

# Nilai Ekonomi Jasa Penyerbukan pada Perkebunan Kopi Robusta

Nuraulia Asyifa<sup>1</sup>, Pini Wijayanti<sup>1\*</sup>, dan Ahyar Ismail<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia; e-mail: [pini.wijayanti@apps.ipb.ac.id](mailto:pini.wijayanti@apps.ipb.ac.id)

## ABSTRAK

Lebah berkontribusi terhadap pasokan makanan global sebagai penyerbukan berbagai tanaman, termasuk hortikultura, tanaman pangan, dan lainnya. Keberadaan lebah dan fungsinya sebagai penyerbuk menghadapi banyak tantangan seperti perubahan iklim dan teknik budidaya yang belum berkelanjutan. Pentingnya keberadaan serangga penyerbuk dan nilai ekonomi jasa penyerbukan penting diungkap untuk digunakan sebagai instrumen penetapan program oleh pemerintah, yaitu pengembangan strategi produksi kopi berkelanjutan serta promosi dan pemeliharaan ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi nilai ekonomi jasa penyerbukan pada sistem agroforestri dan non agroforestri perkebunan kopi robusta. Nilai ekonomi jasa penyerbukan diungkap dengan metode *Contingent Valuation Method* (CVM) untuk mengestimasi nilai *Willingness to Pay* (WTP) petani kopi terhadap program *tree island*. Nilai ekonomi jasa ekosistem direpresentasikan oleh nilai rata-rata WTP petani kopi robusta sistem agroforestri dan non agroforestri terhadap program *tree island* secara berturut-turut ialah Rp21.097.686 ha/tahun dan Rp8.978.355 ha/tahun.

**Kata kunci:** Agroforestri, CVM, Lebah, Kopi robusta, Penyerbuk

## ABSTRACT

Bees contribute to the global food supply by pollinating varieties of crops, including horticulture, food crops, and others. The existence of bees and their function as pollinators faces many challenges, such as climate change and unsustainable cultivation techniques. The economic value of pollination services and the importance of pollinating insects should be highlighted and utilized as a policy-setting tool by the governments. This can aid in the development of sustainable coffee production strategies and the promotion and maintenance of ecosystem services. This study aims to estimate the economic value of pollination services in agroforestry and non-agroforestry systems of robusta coffee plantations. The economic value of pollination services was revealed using the Contingent Valuation Method (CVM) to estimate the Willingness to Pay (WTP) value of coffee farmers towards the tree island program. The economic value of ecosystem services represented by the average WTP of robusta coffee farmers in agroforestry and non-agroforestry systems towards the tree island program is IDR 21,097,686 ha/year and IDR 8,978,355 ha/year, respectively.

**Keywords:** Agroforestry, CVM, Pollinators, Pollination, Robusta coffee

**Citation:** Asyifa, N., Wijayanti, P., dan Ismail, A. (2025). Nilai Ekonomi Jasa Penyerbukan pada Perkebunan Kopi Robusta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(1), 247-257, doi:10.14710/jil.23.1.247-257

## 1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia (Baroh *et al.*, 2014). Sub sektor perkebunan berkontribusi sebesar 3,94% terhadap PDB Indonesia pada tahun 2021, hal tersebut menjadikan sub sektor perkebunan menjadi kontributor utama dalam sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan sebagai penyedia bahan baku industri, yang dapat menciptakan lapangan pekerjaan, dan menghasilkan pendapatan melalui aktivitas ekspor (BPS, 2021).

Komoditas utama ekspor Indonesia terdiri dari produk tanaman keras (Sahat *et al.*, 2018). Komoditas tanaman keras tersebut diantaranya karet, kopra,

kelapa sawit, minyak sawit, kopi, kakao, dan rempah-rempah (Kementerian Pertanian, 2022). Produk kopra dan kelapa sawit sebesar 33,8%, karet 18,6%, kopi, kakao, dan rempah-rempah sebesar 25,9% (FAO, 2023).

Indonesia juga dikenal sebagai produsen dan eksportir kopi terbesar keempat di dunia setelah Negara Brazil, Vietnam, dan Kolombia (BPS, 2021). Ekspor kopi Indonesia mencakup beberapa benua diantaranya ialah Benua Asia, Afrika, Australia, Amerika, dan Eropa (Sinta *et al.*, 2018). Berdasarkan sebaran regional, negara-negara Uni Eropa (UE) menjadi pangsa pasar utama kopi yaitu sebesar 36% dari total ekspor kopi Indonesia (Zhunusova *et al.*,

2022). UE mengeluarkan kebijakan baru pada tahun 2023 terkait *European Union Deforestation Regulation* (EUDR).

EUDR merupakan kebijakan yang berfokus pada upaya untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, terutama terkait dengan deforestasi dan degradasi hutan, hilangnya keanekaragaman hayati, serta mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) (*European Commission* 2024). Berdasarkan kebijakan tersebut, terdapat enam komoditas yang berpotensi ditanam atau dibudidayakan di lahan yang mengalami deforestasi atau degradasi. Komoditas tersebut diantaranya sapi, kayu, kelapa sawit, kedelai, kakao, dan termasuk kopi. Peraturan tersebut telah disetujui pada Bulan Juni 2023.

Kebijakan tersebut memberlakukan prinsip *legality, traceability, dan sustainability* (FAO 2023). EUDR mensyaratkan bahwa tidak ada lagi konversi hutan setelah tanggal 31 Desember 2020. Prinsip *legality* menekankan bahwa produk kopi yang akan memasuki pasar UE harus diproduksi secara legal. Pada prinsip *traceability*, EUDR juga mensyaratkan bahwa sebuah perusahaan harus dapat menunjukkan keterlacakan rantai pasok produk kopi yang akan diekspor ke pasar UE. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa produk kopi tersebut tidak berkontribusi terhadap deforestasi hutan. Selain kedua prinsip tersebut aspek *sustainability* juga menjadi prinsip utama dari kebijakan EUDR. Kebijakan ini menetapkan standar baru untuk pertanian berkelanjutan guna menciptakan pasar bebas deforestasi di Negara Eropa ataupun secara global.

Pemberlakuan EUDR akan memberikan dampak terhadap produk kopi di Indonesia. Hal tersebut menjadikan sistem pangan di Indonesia dihadapkan pada sebuah tantangan dan hambatan yang harus lebih memperhatikan faktor lingkungan, keanekaragaman hayati, praktik pertanian yang berkelanjutan, dan aspek kesehatan petani (Apriani et al. 2020).

Petani kopi di Kabupaten Tanggamus Lampung dihadapkan dengan sebuah permasalahan yaitu penurunan produksi kopi akibat serangan hama dan cuaca yang tidak stabil. Terdapat beberapa serangga yang menjadi hama pada tanaman kopi diantaranya ialah penggerek buah kopi (PBKo) (*Hypothenemus hampei*), penggerek batang (*Zeuzera coffeae*), penggerek cabang (*Xylosandrus spp*), karat daun (*Hemileia vastatrix*), Nematoda parasit akar, dan jenis hama lainnya (Efrata, 2023). PBKo merupakan hama utama pada kopi yang dapat menyebabkan penurunan jumlah produksi kopi sebanyak 10-40% di Indonesia dan 22%-73% di negara lain, serta menyebabkan kerugian ekonomi lebih dari \$500 USD per tahun (Rostaman & Prakoso, 2020; Vega et al., 2015).

PBKo menyerang dengan cara membuat lubang gerakan pada buah kopi sehingga terbentuk liang gerakan yang mengakibatkan adanya penurunan kualitas kopi. Buah yang sudah terserang PBKo akan

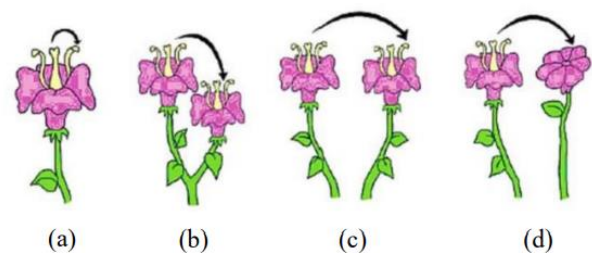
menguning, gagal berkembang, dan pada akhirnya akan jatuh ke tanah, dan membusuk (Rosniar et al., 2019). Gambar 1 menunjukkan morfologi PBKo (lihat Gambar 1 (a)) dan dampak PBKo pada buah kopi (lihat Gambar 1 (b)).



Sumber: <https://kopitehIndonesia.com>  
**Gambar 1.** Morfologi PBKo (a) dan Dampak PBKo (b)

Petani telah menggunakan berbagai cara untuk mengendalikan hama pada tanaman kopi. Upaya yang paling populer yang digunakan oleh petani ialah penggunaan pestisida kimia karena dianggap sebagai cara yang paling mudah dan cepat. Akan tetapi, penggunaan pestisida kimia sebagai salah satu cara untuk membasmi PBKo belum cukup efektif karena PBKo hidup bersembunyi di dalam buah kopi dan sangat sulit dibasmi hanya dengan penggunaan pestisida (Rasiska, 2022). Penggunaan pestisida kimia dalam jangka panjang juga dapat menghilangkan musuh alami, serangga penyerbuk, menurunkan produktivitas lahan, dan membahayakan kesehatan petani (Aldridge et al., 2011).

Sekitar 75% tanaman pangan seperti buah, sayur, dan tanaman berbasis biji seperti kopi mendapatkan manfaat dan sangat bergantung terhadap penyerbukan (Salles & Gallai, 2021). Jasa penyerbukan memiliki peran penting dalam proses reproduksi dan meningkatkan hasil serta kualitas sekitar 35% tanaman di dunia, termasuk kopi (Stout et al., 2019). Gambar 2 menunjukkan jenis-jenis penyerbukan berdasarkan asal serbuk sari.



Sumber: <https://kependidikan.com>  
**Gambar 2.** Jenis-jenis Penyerbukan Berdasarkan Asal Serbuk Sari (a) Penyerbukan Sendiri (b) Penyerbukan Tetangga (c) Penyerbukan Silang (d) Penyerbukan Bastar

Penyerbukan pada kopi robusta dilakukan dengan cara penyerbukan silang, karena serbuk sari dan kepala putik tidak berada dalam satu tangkai yang sama (Campuzano-Duque & Blair, 2022). Selain itu, tangkai putik menjulang lebih tinggi dari posisi benang sari dengan tinggi 5 mm sehingga menyebabkan sulitnya serbuk sari jatuh di kepala putik secara alami (Tschardt et al., 2011).

Keberadaan serangga penyerbuk berperan penting dan sangat dibutuhkan pada proses penyerbukan tanaman kopi robusta, walaupun secara alamiah penyerbukan pada kopi robusta dapat terjadi melalui bantuan gravitasi dan angin (Rader *et al.*, 2016). Akan tetapi, penyerbukan tanpa adanya bantuan serangga memiliki tingkat keberhasilan kurang dari 60% atau bahkan tidak dapat terjadi penyerbukan (Gallai *et al.*, 2016).

Penggunaan pestisida kimia dan perubahan iklim dianggap sebagai salah faktor pendorong penurunan penyerbuk (Giannini *et al.*, 2012). Adanya perubahan iklim dapat mengganggu dan mengubah waktu musim pembungaan pada tanaman kopi, hal tersebut akan mengubah peluang interaksi antara tanaman kopi dengan serangga penyerbuk. Contohnya, di Andhra Pradesh India, perkebunan mangga mengalami perubahan waktu berbunga tiga bulan lebih awal dari biasanya karena suhu yang meningkat (Bauer, 2014).

Selain menurunkan jumlah penyerbuk, penggunaan pestisida kimia secara kontinyu dalam jangka panjang dapat mengakibatkan penurunan produktivitas lahan dan menurunkan produksi kopi (Byrareddy *et al.*, 2019). Hal tersebut juga akan mendorong petani untuk menanam kopi di lahan konservasi atau lahan deforestasi, dan akan terus bergerak menuju hutan untuk membuka lahan pertanian baru (Avelino *et al.*, 2015). Fenomena deforestasi hutan akibat pembukaan lahan baru menjadi perkebunan, menjadi fokus utama dalam EUDR dan mengakibatkan kopi yang berasal dari Negara Indonesia akan sulit lolos di pasar Eropa.

Sejumlah penelitian mengungkap bahwa persepsi dan pengetahuan petani terhadap jasa penyerbukan masih sangat rendah, faktor tersebut menyebabkan kurangnya pemahaman petani terhadap nilai ekonomi dari jasa penyerbukan (Munyuli, 2011; Mwebaze *et al.*, 2018). Hal tersebut menjadi salah satu alasan mengapa penyerbuk tidak menjadi perhatian khusus dan tidak memiliki perlindungan yang memadai.

Studi terkait peran jasa penyerbukan terhadap kuantitas dan kualitas tanaman pertanian telah banyak digambarkan dalam sejumlah penelitian (Chain-Guadarrama *et al.*, 2019; Ricketts *et al.*, 2004; Sabir, 2011). Akan tetapi, hanya sedikit penelitian yang mengungkap nilai ekonomi jasa penyerbukan terutama lebah, terhadap produktivitas suatu tanaman (Hanley *et al.*, 2015; Kasina, 2007; Munyuli, 2014).

Studi terkait estimasi nilai ekonomi jasa penyerbukan mulai banyak diteliti di beberapa wilayah seperti di Uganda, United Kingdom (UK), dan Kenya (Kasina, 2007; Mwebaze *et al.*, 2010; Munyuli, 2014). Terdapat sejumlah pendekatan ekonomi yang tersedia untuk mengungkap nilai jasa penyerbukan diantaranya melalui fungsi produksi (*market price*), *Replacement Cost* (RC), dan *Contingent Valuation Method* (CVM) dengan menggunakan *Willingness to Pay* (WTP) (Salles & Gallai, 2021).

Data CVM umumnya dianalisis menggunakan model ekonometrik tobit (Nwofoke *et al.*, 2017; Regmi *et al.*, 2022). Penggunaan model tobit banyak digunakan untuk mengungkap WTP, karena nilai amatan yang terbentuk pada data set WTP memiliki nilai minimal nol dan banyak mengandung angka nol (Albaladejo-García *et al.*, 2021; Salles & Gallai, 2021). Model tobit juga digunakan untuk melihat faktor-faktor sosial ekonomi yang memengaruhi kesediaan membayar responden (Bijman & Bitzer, 2016; Kasina, 2007; Mwebaze *et al.*, 2018).

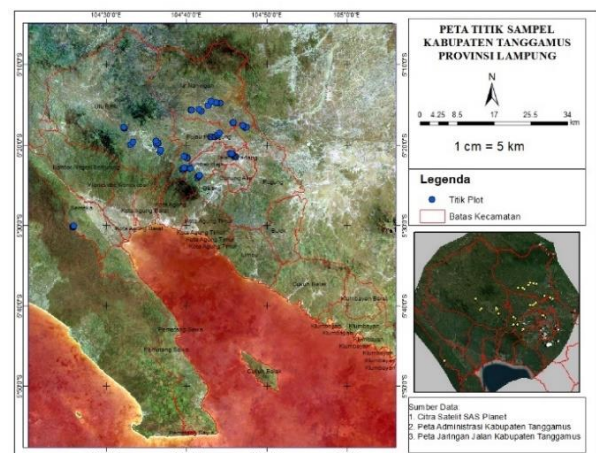
Estimasi nilai ekonomi jasa penyerbukan dapat digunakan untuk mempromosikan jasa-jasa ekosistem kepada masyarakat luas (Lars, 2009). Selain itu, nilai ekonomi jasa penyerbukan juga dapat digunakan sebagai instrumen penetapan kebijakan oleh pemerintah daerah untuk mengembangkan strategi produksi kopi berkelanjutan guna menjaga jasa-jasa ekosistem, keanekaragaman hayati, dan mampu menghasilkan kopi yang memenuhi standar EUDR (Sabir, 2011).

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengidentifikasi pentingnya jasa ekosistem pada pertanian kopi. Tujuan umum tersebut dapat dicapai dengan menjawab satu tujuan khusus, yaitu 1) mengestimasi nilai ekonomi jasa penyerbukan sistem agroforestri dan non agroforestri perkebunan kopi robusta.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Kabupaten Tanggamus, Lampung. Lokasi ini mengikuti lokasi kajian *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Agriculture and Food Initiative in Indonesia* (TEEBAgrifood Indonesia). Lokasi dipilih secara sengaja (*purposive*) karena menjadi salah satu pusat penghasil kopi robusta di Indonesia. Pengambilan data dilakukan pada Bulan Juni – Juli 2023 melalui survei secara langsung kepada petani kopi robusta.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

### 2.2. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer. Data primer diperoleh



dengan melakukan wawancara menggunakan kuesioner terstruktur kepada petani kopi robusta. Pengumpulan data primer terbagi ke dalam dua bagian yaitu data sosial ekonomi dan data valuasi ekonomi.

### 2.3. Metode dan Pengumpulan Data

Responden penelitian adalah petani kopi robusta di delapan kecamatan yang memiliki potensi besar pada perkebunan kopi berdasarkan luas lahan, produksi, dan produktivitas kopi. Delapan wilayah tersebut diantaranya ialah Kecamatan Ulu Belu, Air Naningan, Sumberejo, Talang Padang, Pulau Pangung, Semaka, Singosari, dan Pugung (BPS Kabupaten Tanggamus, 2023).

Pengumpulan data dilakukan dengan desain pengambilan sampel *non probability* sampling dengan teknik *purposive sampling*. Penelitian ini mencakup beberapa tim diantaranya tim biofisik (tim spasial dan tanah), entomologi, agronomi, sosial ekonomi, dan valuasi ekonomi. Pada tahap awal pengambilan sampel, tim spasial melakukan geotagging di 300 plot yang sudah ditentukan melalui citra satelit.

Dari 300 plot, jumlah sampel yang diukur secara penuh oleh tim biofisik dan valuasi ekonomi adalah 60 plot. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan jumlah sampel yang sama yaitu 60 responden, dengan perbandingan 50% responden menggunakan sistem penggunaan lahan agroforestri dan 50% non agroforestri. Jumlah responden di Kecamatan Ulu Belu (12), Air Naningan (13), Pulau Pangung (11), Sumberejo (8), Singosari (5), Talang Padang (4), Semaka (4), dan Pugung (3).

Jika suatu lahan memiliki jumlah pohon  $\geq 20$  maka lahan tersebut menggunakan sistem lahan agroforestri. Syarat suatu tanaman dikategorikan sebagai pohon ialah memiliki ukuran batang berdiameter  $\geq 20$  cm.

Sistem pertanian agroforestri memiliki pendekatan pertanian yang mengintegrasikan tanaman satu dengan tanaman pertanian atau ternak lain dalam sistem yang sama (diversifikasi tanaman) (Jha *et al.*, 2011). Berbeda dengan agroforestri, sistem pertanian non agroforestri hanya memiliki satu jenis tanaman tanpa adanya variasi atau campuran dengan tanaman yang lain (Rigal *et al.*, 2020).

### 2.4. Metode Analisis Data

Penelitian ini menggunakan data primer. Metode analisis yang digunakan untuk mengestimasi nilai ekonomi jasa penyerbukan pada penelitian ini ialah *stated preference method* dengan menggunakan pendekatan *Contingent Valuation Method* (CVM). Menurut Fauzi (2014), secara umum terdapat tiga tahapan utama dalam analisis CVM yaitu:

1) Identifikasi barang dan jasa yang akan divalusi;

Identifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa barang atau jasa yang akan divalusi tidak memiliki harga pasar dan relevan dengan CVM.

2) Konstruksi skenario hipotetik;

Nilai ekonomi jasa penyerbukan dapat diperoleh dengan mengestimasi kesediaan membayar responden (*Willingness to pay*, WTP) terhadap upaya mendatangkan serangga penyerbuk untuk meningkatkan penyerbukan di lahan kopi. Skenario hipotetik yang dibangun dalam penelitian ini ialah program *tree island*, yaitu area khusus di lahan kopi milik petani yang didedikasikan untuk menanam sejumlah tanaman yang menarik penyerbuk. Ilustrasi *tree island* ditunjukkan pada Gambar 4.



Sumber: [https:// organicresearchcentre.com](https://organicresearchcentre.com)

**Gambar 4.** Ilustrasi *Tree Island*

Setelah responden mengetahui skenario yang diajukan, selanjutnya responden ditanyakan kesediaannya terhadap program *tree island*. Hal tersebut dilakukan karena akan sangat memungkinkan jika responden akan menolak dan tidak bersedia membayar untuk program tersebut.

WTP diperoleh dari pendapatan petani yang hilang karena area kopi yang digantikan oleh tanaman lain pada area yang dijadikan program *tree island*, total biaya tenaga kerja untuk memelihara area program, dan total biaya bibit untuk menanam tanaman lain.

3) Elisitasi nilai moneter

Penelitian ini menggunakan format elisitasi *bidding* (penawaran). Melalui prosedur penawaran, responden yang setuju untuk membayar dan mengikuti program tersebut akan ditawarkan persentase luasan plot yang ingin digunakan untuk pelaksanaan program *tree island*. Persentase luasan program yang ditawarkan dimulai dari 1% dari total luas plot yang dimiliki oleh responden dan akan terus meningkat hingga persentase maksimum. Penawaran dimulai dengan nilai terendah, jika responden menjawab positif maka dilanjutkan dengan nilai yang lebih tinggi, dan berhenti ketika responden menyatakan tidak bersedia memberikan luasan lahan yang ditawarkan (Salles & Gallai, 2021).

Penelitian ini tidak secara langsung menggunakan persentase luasan lahan program sebagai elisitasi, karena setiap responden memiliki total luas plot yang berbeda. Hal tersebut menyebabkan nilai persentase yang berbeda pada setiap responden dan memungkinkan menghasilkan nilai WTP dengan nilai yang rendah (*under value*). Sehingga, penelitian ini menggunakan *proxy* untuk mengubah elisitasi *bidding* menjadi *open ended* dengan menggunakan tiga komponen data berikut yaitu *forgone revenue* (Rp/tahun), total biaya upah tenaga kerja (Rp/tahun), biaya bibit untuk program *tree island* (Rp/ha/tahun). *Forgone revenue* merupakan *revenue* yang hilang

karena adanya perubahan, pada penelitian ini lahan produksi kopi berubah menjadi lahan yang ditanami tanaman berbunga untuk program *tree island*.

Survei juga menanyakan berapa tenaga kerja dalam keluarga yang akan mengelola program penyerbukan ini atau meminta orang lain untuk mengerjakan proyek ini. Keduanya akan ditanya berapa hari/minggu dan berapa jam/hari yang akan dialokasikan untuk mengelola program penyerbukan. Pada perhitungan Hari Orang Kerja (HOK), tidak terdapat perbedaan antara tenaga kerja laki-laki dan perempuan.

Pada tahap selanjutnya, responden memilih tanaman apa saja yang akan ditanam untuk meningkatkan penyerbukan di lahan mereka. Terdapat beberapa tanaman yang direkomendasikan untuk meningkatkan penyerbukan antara lain bunga air mata pengantin (*antigonon*), bunga pukul 8 (*turnera*), dan tanaman lamtoro (petai cina) (Reddy, 2020). Formulasi model WTP disajikan pada persamaan berikut ini (Obeng *et al.*, 2020):

$$WTP_i = FR_i + TU_i + BB_i \quad (1)$$

Keterangan:

- $WTP_i$  : Kesiediaan membayar responden *i* terhadap program *tree island* (Rp/ha/tahun)  
 $FR_i$  : *Forgone revenue* untuk responden *i* (Rp/tahun)  
 $TU_i$  : Total biaya upah tenaga kerja yang harus dibayar oleh responden *i* (Rp/tahun)  
 $BB_i$  : Biaya bibit untuk program *tree island* responden *i* (Rp/ha/tahun)

a) *Forgone revenue* diestimasi menggunakan formula berikut ini:

$$FR_i = KA_i \times PK_i \times HK \quad (2)$$

Keterangan:

- $FR_i$  : *Forgone revenue* untuk responden *i* (Rp/tahun)  
 $KA_i$  : Kontribusi area program *tree island* responden *i* (ha)  
 $PK_i$  : Produksi kopi robusta responden *i* (ton/ha/tahun)  
 $HK$  : Harga kopi robusta (Rp/ton)

b) Total biaya upah tenaga kerja untuk menjalankan program tersebut dihitung menggunakan formula berikut:

$$TU_i = HD_i + HL_i \times UH_i \quad (3)$$

Keterangan:

- $TU_i$  : Total biaya upah tenaga kerja yang harus dibayar oleh responden *i* (Rp/tahun)  
 $HD_i$  : HOK dalam keluarga yang digunakan responden *i* (HOK/tahun)  
 $HL_i$  : HOK luar keluarga yang digunakan responden *i* (HOK/tahun)  
 $UH_i$  : Biaya upah (UMK Kabupaten Tanggamus) responden *i* (Rp/HOK)

c) Biaya bibit untuk program *tree island* diestimasi menggunakan formula berikut:

$$BB_i = JB_i \times HB_i \times KA_i \quad (4)$$

Keterangan:

- $BB_i$  : Biaya bibit untuk program *tree island* responden *i* (Rp/tahun)  
 $JB_i$  : Jumlah bibit yang digunakan untuk program *tree island* responden *i* (bibit/ha)  
 $HB_i$  : Harga bibit untuk setiap tanaman yang digunakan pada program *tree island* responden *i* (Rp/bibit)  
 $KA_i$  : Kontribusi area program *tree island* responden *i* (ha)

Nilai WTP yang diberikan oleh responden akan diperiksa dan diinteraksikan dengan variabel sosial ekonomi. Penelitian ini menggunakan Model Tobit karena Regresi Tobit mampu mengakomodir nilai-nilai amatan yang mengandung banyak nol (Mujaka *et al.*, 2021). *Ordinary Least Square* (OLS) tidak digunakan pada penelitian ini karena dapat menghasilkan estimasi parameter yang bias dan tidak konsisten. Bias akan muncul karena pada OLS nilai nol akan dihilangkan.

Model Tobit pertama kali diperkenalkan oleh James Tobin pada tahun 1958 (Regmi *et al.*, 2022). Tobin mengasumsikan bahwa variabel dependen memiliki sejumlah nilai yang terkelompok pada suatu nilai pembatas, dan biasanya nol. Pada Model Tobit variabel dependen memiliki sensor atau *cutting point*. Penyensoran terjadi ketika variabel dependen yang diamati hanya dalam rentang nilai tertentu. Menurut Greene (2003) Model Tobit dapat dispesifikasi sebagai berikut:

$$WTP_i = \begin{cases} WTP_i^* & \text{jika } WTP_i^* > 0 \\ 0 & \text{jika } WTP_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (5)$$

dimana  $WTP_i$  adalah variabel dependen yang diamati, dan  $WTP_i^*$  adalah variabel laten yang tidak teramati, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$WTP_i^* = \beta X_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

dengan  $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$

Keterangan:

- $X_i$  : Variabel independen,  
 $\beta$  : Koefisien,  
 $N$  : Jumlah observasi,  
 $\varepsilon_i$  : *Error* (yang diasumsikan normal dan varians konstan  $\sigma^2$ ).

Nilai WTP diestimasi menggunakan data observasi (*descriptive statistics*) yang akan diestimasi dengan menggunakan *software Microsoft Excel 365*, sementara Model Tobit digunakan untuk melihat hubungan antara variabel independen terhadap variabel dependen dengan menggunakan *software STATA 15.1*. Tabel 1 memberikan gambaran rinci terkait semua variabel yang digunakan pada penelitian ini.

**Tabel 1.** Deskripsi Variabel Penelitian

No	Variabel	Definisi	Satuan	Deskripsi
1.	WTP	Kesediaan responden membayar	Rp/ha/tahun	Kesediaan responden terhadap program <i>tree island</i>
2.	EDU	Periode lama sekolah	Tahun	Rata-rata jumlah tahun yang dihabiskan untuk menempuh semua jenis pendidikan yang pernah dialami
3.	AGE	Usia	Tahun	Usia responden
4.	FAM	Jumlah anggota rumah tangga	Orang	Orang yang tinggal, tidur, dan makan dalam suatu rumah minimal 6 bulan dalam 12 bulan terakhir
5.	INC	Pendapatan dari hasil menanam tanaman selain kopi robusta	Rp/tahun	Pendapatan yang dihasilkan dari usaha tanaman selain kopi robusta

Model Tobit akan melihat variabel mana yang memengaruhi besaran nilai WTP. Formulasi model untuk menduga faktor-faktor yang memengaruhi WTP adalah sebagai berikut:

$$WTP_i = \beta_0 + \beta_1 EDU_i + \beta_2 AGE_i + \beta_3 FAM_i + \beta_4 INC_i + \varepsilon_i \quad (7)$$

Keterangan:

- WTP<sub>i</sub> : Kesediaan membayar responden *i* terhadap program *tree island* (Rp/ha/tahun)
- EDU<sub>i</sub> : Periode lama sekolah responden *i* (tahun),
- AGE<sub>i</sub> : Usia responden *i* (tahun)
- FAM<sub>i</sub> : Jumlah anggota rumah tangga responden *i* (orang)
- INC<sub>i</sub> : Pendapatan dari hasil menanam tanaman selain kopi robusta (Rp/tahun)

*Marginal effect* digunakan untuk melihat seberapa besar pengaruh setiap variabel independen terhadap WTP. Estimasi *marginal effect* diperlukan untuk menginterpretasikan dampak langsung dari perubahan satu variabel independen terhadap variabel dependen. *Marginal effect* diestimasi dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\frac{\partial E(WTP_i)X}{\partial X_i} = \beta_i \Phi\left(\frac{X_i \beta}{\sigma}\right) P(WTP_i) > 0 \quad (8)$$

Keterangan:

- WTP<sub>i</sub> : Kesediaan membayar responden *i* terhadap program *tree island* (Rp/ha/tahun)
- X<sub>i</sub> : Variabel independen ke *i*
- β : Koefisien regresi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Nilai Ekonomi Jasa Penyerbukan Sistem Non Agroforestri dan Agroforestri Perkebunan Kopi Robusta

Nilai ekonomi jasa penyerbukan pada penelitian ini diungkap dengan kesediaan membayar terhadap program *tree island*. Sebanyak 18 responden agroforestri (60%) bersedia untuk membayar dan berpartisipasi mengikuti program *tree island* untuk meningkatkan jumlah penyerbuk di lahan kopi robusta.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa responden sistem agroforestri memiliki nilai rata-rata WTP lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai rata-rata WTP

responden sistem non agroforestri. Penelitian sebelumnya mengungkap bahwa responden dengan sistem agroforestri bersedia membayar lebih tinggi untuk suatu program yang akan memberikan kontribusi positif terhadap pertanian dan kesejahteraan petani (De Beenhouwer *et al.*, 2013; Olschewski *et al.*, 2006; Winfree *et al.*, 2011).

Sistem agroforestri setidaknya melibatkan dua jenis tanaman, salah satunya adalah tanaman tahunan berkayu dan selalu memiliki dua atau lebih produk tanaman komersial (Jara-Rojas *et al.*, 2020). Komponen-komponen tersebut memiliki nilai ekonomi dan ekologi yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan sistem tanaman non agroforestri (Chain-Guadarrama *et al.*, 2019). Oleh karena itu, pada sistem agroforestri petani berpotensi memiliki diversifikasi pendapatan dari berbagai sumber seperti buah, sayur, atau pohon berkayu.

Hal ini dibuktikan dengan rata-rata pendapatan selain kopi pada responden sistem agroforestri memiliki nilai yang lebih besar yaitu Rp3.457.864 per tahun (*lihat* Tabel 2), sedangkan rata-rata pendapatan selain kopi pada responden sistem non agroforestri adalah Rp1.746.094 per tahun. Wijayanto *et al.*, (2022) mengungkap bahwa sistem pertanian agroforestri memiliki peran penting dalam meningkatkan kesejahteraan petani. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian Toiba *et al.*, (2020) yang menunjukkan bahwa petani yang menerapkan sistem agroforestri memiliki *economic return* yang lebih baik jika dibandingkan dengan responden sistem non agroforestri, sehingga responden dengan sistem agroforestri memiliki kesediaan membayar lebih tinggi terhadap program penyerbukan. Tabel 2 menunjukkan ringkasan statistik dari data sosial ekonomi responden.

**Tabel 2.** Ringkasan Statistik dari Data Sosial Ekonomi Responden Petani Kopi

Var	Min	Maks	Mean	Median	Std Dev
<b>Agroforestri</b>					
EDU	3	16	9	9	3
AGE	36	70	51	50	9
FAM	1	6	4	4	1
INC	0	16.550.000	3.457.864	2.017.500	4.068.612
<b>Non Agroforestri</b>					
EDU	2	16	9	9	4
AGE	26	76	53	55	12
FAM	1	6	4	4	1
INC	0	8.600.000	1.746.094	1.145.000	1.950.052

Sumber: Hasil olah data (2024)

Jenis tanaman yang banyak dipilih untuk pelaksanaan program *tree island* ialah tanaman lamtoro (petei cina). Penelitian sebelumnya mengungkap bahwa tanaman lamtoro berfungsi sebagai pohon pelindung tanaman kopi robusta (Agustiningsih *et al.*, 2022). Pohon pelindung digunakan sebagai salah satu upaya untuk melindungi tanaman kopi dari sinar matahari langsung (Ariyanti *et al.*, 2019). Petani juga memanfaatkan tanaman lamtoro untuk menjaga kelembapan tanah, mencegah serangan hama, pupuk hijau, pakan ternak, dan membentuk karakter rasa kopi (Istikorini *et al.*, 2023). Data survei dianalisis untuk mengungkap nilai ekonomi jasa penyerbukan. Nilai ekonomi jasa penyerbukan dari sistem agroforestri ialah Rp21.097.686 ha/tahun (Tabel 3).

**Tabel 3.** Estimasi Nilai WTP Responden terhadap Program *Tree Island*

Variabel	Tipe (Rp/ha/tahun)	
	Agroforestri	Non Agroforestri
<i>Forgone Revenue</i> (1)	14.086.313	3.181.125
Biaya Upah Tenaga Kerja (2)	2.379.474	2.032.467
Biaya Bibit (3)	4.631.900	3.764.763
WTP (4) = (1) + (2) + (3)	<b>21.097.686</b>	<b>8.978.355</b>

Sumber: Hasil olah data (2024)

Pada sistem non agroforestri, hanya 7 responden non agroforestri (23%) bersedia untuk membayar dan berpartisipasi mengikuti program *tree island* untuk meningkatkan jumlah penyerbuk di lahan kopi robusta.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa responden non agroforestri memiliki nilai rata-rata WTP lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai rata-rata WTP responden agroforestri. Responden non agroforestri cenderung memiliki ketergantungan terhadap satu jenis tanaman dan kurang bersedia melakukan investasi jangka panjang, sehingga cenderung melanjutkan sistem pertanian yang ada (Jara-Rojas *et al.* 2020). Responden non agroforestri juga memiliki kerentanan yang lebih tinggi terhadap kegagalan panen karena hanya bergantung dengan satu jenis tanaman, sehingga memiliki pendapatan yang lebih

terbatas dan tidak memiliki dana yang cukup untuk investasi terhadap program penyerbukan (Miller *et al.* 2020).

Jenis tanaman yang banyak dipilih untuk pelaksanaan program *tree island* ialah tanaman alpukat. Terdapat perbedaan jenis tanaman yang dipilih oleh responden agroforestri dan non agroforestri. Tanaman alpukat banyak dipilih oleh responden non agroforestri karena dianggap memiliki nilai jual yang tinggi sehingga dapat memberikan pendapatan lebih bagi responden. Data survei dianalisis untuk mengungkap nilai ekonomi jasa penyerbukan. Nilai ekonomi jasa penyerbukan dari sistem non agroforestri ialah Rp8.978.355 ha/tahun (lihat Tabel 3). Ringkasan data statistika deskriptif dari variabel responden agroforestri dan non agroforestri disajikan pada Tabel 4 dan 5.

Penelitian ini mengungkap bahwa nilai ekonomi jasa penyerbukan pada sistem agroforestri memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem non agroforestri. Penerapan sistem agroforestri memberi gambaran pengelolaan lahan yang dikelola dengan prinsip berkelanjutan dan memberi pendapatan tambahan bagi petani. Informasi nilai ekonomi jasa penyerbukan pada perkebunan kopi robusta dapat digunakan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kabupaten Tanggamus bersama Dinas Pertanian, Dinas Peternakan dan Perkebunan Kabupaten Tanggamus untuk mengawal proses pembangunan dan pengembangan komoditas kopi yang sesuai dengan standar EUDR dengan penerapan sistem agroforestri.

Sistem agroforestri telah banyak dipromosikan secara luas untuk mengurangi deforestasi, degradasi lahan, hilangnya keanekaragaman hayati, dan emisi gas rumah kaca (Jara-Rojas *et al.*, 2020; Olschewski *et al.*, 2006). Sistem agroforestri memiliki peran penting dalam penyerbukan, namun hanya sedikit penelitian yang menghitung peran sistem agroforestri dalam jasa penyerbukan. Salah satu studi mengestimasi nilai ekonomi jasa penyerbukan yang diberikan lebah terhadap kopi yaitu mencapai \$650 USD ha/tahun (Munyuuli, 2013).

**Tabel 2.** Ringkasan Statistika Deskriptif dari Variabel pada Responden Sistem Agroforestri

No	Variabel	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Median	Standar Deviasi
1	Kontribusi Area (%)	0	4	1	1	1
2	Kontribusi Area (ha)	0,000	0,036	0,007	0,005	0,010
3	Produksi (ton/ha/tahun)	17	4.000	580	483	718
4	<i>Forgone Revenue</i> (Rp/tahun)	0	1.260.000	180.500	24.570	303.739
5	HOK dalam keluarga (HOK/tahun)	0	98	23	7	31
6	HOK luar keluarga (HOK/tahun)	0	91	14	0	25
7	Total HOK (HOK/tahun)	0	182	37	16	48
8	Total Biaya Bibit (Rp/tahun)	0	250.906	41.230	13.824	64.426
9	Total Biaya Bibit (Rp/ha/tahun)	0	27.450.000	4.631.900	0	8.178.491
10	Total Biaya Upah Tenaga Kerja (Rp/tahun)	0	12.161.755	2.379.474	0	3.273.834
11	<i>Forgone Revenue</i> (Rp/ha/tahun)	0	126.000.000	14.086.313	9.450.000	24.328.299

Sumber: Hasil olah data (2024)

**Tabel 3.** Ringkasan Statistika Deskriptif dari Variabel pada Responden Sistem Non Agroforestri

No	Variabel	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Median	Standar Deviasi
1	Kontribusi Area (%)	0	2	0	0	1
2	Kontribusi Area (ha)	0,000	0,025	0,003	0,000	0,006
3	Produksi (ton/ha/tahun)	50	4.000	654	467	754
4	Forgone Revenue (Rp/tahun)	0	468.563	36.275	0	94.778
5	HOK dalam keluarga (HOK/tahun)	0	176	14	0	35
6	HOK luar keluarga (HOK/tahun)	0	59	5	0	13
7	Total HOK (HOK/tahun)	0	234	18	0	46
8	Total Biaya Bibit (Rp/tahun)	0	343.125	41.179	0	98.107
9	Total Biaya Bibit (Rp/ha/tahun)	0	27.450.000	3.764.763	0	8.101.820
10	Total Biaya Upah Tenaga Kerja (Rp/tahun)	0	19.035.791	2.032.467	0	4.300.190
11	Forgone Revenue (Rp/ha/tahun)	0	18.900.000	3.181.125	0	6.346.050

Sumber: Hasil olah data (2024)

**3.1.1. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Nilai WTP Responden Sistem Agroforestri**

Variabel pendidikan memiliki hubungan negatif terhadap kesediaan membayar petani terhadap program *tree island*. Semakin tinggi tingkat pendidikan maka akan menurunkan WTP sebesar Rp0,343 ha/tahun. Fenomena ini dapat terjadi diantaranya adalah adanya faktor *asymmetric information*. Situasi ini terjadi ketika responden menerima dan menangkap informasi yang berbeda terkait program penyerbukan (Hardika & Purwanti, 2020).

**Tabel 4.** Marginal effect pada Sistem Agroforestri

Variabel	AF	
	dy/dx	P-value
EDU	-0,343	0,077
AGE	-0,161	0,037
FAM	-0,841	0,080
INC	0,035	0,833

Sumber: Hasil olah data (2024)

Hubungan usia dengan WTP berbeda antar literatur. Pada penelitian ini variabel usia memiliki hubungan negatif terhadap WTP. Peningkatan usia petani akan menurunkan kesediaan responden untuk membayar program *tree island* sebesar Rp0,161 ha/tahun. Isu terkait penyerbukan masih belum banyak dibahas di beberapa negara. Studi terdahulu yang dilakukan di negara berkembang menyatakan bahwa orang yang lebih tua cenderung belum banyak mengetahui informasi terkait peran layanan penyerbukan. Seseorang yang berusia lebih muda diduga akan membayar lebih tinggi terhadap layanan penyerbukan (Mwebaze et al., 2018). Selain itu, petani muda dianggap memiliki rencana jangka panjang dan lebih berani mengambil risiko (Bijman & Bitzer, 2016).

Jumlah anggota keluarga memiliki hubungan negatif terhadap WTP. Hal tersebut diduga karena semakin banyak jumlah anggota dalam satu keluarga maka akan berpengaruh terhadap tanggungan biaya kehidupan. Bertambahnya jumlah tanggungan dalam keluarga akan menurunkan ketersediaan membayar responden terhadap program yang ditawarkan yaitu sebesar Rp 0,841 ha/tahun. Responden akan cenderung mempertahankan lahan kopi sebagai pendapatan utama dibandingkan mengonversi

sebagian lahan kopinya untuk program *tree island* (Obeng et al., 2020).

Pendapatan rumah tangga memiliki hubungan yang positif dengan WTP. Semakin tinggi pendapatan rumah tangga, semakin tinggi juga probabilitas individu terhadap lingkungan yang lebih baik (Nwofoke et al. 2017). Jika pendapatan meningkat maka petani mampu membayar lebih tinggi sebesar Rp0,035 ha/tahun atau mampu memberikan luasan lahan yang lebih luas untuk program *tree island* sebesar (Obeng et al., 2020).

**3.1.2. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Nilai WTP Petani Kopi Robusta Sistem Non Agroforestri**

Hubungan terkait faktor-faktor yang memengaruhi nilai WTP responden non agroforestri terhadap program *tree island* memiliki hasil yang berbeda dengan sistem non agroforestri. Terdapat beberapa variabel yang memiliki hubungan yang berbeda yaitu variabel pendidikan, jumlah anggota keluarga, dan pendapatan dari hasil menanam selain kopi (Tabel 7).

**Tabel 5.** Marginal Effect Sistem Agroforestri dan Non Agroforestri

Variabel	AF		Non AF	
	dy/dx	P-value	dy/dx	P-value
EDU	-0,343	0,077	0,172	0,490
AGE	-0,161	0,037	0,017	0,793
FAM	-0,841	0,080	0,993	0,156
INC	0,035	0,833	0,068	0,863

Sumber: Hasil olah data (2024)

Pendidikan memiliki hubungan positif terhadap kesediaan membayar petani terhadap program *tree island*. Semakin tinggi tingkat pendidikan maka akan meningkatkan WTP sebesar Rp0,172 ha/tahun. Hal ini sejalan dengan penelitian Kasina (2007) yang menyatakan bahwa seseorang dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi atau seseorang yang memiliki masa sekolah yang lebih lama, cenderung menyadari dan akan lebih menghargai peran layanan penyerbukan dengan membayar WTP lebih tinggi.

Hubungan terkait usia dengan WTP pada sistem non agroforestri memiliki pengaruh positif. Pada sistem non agroforestri peningkatan usia responden akan meningkatkan kesediaan responden untuk membayar program *tree island* sebesar Rp0,017 ha/tahun.



Pada sistem non agroforestri, variabel jumlah anggota keluarga terhadap WTP memiliki hubungan yang berbeda dengan yang dihasilkan pada sistem agroforestri. Oleh karena itu, tidak ada hubungan yang jelas antara variabel sosial ekonomi terhadap WTP.

#### 4. KESIMPULAN

Nilai ekonomi jasa penyerbukan dari sistem agroforestri dan non agroforestri secara berturut-turut ialah Rp21.097.686 ha/tahun dan Rp8.978.355 ha/tahun. Mayoritas responden non agroforestri tidak tertarik terhadap program peningkatan layanan penyerbukan. Secara umum tidak ada hubungan yang jelas antara variabel sosial ekonomi terhadap WTP.

Sedangkan untuk keterbatasan penelitian ini yaitu difokuskan pada jasa pengaturan (*regulating services*), yang secara spesifik menilai ekonomi jasa penyerbukan. Hewan penyerbukan dikhususkan pada lebah karena lebah (*Hymenoptera: Apidae*) merupakan penyerbuk utama pada proses penyerbukan ebagian tanaman yang sangat bergantung pada proses penyerbukan dengan bantuan hewan, mengasumsikan penggunaan *tree island* dapat menambah jumlah serangga penyerbuk, namun tidak didasarkan literatur, tanaman yang digunakan untuk *tree island* merupakan tanaman berbunga, seharusnya *tree island* terdiri dari berbagai pohon diantaranya pohon berkayu, tidak mempertimbangkan adanya hubungan kompleksitas antar serangga penyerbuk, contohnya apabila program *tree island* berhasil dilaksanakan dan meningkatkan populasi penyerbuk, maka dapat menimbulkan kompetisi antar serangga penyerbuk dan berimplikasi pada produksi kopi, tidak mempertimbangkan kompleksitas ekosistem yang diperlukan untuk mendukung daur hidup serangga (khususnya lebah). Akibatnya nilai yang diungkap berpotensi *undervalue*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian didanai oleh *United Nations Environment Programme* (UNEP), pada penelitian *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Promoting Biodiversity and Sustainability in The Agriculture and Food Sector Through Economic Valuation (TEEBAgrifood Indonesia), Coffee Platform*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningsih, R., Suhartoyo, H., & Suharto, E., (2022), Pengaruh naungan terhadap kualitas bubuk kopi pada lahan agroforestri, *Journal of Global Forest and Environmental Science*, 2(2), 56–60.
- Albaladejo-García, J. A., Alcon, F., & Martínez-Paz, J. M., (2021), Economic valuation of allotment gardens in peri-urban degraded agroecosystems: The role of citizens' preferences in spatial planning, *Sustainable Cities and Society*, 68 (2)1-16. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102771>
- Aldridge, G., Inouye, D. W., Forrest, J. R. K., Barr, W. A., & Miller-Rushing, A. J., (2011), Emergence of a mid-season period of low floral resources in a montane meadow ecosystem associated with climate change,

- Journal of Ecology*, 99(4), 905–913. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01826.x>
- Apriani, E., Kim, Y. S., Fisher, L. A., & Baral, H., (2020), Non-state certification of smallholders for sustainable palm oil in Sumatra, Indonesia, *Land Use Policy*, 99(7), 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105112>
- Ariyanti, W., Suryantini, A., & Jamhari, D., (2019), Usaha Tani Kopi Robusta Di Kabupaten Tanggamus: Kajian Strategi Pengembangan Agrobisnis, *Jurnal Kawistara*, 9(8), 179–191. <https://jurnal.ugm.ac.id/kawistara/index>
- Avelino, J., Cristancho, M., Georgiou, S., Imbach, P., Aguilar, L., Bornemann, G., Läderach, P., Anzueto, F., & Hruska, A. J., (2015), The coffee rust crises in Colombia and Central America ( 2008 – 2013 ): impacts , plausible causes and proposed solutions, *Journal Biological Control*, 136(4), 303–321. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0446-9>
- Baroh, I., Hanani, N., Setiawan, B., & Koestiono, D., (2014), Indonesian Coffee Competitiveness in the International Market: Armington Model Application, *American Journal of Economics*, 9(4), 184–194. <https://doi.org/10.5923/j.economics.20140404.03>
- Bauer, D. M., (2014), Valuing pollination services: A comparison of approaches, *Journal of Ecology*, 148(1), 148–167. <https://doi.org/10.4337/9781781955161.00018>
- Bijman, J., & Bitzer, V., (2016), Quality and innovation in food chains: Lessons and insights from Africa, *American Journal of Economics*, 8(8) 1–273. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-825-4>
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. Produk Domestik Bruto Indonesia sektor pertanian. Jakarta (ID): BPS
- [BPS Kab Tanggamus]. 2023. BPS Kabupaten Tanggamus Dalam Angka. Kabupaten Tanggamus. BPS
- Byrareddy, V., Kouadio, L., Mushtaq, S., & Stone, R., (2019), Sustainable production of robusta coffee under a changing climate: A 10-year monitoring of fertilizer management in coffee farms in Vietnam and Indonesia, *Agronomy*, 9(9), 1-19. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090499>
- Campuzano-Duque, L. F., & Blair, M. W., (2022), Strategies for Robusta Coffee (*Coffea canephora*) Improvement as a New Crop in Colombia, *Agriculture (Switzerland)*, 12(10), 1-12. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101576>
- Chain-Guadarrama, A., Martínez-Salinas, A., Aristizábal, N., & Ricketts, T. H., (2019), Ecosystem services by birds and bees to coffee in a changing climate: A review of coffee berry borer control and pollination, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 280(4), 53–67. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.011>
- De Beenhouwer, M., Aerts, R., & Honnay, O., (2013), A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 175(5), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.003>
- Efrata, E., 2023, Tingkat Serangan Peggerek Buah Kopi (PBKo) dan Pengendalian oleh Petani pada Pola Tanam Berbeda di Kabupaten Karo. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [FAO] Food and Agricultural Organization of the United Nations. 2011. Markets and Trade. Rome (IT): UN FAO
- Fauzi, A., (2014), Valuasi Ekonomi dan Penilaian Kerusakan

- Sumber Daya Alam dan Lingkungan, IPB Press.
- Fauzi, T., (2023), Pemodelan Sistem Dinamik Kebijakan European Union Deforestation-Free Product Regulation Terhadap Ekspor Sawit Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan*, 10(5), 1-10.
- Fortunika, S. O., Harianto, H., & Suharno, S., (2021), Posisi Kopi Robusta Indonesia di Pasar Jerman Menggunakan Metode Linear Approximate Almost Ideal Demand System, *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 9(1), 29-42. <https://doi.org/10.29244/jai.2021.9.1.29-42>
- Gallai, N., Garibaldi, L. A., Li, X., Breeze, T., Espirito Santo, M., Rodriguez-Fernandez, J., Kelbessa Worati, E., Salles, J.-M., Sandhu, H., & Veldtman, R., (2016), Economic valuation of pollinator gains and losses, *Thematic Assessment on Pollinators, Pollination and Food Production*, 1-31, 205-273.
- Giannini, T. C., Acosta, A. L., Garófalo, C. A., Saraiva, A. M., Alves-dos-Santos, I., & Imperatriz-Fonseca, V. L., (2012), Pollination services at risk: Bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil, *Ecological Modelling*, 244(6), 127-131. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.06.035>
- Greene, W. H., 2003, *Econometric Analysis* (5th ed.), Pearson Education.
- Hanley, N., Breeze, T. D., Ellis, C., & Goulson, D., (2015), Measuring the economic value of pollination services: Principles, evidence and knowledge gaps, *Ecosystem Services*, 14(5), 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.09.013>
- Hardika, C. P., & Purwanti, E. Y., (2020), Analisis willingness to pay terhadap iuran BPJS Kesehatan pada pekerja sektor informal di Kota Semarang, *Diponegoro Journal of Economics*, 9(3), 131-143. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jme>
- Hein Lars., (2009), Economic value of the polination service, a review across scales, *The Open Ecology Journal*, 2(5), 74-82.
- Istikorini, Y., Firmansyah, M. A., Rusniarsyah, L., & Syifaudin, I. S., (2023), Pelatihan Pembuatan Pupuk Hayati pada Sistem Agroforestri berbasis Kopi di Desa Garahan, Jember, Jawa Timur, *Jurnal Ilmiah Pengabdian Masyarakat*, 9(2), 191-197.
- Jara-Rojas, R., Russy, S., Roco, L., Fleming-Muñoz, D., & Engler, A., (2020), Factors affecting the adoption of agroforestry practices: Insights from silvopastoral systems of Colombia, *Forests*, 11(6), 1-15. <https://doi.org/10.3390/F11060648>
- Jha, S., Bacon, C. M., Philpott, S. M., Rice, R. A., Méndez, V. E., & Läderach, P., (2011), A Review of Ecosystem Services, Farmer Livelihoods, and Value Chains in Shade Coffee Agroecosystems, *Forest*, 11(6), 1-57. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1309-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1309-3_4)
- Kasina, J. M., (2007), Bee Pollinators and Economic Importance of Pollination in Crop Production: Case of Kakamega, Western Kenya. *PhD Thesis*, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Kenya.
- [Kementan] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Komoditas ekspor Negara Indonesia. Jakarta (ID) Kementan
- Miller, D. C., Ordoñez, P. J., Brown, S. E., Forrest, S., Nava, N. J., Hughes, K., & Baylis, K., (2020), The impacts of agroforestry on agricultural productivity, ecosystem services, and human well-being in low-and middle-income countries: An evidence and gap map, *Campbell Systematic Reviews*, 16(1), 100-110 <https://doi.org/10.1002/cl2.1066>
- Mujuka, E., Mburu, J., Ogotu, A., Ambuko, J., & Magambo, G., (2021), Consumer awareness and willingness to pay for naturally preserved solar-dried mangoes: Evidence from Nairobi, Kenya, *Journal of Agriculture and Food Research*, 5(6), 100-188. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100188>
- Munyuli, T., (2011), Farmers' perceptions of pollinators' importance in coffee production in Uganda, *Agricultural Sciences*, 2(3), 318-333. <https://doi.org/10.4236/as.2011.23043>
- Munyuli, T., (2013), Pollinator biodiversity in Uganda and in Sub-Sahara Africa: Landscape and habitat management strategies for its conservation, *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 3(11), 551-609. <http://www.academicjournals.org/journal/IJBC/article-abstract/42E1C6A41272>
- Munyuli, T., (2014), Social and Ecological Drivers of the Economic Value of Pollination Services Delivered to Coffee in Central Uganda, *Journal of Ecosystems*, 17(8), 1-23. <https://doi.org/10.1155/2014/298141>
- Mwebaze, P., Marris, G. C., Brown, M., MacLeod, A., Jones, G., & Budge, G. E., (2018), Measuring public perception and preferences for ecosystem services: A case study of bee pollination in the UK, *Land Use Policy*, 71(11), 355-362. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.045>
- Mwebaze, P., Potts, G., Breeze, T. D., & Macleod, A., (2010), Quantifying the Value of Ecosystem Services: a Case Study of Honeybee Pollination in the Uk, *Land Use Policy*, 61(2), 1-25.
- Nwofoke, C., Onyenekwe, S. C., & Agbo, F. U., (2017), Willingness to Pay (WTP) for an Improved Environmental Quality in Ebonyi State, Nigeria, *Journal of Environmental Protection*, 8(2), 131-140. <https://doi.org/10.4236/jep.2017.82011>
- Obeng, E. A., Obiri, B. D., Oduro, K. A., Pentsil, S., Anglaaere, L. C., Foli, E. G., & Ofori, D. A., (2020), Economic value of non-market ecosystem services derived from trees on cocoa farms, *Environmental Sustainability*, 2 (9), 100-119. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100019>
- Olschewski, R., Tschardtke, T., Benítez, P. C., Schwarze, S., & Klein, A. M., (2006), Economic evaluation of pollination services comparing coffee landscapes in Ecuador and Indonesia, *Ecology and Society*, 11(1), 1-15. <https://doi.org/10.5751/ES-01629-110107>
- Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P. D., Howlett, B. G., Winfree, R., Cunningham, S. A., Mayfield, M. M., Arthur, A. D., Andersson, G. K. S., Bommarco, R., Brittain, C., Carvalheiro, L. G., Chacoff, N. P., Entling, M. H., Foully, B., Freitas, B. M., Gemmill-Herren, B., Ghazoul, J., ... Woyciechowski, M., (2016), Non-bee insects are important contributors to global crop pollination, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(1), 146-151. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517092112>
- Rami Reddy, P. V., (2020), Mexican creeper, *Antigonon leptopus* hook. And arn: An effective bee forage plant to conserve honey bees, *Journal of Horticultural Sciences*, 15(2), 225-228. <https://doi.org/10.24154/jhs.v15i2.953>
- Rasiska, S., (2022), Innovation Development of Coffee Berry Borrer (*Hypothenemus hampei* Ferr.) Pest Control

- Asyifa, N., Wijayanti, P., dan Ismail, A. (2025). Nilai Ekonomi Jasa Penyerbukan pada Perkebunan Kopi Robusta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(1), 247-257, doi:10.14710/jil.23.1.247-257
- Technology and Their Effectiveness, *Journal of Plant Protection*, 4(2), 62-72. <https://doi.org/10.24198/cropsaver.v4i2.36257>
- Regmi, A., Grebner, D. L., Willis, J. L., & Grala, R. K., (2022), Sawmill Willingness to Pay Price Premiums for Higher Quality Pine Sawtimber in the Southeastern United States, *Forests*, 13(5), 1-15 <https://doi.org/10.3390/f13050662>
- Ricketts, T. H., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., & Michener, C. D., (2004), Economic value of tropical forest to coffee production, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(34), 115-125. <https://doi.org/10.1073/pnas.0405147101>
- Rigal, C., Xu, J., Hu, G., Qiu, M., & Vaast, P., (2020), Coffee production during the transition period from monoculture to agroforestry systems in near optimal growing conditions, in Yunnan Province, *Agricultural Systems*, 177(8), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102696>
- Rosniar, N., Perdana, I., & Hamama, S. F., (2019), Klasifikasi Jenis Serangga dan Peranannya pada Tanaman Kopi di Kampung Kenawat – Bener Meriah. *Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu UNAYA*, 6(12), 264-272.
- Rostaman, & Prakoso, B., (2020), Response of Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampaei*) to Alcohol-Based Attractants on Coffee Crops in Banjarnegara, Indonesia, *Iccessi*, 8(7), 25-28. <https://doi.org/10.2991/absr.k.200513.004>
- Sabir, A., (2011), Influences of self- and cross-pollinations on berry set, seed characteristics and germination progress of grape (*Vitis vinifera* cv. Italia), *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(4), 591-594.
- Sahat, S. F., Nuryartono, N., & Hutagaol, M. P., (2018), Analysis of Coffee Export Development in Indonesia, *Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan Pembangunan*, 5(1), 63-89.
- Salles, J., & Gallai, N., (2021), Economics of pollination in drylands : Farmers ' and consumers ' per spectives in a middle-income country, *Tropical Conservation Science*. 4(5), 205-273.
- Sinta, N. M., Alamsyah, Z., & Elwamendri, E., (2018), Analisis Daya Saing Ekspor Kopi Indonesia Dan Vietnam Di Pasar Asean, *Jurnal Ilmiah Sosio-Ekonomika Bisnis*, 20(1), 152-162. <https://doi.org/10.22437/jiseb.v20i1.5028>
- Stout, J. C., Murphy, J. T., & Kavanagh, S., (2019), Assessing Market and Non-market Values of Pollination Services in Ireland (Pollival), *EPA Research Programme*, 291(7). 146-151.
- Toiba, H., Nugroho, T. W., Retnoningsih, D., & Rahman, M. S., (2020), Food system transformation and its impact on smallholder farmers' income and food security in Indonesia. *Cogent Economics and Finance*, 8(1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/23322039.2020.1854412>
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S. A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Hölscher, D., Jührbandt, J., Kessler, M., Perfecto, I., Scherber, C., Schroth, G., Veldkamp, E., & Wanger, T. C., (2011), Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - A review, *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 619-629. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x>
- Vega, F. E., Infante, F., & Johnson, A. J., (2015), The Genus *Hypothenemus*, with Emphasis on *H. hampei*, the Coffee Berry Borer, *Biology and Ecology of Native and Invasive Species* 18(71), 427-494. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00011-3>
- Wijayanto, H. W., Lo, K. A., Toiba, H., & Rahman, M. S., (2022), Does Agroforestry Adoption Affect Subjective Well-Being? Empirical Evidence from Smallholder Farmers in East Java, Indonesia, *Sustainability (Switzerland)*, 14(16), 1-10. <https://doi.org/10.3390/su141610382>
- Winfree, R., Gross, B. J., & Kremen, C., (2011), Valuing pollination services to agriculture, *Ecological Economics*, 71(6), 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.08.001>
- Zhunosova, E., Ahimbisibwe, V., Sen, L. T. H., Sadeghi, A., Toledo-Aceves, T., Kabwe, G., & Günter, S., (2022), Potential impacts of the proposed EU regulation on deforestation-free supply chains on smallholders, indigenous peoples, and local communities in producer countries outside the EU, *Forest Policy and Economics*, 143(7), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102817>