

Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Tanaman Pangan Di Indonesia

The Impact Of Climate Change On Food Crop Production In Indonesia

Leo Rio Ependi Malau^{1*}, Khoiru Rizqy Rambe², Nur A Ulya³, Arly G Purba⁴

^{1,3}Pusat Riset Ekonomi Perilaku dan Sirkuler, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

²Pusat Riset Ekonomi Industri, Jasa, dan Perdagangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

⁴Mahasiswa Departemen Geofisika dan Meteorologi, IPB University

*E-mail: leoriomalau62@gmail.com

ABSTRACT

Climate change posed serious challenge for Indonesia to fulfill demand. One of the climate change phenomena that affects the agricultural sector, especially food crops, is the El Nino Southern Oscillation (ENSO) which consists of El Nino and La Nina. ENSO causes rainfall variability that adversely affects the production of food crops such as rice, corn and soybeans. This research aims (1) to identify provinces affected by ENSO in Indonesia and (2) to analyze the impact of ENSO and other determinants on food crop production (rice, corn, soybeans) in the affected provinces. The study used secondary panel data 2010-2017 period from 16 provinces affected by ENSO. Pearson correlation and static panel regression are used to answer research objectives. Rainfall was used as a proxy for the ENSO phenomenon. The results showed that most provinces in Indonesia were affected by ENSO, as indicated by negative and significant correlation between the Oceanic Nino Index (ONI) and rainfall. Static panel regression showed that ENSO had a significant impact on rice and soybean production as indicated by rainfall indicators. El Nino that resulted in a significant decrease in rainfall has a greater impact on rice and soybean production, while La Nina that resulted in a significant increase in rainfall had a greater impact on soybean production. In general, El Nino has a greater impact on food crop production than La Nina.

Keywords: *El Nino, Food Crops, La Nina, Rainfall, Static Panel*

Disubmit : 3 Februari 2022; **Diterima :** 19 Juli 2022; **Disetujui :** 22 Februari 2023

PENDAHULUAN

Pangan menjadi kebutuhan mendasar manusia yang dituntut selalu tersedia baik dari sisi kuantitas, kualitas, keamanan, gizi, dan dapat dijangkau oleh daya beli masyarakat (Pujayanti, 2011; Rachmaningsih and Priyarsono, 2012). Kebutuhan akan pangan diperkirakan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk (Hermawan, 2014; Marhaeni and Yuliarmi, 2018). Pertumbuhan jumlah penduduk juga berimplikasi pada peningkatan kebutuhan akan lahan untuk penggunaan non-pertanian sehingga tantangan pemenuhan pangan semakin berat.

Tantangan pemenuhan pangan berasal dari sisi permintaan dan penawaran, dimana kedua sisi saling menguatkan tingkat kesulitannya (Suryana, 2014). Di sisi lain, sistem produksi pangan bergantung kepada banyak faktor, yaitu manusia, teknologi dan unsur-unsur alam seperti tanah, air dan iklim (suhu, curah hujan, kelembapan relatif, dan berbagai faktor lainnya) (Idumah et al., 2016). Produksi pangan yang berhasil harus mempertimbangkan keseimbangan faktor-faktor tersebut dalam hal kualitas dan kuantitasnya. Lebih lanjut,



Lisensi

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional.

dalam beberapa tahun terakhir kejadian iklim ekstrim semakin sering terjadi dengan frekuensi yang meningkat sehingga memunculkan fenomena perubahan iklim (Irawan, 2006; Idumah et al., 2016).

Kejadian anomali iklim seperti perubahan intensitas dan pola curah hujan, kenaikan temperatur udara, kekeringan, banjir, dan peningkatan intensitas serangan hama dan penyakit merupakan gejala perubahan iklim yang dapat berdampak pada produktivitas tanaman pertanian khususnya tanaman pangan (Suryana, 2014). Hal tersebut menjadikan perubahan iklim sebagai salah satu tantangan serius yang harus dihadapi berbagai negara di dunia dalam pemenuhan kebutuhan pangan, termasuk Indonesia (Suwarno, 2010; Syaikat, 2011; Poudel and Kotani, 2013; Shikwambana, Malaza and Shale, 2021).

Fenomena perubahan iklim yang berpengaruh terhadap sektor pertanian khususnya tanaman pangan diantaranya fenomena El Nino Southern Oscillation (ENSO) (Ismail and Chan, 2019; Li et al., 2019; Sarvina and Sari, 2020). ENSO merupakan kondisi peningkatan atau penurunan suhu permukaan air laut di wilayah Samudera Pasifik yang menyebabkan pergeseran musim hujan di wilayah Indonesia (Nabilah, Prasetyo and Sukmono, 2017). Fenomena ENSO terbagi dalam 3 fase, yaitu El Nino, La Nina dan netral (Liu et al., 2014). El Nino adalah fase ENSO hangat, sedangkan La Nina merupakan fase ENSO dingin (Hidayat et al., 2018). Hal ini berdampak pada meningkatnya curah hujan pada saat La Nina dan turunnya curah hujan pada saat El Nino di beberapa wilayah di Indonesia.

Fenomena ENSO yang menyebabkan variabilitas curah hujan menghasilkan dampak buruk bagi sektor pertanian khususnya tanaman pangan, seperti padi, jagung dan kedelai. Padi, jagung dan kedelai merupakan komoditas pangan utama bagi masyarakat Indonesia. Padi menjadi komoditas sangat penting bagi Indonesia, karena selain menjadi pangan pokok juga menjadi sumber penghasilan bagi jutaan petani (Suwarno, 2010). Jagung menjadi komoditas strategis karena kegunaannya untuk konsumsi masyarakat dan bahan baku pakan ternak. Kedelai juga merupakan bahan pangan strategis karena menjadi bahan baku utama pembuatan tahu, tempe dan kecap yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia.

Fenomena El Nino dapat menyebabkan kekeringan dan selanjutnya berdampak pada gagal panen, sedangkan La Nina dapat menyebabkan banjir yang dapat memicu peningkatan serangan OPT (Irawan, 2006). Selain berdampak terhadap variabilitas curah hujan, El Nino dan La Nina juga mempengaruhi lamanya periode musim hujan dan musim kemarau yang selanjutnya berdampak pada pergeseran musim tanam. Fenomena ENSO memiliki dampak lebih besar pada tanaman pangan dibandingkan tanaman tahunan karena umur tanaman pangan relatif pendek dan sangat bergantung pada kondisi musim dan cuaca (Irawan, 2006; Utami, Jamhari and Hardyastuti, 2011).

Dewasa ini penelitian mengenai hubungan antara perubahan iklim terhadap kinerja perekonomian (produksi pertanian, produktivitas tenaga kerja, harga komoditas, dan pertumbuhan ekonomi) berkembang sangat pesat (Cashin, Mohaddes and Raissi, 2017). Hal ini penting sebagai dasar untuk merumuskan kebijakan yang efektif untuk meminimalkan dampak perubahan iklim dan memprediksi dampak perubahan iklim terhadap aktivitas perkenomomian sebuah negara. Kajian dampak fenomena perubahan iklim seperti ENSO terhadap produksi pangan penting untuk dilakukan karena penurunan produksi pangan akibat perubahan iklim dapat memicu kenaikan harga pangan (Idumah et al., 2016; Malau et al., 2021). Akan tetapi, mayoritas penelitian mengenai dampak perubahan iklim terhadap produksi pertanian fokus pada suatu negara atau regional secara keseluruhan seperti dilakukan oleh Syaikat, (2011); Poudel and Kotani, (2013) dan Iizumi et al., (2014). Di sisi lain, fenomena El Nino memberikan dampak berbeda terhadap perekonomian antar wilayah dalam suatu negara (Laosuthi and Selover, 2007; Cashin, Mohaddes and Raissi, 2017). Fenomena ENSO memiliki dampak dua kali lipat di wilayah tropis dibandingkan wilayah lainnya, khususnya negara berkembang di Afrika dan Asia Pasifik (Smith and Ubilava, 2017).

Perubahan iklim seperti fenomena ENSO diduga menghasilkan dampak berbeda antar wilayah. Di negara yang secara geografis luas seperti Indonesia, dampak ENSO diduga akan berbeda antar-wilayah. Penelitian ini menggunakan provinsi-provinsi terdampak ENSO sebagai objek penelitian. Dengan demikian,

penelitian ini memiliki tujuan untuk (1) mengidentifikasi provinsi terdampak ENSO di Indonesia dan (2) menganalisis dampak ENSO dan determinan lainnya terhadap produksi tanaman pangan (padi, jagung, kedelai) di provinsi yang terdampak

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data panel. Data time series yang digunakan adalah data tahunan periode 2010-2017. Penentuan tahun tersebut dengan pertimbangan dalam periode 2010-2017 terjadi seluruh fase ENSO (El Nino, netral, La Nina). Data *cross-section* yang digunakan berasal dari 16 provinsi terdampak ENSO. Penentuan 16 provinsi tersebut berdasarkan korelasi spasial antara *Oceanic Nino Index* (indikator ENSO) dengan curah hujan. Data pada penelitian ini dihimpun dari *Climate Prediction Centre dalam web National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, *NASA Langley Research Center*, Kementerian Pertanian, Badan Pusat Statistik dan berbagai laporan serta literatur yang mendukung lainnya.

Salah satu parameter yang sering digunakan untuk menentukan peristiwa El Nino dan La Nina adalah *Oceanic Nino Index* (ONI). ONI merupakan nilai rata-rata bulanan *Sea Surface Temperature* (SST) pada bulan sesudah maupun bulan sebelum dari normalnya, kemudian dibandingkan dengan normal SST pada bulan itu sendiri (Nabilah, Prasetyo and Sukmono, 2017). ONI didasarkan pada SST dari rata-rata di wilayah Nino 3.4 dan menjadi ukuran utama untuk memantau, menilai dan memprediksi ENSO (Hidayat et al., 2018). Nilai ONI < -0.5 artinya terjadi La Nina kuat, -0.5 – 0.5 kondisi netral dan > 0.5 El Nino kuat (Nabilah, Prasetyo and Sukmono, 2017). Berdasarkan data Climate Prediction Center (2021), fenomena El Nino kuat terjadi pada tahun 1991, 1992, 1997, 2002 dan 2015, sedangkan fenomena La Nina kuat terjadi pada tahun 1999, 2000, 2007, 2008 dan 2011.

Penentuan provinsi terdampak ENSO berdasarkan korelasi spasial ONI (indikator ENSO) dengan curah hujan menggunakan korelasi Pearson. Korelasi Pearson dapat digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linear dari dua variabel (Nabilah, Prasetyo and Sukmono, 2017). Perhitungan korelasi Pearson dirumuskan sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}}$$

Keterangan:

- r_{xy} : Koefisien korelasi Pearson
- x dan y : Variabel bebas dan tak bebas yang akan ditentukan nilai korelasinya

Dampak ENSO terhadap produksi pangan di Indonesia dianalisis menggunakan regresi data panel statis. Struktur model regresi data panel dapat dipilih dari tiga pilihan, yaitu *Pooled Least Square* atau *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM) atau *Random Effect Model* (REM) (Greene, 2002). Ketiga model tersebut akan diuji untuk mendapatkan model regresi data panel terbaik yang menggambarkan kondisi aktual. Penentuan model data panel terbaik menggunakan beberapa uji. Uji Chow digunakan untuk menentukan antara model CEM atau FEM, uji Hausman digunakan untuk menentukan antara model FEM atau REM dan uji LM (Breusch Pagan) digunakan untuk memilih model REM atau CEM (Juanda, 2009).

Model ekonometrika yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada model beberapa penelitian terdahulu seperti Utami, Jamhari and Hardyastuti, (2011); Afzal, Ahmed and Javid, (2017) dan Al-Amin, Rahman and Islam, (2017). Curah hujan digunakan sebagai proxy ENSO yang didukung oleh korelasi spasial antara ONI (indikator ENSO) dengan curah hujan. Penggunaan curah hujan sebagai proxy perubahan iklim juga dilakukan oleh Syaukat, (2011); Poudel and Kotani, (2013) dan Idumah et al., (2016). Secara matematis, model yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

$$\begin{aligned} \text{LnPROD}_{it} &= \alpha + \beta_1 \text{LnLAHAN}_{it} + \beta_2 \text{LnUPAHTK}_{it} + \beta_3 \text{LnPUPUK}_{it} + \beta_4 \text{LnCH}_{it} + \epsilon_{it} \\ \text{LnPRODK}_{it} &= \alpha + \beta_1 \text{LnLAHAN}_{it} + \beta_2 \text{LnUPAHTK}_{it} + \beta_3 \text{LnPUPUK}_{it} + \beta_4 \text{LnCH}_{it} + \epsilon_{it} \\ \text{LnPRODJ}_{it} &= \alpha + \beta_1 \text{LnLAHAN}_{it} + \beta_2 \text{LnUPAHTK}_{it} + \beta_3 \text{LnPUPUK}_{it} + \beta_4 \text{LnCH}_{it} + \epsilon_{it} \end{aligned}$$

Keterangan:

- PROD_{it} : Produksi (padi/kedelai/jagung) di provinsi i pada tahun t (Ton)
- LAHAN_{it} : Luas panen (padi/kedelai/jagung) di provinsi i pada tahun t (Ha)
- PUPUK_{it} : Penyaluran pupuk subsidi di provinsi i pada tahun t (Ton)
- CH_{it} : Intensitas curah hujan di provinsi i pada tahun t (mm)
- Ln : Logaritma natural
- A : Intersept
- β₁- β₄ : Parameter yang diestimasi
- ε_{it} : Error term
- i : Provinsi terdampak ENSO
- t : Tahun 2010-2017

HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi ONI dengan curah hujan: penentuan provinsi terdampak ENSO di Indonesia. ENSO sangat mempengaruhi variabilitas curah hujan di berbagai wilayah di Indonesia (Athoillah, Sibarani and Doloksaribu, 2017). Namun perbedaan iklim dan curah hujan antar wilayah tidak hanya disebabkan oleh efek ENSO, akan tetapi faktor geografis seperti garis lintang, ketinggian wilayah, arus laut, permukaan tanah dan tekanan wilayah juga turut berpengaruh dalam menentukan keragaman iklim dan curah hujan di suatu wilayah (Kartasapoetra, 2006). Indonesia sebagai negara tropis yang diapit oleh dua samudera dan dua benua memiliki karakteristik iklim yang kompleks dan dinamis (Estiningtyas and Syakir, 2017). Kondisi tersebut menyebabkan Indonesia memiliki tipe curah hujan yang beragam dan berbeda antar wilayah. Berdasarkan hal tersebut, suatu daerah yang mengalami peningkatan curah hujan belum tentu disebabkan oleh La Nina, sebaliknya penurunan curah hujan secara signifikan juga belum tentu disebabkan El Nino.

Tabel 1. Korelasi ONI dengan curah hujan di 34 Provinsi di Indonesia tahun 2010-2017

Provinsi	Koefisien korelasi	Sig. (2-tailed)	Provinsi	Koefisien korelasi	Sig. (2-tailed)
Bali	-0,222	0,030*	Lampung	-0,108	0,293
Bangka Belitung	-0,259	0,011*	Maluku Utara	-0,498	0,000**
Banten	-0,073	0,477	Maluku	-0,238	0,020*
Bengkulu	0,018	0,862	NAD	-0,030	0,770
DIY	-0,218	0,033*	NTB	-0,164	0,109
DKI Jakarta	-0,093	0,366	NTT	-0,230	0,024*
Gorontalo	-0,556	0,000**	Papua Barat	-0,315	0,002**
Jambi	-0,161	0,118	Papua	-0,217	0,034*
Jawa Barat	-0,033	0,750	Riau	-0,066	0,521
Jawa Tengah	-0,210	0,040*	Sulawesi Barat	-0,244	0,016*
Jawa Timur	-0,082	0,429	Sulawesi Selatan	-0,255	0,012*
Kalimantan Barat	0,039	0,709	Sulawesi Tengah	-0,249	0,014*
Kalimantan Selatan	-0,203	0,047*	Sulawesi Tenggara	-0,141	0,169
Kalimantan Tengah	-0,085	0,411	Sulawesi Utara	-0,535	0,000**
Kalimantan Timur	-0,254	0,012*	Sumatera Barat	-0,071	0,491
Kalimantan Utara	-0,390	0,000**	Sumatera Selatan	-0,223	0,029*
Kepulauan Riau	-0,312	0,002**	Sumatera Utara	-0,161	0,117

Keterangan: ** Signifikan pada taraf nyata 1%; * Signifikan pada taraf nyata 5%

Sebagai contoh, fenomena El Nino kuat yang terjadi pada tahun 2015 ternyata tidak berdampak terhadap penurunan curah hujan secara signifikan di semua provinsi di Indonesia. Curah hujan pada tahun 2015 masing-masing provinsi di Indonesia relatif bervariasi. Berdasarkan data NASA Langley Research Centre (2021), terdapat provinsi di Indonesia yang mengalami curah hujan tinggi (>3500 mm) dan ada juga provinsi yang mengalami curah hujan sangat rendah (\pm 1000 mm). Oleh karena itu, untuk menentukan provinsi terdampak ENSO maka perlu dianalisis korelasi antara ONI (indikator ENSO) dengan curah hujan pada masing-masing provinsi di Indonesia.

Analisis korelasi antara ONI dan curah hujan digunakan untuk mengetahui apakah variabilitas curah hujan disebabkan oleh fenomena ENSO. Hasil analisis korelasi ONI dengan curah hujan pada 34 provinsi di Indonesia menunjukkan sebagian besar nilai korelasi bertanda negatif (Tabel 1). Koefisien korelasi yang bertanda negatif tersebut memiliki arti, yaitu apabila nilai ONI tinggi maka intensitas curah hujan turun (fenomena El Nino) dan sebaliknya jika nilai ONI rendah maka intensitas curah hujan meningkat (fenomena La Nina). Koefisien korelasi yang semakin besar (tanda negatif diabaikan) menunjukkan hubungan semakin kuat antara ONI dan curah hujan.

Berdasarkan uji statistik, ONI secara signifikan mempengaruhi curah hujan di 19 provinsi (Tabel 1). Secara geografis, korelasi signifikan antara ONI dan curah hujan terjadi di provinsi yang terletak di sekitar ekuator (Fajri, Siregar and Sahara, 2019). Provinsi yang terdampak ENSO berjumlah banyak karena posisi Indonesia berada di belahan bumi dengan iklim monsoon tropis, yang sangat sensitif terhadap anomali iklim ENSO (Nabilah, Prasetyo and Sukmono, 2017). Mulyana, (2002) dalam analisisnya menggunakan data Indeks Osilasi Selatan (IOS) dan curah hujan tahun 1961-1993 juga menemukan bahwa ENSO mempengaruhi curah hujan di hampir seluruh wilayah Indonesia. Provinsi terdampak ENSO dalam penelitian ini juga relatif sama dengan (Fajri, Siregar and Sahara, 2019), yang menyatakan bahwa daerah terdampak ENSO di Indonesia antara lain Gorontalo, Maluku Utara, Kalimantan Utara, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Selatan, Bali dan Sulawesi Barat. Berkaitan dengan keterbatasan data maka jumlah provinsi yang dijadikan objek pada penelitian ini hanya sebanyak 16 provinsi, yaitu Bali, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), Gorontalo, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Maluku Utara, Maluku, Nusa Tenggara Timur, Papua Barat, Papua, Sulawesi Barat, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Sulawesi Utara dan Sumatera Selatan.

Dampak ENSO dan determinan lainnya terhadap produksi komoditas pangan. Regresi data panel statis dapat menggunakan beberapa pendekatan yaitu Pooled Least Square (PLS), Fixed Effect Model (FEM) atau Random Effect Model (REM). Uji Chow digunakan untuk memilih model PLS atau FEM, dan uji Hausman digunakan untuk memilih model FEM atau REM. Berdasarkan uji Chow dan Hausman maka terpilih model FEM untuk model produksi padi, jagung dan kedelai (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil uji Chow dan Hausman

Jenis uji	Probabilitas Chi-Square		
	Padi	Jagung	Kedelai
Uji <i>Chow</i>	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Uji <i>Hausman</i>	0,0004**	0,0018**	0,0617*
Keputusan	FEM	FEM	FEM

Keterangan: ** Signifikan pada taraf nyata 1%; * Signifikan pada taraf nyata 10%

Selanjutnya dilakukan uji asumsi klasik untuk menghasilkan estimator yang bersifat Best Linear Unbiased Estimator (BLUE). Uji normalitas menggunakan probabilitas Jarque Berra. Nilai probabilitas Jarque Berra model produksi jagung (0,016105) dan kedelai (0,102408) lebih besar dari taraf nyata 1%, artinya residual model menyebar normal. Sedangkan probabilitas Jarque Berra untuk model produksi padi

lebih kecil dari taraf nyata 1% sehingga disimpulkan residual tidak menyebar normal. Namun penelitian ini menggunakan sampel dalam jumlah besar yaitu 128 observasi, sehingga asumsi normalitas tidak terlalu penting untuk data dalam jumlah besar (Gujarati, 2003; Amin, Z., Andry, A., & Humaidi, 2021).

Multikolinearitas diperiksa dari nilai Varian Inflation Factor (VIF). Nilai VIF setiap variabel independen untuk model produksi padi, jagung dan kedelai kurang dari 10 sehingga disimpulkan asumsi multikolinearitas terpenuhi atau tidak ada korelasi antar variabel independen. Model produksi padi, jagung dan kedelai telah terbebas dari asumsi heterokedastisitas karena nilai Sum Squared Residual Weighted Statistic < Sum Squared Residual Unweighted Statistic. Permasalahan autokorelasi dalam model dideteksi dengan nilai Durbin-Watson (DW) Statistic yaitu padi (0,988810), jagung (0,94918), dan kedelai (1,418206). Nilai DW tabel yang diperoleh yaitu $dL = 1.6992$ dan $dU = 1.7996$. Berdasarkan kriteria keputusan uji DW maka disimpulkan terdapat masalah autokorelasi. Namun pada model produksi padi, jagung dan kedelai telah dilakukan pembobotan Generalized Least Square sehingga masalah heterokedastisitas dan autokorelasi dapat diatasi (Gujarati, 2003)

Dampak ENSO dan determinan lainnya terhadap produksi padi. Nilai probabilitas F-Statistic sebagai uji kelayakan model sebesar 0,000000 atau lebih kecil dari taraf nyata 5 % (Tabel 3). Kesimpulan uji F tersebut yaitu model layak digunakan atau terdapat minimal satu variabel independen yang mempengaruhi variabel dependen. Kelayakan model juga dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi (R-square). Nilai R-square model produksi padi sebesar 0,999363, artinya 99,93% keragaman variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen.

Variabel luas panen berpengaruh positif terhadap produksi padi pada taraf nyata 1%. Luas lahan mempunyai elastisitas tertinggi dibandingkan variabel lainnya. Kusnadi *et al.*, (2011) dan Junaedi *et al.*, (2017) juga melaporkan bahwa lahan menjadi variabel dengan koefisien terbesar atau paling responsif. Implikasinya yaitu lahan seharusnya menjadi perhatian utama dalam upaya meningkatkan produksi padi. Namun upaya peningkatan produksi melalui perluasan lahan menghadapi persaingan dengan penggunaan non-pertanian. Selain itu, upaya menambah luas areal sawah semakin tidak efisien dan mahal (Kusnadi *et al.*, 2011).

Tabel 3. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi padi di provinsi terdampak ENSO

Variabel	Koefisien	Probabilitas
LnLAHAN	0,970724	0,0000**
LnUPAHTK	0,02335	0,3364
LnPUPUK	-0,019611	0,0471*
LnCH	-0,078273	0,0000**
C	2,425593	0,0000**
R-Squared		0,999363
Adjusted R-Squared		0,999249
Prob (F-Statistic)		0,000000

Keterangan: ** Signifikan pada taraf nyata 1%; * Signifikan pada taraf nyata 10%

Upaya peningkatan produksi padi semakin berat karena kendala tidak hanya dari faktor teknis namun juga faktor alam seperti fenomena ENSO. ENSO yang diproksi melalui variabel curah hujan berpengaruh negatif dan signifikan terhadap produksi padi. Kenaikan curah hujan 1% akan menurunkan produksi padi sebesar 0,078%, *ceteris paribus*. Sejalan dengan penelitian ini, Hosang, Tatu and Rogi, (2012) melaporkan bahwa kenaikan suhu 2.5⁰C dan kenaikan curah hujan 25% menyebabkan penurunan produktivitas padi di Sulawesi Utara turun menjadi 3,54 ton/Ha dari produktivitas awal 6,80 ton/Ha.. Penurunan tersebut dikategorikan cukup besar karena menurut (Kusnadi *et al.*, 2011), rata-rata produktivitas padi sawah nasional hanya sebesar 57.6 Kuintal/Ha. Tang, (2019) juga melaporkan bahwa kenaikan curah hujan 1% menyebabkan turunnya produksi padi sebesar 0,12% di Malaysia. Alam *et al.*, (2014) menyimpulkan bahwa kenaikan curah hujan berdampak negatif terhadap produksi padi di Barat Laut Selangor, Malaysia. Penelitian

Herath, Hasanov and Park, (2019) juga menyimpulkan bahwa curah hujan berpengaruh negatif terhadap produksi padi di Malaysia.

Koefisien variabel curah hujan yang negatif menunjukkan bahwa pengaruh El Nino lebih besar terhadap produksi padi dibandingkan La Nina. Penelitian Santoso, (2016) juga menemukan bahwa El Nino menurunkan produksi padi sawah, sebaliknya La Nina justru meningkatkan produksi. Penelitian dengan cakupan negara-negara di Asia Tenggara dilakukan (Ismail and Chan, 2019) dan menemukan bahwa La Nina justru meningkatkan produksi padi dalam jangka pendek. Irawan, (2006) menambahkan bahwa El Nino menyebabkan penurunan produksi padi sawah dan ladang masing-masing sebesar 2,43% dan 2,91%. Penurunan produksi padi akibat El Nino terjadi karena anomali iklim tersebut menyebabkan penurunan curah hujan yang signifikan sehingga menyebabkan kekeringan yang parah serta cakupan daerah kekeringan yang luas. El Nino juga menyebabkan penurunan luas panen dan produksi padi di Kabupaten Subang terutama padi ladang (Andri and Priantoro, 2020). Jika dianalisis lebih lanjut, penurunan produksi padi ladang akibat El Nino lebih besar dibandingkan padi sawah karena padi sawah umumnya terkoneksi dengan jaringan irigasi (Irawan, 2006). Penurunan produksi padi juga dapat terjadi karena penurunan curah hujan akibat El Nino menyebabkan bergesernya musim tanam padi sehingga menyebabkan berkurangnya intensitas pertanaman padi.

Salah satu upaya pemerintah memitigasi perubahan iklim dilakukan melalui penggunaan pupuk dan aplikasi teknologi rendah emisi. Jumlah pupuk dalam penelitian ini diproksi melalui jumlah pupuk subsidi yang disalurkan pemerintah di setiap provinsi dengan jenis Urea, ZA, SP36 dan NPK. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Santoso, 2015) yang menjelaskan bahwa produksi padi nasional dipengaruhi oleh realisasi penyaluran pupuk Urea, ZA, dan SP36 bersubsidi. Hasil analisis menunjukkan bahwa pupuk berpengaruh negatif dan signifikan terhadap produksi padi, artinya peningkatan pemberian pupuk 1% justru menyebabkan produksi padi turun 0,0019%. Besaran koefisien variabel pupuk memang relatif kecil (0,019611) namun tetap menjadi fokus perhatian karena pengaruhnya signifikan.

Pengaruh negatif ini memang berbeda dengan teori bahwa pemberian pupuk berpengaruh positif pada pertumbuhan dan produksi padi. Namun beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa peningkatan dosis pemberian pupuk dapat berpengaruh negatif terhadap produksi tanaman. Lestari and Palobo, (2019) menyebutkan bahwa pemberian pupuk NPK dengan dosis 200 Kg/Ha memberikan hasil yang paling tinggi dibandingkan dosis 250 Kg/Ha dan 300 Kg/Ha untuk komoditas bawang merah di Jayapura, Papua. Penelitian Rachmadhan, Kusnadi and Adhi, (2020) juga menyimpulkan bahwa alokasi subsidi pupuk Urea berpengaruh negatif terhadap produksi gula kristal putih perkebunan besar negara. Osorio et al., (2011) menambahkan bahwa penggunaan pupuk dengan dosis cukup akan berdampak positif sedangkan penggunaan pupuk subsidi secara berlebihan akan berdampak buruk terhadap produksi padi. Hal ini diperkuat hasil penelitian (Noviandi et al., 2020) yang menjelaskan bahwa ketersediaan pupuk bersubsidi berpengaruh negatif terhadap produksi padi sawah di Kabupaten Batubara karena sebagian petani memperoleh pupuk bersubsidi lebih dari yang dibutuhkan.

Dampak ENSO dan determinan lainnya terhadap produksi jagung. Uji kelayakan model produksi jagung diperiksa dari nilai probabilitas F-Statistic dan koefisien determinasi (R-square). Nilai probabilitas F-Statistic lebih kecil dari taraf nyata 5 % sehingga model layak digunakan atau terdapat minimal 1 variabel independen yang mempengaruhi variabel dependen (Tabel 4). Nilai R-square model produksi jagung sebesar 0,999525, artinya model yang dibangun telah mampu menjelaskan variabel dependen dengan baik

Produksi jagung secara signifikan dipengaruhi oleh seluruh variabel independen, kecuali curah hujan. Meskipun tidak signifikan namun koefisien variabel curah hujan bertanda negatif, artinya pengaruh El Nino lebih besar terhadap produksi jagung dibandingkan La Nina. Hariyanti et al., (2019) melaporkan bahwa kebutuhan air tanaman jagung lebih sedikit dibandingkan tanaman pangan lainnya seperti padi, kedelai dan

bawang merah. Oleh karena ini, penurunan curah hujan yang tidak signifikan tidak berpengaruh terhadap produksi tanaman jagung. Pada dasarnya jagung bukan merupakan tanaman utama bagi sebagian besar petani karena bersaing dengan tanaman lainnya termasuk padi dan kedelai. Jagung ditanam pada saat terbatasnya pasokan air pada lahan sawah atau ditanam bersamaan dengan tanaman lain. Selain itu, fenomena ENSO yang terjadi berulang kali diduga membuat petani jagung telah memiliki strategi mitigasi dan adaptasi yang baik. Hal tersebut diduga menyebabkan tidak signifikannya pengaruh curah hujan terhadap produksi jagung.

Tabel 4. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi jagung di provinsi terdampak ENSO

Variabel	Koefisien	Probabilitas
LnLAHAN	0,991680	0,0000**
LnUPAHTK	0,347100	0,0000**
LnPUPUK	-0,040836	0,0313*
LnCH	-0,016683	0,3913
C	-1,763843	0,0000**
R-Squared		0,999525
Adjusted R-Squared		0,999441
Prob (F-Statistic)		0,000000

Keterangan: ** Signifikan pada taraf nyata 1%; * Signifikan pada taraf nyata 10%

Lahan juga menjadi variabel dengan elastisitas terbesar pada model produksi jagung. Implikasinya peningkatan lahan menjadi prioritas utama untuk meningkatkan produksi jagung. Pengaruh positif variabel lahan terhadap produksi jagung sejalan dengan Silitonga et al., (2016) dan Rohi, Winandi and Fariyanti, (2018). Upah tenaga kerja juga berpengaruh positif dan signifikan terhadap produksi jagung pada taraf nyata 1%. Upah tenaga kerja digunakan sebagai proksi penggunaan tenaga kerja. Utami, Jamhari and Hardyastuti, (2011) juga menemukan pengaruh positif upah tenaga kerja terhadap penawaran jagung di pulau Jawa. Kenaikan upah tenaga kerja membuat pemilik lahan akan mengelola usahatani jagungnya dengan lebih baik agar produksi meningkat. Produksi jagung yang meningkat diharapkan meningkatkan pendapatan usahatani sebagai kompensasi kenaikan input.

Pupuk berpengaruh negatif terhadap produksi jagung pada taraf nyata 5%. Kenaikan pemberian pupuk 1% akan menurunkan produksi jagung 0,040%, ceteris paribus. Meskipun berpengaruh negatif terhadap produksi jagung namun koefisien variabel pupuk relatif kecil. Pengaruh negatif pupuk subsidi tersebut terjadi karena penggunaan pupuk yang berlebihan. Menurut Susila, (2010), sebagian besar petani menggunakan pupuk sebanyak 400-600 kg/ha, sedangkan dosis anjuran hanya 200-250 kg/ha. Pemberian pupuk yang berlebihan tersebut akhirnya menyebabkan munculnya gejala pelandaian produktivitas dan menurunkan kualitas fisik, kimia dan biologi tanah Herman et al. (2005) dalam Susila, (2010). Suryana, Agustian and Yofa, (2016) menambahkan bahwa petani seringkali memberikan dosis pupuk berdasarkan pengalaman yang dimiliki walaupun telah dibekali dengan anjuran penggunaan dosis pupuk yang sesuai. Pengaruh negatif pupuk terhadap produksi juga mungkin terjadi karena penggunaan pupuk dalam penelitian ini hanya mencakup pupuk subsidi, sehingga belum dapat menangkap pengaruh pupuk secara umum terhadap produksi.

Dampak ENSO dan determinan lainnya terhadap produksi kedelai. Kelayakan model produksi kedelai dideteksi dari probabilitas F-Statistic dan koefisien determinasi (R-squared). Nilai probabilitas F-Statistic sebesar 0,0000 atau lebih kecil dari taraf nyata 5% sehingga disimpulkan model layak digunakan (Tabel 5). Nilai R-squared sebesar 0,9993, artinya sebesar 99,93% keragaman produksi kedelai telah mampu dijelaskan oleh variabel independen yang ada di dalam model.

Terdapat 3 variabel independen yang mempengaruhi produksi kedelai secara signifikan. Luas panen memiliki elastisitas terbesar dibandingkan variabel lainnya. Kenaikan luas panen 1% akan meningkatkan produksi kedelai 0,98%, ceteris paribus. Chanifah, Darwanto and Triastono, (2019) dan Ningsih, Dwiastuti and Suhartini, (2014) juga menyimpulkan lahan berpengaruh positif terhadap produksi kedelai dengan koefisien terbesar. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa areal panen kedelai mempunyai peranan terbesar dalam produksi kedelai nasional. Pertambahan areal tanam kedelai mencerminkan minat petani dalam menanam kedelai. Namun penggunaan lahan untuk usahatani kedelai harus bersaing dengan tanaman pangan lainnya termasuk padi dan jagung. Harga kedelai lokal yang kurang bersaing menurunkan minat petani untuk mengusahakan tanaman kedelai.

Tabel 5. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi kedelai di provinsi terdampak ENSO

Variabel	Koefisien	Probabilitas
LnLAHAN	0,986298	0,0000**
LnUPAHTK	0,158835	0,0001**
LnPUPUK	0,011228	0,2861
LnCH	0,032490	0,0679*
C	-1,677823	0,0038*
R-Squared		0,999312
Adjusted R-Squared		0,999190
Prob (F-Statistic)		0,000000

Keterangan: ** Signifikan pada taraf nyata 1%; * Signifikan pada taraf nyata 10%

Upaya peningkatan produksi kedelai nasional juga dipengaruhi oleh fenomena ENSO. ENSO yang diproksi oleh curah hujan berpengaruh positif terhadap produksi meskipun koefisiennya relatif kecil. Kenaikan curah hujan 1% akan meningkatkan produksi kedelai 0,032%, ceteris paribus. Koefisien curah hujan yang bertanda positif artinya La Nina memiliki pengaruh lebih besar terhadap produksi kedelai dibandingkan El Nino. Berbanding terbalik dengan El Nino, La Nina cenderung berdampak positif terhadap produksi tanaman pangan akibat naiknya ketersediaan air karena peningkatan curah hujan (Irawan, 2006). Peluang peningkatan produksi paling tinggi akibat La Nina umumnya terjadi pada tanaman pangan yang biasanya ditanam pada lahan kering. Kenaikan produksi tersebut terjadi karena pasokan air untuk kebutuhan tanaman yang dibudidayakan pada lahan kering umumnya terbatas, sehingga kejadian La Nina yang diikuti dengan peningkatan curah hujan akan mengurangi keterbatasan pasokan air tersebut (Irawan, 2006).

Upah tenaga kerja berpengaruh positif terhadap produksi kedelai pada taraf nyata 1%. Kenaikan upah tenaga kerja 1% akan meningkatkan produksi kedelai 0,15%, ceteris paribus. Meningkatnya upah tenaga kerja akan membuat petani lebih bersemangat dalam kegiatan usahatannya dengan harapan akan menghasilkan produksi yang lebih baik. Kenaikan produksi akan berdampak kepada peningkatan pendapatan usahatani sebagai kompensasi kenaikan biaya input.

KESIMPULAN

Korelasi ONI (indikator ENSO) dengan curah hujan menghasilkan koefisien negatif dan signifikan di sebagian besar provinsi-provinsi di Indonesia. Hasil korelasi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Indonesia yang terdampak ENSO mengalami variabilitas curah hujan. Posisi Indonesia yang berada di sekitar garis ekuator menyebabkan hampir seluruh wilayah Indonesia terdampak fenomena ENSO. Berdasarkan regresi data panel statis, fenomena ENSO berpengaruh nyata terhadap produksi padi dan kedelai melalui indikator curah hujan. El Nino yang diikuti penurunan curah hujan berdampak lebih besar terhadap produksi padi dan jagung. Sedangkan La Nina yang disertai dengan peningkatan curah hujan berdampak lebih besar terhadap produksi kedelai. Dari tiga komoditas pangan yang dianalisis tersebut, El Nino memiliki dampak yang lebih besar terhadap produksi pangan dibandingkan La Nina.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzal, M., Ahmed, G. and Javid, M. N. (2017) 'Emperical asesment of climate change on agricultural crop: Panel data analysis in Pakistan', *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 5(2), pp. 59–68.
- Al-Amin, A. K. M. A., Rahman, M. S. and Islam, A. H. . . S. (2017) 'Impact of climate change on rice productivity: Evidence from panel data', *Bangladesh Journal of Political Economy*, 31(5), pp. 393–408.
- Alam, M. M. *et al.* (2014) 'Impacts of Climatic Changes on Paddy Production in Malaysia: Micro Study on IADA at North West Selangor', *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 6(5), pp. 251–258. doi: 10.19026/rjees.6.5767.
- Amin, Z., Andry, A., & Humaidi, E. (2021) 'Pemetaan Sektor Agribisnis Pangan Unggulan di Kabupaten Musi Rawas.', *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 21(1), pp. 1–8.
- Andri, A. and Priantoro, R. D. (2020) 'El Nino 2015: Asosiasinya Dengan Kekeringan dan Dampaknya Terhadap Curah Hujan, Luas Panen dan Produksi Padi di Kabupaten Subang', *Geomedia Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 18(2), pp. 132–142.
- Athoillah, I., Sibarani, R. M. and Doloksaribu, D. E. (2017) 'Analisis Spasial Pengaruh Kejadian El Nino Kuat Tahun 2015 Dan La Nina Lemah Tahun 2016 Terhadap Kelembapan, Angin Dan Curah Hujan Di Indonesia', *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 18(1), pp. 33–41. doi: 10.29122/jstmc.v18i1.2140.
- Cashin, P., Mohaddes, K. and Raissi, M. (2017) 'Fair weather or foul? The macroeconomic effects of El Niño', *Journal of International Economics*, 106(2017), pp. 37–54. doi: 10.1016/j.jinteco.2017.01.010.
- Chanifah, Darwanto, D. H. and Triastono, J. (2019) 'Faktor determinan efisiensi dan inefisiensi teknis usahatani kedelai lokal di Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah', *Jurnal Pangan*, 28(3), pp. 191–202.
- Estiningtyas, W. and Syakir, M. (2017) 'Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Padi di Lahan Tadah Hujan', *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 18(2), pp. 83–93. doi: 10.31172/jmg.v18i2.406.
- Fajri, H. C., Siregar, H. and 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), pp. 329–339.
- Greene, W. H. (2002) *Econometric Analysis*. Fifth Edit. New Jersey: Prentice Hall.
- Gujarati, D. N. (2003) *Basic Econometrics*. New York: Mc Graw-Hill.
- Hariyanti, K. S. *et al.* (2019) 'Penentuan Waktu Tanam dan Kebutuhan Air Tanaman Padi, Jagung, Kedelai dan Bawang Merah di Provinsi Jawa Barat dan Nusa Tenggara Timur', *Jurnal Tanah dan Iklim*, 43(1), pp. 83–92. doi: 10.21082/jti.v43n1.2019.83-92.
- Herath, G., Hasanov, A. and Park, J. (2019) 'Impact of climate change on paddy production in malaysia: Empirical analysis at the national and state level experience', in *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Management Science and Engineering Management. ICMSEM 2019*. Springer International Publishing, pp. 656–664. doi: 10.1007/978-3-030-21248-3_48.
- Hermawan, I. (2014) 'Analisis Dampak Kebijakan Subsidi Pupuk Urea dan TSP terhadap Produksi Padi dan Capaian Swasembada Pangan di Indonesia', *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, 5(1), pp. 63–78.

- Hidayat, A. M. *et al.* (2018) 'Korelasi Indeks Nino 3.4 dan Southern Oscillation Index (SOI) dengan Variasi Curah Hujan di Semarang', *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, 19(2), pp. 75–81.
- Hosang, P. R., Tatu, J. and Rogi, J. E. X. (2012) 'Analisis Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Beras Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2013 – 2030', *Eugenia*, 18(3), pp. 249–255.
- Idumah, F. O. *et al.* (2016) 'Climate Change and Food Production in Nigeria: Implication for Food Security in Nigeria', *Journal of Agricultural Science*, 8(2), pp. 74–83. doi: 10.5539/jas.v8n2p74.
- Iizumi, T. *et al.* (2014) 'Impacts of El Niño Southern Oscillation on the global yields of major crops', *Nature Communications*, 5(5), pp. 1–7. doi: 10.1038/ncomms4712.
- Irawan, B. (2006) 'Fenomena Anomali Iklim El Nino dan La Nina: Kecenderungan Jangka Panjang dan Pengaruhnya terhadap Produksi Pangan', *Forum penelitian Agro Ekonomi*, 24(1), pp. 28–45. doi: 10.21082/fae.v24n1.2006.28-45.
- Ismail, N. W. and Chan, S. M. (2019) 'Impacts of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) on Paddy Production in Southeast Asia', *Climate and Development*, 12(7), pp. 636–648. doi: 10.1080/17565529.2019.1673141.
- Juanda, B. (2009) *Ekonometrika Pemodelan dan Pendugaan*. Bogor: IPB Press.
- Junaedi, M. *et al.* (2017) 'Efisiensi Dan Kesenjangan Teknologi Usahatani Padi Sawah Di Pulau Jawa', *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, 8(2), pp. 1–19.
- Kartasapoetra, A. G. (2006) *Klimatologi: Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kusnadi, N. *et al.* (2011) 'Analisis Efisiensi Usahatani Padi di Beberapa Sentra Produksi Padi di Indonesia', *Jurnal Agro Ekonomi*, 29(1), pp. 25–48. doi: 10.21082/jae.v29n1.2011.25-48.
- Laosuthi, T. and Selover, D. D. (2007) 'Does El Niño affect business cycles?', *Eastern Economic Journal*, 33(1), pp. 21–42. doi: 10.1057/ej.2007.2.
- Lestari, R. H. S. and Palobo, F. (2019) 'Pengaruh Dosis Pupuk Npk Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bawang Merah, Kabupaten Jayapura, Papua', *Ziraa 'Ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 44(2), pp. 163–169. doi: 10.31602/zmip.v44i2.1782.
- Li, Y. *et al.* (2019) 'The value of El Niño-Southern Oscillation forecasts to China's agriculture', *Sustainability (Switzerland)*, 11(15), pp. 1–23. doi: 10.3390/su11154184.
- Liu, Y. *et al.* (2014) 'Climate and crop yields impacted by ENSO episodes on the North China Plain: 1956–2006', *Regional Environmental Change*, 14(1), pp. 49–59. doi: 10.1007/s10113-013-0455-1.
- Malau, L. R. E. *et al.* (2021) 'Study of ENSO impact on agricultural food crops price as basic knowledge to improve community resilience in climate change', in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, pp. 1–11. doi: 10.1088/1755-1315/874/1/012008.
- Marhaeni, A. A. I. N. and Yuliarmi, N. N. (2018) 'Pertumbuhan Penduduk, Konversi Lahan, dan Ketahanan Pangan di Kabupaten Badung', *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, 11(1), pp. 61–78. doi: 10.24843/jekt.2018.v11.i01.p05.
- Mulyana, E. (2002) 'Hubungan Antara ENSO dengan Variasi Curah Hujan di Indonesia', *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 3(1), pp. 1–4.

- Nabilah, F., Prasetyo, Y. and 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), pp. 402–412.
- Ningsih, I. M., Dwiastuti, R. and Suhartini, S. (2014) 'Analisis efisiensi ekonomis usahatani kedelai dalam rangka mendukung keanekaragaman pangan (Kasus di desa Mlorah, Kecamatan Rejoso, Kabupaten Nganjuk)', *Habitat*, 25(3), pp. 183–191.
- Noviandi, Y. *et al.* (2020) 'AGRISAINS : Jurnal Ilmiah Magister Agribisnis Kajian Ketersediaan Pupuk Bersubsidi dan Harga Pupuk Terhadap Produksi Padi Sawah di Kabupaten Batubara Study of Subsidized Fertilizer Availability and Price of Fertilizer on Paddy Production in Batubara District', 2(2), pp. 208–216.
- Osorio, C. G. *et al.* (2011) *Who is benefiting from fertilizer subsidies in Indonesia?, Policy Research Working Paper - World Bank.*
- Poudel, S. and Kotani, K. (2013) 'Climatic impacts on crop yield and its variability in Nepal: Do they vary across seasons and altitudes?', *Climatic Change*, 116(2), pp. 327–355. doi: 10.1007/s10584-012-0491-8.
- Pujayanti, A. (2011) 'Politik Pangan di Era Globalisasi', *Politica*, 2(1), pp. 147–172.
- Rachmadhan, A. A., Kusnadi, N. and Adhi, A. K. (2020) 'Pengaruh Kebijakan Subsidi Pupuk terhadap Produksi Gula Kristal Putih Indonesia', *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 8(1), pp. 9–19. doi: 10.25181/jaip.v8i1.1266.
- Rachmaningsih, T. and Priyarsono, D. S. (2012) 'Ketahanan Pangan di Kawasan Timur Indonesia', *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 13(1), pp. 1–18. doi: 10.21002/jepi.v13i1.225.
- Rohi, J. G., Winandi, R. and Fariyanti, A. (2018) 'Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Usahatani Jagung Serta Efisiensi Teknis Di Kabupaten Kupang', *Forum Agribisnis*, 8(2), pp. 181–198. doi: 10.29244/fagb.8.2.181-198.
- Santoso, A. B. (2015) 'Effect of Land Use and Subsidized Fertilizer for National Rice Production', *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(3), pp. 208–212. doi: 10.18343/jipi.20.3.208.
- Santoso, A. B. (2016) 'Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Produksi Tanaman Pangan di Provinsi Maluku', *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 35(1), pp. 29–38. doi: 10.21082/jpftp.v35n1.2016.p29-38.
- Sarvina, Y. and Sari, K. (2020) 'Dampak ENSO Terhadap Produksi dan Puncak Panen Durian di Indonesia', *Jurnal Tanah dan Iklim*, 41(2), pp. 147–155. doi: 10.21082/jti.v41n2.2017.149-158.
- Shikwambana, S., Malaza, N. and Shale, K. (2021) 'Impacts of rainfall and temperature changes on smallholder agriculture in the limpopo province, south africa', *Water (Switzerland)*, 13(20), pp. 1–16. doi: 10.3390/w13202872.
- Silitonga, P. Y. *et al.* (2016) 'Analisis Efisiensi Usahatani Jagung Pada Lahan Kering Melalui Penerapan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) Di Provinsi Jawa Barat', *Informatika Pertanian*, 25(2), pp. 199–214. doi: 10.21082/ip.v25n2.2016.p199-214.
- Smith, S. C. and Ubilava, D. (2017) 'The El Niño Southern Oscillation and economic growth in the developing world', *Global Environmental Change*, 45(5), pp. 151–164. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2017.05.007.

- Suryana, A. (2014) 'Menuju Ketahanan Pangan Indonesia Berkelanjutan 2025: Tantangan dan Penanganannya', *Forum penelitian Agro Ekonomi*, 32(2), pp. 123–135. doi: 10.21082/fae.v32n2.2014.123-135.
- Suryana, A., Agustian, A. and Yofa, R. D. (2016) 'Alternatif Kebijakan Penyaluran Subsidi Pupuk Bagi Petani Pangan', *Analisis Kebijakan Pertanian*, 14(1), pp. 35–54. doi: 10.21082/akp.v14n1.2016.35-54.
- Susila, W. R. (2010) 'Kebijakan subsidi pupuk: ditinjau kembali', *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(2), pp. 43–49.
- Suwarno, S. (2010) 'Meningkatkan produksi padi menuju ketahanan pangan yang lestari', *Pangan*, 19(3), pp. 233–243.
- Syaukat, Y. (2011) 'the Impact of Climate Change on Food Production and Security and', *J. Issaas*, 17(1), pp. 40–51.
- Tang, K. H. D. (2019) 'Climate Chane and Paddy Yield in Malaysia: A Short Communication', *Global Journal of Civil and Environmental Engineering*, June, pp. 14–19.
- Utami, A. W., Jamhari, J. and Hardyastuti, S. (2011) 'El Nino, La Nina, Dan Penawaran Pangan Di Jawa, Indonesia', *Jurnal Ekonomi Pembangunan: Kajian Masalah Ekonomi dan Pembangunan*, 12(2), pp. 257–271. doi: 10.23917/jep.v12i2.197.