalam satu lahan untuk menciptakan keseimbangan ekologi dan meningkatkan ketahanan sistem pertanian (Rakotomalala et al., 2023)

Pertanian regeneratif dipandang sebagai salah satu solusi strategis dalam menjadi mewujudkan green economy dan mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*). Melalui pendekatan ini, perbaikan terhadap kondisi alam, khususnya kesehatan tanah dan pelestarian keanekaragaman hayati dapat berjalan seiring dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi, terutama pada sektor pertanian yang berkelanjutan dan tangguh terhadap perubahan iklim (Lal, 2020; Schreefel et al., 2020).



Gambar 1

Pertanian Regeneratif

Sumber: Diadaptasi dari (Giller et al., 2021; Lal, 2020; Schreefel et al., 2020)

Gambar 1, menggambarkan keterkaitan antara orientasi sistem pertanian dan pangan dengan upaya menuju pertanian yang lebih berkelanjutan serta berperan dalam mitigasi perubahan iklim. Secara konseptual, proses ini dimulai dari *Farm & Food System Orientation*, yang menekankan arah dan tujuan sistem pertanian serta pangan dalam menjawab tantangan keberlanjutan. Orientasi ini menjadi dasar dalam mewujudkan *Local & Regional Self-Reliance*, yaitu kemandirian daerah dan lokal dalam memenuhi kebutuhan pangan secara berkelanjutan tanpa bergantung secara berlebihan pada sistem global.

Selanjutnya, kemandirian tersebut didukung oleh penerapan *Regenerative Practice* yang merupakan praktik agronomi berkelanjutan untuk memperbaiki serta menjaga fungsi ekosistem pertanian. Dalam konteks ini, praktik regeneratif mencakup dua aspek penting, yaitu *Restoration of Soil Health* (pemulihan kesehatan tanah), dan *Reserval of Biodiversity Loss* (pemulihan keanekaragaman hayati yang hilang). Keduanya menjadi komponen utama dalam menjaga keseimbangan ekologis lahan pertanian.

Seluruh komponen tersebut berada dalam kerangka *Agronomic Considerations*, yang menekankan pentingnya prinsip-prinsip ilmiah dalam pengelolaan sumber daya pertanian. Melalui proses tersebut, diharapkan dapat terwujud *More Sustainable Agriculture & Food Systems*, yaitu sistem pertanian dan pangan yang lebih berkelanjutan, produktif, serta berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim. Dengan demikian, diagram ini menegaskan bahwa keberlanjutan pertanian hanya dapat dicapai melalui sinergi antara kemandirian lokal, praktik agronomis yang regeneratif, serta komitmen terhadap pelestarian lingkungan secara menyeluruh.

## KESIMPULAN

Tujuan utama dari studi ini adalah untuk menganalisis sejauh mana Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian berpengaruh terhadap emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada sektor pertanian di Indonesia dalam rentang waktu 2003 sampai dengan tahun 2023. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh temuan bahwa PDB sektor pertanian memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sektor pertanian. Nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) menunjukkan bahwa sebesar 73,7% variasi emisi karbon dioksida dapat dijelaskan oleh perubahan PDB sektor pertanian, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar model penelitian. Selain itu, hasil Uji t mengindikasikan bahwa PDB sektor pertanian berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat emisi karbon dioksida di Indonesia, yang berarti peningkatan aktivitas ekonomi di sektor pertanian cenderung diikuti oleh peningkatan emisi karbon yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar penerapan pertanian regeneratif menjadi fokus utama dalam mengurangi emisi karbon di sektor pertanian. Upaya ini dapat dilakukan melalui peningkatan kandungan karbon tanah guna memperbaiki produktivitas lahan, penerapan sistem tumpang sari untuk menjaga dan memperkuat keanekaragaman hayati, serta pengurangan penggunaan pupuk dan pestisida kimia yang berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem tanah. Pemerintah perlu memperkuat pendampingan, riset, serta pemberian insentif bagi petani agar praktik pertanian regeneratif dapat diadopsi secara luas, sehingga tercipta sistem pertanian yang produktif, berkelanjutan, dan tangguh terhadap perubahan iklim.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, A., Rahmadia, F. I., Mentari, G., & Permana, I. (2023). Analisis Implementasi Green Economy di Indonesia. *Prestise: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Bidang Ekonomi Dan Bisnis*, 3(1), 16–31. <https://doi.org/10.15575/prestise.v3i1.30446>
- Aprilianti, D., Primadhana, W. P., & Wardaya, W. (2024). Economic Dynamics and CO<sub>2</sub> Emissions In Indonesia: An Analysis of The Environmental Kuznets Curve. *International Journal of Economics, Business and Innovation Research*, 3(4), 785–803.
- BPS. (2025). *Produk Domestik Bruto Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Lapangan Usaha (miliar rupiah)*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/UzFSTVVXUlliME5XYzBZNUwwNVFRa3h6Y1d3M1p6MDkjMw==/produk-domestik-bruto-atas-dasar-harga-berlaku-menurut-lapangan-usaha-miliar-rupiah-.html?year=2021>
- BPS. (2024). Produk Domestik Bruto Indonesia Triwulanan 2020-2024. In *Badan Pusat Statistik*.
- Eratani. (2024). *Mengurai Jejak Karbon: Bagaimana Pertanian Menyumbang pada Krisis Iklim*.
- FAO. (2020). (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Emissions due to agriculture global, regional and country trends 2000 - 2018. *FAOStat Analytical Brief 18*, 18, 14. <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1382716/>
- FAO. (2022). *Greenhouse gas emissions from agrifood systems Global, regional and country trends, 2000-2020*. Food and Agriculture Organization. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/121cc613-3d0f-431c-b083-cc2031dd8826/content>
- Ghozali, I. (2018). *plikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS 25* (Edisi Ke S). Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Giller, K. E., Hijbeek, R., Andersson, J. A., & Sumberg, J. (2021). Regenerative Agriculture: An agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, 50(1), 13–25. <https://doi.org/10.1177/0030727021998063>
- KLHK. (2024). *Total Emisi dari Sektor Energi, Sektor IPPU, Sektor Pertanian, Sektor Kehutanan, dan Sektor Limbah*. Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. [https://signsmart.menlhk.go.id/v2.1/app/chart/emisi\\_m/index/0.0](https://signsmart.menlhk.go.id/v2.1/app/chart/emisi_m/index/0.0)
- Komalasari, W. B., Sabarella, Manurung, M., Sehusman, Yani Supriati, Rinawati, Seran, K., & Saida, M. D. N. (2022). *Statistik Makro Sektor Pertanian Macro Statistics for Agricultural Sector 2022*.
- Lal, R. (2020). Regenerative agriculture for food and climate. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(5), 123A-124A. <https://doi.org/10.2489/jswc.2020.0620A>
- Medrilzam. (2021). *Indonesia's Low Carbon Development and Net-Zero Emission Towards a Green Economy (Pembangunan Rendah Karbon Indonesia dan Net-Zero Emission Menuju Ekonomi Hijau)*. 1–19. <https://iesr.or.id/agenda-iesr/pejuang-capai-netral-karbon-2070>

- Mustikaningrum, D., Kristiawan, K., & Suprayitno, S. (2021). Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Pertanian di Kabupaten Tuban: Inventarisasi dan Potensi Aksi Mitigasi. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 9(2), 155–171. <https://doi.org/10.14710/jwl.9.2.155-171>
- Nasihin, I., & Waniatri, W. (2023). Sosialisasi Pembangunan Rendah Karbon Menggunakan Pendekatan Partisipatory Rural Appraisal (PRA) di Desa Cikondang Kecamatan Hantara Kabupaten Kuningan, Jawa Barat. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 20(1), 39–45.
- Nazmah, A. I., & Setiawan, A. B. (2025). Pengaruh Aktivitas Ekonomi Regional dan Faktor Sosial Terhadap Emisi CO<sub>2</sub>: Studi Data Panel 34 Provinsi di Indonesia. *Paradoks : Jurnal Ilmu Ekonomi*, 8(4), 746–767. <https://doi.org/10.57178/paradoks.v8i4.1898>
- Nugraha, A., Soetraprawata, D., & Heryanto, M. A. (2019). Dinamika Sosial Kaji Tindak Pembangunan Sistem Pertanian Berkelanjutan, Terintegrasi Dan Mandiri Energi (Studi Kasus Di Desa Pamalayan, Kecamatan Bayongbong, Kabupaten Garut). *Agricore: Jurnal Agribisnis Dan Sosial Ekonomi Pertanian Unpad*, 2(2). <https://doi.org/10.24198/agricore.v2i2.15617>
- Nuru Baitmoko, I. S. (2023). Pertumbuhan Ekonomi Dan Emisi Karbon Dioksida Di Indonesia. *Jurnal Ilmu Ekonomi (JIE)*, 7(1), 41–52.
- Pugu, M. R., Hayati, R., Sugiardi, S., & Al-Amin. (2020). Pengaruh Green Economy Terhadap Peningkatan Produktivitas Sektor Pertanian Lokal. *Journal GEEJ*, 7(2), 381–391.
- Rahmah, A., Rosmiati, M., & Dwiartama, A. (2019). Rantai Pangan Berkelanjutan: Kasus Komoditas Cabai Di Kabupaten Garut. *Agricore: Jurnal Agribisnis Dan Sosial Ekonomi Pertanian Unpad*, 2(1), 226–230. <https://doi.org/10.24198/agricore.v2i1.15070>
- Rahmawaty, D. A. (2023). Peran Sektor Pertanian Dalam Pembangunan Ekonomi Daerah. *Jurnal Ekonomi Akuntansi, Manajemen*, 2(2), 91–107.
- Rakotomalala, A. A. N. A., Ficiyan, A. M., & Tschardtke, T. (2023). Intercropping enhances beneficial arthropods and controls pests: A systematic review and meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108617>
- Rozci, F. (2024). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Sektor Pertanian Padi. *Jurnal Ilmiah Sosio Agribis*, 23(2), 108. <https://doi.org/10.30742/jisa23220233476>
- Ruminta, Handoko, & Nurmala, T. (2018). Indikasi Perubahan Iklim Dan Dampaknya Terhadap Produksi Padi Di Indonesia. *Jurnal AGRO*, 5(1), 48–60.
- Schreefel, L., Schulte, R. P. O., de Boer, I. J. M., Schrijver, A. P., & van Zanten, H. H. E. (2020). Regenerative agriculture – the soil is the base. *Global Food Security*, 26(June), 100404. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100404>
- SDLP, B. (2025). *Emisi Pertanian dan Peran Padi dalam Mekanisme Perdagangan Karbon*. Balai Besar Perakitan Dan Modernisasi Sumber Daya Lahan Pertanian. <https://sdlahan.brmp.pertanian.go.id/berita/emisi-pertanian-dan-peran-padi-dalam-mekanisme-perdagangan-karbon>.

- Surmaini, E., & Faqih, A. (2016). Extreme Climate Events and their Impacts on Food Crop in Indonesia. *Water*, 1–4.
- Suryandari, R. (2023). *Ekonomi Hijau*. 1–7.
- Syahputri, D., Lubis, S., & Anggraini, B. (2024). Analisis Peran Sektor Pertanian Dalam Pengurangan Kemiskinan dan Peningkatan Kesejahteraan di Negara-Negara Berkembang. *Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Manajemen*, 3(1), 93–103.
- Syofya, H., & Rahayu, S. (2018). Peran Sektor Pertanian terhadap Perekonomian Indonesia. *Manajemen Dan Kewirausahaan*, 9(3), 62–74.
- Woittiez, L. S., van Wijk, M. T., Slingerland, M., van Noordwijk, M., & Giller, K. E. (2017). Yield gaps in oil palm: A quantitative review of contributing factors. *European Journal of Agronomy*, 83, 57–77. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.11.002>
- WRI Indonesia. (2025). Peta Jalan Dekarbonisasi Sektor Pertanian untuk Ketahanan Pangan dan Kesejahteraan Petani di Indonesia. *Wri-Indonesia.Org*, 1–7. <https://wri-indonesia.org/id/berita/peta-jalan-dekarbonisasi-sektor-pertanian-untuk-ketahanan-pangan-dan-kesejahteraan-petani-di>
- Xing, Y., & Wang, X. (2024). Impact of Agricultural Activities on Climate Change: A Review of Greenhouse Gas Emission Patterns in Field Crop Systems. *Plants*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/plants13162285>