DIALEKTIKA
Jurnal Ekonomi dan Ilmu Sosial

P-ISSN: 2502-4094
E-ISSN: 2598-781X
Volume 10 Nomor 2 (September 2025) hlmn. 360 – 375

http://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/dialektika DOI: https://doi.org/10.36636/dialektika.v10i2.7148

Hubungan Kausalitas antara Deforestasi, Pertanian dan Pertumbuhan Ekonomi: Studi Empiris di Indonesia

Maksimilianus Paulus Jati Gamatara[a,*], Marianus Antonius Deo Datus Banase[b], Adelheid Elisabet Loda[c]

[a,b,c] Universitas Katolik Widya Mandira, Indonesia

***e-mail: maksimilianusgamatara@unwira.ac.id**

KETERANGAN ARTIKEL

Diajukan:
21 Mei 2025
Direvisi:
27 Juli 2025
Diterima:
20 September 2025
Tersedia Online:
01 Oktober 2025

***Correspondence Author**

Nama:
Maksimilianus Paulus Jati Gamatara
e-mail:
maksimilianusgamatara@unwira.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengekplorasi secara menyeluruh arah hubungan yang terbentuk baik hubungan jangka pendek maupun hubungan jangka panjang, serta mencari tahu apakah hubungan tersebut memiliki hubungan satu atau dua arah dan interaksi yang kompleks dari deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi (analisis hubungan tripartit) di Indonesia. Model analisis yang digunakan adalah *Vector Error Correction Mode*l (VECM) terhadap data *time-series* dari tahun 1991-2023, penelitian ini mengungkap interaksi dinamis antar ketiga variabel tersebut. Hasil estimasi menunjukkan bahwa dalam jangka pendek, deforestasi dengan pertanian serta *Gross Domestic Product* (GDP) per kapita dengan pertanian memiliki arah hubungan yang saling mempengaruhi sedangkan GDP per kapita dengan deforestasi hanya memiliki satu arah yaitu GDP per kapita mempengaruhi deforestasi. Namun dalam jangka panjang, terdapat hubungan kasualitas atau arah hubungan yang saling mempengaruhi antara ketiga variabel tersebut. Temuan ini menegaskan bahwa penting adanya pendekatan pembangunan ekonomi yang mempertimbangkan keberlanjutan lingkungan dan efisiensi penggunaan lahan.

Kata Kunci: Deforestasi; Pertanian; Pertumbuhan Ekonomi; Kausalitas; VECM

ABSTRACT

This study aims to thoroughly explore the direction of the relationship formed, both short-term and long-term relationships, as well as to find out whether the relationship is one-way or two-way and the complex interactions between deforestation, agriculture, and economic growth (tripartite relationship analysis) in Indonesia. The analysis model used is the Vector Error Correction Model (VECM) on time-series data from 1991 to 2023. This study reveals the dynamic interactions between the three variables. The estimation results show that in the short term, deforestation and agriculture, as well as Gross Domestic Product (GDP) per capita and agriculture, have a mutually influential relationship, while GDP per capita and deforestation only have a one-way relationship, namely GDP per capita influences deforestation. However, in the long term, there is a causal relationship or a mutually influential relationship between the three variables. These findings emphasize the importance of an economic development approach that considers environmental sustainability and efficient land use.

Keywords: Deforestation; Agriculture; Economic Growth; Causality; VECM

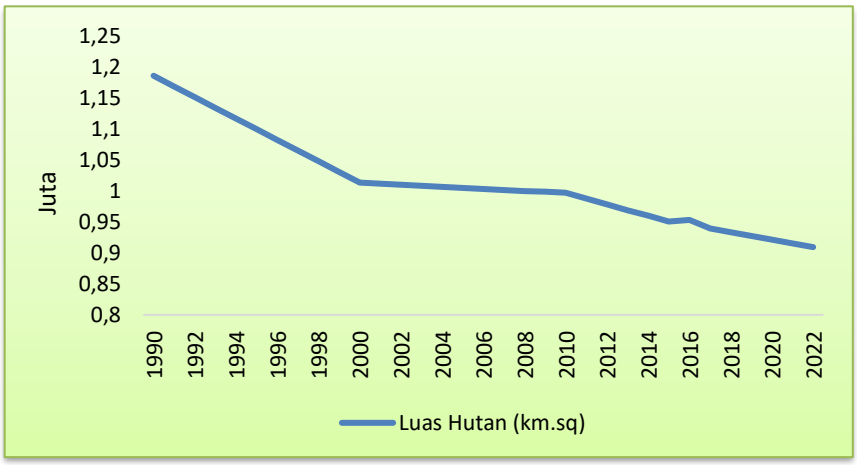
This is an open access article under the CC BY NC SA licence.

PENDAHULUAN

Hutan merupakan suatu ekosistem terestrial yang memiliki kontribusi dan peran penting bagi kehidupan manusia serta lingkungan seperti penyedia sumber daya alam dalam kehidupan manusia serta perannya dalam mitigasi perubahan iklim dimana hutan dapat menyerap dan menyimpan karbondioksida (CO_2). Pada konteks pembangunan berkelanjutan, hutan memiliki peran yang sangat penting. Namun demikian, pada saat ini hutan memiliki tekanan dari masalah deforestasi yang disebabkan oleh manusia untuk pembangunan seperti pembukaan lahan hutan untuk keperluan pertanian. Masalah deforestasi sendiri dapat menjadi penghambat dalam berbagai target pembangunan berkelanjutan, oleh karena itu masalah deforestasi tidak dapat disepelekan (WRI, 2017). Menurut penilaian kemajuan NYDF (*New York Declaration on Forests*) baru-baru ini, deforestasi global terus berlanjut dengan laju sekitar 10 juta hektar per tahun (UNDP, 2001).

Kerusakan lingkungan akibat dari degredasi hutan serta deforestasi mengalami peningkatan pesat dan puncak kerusakannya terjadi pada tahun 1980-an semenjak terjadinya revolusi industri pada abad ke-18. Hal ini diikuti dengan peningkatan jumlah penduduk sehingga lahan yang digunakan untuk pertanian atau bercocok tanam semakin meningkat dan pada pergantian abad ke-20 adalah masa di mana hutan secara global menghilang mencapai separuhnya. Terkait demikian, Ritchie & Roser (2021), menekankan bahwa deforestasi bukanlah masalah baru yang terjadi saat ini saja namun mereka juga mengingatkan adanya percepatan deforestasi dalam beberapa abad terakhir ini.

Terkait kategori hutan tropis sendiri, Indonesia merupakan salah satu negara dengan luas hutan tropis terbesar di dunia. Namun demikian, hutan tropis ini juga terancam keberadaanya dikarenakan adanya pembukaan lahan pertanian di mana antara tahun 2005-2013, daerah teropis kehilangan rata-rata sebesar 5,5 juta hektar hutan per tahun akibat adanya pembukaan lahan pertanian serta kelompok komoditas yang paling sering dikaitkan dengan deforestasi adalah produk kehutanan, kelapa sawit, sereal, dan kacang kedelai secara global yang mana Indonesia menyumbang sebesar 14% kehilangan luas hutan tropis secara global yang menjadikan Indonesia sebagai penyumbang deforestasi terbesar di dunia di bawah Brazil yang menjadikan kedua negara tersebut sebagai penyumbang deforestasi hutan tropis hampir sebagaiannya secara global (Pendrill *et al*., 2019).



Gambar 1. Luas Hutan Indonesia Tahun 1990-2022
Sumber: *World Development Indicators* (2025)

Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa luas hutan di Indonesia mengalami penurunan dari tahun ke tahun. Penurunan luas hutan secara terus menerus ini menandakan bahwa deforestasi dan degradasi hutan masih terus terjadi dan juga sebagai gambaran bahwa hutan terus menerus mengalami pengurangan kemampuannya dalam menjaga stabilitas lingkungan dikarenakan luas hutan yang makin berkurang tiap tahunnya akibat dari adanya peningkatan kegiatan ekonomi yang sering menyebabkan tingkat deforestasi yang lebih tinggi, yang selanjutnya dapat mengurangi pengembalian ekonomi dari sumber daya hutan (Jamal *et al*., 2024).

Data terbaru dari *Global Forest Watch (2025)* menunjukkan bahwa dari tahun 2001-2023, Indonesia telah kehilangan 30,8 Mha tutupan pohon. Indonesia dikenal sebagai negara dengan luas hutan terbesar di

dunia, namun hutan-hutannya pada masa saat ini mengalami tekanan oleh kegiatan penggunaan lahan berbasis ekonomi lainnya seperti pertanian dari pembukaan lahan dan konversi lahan hutan guna untuk kegiatan pembangunan dan pertumbuhan ekonomi Indonesia (Mahendra *et al*., 2024; Munawar *et al*., 2024). Hal ini dikarenakan satu sektor penting sebagai penyedia pangan dan mata pencaharian sebagian besar penduduk Indonesia adalah pertanian. Salah satu faktor pendorong hutan di Indonesia menghilang adalah pembukaan perkebunan (Austin *et al*., 2019). Selain itu juga ada bukti yang jelas tentang insentif ekonomi dan politik yang saling memperkuat sebagai pendorong hilangnya hutan dan alih fungsi lahan untuk budidaya kelapa sawit di Indonesia (Cisneros *et al*., 2021). Tidak hanya itu, terbaru pernyataan Presiden Prabowo Subianto menginginkan perluasan perkebunan kelapa sawit tanpa perlu khawatir adanya masalah deforestasi dikarenakan kelapa sawit adalah produk strategis. Oleh karena itu dapat dikatakan masalah kehutanan di Indonesia mengalami dinamika yang sangat kompleks antara deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi yang mana ketiga faktor tersebut dapat saling mempengaruhi serta dapat membentuk siklus yang kompleks dengan konsekuensi bagi lingkungan, sosial dan ekonomi di Indonesia.

Beberapa penelitian yang menganalisis hubungan kausalitas antara deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi telah dilakukan oleh banyak peneliti, seperti penelitian yang dilakukan oleh Ajanaku & Collins (2021) dengan temuan adanya hubungan kausalitas non-arah (*heterogenous panel non-causality*) antara pertumbuhan ekonomi dan deforestasi di Afrika. Ini berarti bahwa pertumbuhan ekonomi tidak secara langsung dan satu arah menyebabkan deforestasi, begitu juga sebaliknya. Penelitian lain dari Iritié & Tiémélé (2024), menemukan adanya hubungan kausalitas dua arah (*Bidirectional Causality*) dalam jangka panjang antara lahan pertanian dan tutupan hutan (deforestasi) serta mengonfirmasi bahwa tekanan pertanian memiliki dampak yang merugikan terhadap tutupan hutan. Penelitian mereka juga mendukung keberadaan Hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) untuk deforestasi di Pantai Gading. Hasil yang cukup berbeda ditemukan oleh Zambrano-Monserrate *et al*. (2018), di mana temuan spesifik dari analisis kausalitas Granger menunjukkan bahwa peningkatan ekspor pertanian tidak berkontribusi pada peningkatan deforestasi di negara-negara yang diteliti. Mereka menduga bahwa ini mungkin karena Eropa telah mencapai ekspansi hutan melalui kebijakan yang mempromosikan penggunaan teknologi di sektor pertanian, yang meningkatkan produktivitas tanpa perlu perluasan lahan. Temuan lain dari penelitian mereka adalah pengurangan deforestasi dan investasi dalam pengurangan deforestasi tidak akan merugikan pertumbuhan ekonomi, yang menunjukkan adanya potensi untuk mencapai pertumbuhan ekonomi dan kelestarian lingkungan secara bersamaan di negara-negara tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Tanveer *et al*., (2024), secara keseluruhan menemukan bahwa deforestasi, lahan pertanian, dan pertumbuhan ekonomi (diwakili oleh jejak ekologis) secara signifikan dan positif berkontribusi terhadap degradasi lingkungan di Pakistan.

Berdasarkan beberapa penelitian di atas, studi-studi tersebut menghasilkan temuan penelitian yang beragam tergantung dari periode, negara ataupun kelompok negara tertentu dan metode penelitian yang digunakan. Penelitian mengenai hubungan antara deforestasi, pertanian, dan pertumbuhan ekonomi telah banyak dilakukan dengan berbagai pendekatan dan fokus geografis. Beberapa studi terdahulu telah mengidentifikasi bahwa ekspansi pertanian, terutama perkebunan kelapa sawit, menjadi salah satu pendorong utama deforestasi di Indonesia dengan arah hubungan yang beragam (Austin *et al*., 2017, 2019; Numata *et al*., 2022; Widiono, 2024). Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi di Indonesia sering kali bergantung pada ekstraksi sumber daya alam, termasuk konversi hutan untuk kegiatan pertanian (Malahayati, 2018; Waluyo & Terawaki, 2016). Dalam jangka pendek pertumbuhan PDB per kapita merupakan kontributor signifikan terhadap deforestasi, karena meningkatkan permintaan lahan untuk pertanian (Destiartono, 2023), namun dalam jangka panjang pembangunan pertanian terhadap pertumbuhan ekonomi memiliki arah negatif, menunjukkan bahwa sementara pertanian berkontribusi pada perekonomian, hal itu juga dapat menyebabkan degradasi lingkungan (Sanjaya & Hadiyanto, 2023).

Berdasarkan penelitian terdahulu, sebagian besar penelitian hanya fokus pada hubungan parsial tanpa mempertimbangkan interaksi ketiganya secara simultan. Selain itu kurangnya analisis temporal, di mana sebagian besar studi belum membedakan secara rinci hubungan kausalitas dalam jangka pendek dan jangka panjang. Oleh karenanya perlu penelitian lebih lanjut untuk memperjelas hubungan yang ditimbulkan oleh deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi dalam hal ini studi kasus di Indonesia. Untuk penelitian dengan studi kasus di Indonesia sendiri, kebanyakan hanya berfokus menganalisis pengaruh dari pertanian dan berbagai faktor lainnya terhadap deforestasi maupun terhadap pertumbuhan ekonomi tanpa melihat hubungan sebab akibat dari ketiga faktor tersebut (Klasen *et al*., 2010; Putra & Gunarto, 2023; Wheeler *et al*., 2013). Dengan demikian kebaruan penelitian ini adalah mengekplorasi secara menyeluruh arah hubungan yang terbentuk baik dalam hubungan jangka pendek maupun hubungan jangka panjang apakah hubungan tersebut

memiliki hubungan satu atau dua arah dan interaksi yang kompleks dari deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi (analisis hubungan tripartit) di Indonesia pada periode waktu 1991-2023.

Dengan demikian, tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah terdapat hubungan yang saling mempengaruhi (kausalitas) antara deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi baik hubungan kausalitas dalam jangka pendek dan jangka panjang terkhususnya di Indonesia. Tidak hanya itu, dalam penelitian ini juga akan mengeksplorasi bagaimana arah hubungan antara deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Eksplorasi ini penting untuk dilakukan agar dapat memberikan wawasan berharga antara deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia guna dapat dijadikan acuan dalam pengembangan kebijakan yang efektif untuk mengelola sumber daya alam, meningkatkan kesejahteraan masyarakat, dan mencapai pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

KAJIAN PUSTAKA

Hutan berada di bawah tekanan akibat meningkatnya populasi manusia yang sering kali berujung pada konversi atau degradasi hutan menjadi bentuk penggunaan lahan yang tidak berkelanjutan atau sering disebut sebagai deforestasi. Alih-alih hutan dimanfaatkan secara berkelanjutan untuk pemenuhan kebutuhan generasi sekarang dan yang akan datang, justru hutan dimanfaatkan untuk diuangkan (Tietenberg & Lewis, 2012). Deforestasi adalah konversi hutan menjadi lahan untuk digunakan dalam berbagai kegiatan lain atau dapat juga berupa tutupan kanopi pohon yang mengalami pengurangan dalam jangka panjang di bawah ambang batas 10% yang dapat divisualisasikan sebagai kehilangan permanen dari hutan dalam jangka panjang akibat dari manusia atau secara alamiah (FRA, 2000). Tidak hanya itu, deforestasi dapat berupa eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya hutan (Field, 2008). *Global Forest Watch* (GFW) menggunakan hilangnya tutupan pohon berdasarkan data pendorong dominan untuk menciptakan "proksi deforestasi" yang terdiri dari hilangnya tutupan pohon akibat pengalihan ekspansi pertanian ke hutan primer, deforestasi yang didorong oleh komoditas, dan urbanisasi (GFW, 2023).

1. Hubungan Deforestasi dan Pertanian

Deforestasi sering kali dikaitkan dengan kegiatan pertanian, yang mana deforestasi sering terjadi dikarenakan didorong oleh kegiatan sektor pertanian, yaitu lahan akan dibuka guna untuk produksi tanaman pertanian (Leon *et al*., 2022). Ekspansi pertanian, baik skala besar maupun kecil, merupakan penyebab utama deforestasi di berbagai negara. Faktor-faktor seperti pertumbuhan populasi, permintaan komoditas global, dan tekanan ekonomi mendorong konversi hutan menjadi lahan pertanian (Prochazka *et al*., 2023).

Untuk studi kasus di Indonesia lebih tepatnya di Provinsi Lampung, diketahui bahwa akibat dari deforestasi akan berdampak negatif pada hasil dan pendapatan pertanian, yang menyebabkan pertumbuhan ekonomi yang tertekan di sektor pertanian di mana setiap penurunan 1% tutupan lahan, secara signifikan mengurangi pendapatan pertanian serta mempengaruhi kinerja ekonomi secara keseluruhan (Syahputra *et al*., 2021). Hal ini bisa terjadi dikarenakan deforestasi dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian karena hilangnya jasa ekosistem, seperti kesuburan tanah dan pengaturan air (Souza, 2024) serta mengganggu lanskap lokal dan siklus hidrologi, yang dapat mengurangi hasil panen oleh karenanya mengancam jasa ekosistem yang disediakan oleh hutan (Khan, 2023). Sedangkan di Nigeria, peningkatan 1% deforestasi berkorelasi dengan penurunan produktivitas pertanian 1,7%, menyoroti dampak ekonomi dalam jangka panjang (Sulumbe, 2016). Hal ini sejalan dengan laporan dari Lawrence & Vandecar, (2015) yang mana deforestasi tropis dapat mempengaruhi iklim lokal dan global, yang pada gilirannya berdampak pada produktivitas pertanian dan ketahanan pangan. Hal ini menandakan perubahan iklim akibat deforestasi dapat menyebabkan ketidakstabilan ekonomi, terutama di negara-negara yang bergantung pada sektor pertanian.

2. Hubungan Deforestasi dan Pertumbuhan Ekonomi

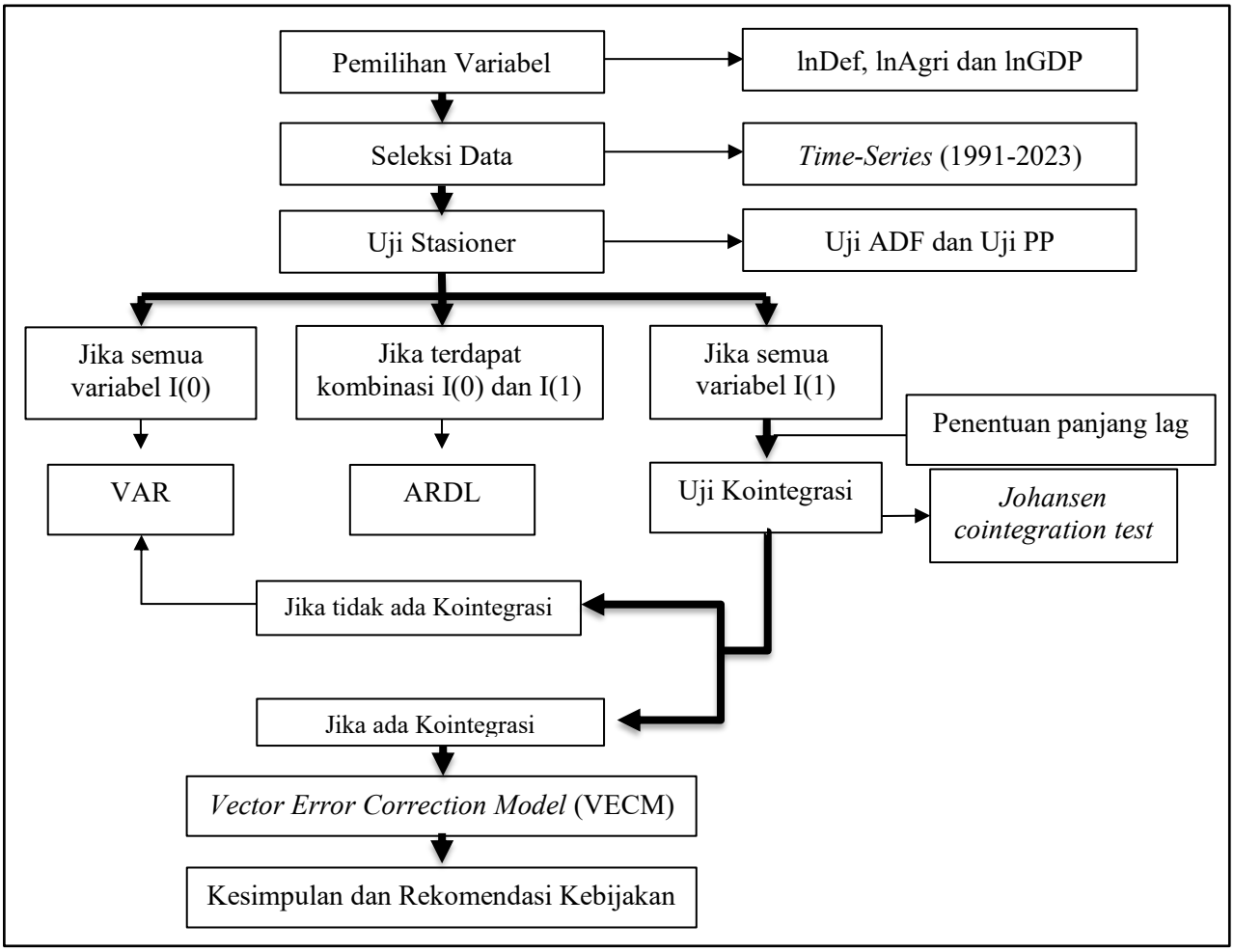
Terkait dengan pertumbuhan ekonomi, deforestasi memiliki hubungan yang sangat kompleks dan beragam antara keduanya. Studi di Indonesia menunjukkan bahwa dalam jangka pendek dan jangka panjang, penggundulan hutan dihasilkan oleh pertumbuhan PDB per kapita yang menegaskan bahwa pertumbuhan PDB per kapita sebagai proksi pendorong deforestasi di Indonesia (Destiartono, 2023). Studi dari Kongo, menyoroti bahwa pertanian dan produk domestik bruto merupakan pendorong signifikan deforestasi di Cekungan Kongo. Studi tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi, terutama di bidang pertanian, berkontribusi pada peningkatan tingkat deforestasi (Aquilas *et al*., 2022). Namun di sisi lain krisis ekonomi dapat mempercepat

laju deforestasi. Selama krisis, pemerintah dan pelaku ekonomi cenderung mengurangi investasi dalam konservasi dan pengelolaan hutan, sementara tekanan untuk membuka lahan pertanian baru meningkat (Antonarakis *et al*., 2022).

3. Hubungan Pertanian dan Pertumbuhan Ekonomi

Pada dasarnya, pertumbuhan ekonomi memiliki hubungan dengan pertanian, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Barbier (2020) dan Khan (2023), menyoroti ekspansi pertanian sebagai pendorong utama deforestasi, yang pada akhirnya akan memengaruhi pertumbuhan ekonomi. Hal ini menunjukkan adanya hubungan timbal balik: pertanian yang ekspansif dapat mendorong pertumbuhan ekonomi, tetapi juga dapat merusak lingkungan yang berpotensi memiliki konsekuensi ekonomi negatif di masa depan. Sedangkan hasil yang cukup menarik dari penelitian yang dilakukan oleh Sanjaya & Hadiyanto (2023), yang menemukan bahwa pembangunan pertanian memiliki pengaruh negatif yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dalam jangka pendek dan dalam jangka panjang. Temuan ini menunjukkan bahwa selama periode yang diteliti (1985-2022), pembangunan di sektor pertanian di Indonesia cenderung tidak berkorelasi positif dengan pertumbuhan ekonomi secara keseluruhan.

METODE PENELITIAN



Gambar 2. Diagram Alir Teknik Analisis

Sumber: Hasil Kajian Penelitian, 2025

Penelitian yang digunkan dalam studi ini merupakan studi empiris secara kuantitatif dengan tujuan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan kausalitas antara deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi baik hubungan kausalitas dalam jangka pendek dan secara jangka panjang di Indonesia. Variabel yang digunakan dalam kajian ini yakni deforestasi yang diukur dari kehilangan tutupan kanopi pohon di bawah ambang batas 10% dalam satuan hektar (ha). Selain itu ada variabel pertanian yang diukur menggunakan luas pertanian

keseluruhan dalam satuan kilometer persegi (km^2) yang dikonversikan ke dalam satuan hektar (ha). Terakhir, variabel yang digunakan dalam kajian studi ini adalah pertumbuhan ekonomi yang di dapat dari GDP per kapita dalam harga konstan tahun 2015, dinyatakan dalam dolar AS (US$). Data *Time-Series* dengan periode waktu dari tahun1991-2023 digunakan dalam penelitian ini. Jenis data yang digunakana dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang berasal dari berbagai sumber. Untuk data deforestasi, penelitian ini menggunakan data gabungan dengan cara *Cross-check* dan harmonisasi definisi antar sumber dengan tujuan menghasilkan dataset yang konsisten yang berasal dari *Food and Agriculture Organization* (FAO) untuk periode tahun 1991-2000 dan dari *Global Forest Watch* (GFW) untuk periode tahun 2001-2023. Sedangkan data pertanian dan pertumbuhan ekonomi, keduanya berasal dari *World Development Indicators* (WDI). Studi kajian ini akan menggunakan metode *Vector Error Correction Model* (VECM) untuk analisis deret waktu dengan menggunakan alat analisis Stata17. Untuk menghasilkan estimasi yang konsisten dan tidak bias maka dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa pengujian yang secara garis besar dapat dilihat pada diagram alir teknik analisis dalam Gambar 2 di atas.

Pengujian Akar Unit (*Unit Root Testing*)

Pengujian akar unit bertujuan untuk mengetahui apakah data yang digunakan terdapat akar unit dalam data *time series*, jika terdeteksi ada akar unit maka data yang digunakan tidak stasioner. Salah satu hal yang penting dalam analisis data deret waktu adalah pengujian stasioneritas data. Pemodelan menjadi tidak tepat sehingga hasil/kesimpulan yang diberikan dapat bersifat *spurious* (palsu) akibat dari adanya pengujian yang tidak memadai. Data yang menunjukkan mean, varians dan autovarians (pada variasi lag) tetap sama saat kapan saja data itu terbentuk atau digunakan adalah ciri dari data yang stasioner, artinya model time series dapat dikatakan lebih stabil dengan data yang stasioner. Pemodelan ekonometrik dari data diharuskan menggunakan data yang stasioner untuk mencegah data memiliki autokorelasi. Dalam kaitannya pada penelitian ini, pengujian stasioneritas juga berfungsi dalam penentuan model mana saja yang menjadi model terbaik untuk digunakan dalam penelitian ini dikarenakan tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hubungan kausalitas dalam jangka pendek dan jangka panjang antara deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia.

Dalam pengujian stasioneritas ini, jika data yang diuji diketahui bahwa semua variabel stasioner pada levelnya I(0) maka model terbaik yang akan digunakan adalah model *Vector Autoregression* (VAR). Namun jika terdapat kombinasi yaitu adanya variabel yang stasioner pada levelnya I(0) dan stasioner pada *first difference* I(1), maka model terbaik yang digunakan adalah *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL). Selain kedua model tersebut, jika data yang diuji diketahui bahwa semua variabel stasioner pada *first difference* I(1) maka model terbaik yang akan digunakan adalah model *Vector Error Correction Model* (VECM), namun perlu dilakukan pengujian lanjutan yaitu uji kointegrasi dengan tujuan melihat apakah data yang digunakan terdapat hubungan jangka panjang antara variabel untuk menentukan model mana yang akan dipilih antara VECM atau VAR. Terdapat dua uji akar unit yang akan digunakan dalam penelitian ini, yang pertama uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) serta uji *Phillips Perron* (PP).

Uji ADF menguji hipotesis nol bahwa deret waktu adalah I(1) terhadap alternatif bahwa itu adalah I(0), dengan asumsi bahwa dinamika dalam data memiliki struktur ARMA (Dickey & Fuller, 1979). Berikut adalah model uji akar unit ADF yang dapat dibentuk dalam penelitian ini:

$$\Delta_{y_t} = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \delta i \, \Delta_{y_{t-i}} + \epsilon_t \qquad (1)$$

Selain uji ADF, terdapat juga uji *Phillips Perron* (PP) untuk uji akar unit dalam penelitian ini. Tes akar unit PP berbeda dari tes ADF terutama dalam cara mereka menangani korelasi serial dan heteroskedastisitas dalam kesalahan. Secara khusus, di mana tes ADF menggunakan autoregresi parametrik untuk mendekati struktur ARMA dari kesalahan dalam regresi tes, dimana tes PP mengabaikan korelasi serial dalam regresi tes (Phillips & Perron, 1988). Berikut adalah model uji akar unit PP yang dapat dibentuk dalam penelitian ini:

$$\Delta_{y_t} = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \epsilon_t \qquad (2)$$

di mana Δ_{y_t} adalah *first difference* dari data *y* pada waktu *t*, yaitu $y_t - y_{t-1}$, α adalah intersep atau konstanta,

βt adalah tren deterministik, $\gamma_{y_{t-1}}$ adalah koefisien untuk menguji keberadaan unit root, $\sum_{i=1}^{p} \delta i \, \Delta_{y_{t-i}}$ adalah lag perbedaan berfungsi untuk mengontrol korelasi serial dalam *error term*, dan ϵ_t adalah *error term* yang menunjukkan residual pada waktu *t*, yang dianggap sebagai *white noise*. PP Test tidak menambahkan lag perbedaan ($\sum_{i=1}^{p} \delta i \, \Delta_{y_{t-i}}$) seperti pada ADF Test. Sebaliknya, PP Test menggunakan koreksi non-parametrik (*Newey-West*) untuk mengatasi autokorelasi dan heteroskedastisitas pada ϵ_t. Prosedur untuk menentukan apakah data yang digunakan stasioner atau tidak adalah dengan cara membandingkan nilai *P-value* dari hasil statistik dengan tingkat signifikan yang ditetapkan. Jika nilai *P-value* lebih kecil dari tingkat signifikansi maka data tersebut stasioner atau tidak terdapat *unit root*. Hipotesis untuk pengujian ini adalah:

H0: Terdapat *unit root* (data tidak stasioner)
H1: Tidak terdapat *unit root* (data stasioner)

Pemilihan Panjang Lag (*Lag Length Selection*)

Dalam analisis deret waktu, konsep "lag" merujuk pada nilai variabel pada periode waktu sebelumnya. Penggunaan lag penting karena banyak fenomena dalam ekonomi yang menunjukkan ketergantungan waktu, di mana nilai saat ini dipengaruhi oleh nilai-nilai di masa lalu. Pemilihan panjang lag yang tepat sangat krusial dalam pemodelan deret waktu, terutama dalam model-model seperti *Autoregressive* (AR), *Vector Autoregression* (VAR), dan model-model dengan distributed lag. Beberapa kriteria informasi statistik sering digunakan untuk menentukan panjang lag yang optimal. Kriteria ini berusaha menyeimbangkan antara *Goodness-of-Fit* (GoF) model dan kompleksitas model (jumlah parameter yang digunakan). Beberapa kriteria yang paling umum digunakan adalah *Akaike Information Criterion* (AIC) (Akaike, 2003), *Schwarz Information Criterion* (SIC) atau *Bayesian Information Criterion* (BIC) (Schwarz, 1978), *Hannan-Quinn Information Criterion* (HQIC) (Hannan & Quinn, 1979), *Final Prediction Error* (FPE) (Akaike, 1969).

Uji Kointegrasi

Pengujian kointegrasi adalah pengujian yang dilakukan untuk menentukan hubungan jangka panjang antara variabel dalam analisis deret waktu. Konsep kointegrasi dapat didefinisikan sebagai pergerakan bersama yang sistematis antara dua atau lebih variabel ekonomi dalam jangka panjang. Dengan kata lain, meskipun setiap deret waktu mungkin bergerak secara acak dalam jangka pendek, uji kointegrasi melihat apakah mereka cenderung bergerak bersama dalam jangka panjang, sehingga penyimpangan dari keseimbangan jangka panjang bersifat sementara. Uji kointegrasi membantu kita menghindari masalah regresi lancung (*spurious regression*) dengan mengidentifikasi apakah ada kombinasi linear dari deret waktu yang tidak stasioner tersebut yang menghasilkan deret waktu yang stasioner. Jika ada kombinasi linear yang stasioner, maka deret waktu asli dikatakan terkointegrasi, dan ini mengindikasikan adanya hubungan jangka panjang yang bermakna di antara mereka.

Jika X dan Y tidak stasioner dan terkointegrasi, maka penggunaan uji kausalitas Granger standar pada level variabel akan menjadi tidak valid. Uji kausalitas yang lebih tepat digunakan adalah *Error Correction Model* (ECM) jika terdapat satu hubungan kointegrasi yang signifikan antara X dan Y, atau menggunakan *Vector Error Correction Model* (VECM) jika terdapat satu atau lebih hubungan kointegrasi yang signifikan dalam sistem variabel (terutama jika melibatkan lebih dari dua variabel). Namun, jika X dan Y keduanya tidak stasioner (misalnya, terintegrasi pada orde satu, I(1)) dan tidak terdapat kointegrasi (kombinasi linier dari kedua variabel tersebut juga tidak stasioner), maka uji kausalitas Granger standar harus diterapkan pada variabel yang telah di-differencing agar menjadi stasioner (Hwang & Yoo, 2014).

***Vector Error Correction Model* (VECM)**

VECM adalah sebuah model ekonometrika multivariat yang digunakan untuk menganalisis hubungan jangka panjang dan jangka pendek antara beberapa variabel deret waktu yang tidak stasioner namun memiliki kointegrasi. Dengan kata lain, meskipun setiap variabel dalam sistem mungkin memiliki tren atau akar unit (non-stasioner), terdapat kombinasi linear dari variabel-variabel ini yang stasioner, yang mengindikasikan adanya hubungan keseimbangan jangka panjang di antara mereka.

VECM merupakan bentuk restriksi dari model *Vector Autoregressive* (VAR) yang dirancang khusus untuk data deret waktu yang terkointegrasi. Jika variabel-variabel dalam sistem terbukti terkointegrasi, maka penggunaan model VAR dalam bentuk level tidak tepat karena dapat menghasilkan regresi lancung (*spurious regression*). VECM mengatasi masalah ini dengan memasukkan mekanisme koreksi kesalahan (*error correction mechanism*) yang menarik sistem kembali ke keseimbangan jangka panjang setelah terjadi

guncangan (*shock*) jangka pendek (Engle & Granger, 1987). Berikut adalah model *Vector Error Correction Model* yang dapat dibentuk dalam penelitian ini:

$$\Delta Def_t = \alpha_1 + \lambda_1 . ECT_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{1i} \Delta Def_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_{1i} \Delta Agri_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \delta_{1i} \Delta GDP_{t-i} + \Phi_1 D_{1t} + \epsilon_{1t} \ldots\ldots (3)$$

$$\Delta Agri_t = \alpha_2 + \lambda_2 . ECT_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{2i} \Delta Agri_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_{2i} \Delta GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \delta_{2i} \Delta Def_{t-i} + \Phi_2 D_{2t} + \epsilon_{2t} \ldots (4)$$

$$\Delta GDP_t = \alpha_3 + \lambda_3 . ECT_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{3i} \Delta GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_{3i} \Delta Def_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \delta_{3i} \Delta Agri_{t-i} + \Phi_3 D_{3t} + \epsilon_{3t} \ldots . (5)$$

di mana *Error Correction Term* $(ECT_{t-1}) = Def_{t-1} - \beta_0 - \beta_1 Agri_{t-1} - \beta_2 GDP_{t-1}$, menunjukkan persamaan kointegrasi yang merepresentasikan hubungan jangka panjang. λ_1, λ_2 dan λ_3 yang menunjukkan koefisien korelasi kesalahan di mana jika λ bernilai negatif dan signifikan, menunjukkan bahwa variabel tersebut akan menyesuaikan ketidakseimbangan dalam jangka panjang. ΔDef, $\Delta Agri$ dan ΔGDP menunjukkan perubahan (pertumbuhan) deforestasi, pertanian, dan pertumbuhan ekonomi dalam jangka pendek. Koefisien *β, γ* dan *δ* menunjukkan pengaruh lag variabel independen terhadap variabel dependen dalam jangka pendek. D_t adalah variabel deterministik dan Φ_i adalah koefisien untuk variabel deterministic sedangkan ϵ_{it} adalah galat (*error term*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Akar Unit (*Unit Root Testing*)

Data yang menunjukkan mean, varians dan autovarians (pada variasi lag) tetap sama saat kapan saja data itu terbentuk atau digunakan adalah ciri dari data yang stasioner, artinya model time series dapat dikatakan lebih stabil dengan data yang stasioner. Pengujian stasioneritas juga berfungsi dalam penentuan model mana saja yang menjadi model terbaik untuk digunakan dalam penelitian ini dikarenakan tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hubungan kausalitas dalam jangka pendek dan jangka panjang antara deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Pengujian akar unit yang digunakan dalam penelitian ini ada dua pengujian, yang pertama adalah uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) serta uji *Phillips Perron* (PP). Penentuan apakah data yang digunakan dalam penelitian ini stasioner atau tidak maka akan dilihat dari output *P-value* dari hasil statistik yang akan disandingkan pada tingkat signifikan (α) sebesar 5% atau 0,05. Jika nilai *P-value* lebih besar dari tingkat signifikansi yang ditentukan maka data tersebut tidak stasioner atau dapat dikatakan terdapat unit root.

Tabel 1. Pengujian Akar Unit

	Tanpa Trend				Dengan Trend			
	ADF		PP		ADF		PP	
Variabel	Stat. z(t)	p-value	Stat. z(t)	p-value	Stat. z(t)	p-value	Stat. z(t)	p-value
lnDef	-2.343	0.1584	-2.841	0.0527	-2.454	0.3514	-13.238	0.1666
ΔlnDef	-3.525	0.0074*	-7.184	0.0000*	-3.437	0.0467*	-7.05	0.0000*
lnAgri	-0.874	0.7965	-0.874	0.7965	1.571	1.0000	1.571	1.0000
ΔlnAgri	-3.344	0.0130*	-3.344	0.0130*	-3.841	0.0146*	-3.841	0.0146*
lnGDP	0.04	0.9617	0.04	0.9617	-1.563	0.8067	-1.563	0.8067
ΔlnGDP	-4.226	0.0006*	-4.226	0.0006*	-4.188	0.0047*	-4.188	0.0047*

Catatan: Lambang Δ menunjukkan data pada saat kondisi *first-difference* I(1) dan tanda * menunjukkan bahwa data signifikan pada α = 5% (0,05)

Sumber: Data olahan Stata17, 2025

Hasil uji akar unit dari Tabel 1. diketahui bahwa saat data masih pada levelnya I(0), mununjukkan bahwa

terdapat akar unit dalam data baik tanpa tren dan dengan tren deterministik pada kedua model pengujian ADF dan PP, di mana nilai *P-value* > α = 0,05. Namun pada saat data pada kondisi *first-difference* I(1), data menunjukkan bahwa semua variabel tidak terdapat akar unit yang berarti data yang digunakan dalam penelitian ini stasioner baik dengan tren dan tanpa tren deterministik pada kedua model pengujian ADF dan PP, di mana nilai *P-value* < α = 0,05. Dikarenakan data yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan semua variabel stasioner pada kondisi *first-difference*, maka dapat kita pastikan bahwa data yang digunakan lebih stabil untuk dianalisis dan menjadi acuan untuk pemilihan model terbaik antara VAR dan VECM namun perlu dilakukan pengujian lanjutan berupa uji kointegrasi untuk menentukan model terbaik yang akan dipilih dalam penelitian ini.

Pemilihan Panjang Lag (*Lag Length Selection*)

Tabel 2. *Lag Length Selection*

Lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-6.43465				0.000385	0.650665	0.694964	0.79211
1	75.6316	164.13	9	0.000	2.50E-06	-4.38839	-4.21119*	-3.82261*
2	80.0575	8.8518	9	0.451	3.50E-06	-4.07293	-3.76284	-3.08282
3	90.0121	19.909	9	0.018	3.50E-06	-4.13877	-3.69578	-2.72432
4	107.227	34.43*	9	0.000	2.2e-06*	-4.70533*	-4.12945	-2.86655

Catatan: Tanda * menunjukkan rekomendasi panjang lag yang harus digunakan dari Stata.

Sumber: Data olahan Stata17, 2025

Penentuan pemilihan panjang lag dalam penelitian ini berguna untuk digunakan dalam analisis kointegrasi serta VAR ataupun VECM. Berdasarkan Tabel 2. dapat dilihat di mana terdapat dua panjang lag yang direkomendasikan oleh stata, yaitu dengan panjang lag = 1 dan panjang lag = 2. Pada kriteria *Schwarz Information Criterion* (SIC) atau *Bayesian Information Criterion* (BIC) dan Hannan-Quinn Information Criterion (HQIC), menunjukkan bahwa panjang lag yang harus digunakan adalah 1 lag. Di sisi lain, pada kriteria *Akaike Information Criterion* (AIC) dan Final Prediction Error (FPE) menunjukkan bahwa panjang lag yang direkomendasikan adalah 4 lag.

Dikarenakan terdapat dua lag yang direkomendasikan, maka dalam penelitian ini akan menggunakan panjang lagnya adalah 4 lag. Alasan utama menggunakan 4 lag yang disarankan oleh kriteria AIC dan FPE dalam stata tersebut dikarenakan perioritas utama dalam penelitian ini adalah akurasi prediksi (*forecasting*) di mana AIC dan FPE memiliki kecenderungan memilih model yang lebih kompleks untuk mengurangi risiko *underfitting* dikarenakan FPE dan AIC dirancang untuk memaksimalkan kemampuan prediktif model, bahkan jika modelnya dalam bentuk yang sangat kompleks. Dalam konteks analisis deret waktu (seperti VAR atau VECM), model kompleks (lag panjang) sering diperlukan untuk menangkap dinamika temporal yang rumit, oleh karena itu FPE dan AIC lebih sesuai untuk tujuan ini (Lütkepohl, 2005).

Uji Kointegrasi

Pengujian kointegrasi adalah pengujian yang dilakukan untuk menentukan hubungan jangka panjang antara variabel dalam analisis deret waktu. Terkait penelitian ini, pengujian kointegrasi juga berfungsi sebagai penentu model analisis yang akan digunakan. Untuk menentukan jumlah vektor yang terkointegrasi atau memiliki hubungan jangka panjang, dapat dilihat dari statistik uji *trace* secara berurutan dari rank 0. Jika nilai uji trace lebih besar dari nilai kritisnya (α = 5%), maka terkonfirmasi bahwa adanya hubungan jangka panjang antara variabel (Johansen, 1995).

Tabel 3. *Johansen tests for cointegration*

Maximum Rank	Parms	LL	Eigenvalue	Trace Statistic	5% Critical Value
0	30	87.517884	.	39.4189	29.68
1	35	99.231996	0.55419	15.9906	15.41
2	38	103.77602	0.26903	6.9026	3.76
3	39	107.22731	0.21181		

Sumber: Data olahan Stata17, 2025

Berdasarkan Tabel 3. dapat dilihat bahwa pada rank 0, 1 dan 2 menunjukkan bawha nilai trace statistik untuk ketiga rank tersebut lebih besar dari nilai kritisnya. Berdasarkan hasil ini maka dapat kita simpulkan bahwa setidaknya terdapat 3 hubungan kointegrasi di antara variabel-variabel dalam sistem. Ini berarti bahwa meskipun variabel-variabel tersebut mungkin bergerak secara individual, terdapat tiga kombinasi linear yang stabil (stasioner) dalam jangka panjang. Berdasarkan hasil ini juga menunjukkan bahwa model analisis VECM adalah model terbaik yang harus digunakan dikarenakan data yang diuji diketahui bahwa semua variabel stasioner pada *first difference* I(1) serta terdapat satu atau lebih hubungan kointegrasi yang signifikan dalam sistem variabel (terutama jika melibatkan lebih dari dua variabel).

Hasil Analisis *Vector Error Correction Model* (VECM)

Tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan kausalitas antara deforestasi, pertanian dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia baik dalam jangka panjang dan jangka pendek serta melihat arah hubungannya antara ketiga variabel tersebut. Oleh karena itu, dalam pengujian akar unit dan uji stasioner menunjukkan bahwa model terbaik yang harus digunakan untuk dianalisis adalah VECM dikarenakan model ini dapat digunakan untuk menganalisis hubungan jangka panjang dan pendek antara variabel dengan jenis data *time-series*.

Tabel 4. *Vector Error Correction Model* (VECM)

Hipotesis	***Short-run***				***Long-run***				
					Johansen normalization restriction imposed				
	ΔlnDef	**ΔlnAgri**	**ΔlnGDP**	**Trend**	$\lambda_1 ECT_{t-1}$	**ΔlnDef,** $\lambda_1 ECT_{t-1}$	**ΔlnAgri,** $\lambda_1 ECT_{t-1}$	**ΔlnGDP,** $\lambda_1 ECT_{t-1}$	**Trend**
Luas Pertanian dan/atau GDP per Kapita Menyebabkan Deforestasi		-4.881314 (0.006)** Lag=1	4.372786 (0.072)* Lag=3	-0.0066049 (0.509)	-0.601535 (0.098)*		-5.799858 (0.006)**	-3.462608 (0.000)**	0.221466
Deforestasi dan/atau GDP per Kapita Menyebabkan Luas Pertanian	-0.069986 (0.057)* Lag=4		1.171892 (0,024)** Lag=4	-0.0066049 (0,509)	-1.327001 (0.000)***	-0.172418 (0.000)***		0.5970159 (0.000)***	-0.038184
Deforestasi dan/atau Luas Pertanian Menyebabkan GDP per Kapita	-0.014076 (0.591) Lag=4	-1.581636 (0.039)** Lag=3		0.001026 (0.478)	-0.019456 (0.712)	-0.2887997 (0.000)***	1.674997 (0.007)**		-0.063959

Catatan: ***, **, dan * masing-masing menunjukkan tingkat signifikansi 1%, 5% dan 10%. Panjang lag optimal yang digunakan dalam analisis data adalah lag=4. Angka dalam tanda kurung adalah nilai *P-value*. Dikarenakan persamaan kointegrasi dari stata ditulis daalam bentuk (contoh ce1=lnGDP, maka saat kita tulis lnGDP =….), maka tandanya berubah => membuat aljabar baru.

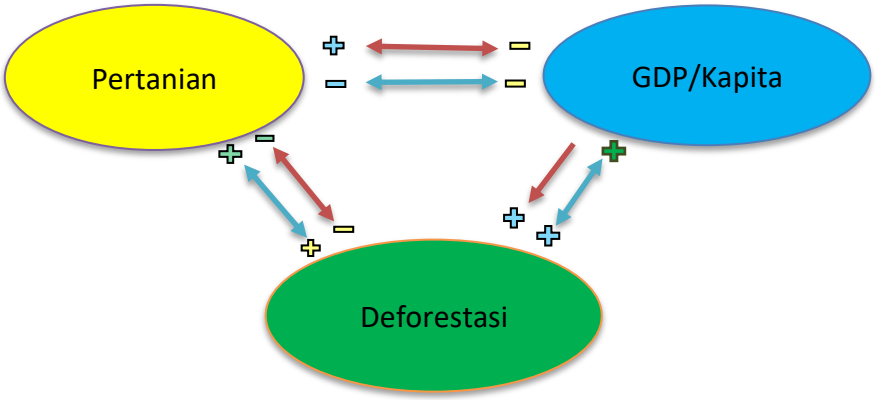
Sumber: Data olahan Stata17, 2025

Hasil analisis VECM dapat dilihat pada Tabel 4, dari hasil ini kita akan melihat bagaimana hubungan kausalitas dalam jangka pendek dan jangka panjang dari persamaan 3, 4 dan 5 dalam model VECM. Berdasarkan hasil analisis VECM dalam persamaan 3, diketahui bahwa dalam jangka pendek luas pertanian berpengaruh negatif secara signifikan terhadap deforestasi di mana peningkatan luas pertanian sebesar 1% akan mengurangi deforestasi sebesar 4,88%. Di sisi lain, diketahui bahwa GDP per kapita memiliki pengaruh positif terhadap deforestasi di mana dalam jangka pendek peningkatan GDP per kapita sebesar 1% akan meningkatkan deforestasi sebesar 4,37%. Nilai koefesien ECT yang negatif dan signifikan dari hasil estimasi VECM secara statistik menunjukkan bahwa adanya hubungan jangka panjang antara variabel. Dari persamaan 3, diketahui bahwa nilai koefesien ECT sebesar -0,601 signifikan pada tingkat 10% menunjukkan terdapat hubungan jangka panjang antara luas pertanian dan GDP per kapita terhadap deforestasi. Hasil ini juga menunjukkan bahwa sekitar 60,1% dari ketidakseimbangan jangka panjang terhadap equilibrium antara variabel dalam penelitian ini akan dikoreksi dalam satu periode (satu tahun) atau sistem akan bergerak kembali menuju keseimbangan. Output *Johansen normalization restriction imposed* pada persamaan 3, diketahui dalam

jangka panjang, luas pertanian dan GDP per kapita memiliki hubungan yang kuat dalam mempengaruhi peningkatan deforestasi di mana setiap peningkatan 1% luas pertanian akan menyebabkan peningkatan deforestasi sebesar 5,79% dalam jangka panjang serta setiap peningkatan 1% GDP per kapita akan menyebabkan peningkatan deforestasi sebesar 3,46% dalam jangka panjang. Dari output ini juga diketahui dalam jangka panjang kenaikan 1 satuan waktu akan menyebabkan penurunan deforestasi sebesar 0,22% dengan asumsi variabel lain konstan.

Hasil analisis VECM dalam persamaan 4, diketahui bahwa dalam jangka pendek deforestasi berpengaruh negatif secara signifikan terhadap luas pertanian di mana peningkatan deforestasi sebesar 1% akan mengurangi luas pertanian sebesar 0,06%, namun diketahui juga bahwa GDP per kapita memiliki pengaruh terhadap peningkatan luas pertanian di mana peningkatan GDP per kapita sebesar 1% akan meningkatkan 1,17% luas pertanian. Dalam persamaan 4, diketahui bahwa nilai koefesien ECT sebesar -1,32 signifikan pada tingkat 1% menunjukkan terdapat hubungan jangka panjang antara deforestasi dan GDP per kapita terhadap luas pertanian. Hasil ini juga menunjukkan bahwa sekitar 132% dari ketidakseimbangan jangka panjang terhadap equilibrium antara variabel dalam penelitian ini akan dikoreksi dalam satu periode (sistem akan bergerak kembali menuju keseimbangan), ini juga berarti penyesuaiannya sangat cepat, namun bisa juga mengindikasikan *overshooting*. Output *Johansen normalization restriction imposed* pada persamaan 4, diketahui bahwa dalam jangka panjang, deforestasi dan GDP per kapita memiliki hubungan yang kuat dalam mempengaruhi luas pertanian dengan arah yang berbeda, di mana setiap peningkatan 1% deforestasi akan menyebabkan peningkatan luas pertanian sebesar 0,17% namun di sisi lain, setiap peningkatan 1% GDP per kapita akan menyebabkan penurunan luas pertanian sebesar 0,59% dalam jangka panjang. Dari output ini juga diketahui dalam jangka panjang kenaikan 1 satuan waktu akan menyebabkan peningkatan luas pertanian sebesar 0,038% dengan asumsi variabel lain konstan.

Hasil analisis VECM dalam persamaan 5, diketahui bahwa dalam jangka pendek deforestasi tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap GDP per kapita, namun diketahui hanya luas pertanian yang memiliki pengaruh terhadap penurunan GDP per kapita di mana peningkatan luas pertanian sebesar 1% akan menurunkan GDP per kapita sebesar 1,58%. Dalam persamaan 5, nilai koefesien ECT sebesar -0,019 namun tidak signifikan, menunjukkan GDP per kapita tidak menyesuaikan terhadap deviasi dari hubungan jangka panjang. Namun demikian, dari output *Johansen normalization restriction imposed* pada persamaan 5, diketahui bahwa dalam jangka panjang, deforestasi dan luas pertanian memiliki hubungan yang kuat dalam mempengaruhi GDP per kapita dengan arah yang berbeda, di mana setiap peningkatan 1% deforestasi akan menyebabkan peningkatan GDP per kapita sebesar 0,28% namun setiap peningkatan 1% luas pertanian akan menyebabkan penurunan GDP per kapita sebesar 1,67% dalam jangka panjang. Berdasarkan output ini juga diketahui dalam jangka panjang kenaikan 1 satuan waktu akan menyebabkan peningkatan GDP per kapita sebesar 0,063% dengan asumsi variabel lain konstan.



Keterangan:

Short-run =
Long-run =

Gambar 3. Diagram alur hubungan kausalitas

Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2025

Secara garis besar, dapat kita simpulkan bahwa hasil estimasi model VECM menunjukkan adanya hubungan kausalitas antara deforestasi, luas lahan pertanian, dan GDP per kapita, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang seperti yang terlihat pada Gambar 3. Temuan ini menunjukkan interaksi dinamis yang

kompleks antara pembangunan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan. Dalam jangka pendek, peningkatan luas lahan pertanian justru menurunkan tingkat deforestasi. Hal ini mengindikasikan bahwa ekspansi pertanian awal mungkin tidak seluruhnya berasal dari konversi hutan, melainkan dari lahan non-hutan seperti lahan terlantar atau bekas tambang yang direklamasi (Austin *et al*., 2019). Sebaliknya, peningkatan GDP per kapita secara signifikan meningkatkan deforestasi dalam jangka pendek. Ini sejalan dengan temuan bahwa pertumbuhan ekonomi awal di negara berkembang seringkali meningkatkan permintaan terhadap sumber daya alam, termasuk lahan untuk permukiman dan industri, yang berkontribusi pada deforestasi (Prochazka *et al*., 2023). Sedangkan dalam jangka panjang, baik luas lahan pertanian maupun GDP per kapita berkontribusi secara positif terhadap deforestasi. Hal ini menegaskan bahwa ekspansi pertanian, khususnya untuk komoditas skala besar seperti kelapa sawit dan karet yang merupakan pendorong utama hilangnya hutan tropis di Indonesia (Sibhatu *et al*., 2022). Selain itu, pertumbuhan ekonomi yang tidak diarahkan secara berkelanjutan memperburuk tekanan terhadap hutan karena adanya ekspansi wilayah urban dan infrastruktur (Meijaard *et al*., 2018).

Di sisi lain, dalam jangka pendek diketahui bahwa deforestasi akan berdampak terhadap penurunan luas lahan pertanian. Hubungan negatif ini dapat dijelaskan oleh adanya degradasi lingkungan akibat deforestasi, seperti erosi tanah, kerusakan tata air, dan hilangnya kesuburan tanah, yang pada akhirnya mengurangi daya dukung lahan untuk kegiatan pertanian (Torres & Cockburn, 2021). Selain itu, deforestasi yang tidak terkelola dengan baik dapat memicu konflik lahan, kebakaran hutan, dan konversi lahan untuk non-pertanian seperti tambang atau permukiman, yang justru mengurangi luas lahan pertanian yang tersedia (Gatto *et al*., 2015). Namun demikian, dalam jangka panjang menunjukkan deforestasi akan meningkatkan luas lahan pertanian. Hal ini mengindikasikan bahwa konversi hutan menjadi lahan pertanian masih menjadi pola dominan dalam perubahan tutupan lahan di Indonesia. Proses ini umumnya dipicu oleh perluasan komoditas ekspor seperti kelapa sawit, karet, dan kakao yang memerlukan pembukaan hutan secara luas (Rahman *et al*., 2025). Dengan kata lain, dalam jangka panjang, deforestasi mencerminkan pola ekspansi agrikultur yang belum berbasis intensifikasi tetapi masih bergantung pada pembukaan lahan baru, termasuk hutan primer dan sekunder (Austin *et al*., 2019).

Adapun hubungan GDP per kapita terhadap luas lahan pertanian menunjukkan pola berbeda: positif dalam jangka pendek namun negatif dalam jangka panjang. Peningkatan GDP per kapita pada awalnya dapat mendorong ekspansi sektor pertanian melalui investasi dan dukungan infrastruktur (Toaha & Mondal, 2023). Namun dalam jangka panjang, pertumbuhan ekonomi mendorong transformasi struktural menuju sektor industri dan jasa serta urbanisasi, yang menyebabkan konversi lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian (Seto & Ramankutty, 2016). Sementara itu, luas lahan pertanian memiliki pengaruh negatif terhadap GDP per kapita, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Hal ini menunjukkan bahwa ekspansi lahan pertanian ekstensif, tanpa disertai peningkatan produktivitas, tidak efektif dalam mendorong pertumbuhan ekonomi (Barbier, 2020). Deforestasi, di sisi lain, berdampak positif terhadap GDP per kapita dalam jangka panjang. Ini mencerminkan bahwa aktivitas konversi lahan hutan untuk kegiatan ekonomi seperti perkebunan dan pertambangan masih menjadi sumber pertumbuhan, meskipun berisiko terhadap keberlanjutan ekosistem (Margono *et al*., 2014).

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menemukan adanya hubungan kausalitas antara deforestasi, luas lahan pertanian, dan GDP per kapita di Indonesia, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Dalam jangka pendek, ekspansi lahan pertanian cenderung mengurangi deforestasi, sedangkan pertumbuhan ekonomi meningkatkan tekanan terhadap hutan. Dalam jangka panjang, baik pertumbuhan ekonomi maupun perluasan lahan pertanian justru mendorong deforestasi. Selain itu, ekspansi lahan pertanian yang tidak produktif terbukti tidak berkontribusi positif terhadap pertumbuhan ekonomi.

Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa kebijakan pembangunan ekonomi di Indonesia harus mempertimbangkan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan perlindungan lingkungan. Diperlukan arah kebijakan yang mendorong produktivitas pertanian tanpa mendorong deforestasi serta transformasi ekonomi yang tidak berbasis eksploitasi sumber daya alam. Rekomenasi kebijakan yang dapat dilakukan antara lain seperti Dorong intensifikasi pertanian berkelanjutan untuk meningkatkan hasil tanpa membuka hutan baru., Perkuat perlindungan hutan melalui pengawasan dan penegakan hukum yang lebih efektif, Arah transformasi ekonomi menuju sektor non-ekstraktif seperti industri hijau dan jasa, integrasikan aspek

lingkungan dalam perencanaan dan penganggaran pembangunan nasional dan daerah, serta mengembangkan insentif dan dukungan bagi praktik pertanian dan industri ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Ajanaku, B. A., & Collins, A. R. (2021). Economic growth and deforestation in African countries: Is the environmental Kuznets curve hypothesis applicable? *Forest Policy and Economics*, *129*. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102488

Akaike, H. (1969). Fitting autoregreesive models for prediction. In *Selected Papers of Hirotugu Akaike* (pp. 131–135). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1694-0_10

Akaike, H. (2003). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, *19*(6), 716–723. https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705

Antonarakis, A. S., Pacca, L., & Antoniades, A. (2022). The effect of financial crises on deforestation: a global and regional panel data analysis. *Sustainability Science*, *17*(3), 1037–1057. https://doi.org/10.1007/s11625-021-01086-8

Aquilas, N. A., Mukong, A. K., Kimengsi, J. N., & Ngangnchi, F. H. (2022). Economic activities and deforestation in the Congo basin: An environmental kuznets curve framework analysis. *Environmental Challenges*, *8*, 100553. https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100553

Austin, K. G., Mosnier, A., Pirker, J., McCallum, I., Fritz, S., & Kasibhatla, P. S. (2017). Shifting patterns of oil palm driven deforestation in Indonesia and implications for zero-deforestation commitments. *Land Use Policy*, *69*, 41–48. http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.036

Austin, K. G., Schwantes, A., Gu, Y., & Kasibhatla, P. S. (2019a). What causes deforestation in Indonesia? *Environmental Research Letters*, *14*(2), 024007. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf6db

Barbier, E. B. (2020). Long run agricultural land expansion, booms and busts. *Land Use Policy*, *93*, 103808. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.01.011

Cisneros, E., Kis-Katos, K., & Nuryartono, N. (2021). Palm oil and the politics of deforestation in Indonesia. *Journal of Environmental Economics and Management*, *108*, 102453. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102453

Destiartono, M. E. (2023). Apakah Urbanisasi Cepat dan Pertumbuhan Ekonomi Menyebabkan Deforestasi? Studi Empiris di Indonesia. *Ekonomikawan: Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Studi Pembangunan*, *23*(2), 280–290. https://doi.org/10.30596/ekonomikawan.v23i2.12232

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, *74*(366a), 427–431. https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531

Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 251–276. https://doi.org/10.2307/1913236

Field, B. (2008). *Natural Resource Economics: Second Edition*. *United State of America: Waveland Press*

FRA. (2000). *The Forest Resources Assessment Programme*. www.fao.org/fo

Gatto, M., Wollni, M., & Qaim, M. (2015). Oil palm boom and land-use dynamics in Indonesia: The role of policies and socioeconomic factors. *Land Use Policy*, *46*, 292–303. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.03.001

GFW. (2023, June 5). *Global Forest Watch and the Forest Resources Assessment, Explained in 5 Graphics*. GFW. https://www.globalforestwatch.org/blog/data-and-research/global-forest-watch-and-the-forest-resources-assessment-explained-in-5-graphics-2/

Global Forest Watch. (2025). *Global Forest Watch*. Update. https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/IDN/?map=eyJjYW5Cb3VuZCI6dHJ1ZX0%3

D

Hannan, E. J., & Quinn, B. G. (1979). The determination of the order of an autoregression. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, *41*(2), 190–195. https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1979.tb01072.x

Hwang, J. H., & Yoo, S. H. (2014). Energy consumption, CO2 emissions, and economic growth: Evidence from Indonesia. *Quality and Quantity*, *48*(1), 63–73. https://doi.org/10.1007/s11135-012-9749-5

Iritié, B. G. J. J., & Tiémélé, J. B. (2024). Economic growth, institutions, trade openness, and the deforestation mitigation in an agriculture-based economy: an empirical analysis from Côte d'Ivoire. *Environment, Development and Sustainability*. https://doi.org/10.1007/s10668-024-05808-7

Jamal, S. W., Suparno, S., Hadiyanti, S. U. E., Sadidah, D., & Dewi, M. (2024). The Bionomic Equilibrium Model for Balancing Forest Conservation and Economic Growth: Empirical Evidence from Indonesia. *BHUMI: Jurnal Agraria Dan Pertanahan*, *9*(2), 126–140. https://doi.org/10.31292/bhumi.v9i2.679

Johansen, S. (1995). *Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models*. OUP Oxford. https://econpapers.repec.org/RePEc:oxp:obooks:9780198774501

Khan, S. (2023). *AGRICULTURE EXPANSION: THE MAIN DRIVER OF FOREST DEGRADATION AND ITS CAUSES*. https://doi.org/10.52458/9789388996815.2023.eb.ch-11

Klasen, S., Faust, H., Grimm, M., & Schwarze, S. (2010). Demography, development, and deforestation at the rainforest margin in Indonesia. *Tropical Rainforests and Agroforests under Global Change: Ecological and Socio-Economic Valuations*, 213–236. https://doi.org/10.1007/978-3-642-00493-3_10

Lawrence, D., & Vandecar, K. (2015). Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. *Nature Climate Change*, *5*(1), 27–36. https://doi.org/10.1038/nclimate2430

Leon, M., Cornejo, G., Calderón, M., González-Carrión, E., & Florez, H. (2022). Effect of deforestation on climate change: A co-integration and causality approach with time series. *Sustainability*, *14*(18), 11303. https://doi.org/10.3390/su141811303

Lütkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Springer Science & Business Media.

Mahendra, J. R., Aldyan, R. A., & Emovwodo, S. O. (2024). Examining Indonesian Government Policies in Tackling Deforestation: Balancing Economy and Environment. *Journal of Law, Environmental and Justice*, *2*(1), 42–62. https://doi.org/10.62264/jlej.v2i1.93

Malahayati, M. (2018). *The role of the forest-related sector to the Indonesian Economy: SAM Multiplier Analysis 1985–2008. Open Agriculture, 3 (1), 171–179*. https://doi.org/10.1515/opag-2018-0018

Margono, B. A., Potapov, P. V, Turubanova, S., Stolle, F., & Hansen, M. C. (2014). Primary forest cover loss in Indonesia over 2000–2012. *Nature Climate Change*, *4*(8), 730–735. https://doi.org/10.1038/nclimate2277

Meijaard, E., Garcia-Ulloa, J., Sheil, D., Wich, S. A., Carlson, K. M., Juffe-Bignoli, D., & Brooks, T. M. (2018). Oil palm and biodiversity. *A Situation Analysis by the IUCN Oil Palm Task Force*. https://coilink.org/20.500.12592/8wrn29

Munawar, A., Hidayatullah, H., Hanafi, H., Aini, M., & Megasari, I. D. (2024). Legal Aspects of Land Burning for Agricultural Land Clearing as A Form of Local Wisdom in Certain Areas. *Proceeding: Islamic University of Kalimantan*. https://doi.org/10.31602/piuk.v0i0.16163

Numata, I., Elmore, A. J., Cochrane, M. A., Wang, C., Zhao, J., & Zhang, X. (2022). Deforestation, plantation-related land cover dynamics and oil palm age-structure change during 1990–2020 in Riau Province, Indonesia. *Environmental Research Letters*, *17*(9), 094024. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8a61

Pendrill, F., Persson, U. M., Godar, J., & Kastner, T. (2019). Deforestation displaced: Trade in forest-risk commodities and the prospects for a global forest transition. *Environmental Research Letters*, *14*(5). https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab0d41

Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, *75*(2), 335–346. https://doi.org/10.1093/biomet/75.2.335

Prochazka, P., Abrham, J., Cerveny, J., Kobera, L., Sanova, P., Benes, D., Fink, J.-M., Jiraskova, E., Primasova, S., & Soukupova, J. (2023). Understanding the socio-economic causes of deforestation: a global perspective. *Frontiers in Forests and Global Change*, *6*, 1288365. https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1288365

Putra, M. F. A., & Gunarto, T. (2023). Analysis The Impact of Economic, Population, Agriculture, and Foreign Investment on Deforestation in Indonesia. *International Journal of Social Science, Education, Communication and Economics (SINOMICS JOURNAL)*, *2*(4), 1035–1046. https://doi.org/10.54443/sj.v2i4.203

Rahman, Md. H., Naito, D., Moeliono, M., Mitani, Y., & Susaeta, A. I. (2025). Oil palm- and rubber-driven deforestation in Indonesia and Malaysia (2000–2021) and efforts toward zero deforestation commitments. *Agroforestry Systems*, *99*(1), 20. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01119-y

Ritchie, H., & Roser, M. (2021). Forests and deforestation. *Our World in Data*. https://ourworldindata.org/deforestation-degradation

Sanjaya, M. Y., & Hadiyanto, H. (2023). Pengaruh Pembangunan Pertanian terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Tahun 1985-2022. *Ecoplan*, *6*(2), 155–166. https://doi.org/10.20527/ecoplan.v6i2.678

Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 461–464. https://www.jstor.org/stable/2958889

Seto, K. C., & Ramankutty, N. (2016). Hidden linkages between urbanization and food systems. *Science*, *352*(6288), 943–945. https://doi.org/10.1126/science.aaf7439

Sibhatu, K. T., Steinhübel, L., Siregar, H., Qaim, M., & Wollni, M. (2022). Spatial heterogeneity in smallholder oil palm production. *Forest Policy and Economics*, *139*, 102731. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102731

Souza, M. (2024). The economic consequences of deforestation in the amazon basin on Brazil's agricultural sector and biodiversity: a comparative analysis of pre and post-2000 policy interventions. *Law and Economy*, *3*(2), 23–30. https://doi.org/10.56397/le.2024.02.06

Sulumbe, I. A. B. Y. I. M. (2016). Analysis of the Impact of Deforestation on Agricultural Productivity in Nigeria: An Error Correction Modeling Approach. *J. Biol., Agric. Healthcare*, *6*(19), 1–6. https://iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/view/33457/34397

Syahputra, A. M., Bakri, S., & Qurniati, R. (2021). Pengaruh tutupan hutan dan lahan terhadap sector pertanian dalam perekonomian pendapatan daerah: studi di Provinsi Lampung. *Ulin Â€“Jurnal Hutan Tropis*, *6*(1), 9–19. http://dx.doi.org/10.32522/ujht.v6i1.6088

Tanveer, A., Song, H., Faheem, M., & Daud, A. (2024). Caring for the environment. How do deforestation, agricultural land, and urbanization degrade the environment? Fresh insight through the ARDL approach. *Environment, Development and Sustainability*. https://doi.org/10.1007/s10668-023-04368-6

Tietenberg, T., & Lewis, L. (2012). *Environmental & Natural Resource Economics 9th Edition*.

Toaha, M., & Mondal, L. (2023). Agriculture Credit and Economic Growth in Bangladesh: A Time Series Analysis. *ArXiv Preprint ArXiv:2309.04118*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.04118

Torres, G. V., & Cockburn, G. F. (2021). *Influence of Deforestation and Environmental Degradation on Agriculture in Mexico*. https://www.stratfordjournal.org/journals/index.php/journal-of-agriculture/article/view/823/961

UNDP. (2001, November 2). *A renewed call to halt deforestation by 2030*. United Nations Development Programme.

Waluyo, E. A., & Terawaki, T. (2016). Environmental Kuznets curve for deforestation in Indonesia: an ARDL bounds testing approach. *Journal of Economic Cooperation & Development*, *37*(3), 87. https://www.proquest.com/scholarly-journals/environmental-kuznets-curve-deforestation/docview/1869014111/se-2?accountid=31533

Wheeler, D., Hammer, D., Kraft, R., Dasgupta, S., & Blankespoor, B. (2013). Economic dynamics and forest clearing: A spatial econometric analysis for Indonesia. *Ecological Economics*, *85*, 85–96. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.11.005

Widiono, S. (2024). Oil Palm Plantation Expansion and Population Problems: An Explanatory Factor for Deforestation in Indonesia. *Dynamics of Rural Society Journal*, *2*(2, July), 76–88. https://doi.org/10.37905/drsj.v2i2.50

WRI. (2017). *Hutan dan Target Pembangunan Berkelanjutan (SDG)*. WRI. https://wri-indonesia.org/id/wawasan/hutan-dan-target-pembangunan-berkelanjutan-sdg

Zambrano-Monserrate, M. A., Carvajal-Lara, C., Urgilés-Sanchez, R., & Ruano, M. A. (2018). Deforestation as an indicator of environmental degradation: Analysis of five European countries. *Ecological Indicators*, *90*, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.02.049