

PENGARUH PERUBAHAN IKLIM TERHADAP PRODUKSI BERAS DI ASEAN-6

THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON RICE PRODUCTION IN ASEAN-6

Penulis Nazylla Qamara¹, Sartiyah^{2*}, Anita Faiziah³

¹⁻³(Prodi Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Syiah Kuala, Negara Indonesia)

*e-mail sartysabang@usk.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak perubahan iklim terhadap produksi beras pada enam negara ASEAN, yaitu Indonesia, Kamboja, Laos, Myanmar, Thailand, dan Vietnam selama periode 2000-2023 jumlah observasi sebanyak 144 observasi. Penelitian ini menggunakan metode regresi data panel dengan pendekatan Fixed Effect Model (FEM), dan melibatkan iklim yaitu suhu, curah hujan, dan emisi CO₂, serta faktor produksi seperti tenaga kerja dan luas lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan, emisi CO₂ dan luas lahan berpengaruh positif terhadap produksi padi, sedangkan tenaga kerja berpengaruh negatif, sementara itu suhu tidak berpengaruh terhadap produksi beras di ASEAN 6. Hasil Estimasi menunjukkan kekuatan faktor penjelas produksi beras yang tinggi dengan nilai R-squared yang tinggi. Temuan tersebut mengkonfirmasi pentingnya perubahan iklim dan tenaga kerja menentukan hasil produksi pertanian di kawasan ASEAN-6. Kebijakan yang adaptif dalam menghadapi dampak perubahan iklim terhadap ketahanan pangan dan kebijakan untuk memberi perbaikan terhadap kualitas tenaga kerja pertanian.

Kata Kunci: Produksi Beras; Perubahan Iklim; Suhu; Curah Hujan; CO₂

Abstract

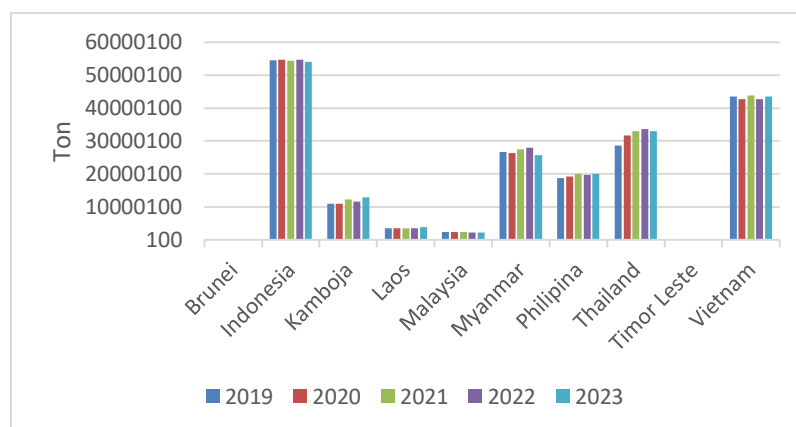
This study aims to analyze the impact of climate change on rice production in six ASEAN countries, namely Indonesia, Cambodia, Laos, Myanmar, Thailand, and Vietnam during the period 2000-2023 with a total of 144 observations. This study employs a panel data regression method using the Fixed Effects Model (FEM) approach, incorporating climate variables such as temperature, rainfall, and CO₂ emissions, as well as production factors like labor and land area. The results indicate that rainfall, CO₂ emissions, and land area have a positive impact on rice production, while labor has a negative impact, and temperature has no effect on rice production in the ASEAN-6 countries. The estimation results show a strong explanatory power of rice production factors with a high R-squared value. These findings confirm the importance of climate change and labor in determining agricultural production outcomes in the ASEAN-6 region. Adaptive policies are needed to address the impacts of climate change on food security, and policies to improve the quality of agricultural labor are also required.

Keywords: Rice Production; Climate Change; Temperature; Rainfall; CO₂.

PENDAHULUAN

Kawasan Asia Tenggara menjadi salah satu produksi beras terpenting. negara-negara seperti Thailand dan Vietnam dikenal sebagai eksportir utama, sementara Indonesia dan Filipina menjadi pasar domestik yang sangat besar. Di antara Negara-Negara ASEAN, enam Negara Indonesia, Thailand, Vietnam, Laos, Kamboja, dan Myanmar sering disebut sebagai ASEAN-6 dalam konteks pertanian padi karena kapasitas produksinya yang signifikan (Aryal *et al*, 2020).

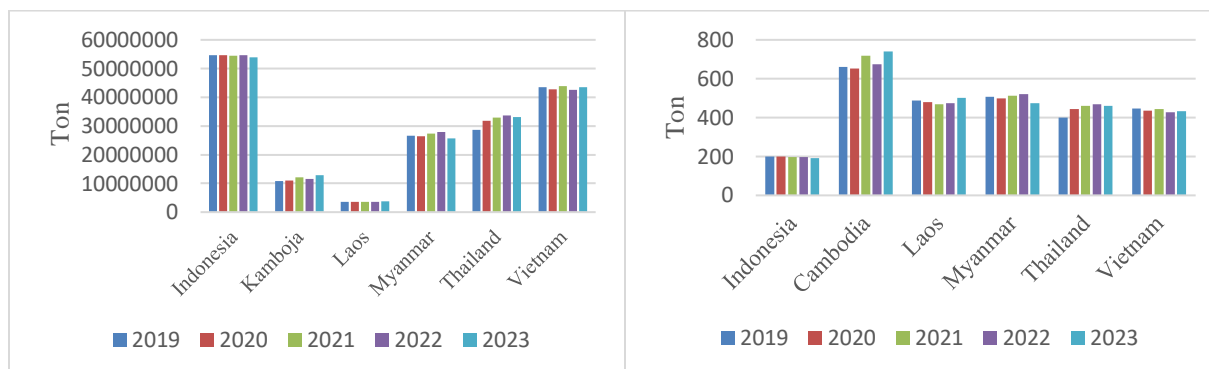
Studi Geng *et al.* (2025) mengungkapkan bahwa area budidaya padi dan total produksi di negara-negara penghasil beras utama di Asia Tenggara secara umum meningkat dari tahun 1978 hingga 2021, dengan Indonesia, Vietnam, dan Thailand termasuk di antara tiga negara penghasil beras utama di Asia Tenggara sejak tahun 1978. Area penanaman padi di Kamboja telah meningkat secara signifikan, dengan total produksi beras mencapai 1 juta ton pada tahun 1978 menjadi 11,41 juta ton pada tahun 2021, namun produksi beras perkapita belum meningkat secara signifikan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1 Produksi Beras Tahun 2019 hingga 2023 Dalam Satuan Ton

Sumber: Our World In Data, 2025

Gambar 1 memperlihatkan bahwa produksi beras di Negara ASEAN selama 2019–2023 mengalami variasi signifikan. Indonesia, Myanmar, Thailand dan Vietnam merupakan negara dengan produksi beras tertinggi, namun produksi beras per kapita di Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Timor Leste cenderung rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh besarnya populasi penduduk yang membuat hasil produksi beras dibagi ke jumlah yang banyak sehingga produksi per orang relatif kecil. Secara total produksi beras di ASEAN didominasi oleh beberapa negara utama seperti Indonesia dan Vietnam, sementara negara lain menunjukkan produksi yang lebih terbatas akibat keterbatasan lahan dan infrastruktur pertanian. Stagnasi atau penurunan produksi di beberapa negara, termasuk Indonesia dan Myanmar, dipengaruhi oleh faktor alih fungsi lahan, perubahan iklim, dan kondisi politik yang tidak stabil. Sebaliknya, Thailand dan Kamboja menunjukkan peningkatan produksi yang konsisten berkat modernisasi teknologi pertanian dan perbaikan sistem irigasi. Negara-negara dengan produksi terendah seperti Malaysia, Timor Leste, dan Brunei Darussalam juga menghadapi kendala lahan terbatas serta ketergantungan tinggi pada impor beras. Laos mencatat pemulihan produksi setelah penurunan pada 2021, sedangkan Filipina mengalami tren produksi yang datar akibat dampak bencana alam dan hambatan struktural lainnya. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor salah satunya adalah perubahan iklim.



Sumber: Our World In Data, 2025

Gambar 2 Produksi Beras ASEAN-6 Tahun 2019 hingga 2023

Gambar 3 Produksi Beras Per Kapita ASEAN-6 Tahun 2019 hingga 2023

Dalam penelitian ini, penulis secara khusus memilih enam negara utama dari kawasan ASEAN, yaitu Indonesia, Kamboja, Laos, Myanmar, Thailand, dan Vietnam. Pemilihan ini didasarkan pada pertimbangan bahwa keenam negara tersebut merupakan produsen beras terbesar di antara 11 Negara ASEAN selama periode 2019 hingga 2023. Gambar 2 menunjukkan tren produksi beras total enam negara anggota ASEAN utama Indonesia, Kamboja, Laos, Myanmar, Thailand, dan Vietnam selama periode 2019 hingga 2023. Secara umum, Indonesia dan Vietnam mencatat produksi beras total tertinggi, yakni di atas 50 juta ton dan 40 juta ton per tahun. Hal ini mencerminkan besarnya kapasitas produksi yang dimiliki kedua negara tersebut, sejalan dengan luas wilayah pertanian dan tenaga kerja sektor pertanian yang besar. Namun, ketika produksi beras dilihat dari sisi per kapita, seperti ditampilkan pada Gambar 3 berikutnya, pola distribusi berubah signifikan. Negara dengan produksi total rendah seperti Kamboja justru menempati posisi tertinggi dalam produksi beras per kapita, yaitu lebih dari 700 kg per orang per tahun. Sementara itu, Indonesia yang unggul dari sisi produksi total justru mencatatkan produksi per kapita yang relatif rendah, di bawah 200 kg per orang per tahun. Hal ini dapat dijelaskan oleh jumlah penduduk Indonesia yang sangat besar, sehingga total produksi harus dibagi ke populasi yang luas.

Myanmar dan Laos memperlihatkan tingkat produksi per kapita yang cukup tinggi meskipun produksi totalnya tidak sebesar Indonesia dan Vietnam. Ini mengindikasikan bahwa ketersediaan beras per individu di negara-negara tersebut relatif tinggi, yang dapat menjadi indikator positif terhadap ketahanan pangan domestik. Perbandingan ini menekankan pentingnya menggunakan kedua indikator secara bersamaan. Produksi total menggambarkan kekuatan sektor pertanian dalam skala nasional, sementara produksi per kapita memberikan wawasan mengenai ketersediaan beras untuk konsumsi masyarakat secara individu. Dengan demikian, negara yang memiliki produksi tinggi belum tentu memiliki tingkat kecukupan pangan yang baik jika pertumbuhan penduduk tidak diimbangi oleh peningkatan produksi yang proporsional. Salah satu faktor yang mempengaruhi produksi beras adalah iklim.

Perubahan iklim kini menjadi ancaman nyata bagi ketahanan pangan, khususnya produksi beras di Negara ASEAN-6. Fenomena El Niño yang terjadi pada tahun 2015–2016 memberikan dampak signifikan terhadap produksi beras di kawasan Asia Tenggara, khususnya di negara-negara seperti Indonesia, Thailand, dan Vietnam. El Niño yang kuat menyebabkan penurunan

curah hujan secara drastis dan memperpanjang musim kemarau, sehingga mengganggu siklus tanam dan menurunkan produktivitas lahan pertanian. Akibatnya, hasil panen beras di beberapa wilayah utama mengalami penurunan yang cukup tajam. Situasi ini tidak hanya berdampak pada ketersediaan pangan di tingkat nasional, tetapi juga mendorong kenaikan harga beras secara global, dengan inflasi harga yang tercatat mencapai sekitar 16 persen. Dampak dari gangguan iklim ini memperlihatkan betapa rentannya sistem produksi pangan terhadap perubahan iklim ekstrem dan pentingnya strategi adaptasi yang efektif dalam menghadapi ketidakpastian cuaca di masa depan (Ludher & Teng, 2023).

Perubahan iklim global telah memicu fenomena cuaca ekstrem seperti El Niño dan La Niña, yang secara signifikan memengaruhi produksi pertanian di kawasan ASEAN-6. El Niño, yang ditandai dengan peningkatan suhu permukaan laut di Samudra Pasifik tropis bagian timur, menyebabkan penurunan curah hujan dan kekeringan di beberapa wilayah, yang berakibat pada penurunan produksi beras (Fajri *et al*, 2019). Sebaliknya, La Niña yang ditandai dengan mendinginnya suhu permukaan laut dapat meningkatkan curah hujan secara signifikan, sehingga berpotensi menyebabkan banjir yang merusak lahan pertanian (Nabilah *et al*, 2017). Fenomena El Niño tahun 2015, misalnya, mengakibatkan kekeringan ekstrem di beberapa Negara ASEAN, termasuk Indonesia dan Thailand, yang menyebabkan hasil panen padi menurun drastis. Sementara itu, La Niña yang terjadi pada tahun 2020 meningkatkan curah hujan di atas normal, yang meskipun bermanfaat bagi beberapa daerah, juga menimbulkan risiko banjir dan penurunan kualitas gabah karena kelebihan air (Estiningtyas & Syakir, 2018).

Indikator perubahan iklim diantaranya suhu, curah hujan dan *carbon dioxide*. Menurut Jyothsna *et al*, (2024). Suhu merupakan faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas padi, di mana suhu yang terlalu tinggi akan mempercepat pematangan tetapi meningkatkan sterilisasi bulir, sementara suhu rendah akan memperpanjang masa pertumbuhan tetapi dapat menghambat perkembangan padi. Demikian pula, Curah hujan juga memainkan peran penting, terutama di daerah pertanian tadah hujan, di mana curah hujan yang berlebihan dapat menyebabkan banjir dan merusak tanaman, sementara curah hujan yang tidak mencukupi dapat menyebabkan kekeringan dan menurunkan hasil panen (Shrestha *et al*, 2022). Sementara itu Peningkatan kadar CO₂ di atmosfer memiliki dampak yang kompleks, di satu sisi meningkatkan laju fotosintesis dan pertumbuhan padi, namun lebih dominan menyebabkan perubahan iklim yang berujung pada peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan, dan peningkatan kejadian ekstrim seperti kekeringan dan banjir. Dampak-dampak tersebut dapat menggeser musim tanam, meningkatkan serangan hama dan penyakit, serta menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen (Rozci, 2024).

Variasi Produksi beras juga dipengaruhi oleh berbagai faktor produksi yang menentukan tingkat produktivitas pertanian. faktor-faktor tersebut antara lain luas lahan, benih, pupuk urea, pupuk Phonska, tenaga kerja, pestisida, dan irigasi. Luas lahan mencerminkan kapasitas produksi yang tersedia, sedangkan benih merupakan komponen penting dalam menentukan kualitas tanaman yang akan dibudidayakan. Pupuk urea dan Phonska digunakan untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman, sedangkan pestisida digunakan untuk mengendalikan hama dan penyakit. Selain itu, tenaga kerja berperan dalam keseluruhan proses produksi, dan sistem irigasi diperlukan untuk menjaga ketersediaan air bagi pertumbuhan tanaman padi (Anugrah *et al*, 2024).

KAJIAN TEORI

Teori Produksi

Perusahaan menggunakan sumber daya yang dimilikinya untuk mengolah bahan baku (input) menjadi produk jadi (output). Proses mengubah input menjadi output ini disebut produksi. Dengan kata lain, produksi adalah kegiatan menggabungkan berbagai input untuk menghasilkan barang atau jasa yang memiliki nilai tambah. Input, disebut juga sebagai faktor produksi, ialah segala sesuatu yang perusahaan gunakan ketika produksi barang atau jasa (Sitinjak et al, 2024). Dalam menjalankan proses produksinya, perusahaan bisa menggunakan berbagai kombinasi faktor produksi. Hubungan antara input yang digunakan dan output yang dihasilkan dijelaskan melalui fungsi produksi. Menurut para ekonom, fungsi ini menggambarkan seberapa banyak *output* (q) yang dapat dihasilkan dari setiap kombinasi input yang digunakan (Pindyck dan Rubinfeld, 2015). Untuk menyederhanakan, produksi diasumsikan hanya menggunakan dua jenis input. Dengan begitu, fungsi produksinya bisa dituliskan dalam bentuk persamaan berikut:

$$q = f(K, L).....(1)$$

Persamaan ini menunjukkan bagaimana jumlah output yang dihasilkan bergantung pada penggunaan modal (K) dan tenaga kerja (L). Misalnya jumlah padi yang dipanen dengan menggunakan sejumlah mesin combine harvester dan buruh tani tertentu. Fungsi produksi ini mengizinkan kombinasi input dengan perbandingan yang berbeda, sehingga output memungkinkan dihasilkan dengan bermacam-macam cara.

Dalam konteks produksi, penting untuk memahami bahwa hubungan antara input dan output tidak selalu bersifat linear atau terus meningkat. Salah satu konsep yang menjelaskan hal ini adalah *Law of Diminishing Return* atau hukum hasil marginal yang semakin menurun adalah teori dalam ekonomi yang menduga bahwa setelah kapasitas optimum tercapai, adanya peningkatan penggunaan suatu input dengan asumsi input lain tetap akan menyebabkan peningkatan output yang lebih rendah (Pindyck dan Rubinfeld, 2015). Perlu dipahami bahwa pada hukum ini tidak ada perbedaan kualitas dari setiap tenaga kerja. Asumsi pada hukum ini adalah *law of diminishing return* terjadi karena keterbatasan penggunaan input tetap lainnya. Berlakunya *Law of Diminishing Return*, yaitu ketika input variabel ditambah terus-menerus sementara input tetap tidak berubah, maka tambahan output akan semakin berkurang.

Faktor Produksi Pertanian

Faktor produksi adalah semua korbanan yang diberikan pada tanaman agar tanaman tersebut mampu tumbuh atau berkembang dan menghasilkan hasil memuaskan. Faktor produksi dikenal pula dengan istilah input dan korbanan produksi. Faktor produksi memang sangat menentukan besar-kecilnya produksi yang diperoleh. Tersedianya sarana atau faktor produksi (input) belum berarti produktifitas yang diperoleh petani akan tinggi. Namun bagaimana petani melakukan usahanya secara efisien adalah upaya yang sangat penting. Efisiensi teknis akan tercapai bila petani mampu mengalokasikan faktor produksi sedemikian rupa sehingga produksi tinggi tercapai (Maulidah, 2012).

Proses produksi pertanian adalah proses yang mengkombinasikan faktor-faktor produksi pertanian untuk menghasilkan produksi pertanian (output). Kegiatan produksi yang menghasilkan produk pertanian membutuhkan sumber daya sebagai input. Di dalam kegiatan produksi pertanian, input dapat dibedakan sebagai berikut Sitinjak et al, 2024):

Dalam kegiatan pertanian, faktor produksi merupakan unsur utama yang menentukan besarnya hasil panen yang diperoleh. Buku *Prinsip Dasar Ekonomi Pertanian* menjelaskan bahwa faktor produksi pertanian terdiri dari lahan, tenaga kerja, modal, dan manajemen. Lahan menjadi faktor tetap yang memiliki peran penting karena sifatnya yang tidak dapat diperluas secara instan. Tenaga kerja, baik tenaga kerja keluarga maupun buruh tani, sangat diperlukan dalam semua tahapan budidaya. Modal mencakup sarana produksi seperti benih, pupuk, pestisida, serta alat dan mesin pertanian. Sementara itu, manajemen berkaitan dengan kemampuan petani dalam merencanakan, mengorganisasi, dan mengendalikan proses produksi agar efisien dan menguntungkan. Interaksi antara faktor-faktor ini menentukan produktivitas dan efisiensi usaha tani, serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan ekonomi di tingkat petani.

Perubahan Iklim

Secara global, perubahan iklim telah menjadi salah satu tantangan terbesar di abad ke-21. Dampaknya meliputi naiknya suhu rata-rata bumi, peningkatan permukaan laut akibat mencairnya es di kutub, serta meningkatnya frekuensi dan intensitas bencana alam seperti banjir, kekeringan, dan badai. Perubahan-perubahan ini tidak hanya mengancam kelestarian lingkungan, tetapi juga berdampak luas pada kehidupan manusia, termasuk di bidang kesehatan, ekonomi, dan ketahanan pangan (Anripa *et al*, 2025). Terdapat beberapa indikator perubahan iklim diantaranya suhu, curah hujan dan CO₂. Suhu merupakan faktor lingkungan yang memengaruhi distribusi geografis spesies tanaman, termasuk padi. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan tanaman stres, terutama selama musim reproduksi, yang berdampak negatif pada hasil dan kualitas benih. meningkatnya suhu akibat pemanasan global dapat mengancam produksi beras di seluruh dunia. suhu tinggi dapat menyebabkan stres pada tanaman padi, mempengaruhi berbagai fase pertumbuhan seperti pembungaan, pengisian biji, dan pematangan (Hossain *et al*, 2024).

Perubahan Iklim dapat pula diukur curah hujan mempunyai dampak besar terhadap produksi padi karena curah hujan menjamin pasokan air yang diperlukan untuk pertumbuhan padi. Curah hujan yang cukup pada saat-saat kritis seperti penanaman dan pemasakan dapat meningkatkan hasil panen, namun terlalu sedikit atau terlalu banyak air dapat merugikan. Pengelolaan irigasi yang tepat penting untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan air, terutama di daerah dengan curah hujan yang tidak menentu (Zhao *et al*, 2023). Indikator lainnya adalah Karbon dioksida (CO₂), yaitu gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses alamiah seperti respirasi dan pembusukan, serta aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi. Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer berkontribusi pada pemanasan global dan perubahan iklim, yang dapat mengakibatkan dampak negatif pada lingkungan. Upaya untuk mengurangi emisi CO₂ meliputi penanaman pohon, penggunaan energi terbarukan, dan peningkatan efisiensi energi. Memahami peran CO₂ sangat penting untuk menjaga kesehatan planet dan menghadapi tantangan perubahan iklim (Li *et al*, 2025).

METODOLOGI

Wilayah penelitian ini mencakup sepuluh negara anggota ASEAN. Namun, berdasarkan hasil observasi, hanya enam negara yang merupakan penghasil beras utama di kawasan Asia Tenggara, yaitu Indonesia, Kamboja, Laos, Myanmar, Thailand, dan Vietnam. Oleh karena itu,

penelitian ini difokuskan pada enam negara tersebut yang dikenal memiliki kontribusi signifikan terhadap produksi beras.

Penelitian ini menggunakan data skunder yang bersumber dari *Our World In Data* (www.ourworldindata.com) yang diperoleh melalui webside . Data yang digunakan untuk analisis bersifat kuantitatif dalam bentuk data panel, yang mengagabungkan data *cross section* dan data *time series*. Data *time series* yang digunakan adalah data untuk periode 2000-2023 , sedangkan *cross section* mencakup 6 negara di ASEAN. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah Produksi beras, suhu, curah hujan, CO₂, tenaga kerja pertanian, dan luas lahan. Untuk menjawab permasalahan yang telah ditetapkan, maka dalam menganalisis permasalahan (data) penulis akan menggunakan metode regresi data panel. Umumnya pendugaan parameter dalam analisis regresi dengan data *cross section* dilakukan menggunakan pendugaan metode kuadrat kecil atau disebut *Ordinary Least Square* (OLS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Statistik Variabel Penelitian

Analisis statistika deskriptif bertujuan untuk menggambarkan keadaan data seperti rata rata, standar deviasi, data minimum, data maksimum dan jumlah data tersebut. Hasil analisis yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Statistik Deskriptif Model Produksi Beras

Statistik	PB (juta ton)	S (°C)	CH (mm)	CO ₂ (miliar kg)	TK (juta org)	LL (juta ha)
Mean	0,045	0,00997	2.167	0,157	4,938	1,242
Median	0,046	0,00700	2.026	0,065	4,746	1,330
Maximum	0,074	0,03900	3.774	0,737	8,184	2,066
Minimum	0,019	0,00100	1.398	0,000096	4,600	0,004
Sum Sq. Dev.	23,70	0,01818	4.467	4.800	302,00	33,02
Observations	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00

Sumber: Hasil data diolah (2025)

Tabel 1 menyajikan statistik deskriptif variabel dalam model produksi beras. Rata-rata produksi beras sebesar 0,045 juta ton dengan deviasi standar sebesar 0,012 ton, menunjukkan variasi moderat antar negara dan tahun. Suhu rata-rata tercatat sebesar 0,00997°C dengan deviasi standar yang sangat kecil yaitu 0,01818, yang mencerminkan kestabilan relatif suhu di kawasan ASEAN-6. Curah hujan memiliki rata-rata sebesar 2.167 mm dengan deviasi standar 467 mm, menunjukkan adanya variasi cukup besar antar negara. Emisi CO₂ (dalam miliar kg) menunjukkan rata-rata 0,157 dengan sebaran yang luas (standar deviasi 0,48), menandakan adanya ketimpangan emisi antar negara pengamat. Tenaga kerja pertanian memiliki rata-rata 4,938 juta orang dan deviasi standar 0,238, mencerminkan ukuran tenaga kerja yang cukup besar dan tersebar. Luas lahan rata-rata sebesar 1,242 juta hektar dengan standar deviasi 0,33 juta hektar, juga menunjukkan perbedaan kapasitas lahan antar negara. Secara keseluruhan, data statistik deskriptif ini menunjukkan adanya keragaman signifikan dalam faktor-faktor produksi beras di ASEAN-6, baik dari segi iklim, input produksi, maupun hasil produksi.

Hasil Uji Pemilihan Model

Untuk memilih model yang paling cocok antara *Common Effect Model* dan *Fixed Effect Model*, digunakan metode estimasi dengan bantuan Uji Chow dan Uji Hausman (Gujarati dan Porter, 2009) yang mana Uji Chow dipakai untuk memilih pendekatan yang paling tepat antara

Common Effect Model dan *Fixed Effect Model*. Sedangkan Uji Hausman adalah metode statistik yang digunakan untuk menentukan model regresi data panel yang lebih sesuai antara *Fixed Effects Model* dan *Random Effects Model*. Uji ini membandingkan konsistensi dan efisiensi estimasi parameter dari kedua model. Jika terdapat korelasi antara variabel independen dan efek individual, maka *Fixed Effects Model* lebih tepat digunakan. Namun, jika tidak ada korelasi, maka *Random Effects Model* lebih efisien karena memberikan estimasi parameter yang tidak bias dengan varians yang lebih kecil.

Tabel 2 Hasil Uji Chow dan Uji Hausman

Jenis Uji	Model yang Diuji	Statistik Uji	d.f.	Prob.	Keputusan AUji	Model yang Dipilih
Uji Chow	<i>CEM vs FEM</i>	$F = 188,473$ & $\text{Chi}^2 = 300,970$	5	0	Tolak H_0	<i>Fixed Effect</i>
Uji Hausman	<i>FEM vs REM</i>	$\text{Chi}^2 = 942,369$	5	0	Tolak H_0	<i>Fixed Effect</i>

Sumber : Hasil data diolah (2025)

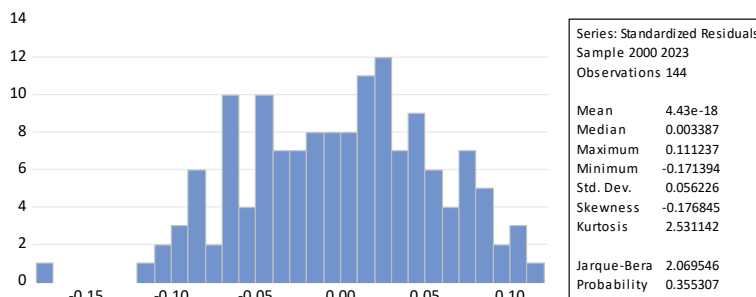
Berdasarkan Tabel 2, hasil Uji Chow menunjukkan bahwa nilai F-statistic sebesar 188,473 dan Chi-square sebesar 300,970 dengan tingkat signifikansi 0,0000. Karena nilai p-value lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak, yang berarti *Fixed Effect Model* lebih tepat digunakan dibandingkan *Common Effect Model*. Selanjutnya, Uji Hausman menunjukkan nilai chi-square sebesar 942,369 dengan p-value sebesar 0,0000, yang juga lebih kecil dari 0,05. Ini mengindikasikan bahwa H_0 kembali ditolak, sehingga *Fixed Effect Model* lebih sesuai dibandingkan *Random Effect Model*. Dengan demikian, model estimasi yang paling tepat digunakan dalam penelitian ini adalah *Fixed Effect Model*.

Hal ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh Gujarati dan Porter (2009), yang menyatakan bahwa *fixed effect Model* sebaiknya digunakan ketika variabel *cross-section* memiliki hubungan dengan variabel independen dalam model. Selain itu, Baltagi (2005) menegaskan bahwa FEM cocok digunakan dalam studi lintas negara dengan heterogenitas struktural, seperti perbedaan dalam infrastruktur pertanian, kebijakan pangan, dan adaptasi terhadap perubahan iklim di negara-negara ASEAN-6. Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan model FEM tidak hanya didukung secara statistik, tetapi juga relevan secara teoritis dan kontekstual dalam menggambarkan dinamika produksi beras di kawasan ASEAN-6 yang sangat beragam.

Pengujian Uji Asumsi Klasik

Uji asumsi klasik yang digunakan pada regresi data panel, yaitu uji normalitas, uji multikolinearitas, uji heteroskedastisitas, dan uji autokorelasi (Gujarati & Porter, 2009).

1. Uji Normalitas



Gambar 5 Uji Normalitas

Sumber: Hasil data diolah (2025)

Hasil ini menunjukkan bahwa model regresi telah memenuhi asumsi normalitas residual, yang merupakan salah satu prasyarat penting dalam regresi linier klasik. Pemenuhan asumsi ini menunjukkan bahwa distribusi galat dalam model mendekati distribusi normal, sehingga proses estimasi menggunakan metode *Ordinary Least Squares* (OLS) menghasilkan koefisien yang bersifat BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*), sesuai dengan Gauss-Markov Theorem. Dengan terpenuhinya asumsi ini, maka estimasi yang dihasilkan dapat dipercaya untuk keperluan inferensi statistik, seperti uji hipotesis dan peramalan, serta dapat digunakan sebagai dasar yang kuat dalam pengambilan keputusan kebijakan berbasis data empiris.

2. Uji Multikolinearitas

Tabel 3 Uji Multikolinearitas

Variabel	Log Suhu	Log Curah Hujan	Log CO ₂	Tenaga Kerja Pertanian	Log Luas Lahan
Log Suhu	1.000.000	0.613059	0.778511	-0.665959	-0.643714
Log Curah Hujan	0.613059	1.000.000	0.341893	-0.201818	-0.781646
Log CO ₂	0.778511	0.341893	1.000000	-0.747944	-0.620124
Tenaga Kerja Pertanian	-0.665959	-0.201818	0.747944	1.000.000	0.322812
Log Luah Lahan	0.643714	-0.781646	0.620124	0.322812	1.000.000

Sumber: Hasil data diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 3 yang menyajikan matriks korelasi antar variabel independen, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat indikasi kuat mengenai adanya masalah multikolinearitas dalam model regresi. Multikolinearitas merupakan kondisi ketika dua atau lebih variabel independen memiliki korelasi yang sangat tinggi, yang dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam estimasi koefisien regresi. Secara umum, korelasi antar variabel independen yang melebihi angka 0,80 atau mendekati nilai absolut 1,0 dianggap sebagai indikasi awal dari multikolinearitas serius (Gujarati dan Porter, 2009). Dalam hasil analisis, nilai korelasi tertinggi tercatat antara variabel suhu dan CO₂, yaitu sebesar 0,778511. Meskipun tergolong tinggi, nilai ini masih berada di bawah ambang batas umum, sehingga belum cukup kuat untuk menunjukkan adanya multikolinearitas yang mengkhawatirkan. Sementara itu, korelasi antara variabel lainnya, seperti antara curah hujan dengan CO₂ sebesar 0,341893, serta antara curah hujan dan tenaga kerja pertanian sebesar -0,201818, termasuk dalam kategori rendah hingga sedang.

3. Uji Heteroskedastisitas

Tabel 4 Uji Heterokedastisitas

Variabel	Koefisien	Std. Error	t-Statistik	Probabilitas
C	0.141948	0.266275	0.533088	0.5949
Log Suhu	0.010921	0.007991	1.366.707	0.1740
Log Curah Hujan	-0.050202	0.021330	-2.353.608	0.0201
Log CO2	0.004903	0.004962	0.988068	0.3249
Tenaga Kerja Pertanian	0,00000305	0,00000413	0.739830	0.4607
Log Luas Lahan	0.034038	0.024444	1.392.478	0.1661

Sumber: Hasil data diolah (2025)

Berdasarkan hasil uji heteroskedastisitas yang dilakukan melalui pendekatan regresi terhadap nilai absolut residual (*Abs Residual*), diketahui bahwa sebagian besar variabel independen dalam model memiliki nilai probabilitas (*p-value*) di atas tingkat signifikansi 0,05. Secara rinci, nilai probabilitas untuk variabel suhu adalah 0,1740, CO₂ sebesar 0,3249, tenaga kerja pertanian sebesar 0,4607, dan luas lahan sebesar 0,1661. Hanya variabel curah hujan yang menunjukkan nilai probabilitas di bawah 0,05, yakni 0,0201, yang mengindikasikan adanya pengaruh signifikan terhadap residual absolut dan dengan demikian berpotensi menimbulkan gejala heteroskedastisitas parsial.

Namun, karena hanya satu dari lima variabel independen yang menunjukkan indikasi adanya heteroskedastisitas, maka secara umum model ini dapat dikatakan tidak mengalami masalah heteroskedastisitas yang serius. Hal ini berarti bahwa varians galat dalam model relatif konstan (*homoskedastik*) untuk sebagian besar prediktor, yang merupakan salah satu prasyarat penting dalam regresi linier klasik. Dengan terpenuhinya asumsi ini, maka hasil estimasi koefisien regresi tetap bersifat efisien dan dapat diinterpretasikan secara andal (Gujarati dan Porter, 2009).

Uji Kelayakan Model

Uji kelayakan model dalam analisis regresi digunakan untuk menilai apakah model yang digunakan sudah sesuai dalam menjelaskan hubungan antara variabel independen dan variabel dependen. Uji ini bertujuan untuk memastikan bahwa model memiliki kemampuan prediksi yang baik dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut (Gujarati & Porter, 2013). Hasil uji chow dan uji Hausman menunjukkan bahwa *fixed effect model* adalah model yang paling tepat untuk analisis ini. Model ini beroperasi dengan asumsi adanya variasi efek di antara individu yang ditangani melalui perbedaan intersep. Dalam hal ini, setiap individu dianggap sebagai parameter yang tidak diketahui dan diestimasi menggunakan variabel dummy. Dengan menggunakan teknik variabel dummy, model ini mengakui bahwa setiap individu memiliki karakteristik yang unik dan berbeda satu sama lain.

Tabel 5 Uji Kelayakan Model Menggunakan Hasil *Fixed Effect Model*

Variabel	Koefisien	Std. Error	t-Statistik	Probabilitas
C	-0,080508	0,631598	0.127468	0.8988
Log Suhu	0,046524	0.025321	1.837.385	0.0684
Log Curah Hujan	0,161102	0,057325	2.810.341	0.0057***
Log CO2	0,047156	0,007973	5.914.209	0.0000***
Tenaga Kerja Pertanian	-0.000079	0.00000647	1.222.198	0.0000***
Log Luas Lahan	1.326.416	0,060786	2.182.098	0.0000***

R-squared	0,970683	F-statistic	4.403.603
Adjusted R-squared	0,968479	Prob(F-statistic)	0.0000
S.E. of regression	0,059339	Durbin-Watson stat	1.310.817
Sum squared resid	0,468302		

Sumber: Hasil data diolah (2025)

Keterangan: ***signifikan 1%.

Uji T

Berdasarkan hasil Tabel 4.4 dapat disimpulkan Variabel suhu memiliki koefisien positif sebesar 0,046524, yang secara teoritis menunjukkan bahwa peningkatan suhu sebesar 1 persen diperkirakan akan meningkatkan produksi beras sebesar 0,046524 persen. Namun, dengan nilai probabilitas sebesar 0,0684 maka pengaruh suhu terhadap produksi beras di enam negara ASEAN tidak signifikan secara statistik. Sementara itu, variabel Curah Hujan menunjukkan koefisien sebesar 0,161102 dapat diartikan bahwa jika curah hujan meningkat sebesar 1 persen, maka produksi beras di enam negara ASEAN diperkirakan akan meningkat sebesar 0,161102 persen, dengan nilai probabilitas 0,0057. Selanjutnya, variabel CO₂ memiliki koefisien positif sebesar 0,047156 dapat diartikan bahwa jika CO₂ meningkat sebesar 1 persen, maka produksi beras di enam negara ASEAN diperkirakan akan meningkat sebesar 0,047156 persen, dengan nilai probabilitas sebesar 0.0000.

Disamping itu variabel tenaga kerja pertanian memiliki koefisien negatif sebesar -0,000079. Ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan 1 unit tenaga kerja (misalnya 1 juta orang), akan menyebabkan penurunan produksi beras sebesar 0,0079 persen, dengan asumsi variabel lain tetap konstan, nilai probabilitas sebesar 0,0000. Terakhir Luas Lahan menunjukkan koefisien positif sebesar 1,326416 dapat diartikan bahwa jika luas lahan meningkat sebesar 1 persen, maka produksi beras di enam negara ASEAN diperkirakan akan meningkat sebesar 1,326416 persen, dengan nilai probabilitas sebesar 0,0000.

Uji F

Berdasarkan hasil uji F, diperoleh nilai F hitung sebesar 4,403.603 lebih besar dari F tabel yaitu 2,282856 dan nilai sig 0,0000 lebih kecil dari 0,05 maka H₀ ditolak dan H_a diterima, artinya variabel suhu, curah hujan, CO₂, tenaga kerja pertanian dan luas lahan berpengaruh terhadap produksi beras di Negara ASEAN-6.

Uji R²

Berdasarkan hasil output regresi, nilai Adjusted R-squared sebesar 0,970683 menunjukkan bahwa sekitar 97 persen variasi dari variabel dependen dapat dijelaskan oleh variasi variabel-variabel independen dalam model regresi ini, setelah disesuaikan dengan jumlah variabel dan observasi. Nilai ini memberikan gambaran tentang seberapa baik model regresi dapat menjelaskan data yang diamati.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif yang menggunakan data sekunder dari enam negara ASEAN, yaitu Indonesia, Kamboja, Laos, Myanmar, Thailand, dan Filipina, selama periode 2000 hingga 2023. Berdasarkan hasil estimasi menggunakan model regresi data panel

Fixed Effect Model (FEM), disimpulkan bahwa produksi beras di kawasan ASEAN-6 secara umum dipengaruhi oleh faktor-faktor struktural dan kontrol seperti tenaga kerja pertanian dan luas lahan, serta sebagian indikator iklim seperti suhu, curah hujan, dan emisi karbon dioksida (CO₂). Variabel suhu tidak terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap produksi beras, meskipun secara teoritis suhu berperan dalam proses fisiologis tanaman. Sebaliknya, curah hujan menunjukkan pengaruh positif dan signifikan, menegaskan pentingnya air sebagai komponen vital dalam pertumbuhan padi melalui peningkatan kelembapan tanah dan efisiensi penyerapan nutrisi. Emisi CO₂ juga berpengaruh positif dan signifikan terhadap produksi beras, yang sejalan dengan teori efek fertilisasi karbon yang menyatakan bahwa peningkatan kadar CO₂ dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis dan produktivitas tanaman.

Sementara itu, tenaga kerja di sektor pertanian menunjukkan pengaruh negatif dan signifikan terhadap produksi beras. Temuan ini menguatkan teori *Law of Diminishing Marginal Product* dari Mankiw, yang menyatakan bahwa penambahan tenaga kerja secara terus-menerus tanpa peningkatan kualitas atau dukungan faktor produksi lainnya dapat menurunkan produktivitas. Dalam konteks ASEAN-6, tenaga kerja yang tidak diiringi oleh modernisasi pertanian atau efisiensi kerja justru menjadi beban produksi. Di sisi lain, luas lahan terbukti memberikan pengaruh positif dan signifikan, menunjukkan bahwa perluasan lahan masih menjadi strategi penting dalam meningkatkan produksi padi di kawasan ini. Model FEM yang digunakan telah memenuhi sebagian besar uji asumsi klasik, meskipun terdapat heteroskedastisitas dan ketidakterpenuhan normalitas residual, namun hal ini dianggap tidak merusak validitas model mengingat jumlah observasi yang besar dan telah dilakukan penyesuaian pada metode estimasi. Secara keseluruhan, model ini mampu menjelaskan sebesar 57,62% variasi dalam produksi beras, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain di luar model yang memerlukan kajian lebih lanjut.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar pemerintah negara-negara ASEAN tetap memperhatikan dampak perubahan iklim terhadap produksi beras. Meskipun emisi CO₂ menunjukkan pengaruh positif dalam jangka pendek, pemerintah tetap perlu menjalankan kebijakan mitigasi perubahan iklim secara berimbang dengan upaya adaptasi yang kuat di sektor pertanian. Peningkatan kualitas dan kuantitas tenaga kerja pertanian menjadi hal yang penting, misalnya melalui program pelatihan, pendidikan, serta penyuluhan pertanian yang berkelanjutan. Pemerintah juga perlu menjaga keberlangsungan lahan pertanian agar tidak terus menyusut akibat alih fungsi lahan ke sektor non-pertanian, mengingat lahan merupakan salah satu penentu utama produktivitas beras. Untuk penelitian ke depan, disarankan agar pengaruh suhu dianalisis lebih mendalam dengan mempertimbangkan faktor-faktor regional, musim tanam, atau pendekatan non-linear agar dapat memperoleh hasil yang lebih akurat. Selain itu, integrasi data iklim dan pertanian secara real-time, serta pemanfaatan teknologi seperti penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG), dapat digunakan untuk mendukung pengambilan kebijakan yang lebih tepat dalam menghadapi tantangan perubahan iklim di sektor pertanian.

REFERENSI

- A. Lestari and Y. Setyawan, “Analisis regresi data panel untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi belanja daerah di provinsi jawa tengah,” *J. Stat. Ind. dan Komputasi*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2017.
- Anripa, N., Lestari, P. F. K., Dharma, T. B., Oktavia, H. F., Sartiyah, Ernawati, Rahardjo, M., Agustina, M., Faiziah, A., Mandira, A. S., & Kusumawati, P. (2025). *Pengantar Pembangunan Pertanian Ketahanan Pangan* (E. Damayanti (Ed.)). Widina Media Utama.
- Anugrah, R., Salam, I., & Alwi, L. O. (2024). *Analisis Pengaruh Faktor-Faktor Produksi Usahatani Terhadap Produktivitas Padi Sawah Di Kelurahan Atula Kabupaten Kolaka Timur*. 3, 104–122.
- Aryal, J. P., Sapkota, T. B., Khurana, R., Khatri-Chhetri, A., Rahut, D. B., & Jat, M. L. (2020). Climate Change And Agriculture In South Asia: Adaptation Options In Smallholder Production Systems. In *Environment, Development And Sustainability* (Vol. 22, Issue 6). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00414-4>
- Basuki, A. T. (2018). Ekonometrika Pengantar. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1). http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/red2017-eng-8ene.pdf?sequence=12&isallowed=y%0ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_sistem_pembetulan_terpusat_strategi_melestari
- Estiningtyas, W., & Syakir, M. (2018). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Padi Di Lahan Tadah Hujan. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 18. <https://doi.org/10.31172/jmg.v18i2.406>
- Fajri, H. C., Siregar, H., & Sahara, S. (2019). Impact Of Climate Change On Food Price In The Affected Provinces Of El Nino And La Nina Phenomenon: Case Of Indonesia. *International Journal Of Food And Agricultural Economics*, 7(4), 329–339. <http://ageconsearch.umn.edu>
- Geng, Y., Raza, Q. U. A., Bashir, M. A., Xie, S., Song, X., Yan, M., ... & Liang, X. (2025). Spatio-temporal analysis of rice production and trade between Southwest China and major rice producers in Southeast Asia. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1543314.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic Econometrics Fifth Editionn. In *Introductory Econometrics: A Practical Approach*.
- Gurung, D. B. (2024). *Regression Model In Social Science Research: The Issue Of Multicollinearity , Detection Method , And Solution In Spss. 1*, 22–29.
- Hossain, M. M., Ahmed, S., Alam, M. S., & Hossain, A. (2024). Adverse Effects Of Heat Shock In Rice (*Oryza Sativa* L.) And Approaches To Mitigate It For Sustainable Rice Production Under The Changing Climate: A Comprehensive Review. *Heliyon*, 10(24), E41072. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41072>
- Jyothsna, K., Aakash, ., Reddy, P. M., & Setty, J. (2024). Impact Of Temperature Variations On Rice Production. *International Journal Of Environment And Climate Change*, 14(5), 1–9. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i54166>
- Li, Y., Zhang, Z., Li, S., He, J., Xie, Z., Li, X., Lu, C., & Qin, X. (2025). Comprehensive Feasibility Analysis Of Carbon Dioxide Hydrate Sequestration: A Numerical Study Based On Horizontal Well Networks. *Environmental Technology And Innovation*, 37(August 2024), 104009. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.104009>

- Ludher, E., & Teng, P. (2023). *Rice Production And Food Security In Southeast Asia Under Threat From El Niño*. 53, 1–14.
- Nabilah, F., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2017). Analisis Pengaruh Fenomena El Nino Dan La Nina Terhadap Curah Hujan Tahun 1998 - 2016 Menggunakan Indikator Oni (Oceanic Nino Index) (Studi Kasus: Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 402–412.
- Nakarmi, S. S. (2024). *Multi-Collinearity In Research And Wayforward*. 85–91.
- Penson, J. B. J., Capps, O. J., Rosson, C. P. I., & Woodward, R. T. (2018). *Introduction To Agricultural Economics* (7th Ed.). Pearson.
- Rozci, F. (2024). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Sektor Pertanian Padi. *Jurnal Ilmiah Sosio Agribis*, 23(2), 108. <https://doi.org/10.30742/jisa23220233476>
- Sitinjak, W., Widaningsih, N., Irawan, A., Sartiyah, S., Dewi, I., Sudrajat, G., ... & Wibaningwati, D. B. (2024). PRINSIP DASAR EKONOMI PERTANIAN.
- Shrestha, B. B., Kawasaki, A., Inoue, T., Matsumoto, J., & Shiroyama, T. (2022). Exploration Of Spatial And Temporal Variability Of Rainfall And Their Impact On Rice Production In Burma In 1901–1939 During The Colonial Period. *Progress In Earth And Planetary Science*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40645-022-00506-2>
- Zhao, X., Chen, M., Xie, H., Luo, W., Wei, G., Zheng, S., Wu, C., Khan, S., Cui, Y., & Luo, Y. (2023). Analysis Of Irrigation Demands Of Rice: Irrigation Decision-Making Needs To Consider Future Rainfall. *Agricultural Water Management*, 280(January), 108196. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108196>