

Volume 9 Nomor 2 Tahun 2025  
A g u s t u s 2 0 2 5

# JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

*(Journal of Environmental Sustainability Management)*

Jurnal ini dikelola oleh :  
Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) se-Indonesia dan  
Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) IPB University

**Sekretariat Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB)**

Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH-IPB) Lantai 4  
Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262, 8621085; Fax. 0251 – 8622134

Homepage jurnal : <https://journal.bkpsl.org/index.php/jplb>

E-mail : [jplb@bkpsl.org](mailto:jplb@bkpsl.org) // [jurnalbkpsl@gmail.com](mailto:jurnalbkpsl@gmail.com)

# **JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN (JPLB)/ *Journal of Environmental Sustainability Management (JESM)***

## **Penanggung Jawab**

Ketua Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) se-Indonesia

## **Dewan Editor**

*Lingkungan Geofisik dan Kimia*

Prof. Tjandra Setiadi, Ph.D (ITB)

Dr. M. Pramono Hadi, M.Sc (UGM)

*Lingkungan Sosial dan Humaniora*

Prof. Dr.Ir. Emmy Sri Mahreda, M.P (ULM)

Andreas Pramudianto, S.H., M.Si (UI)

*Lingkungan Biologi (Biodiversity)*

Prof. Dr. Okid Parama Astirin, M.S (UNS)

Dr. Suwondo, M.Si (Unri)

*Kesehatan Masyarakat dan Kesehatan Lingkungan*

Dr. Drs. Suyud Warno Utomo, M.Si (UI)

Dr. Indang Dewata, M.Sc (UNP)

*Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*

Dr. Ir. Agus Slamet, DiplSE, M.Sc (ITS)

Dr. Ir. Sri Utami, M.T (UB)

## **Ketua Editor Pelaksana**

Prof. Dr. Ir. Hefni Effendi, M.Phil (IPB)

## **Asisten Editor**

Gatot Prayoga, S.Pi (IPB)

Fikri Sakti Firmansyah, S.Hut (IPB)

Lasriama Siahaan, S.Si, M.Si (IPB)

Jauhar Zainalarifin, S.Pi (IPB)

## **Sekretariat**

Dra. Nastiti Karliansyah, M.Si (UI)

## **Alamat Redaksi**

*Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB)*

Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH-IPB) Lantai 4

Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262, 8621085; Fax. 0251 – 8622134

Homepage jurnal : <https://journal.bkpsl.org/index.php/jplb>

<https://journal.bkpsl.org/index.php/jplb>

E-mail : [jplb@bkpsl.org](mailto:jplb@bkpsl.org) / [jurnalbkpsl@gmail.com](mailto:jurnalbkpsl@gmail.com)

Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) se-Indonesia bekerjasama dengan Pusat Penelitian Lingkungan, IPB *University* (PPLH-IPB) mengelola bersama penerbitan JPLB sejak tahun 2017, dengan periode terbit tiga nomor per tahun. Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB) menyajikan artikel ilmiah mengenai pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan dari segala aspek. Setiap naskah yang dikirimkan ke Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan ditelaah oleh mitra bestari.

## **Analisis karbon operasional di Kampus IPB Dramaga**

### ***Analysis of operational carbon at IPB Dramaga Campus***

Heriansyah Putra<sup>1,2,3\*</sup>, Erizal<sup>3</sup>, Mohammad Yanuar Jarwadi Purwanto<sup>3</sup>, Satyanto Krido Saptomo<sup>3</sup>, Ibnul Qayim<sup>2</sup>, Anisa Dwi Utami<sup>2</sup>, Zainab Ramadhanis<sup>3</sup>, Hana Khoirunnisa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Program Profesi Insinyur, IPB University, Bogor, Indonesia

<sup>2</sup>Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan, IPB University, Bogor, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Indonesia

#### **Abstrak.**

Upaya menuju kampus yang netral karbon merupakan tujuan penting bagi universitas yang ingin berkontribusi pada upaya keberlanjutan global. Sebagai salah satu universitas terbesar di Indonesia, IPB University telah menetapkan visi keberlanjutan sebagai tujuan jangka panjang. Penelitian ini mengkaji karbon operasional di Kampus IPB Dramaga selama tahun 2022 hingga 2024 yang bersumber dari kegiatan transportasi dan konsumsi energi listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon operasional kampus meningkat dari 9.439 menjadi 15.937 ton CO<sub>2</sub>eq atau 69% selama periode 2022–2024. Peningkatan konsumsi listrik berkontribusi signifikan terhadap produksi karbon, yaitu sebesar 53%, dari 10.557.427 kWh pada tahun 2022 menjadi 16.156.871 kWh pada tahun 2024. Selain itu, peningkatan jumlah mobil dan sepeda motor yang masuk ke kampus juga berkontribusi pada peningkatan karbon operasional, dengan jumlah harian mobil dan sepeda motor yang masuk ke kampus meningkat dari 755 mobil dan 2.803 motor pada tahun 2022 menjadi 2.950 mobil dan 12.128 motor pada tahun 2024. Kesimpulannya, manajemen karbon operasional, termasuk penggunaan energi terbarukan dan transportasi ramah lingkungan, perlu dilakukan untuk memastikan bahwa target keseimbangan karbon IPB University tahun 2030 dapat tercapai.

Kata kunci: Perubahan iklim, konsumsi energi, transportasi, karbon operasional, berkelanjutan

#### **Abstract.**

*The pursuit of a carbon-neutral campus is a critical goal for universities aiming to contribute to global sustainability efforts. As one of the largest universities in Indonesia, IPB University has stated a vision of sustainability as a long-term goal. This study examines the operational carbon at the IPB Dramaga Campus during 2022 to 2024, contribution of transportation aspect and energy consumption. The results show that the operational campus increases from 9,439 to 15,937 tons CO<sub>2</sub>eq or 69% during 2022-2024. The increase in electricity consumption of 53% significantly contributes to carbon production from 10,557,427 kWh to 16,156,871 kWh in 2022 to 2024, respectively. In addition, the increase in the number of cars and motorbikes entering the university also contributes to the increase in operational carbon, with the daily number of cars and motorbikes entering the university increasing from 755 cars and 2,803 motorbikes in 2022 to 2,950 cars and 12,128 motorbikes in 2024. In conclusion, the management of operational carbon, including the use of renewable energy and green transportation, should be addressed to ensure that the target of the carbon balance of the 2030 IPB University can be realized.*

*Keywords: climate changes, energy consumption, transportation, operational carbon, sustainability*

## **1. PENDAHULUAN**

Pemanasan global yang terjadi akibat meningkatnya suhu rata-rata atmosfer telah menjadi salah satu isu lingkungan yang paling mendesak saat ini. Fenomena ini berkontribusi langsung terhadap perubahan iklim yang semakin tidak menentu. Salah satu faktor utama yang mempercepat perubahan iklim adalah peningkatan emisi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) (Erickson 2017; SDSN *et al.* 2022).

---

\* Korespondensi Penulis  
Email : [heriansyahptr@apps.ipb.ac.id](mailto:heriansyahptr@apps.ipb.ac.id)

Pada tahun 2015 ditandatangani *Paris Agreement* oleh 193 negara, termasuk Indonesia yang menetapkan tujuan jangka panjang untuk secara substansial mengurangi emisi gas rumah kaca global untuk membatasi kenaikan suhu global pada abad ini hingga 2°C, sambil terus berupaya membatasi kenaikan tersebut lebih jauh lagi menjadi 1,5°C (UNFCCC 2015; SDSN et al. 2022). Dalam menghadapi tantangan ini, berbagai institusi, termasuk perguruan tinggi, memiliki peran strategis dalam mengurangi jejak karbon dan mendukung mitigasi perubahan iklim (ESOEC 2022; Harvard University 2022; SDSN et al. 2022; Western Sydney University 2022; BPKB 2024a).

IPB University sebagai salah satu kampus terbaik di Indonesia memiliki visi untuk menjadi kampus berkelanjutan seperti yang tertera pada Rencana Strategis IPB (IPB 2024). Berbagai kebijakan telah dikeluarkan untuk mendukung visi keberlanjutan, mulai dari penyusunan Masterplan kampus dengan konsep *green campus*, deklarasi IPB sebagai Kampus Biodiversitas, dan diterbitkannya komitmen Rektor untuk pencapaian *carbon neutral* 2030 (IPB 2015a; IPB 2020; Satria et al. 2023). Mengacu pada motto IPB "*Inspiring Innovation with Integrity in Agriculture, Ocean, Biosciences for a Sustainable World*" dan Visi IPB 2024-2028, yaitu "Menjadi perguruan tinggi inovatif dan resilien untuk kemajuan bangsa yang berkelanjutan dalam membangun *techno-socio entrepreneurial university* yang unggul di tingkat global pada bidang pertanian, kelautan, biosains tropika", *sustainable campus* menjadi perhatian penting dalam pengembangan IPB (IPB 2024).

Pengembangan Infrastruktur kampus, akademik dan non-akademik perlu direncanakan sedemikian rupa untuk mewujudkan tujuan IPB menjadi kampus berkelanjutan (Pilon et al. 2020; Satria et al. 2023). IPB University telah menunjukkan pencapaian signifikan dalam berbagai pemeringkatan keberlanjutan, meliputi *UI Green Metric World University Ranking* (UIGM-WUR), *SDGs Action Awards*, dan *QS Sustainability* (BPKB 2024b). Dalam pemeringkatan *UI GreenMetric* 2024, IPB berhasil meraih posisi ke-29 dunia, yang menunjukkan dedikasinya terhadap pengelolaan lingkungan dan inisiatif kampus hijau. Selain itu, dari tahun 2022 hingga 2024, IPB University diakui sebagai universitas terbaik pertama dalam *SDGs Action Awards* yang diselenggarakan oleh Bappenas.

Selain itu, IPB juga menduduki peringkat 405 dalam QS *World University Rankings: Sustainability*, yang menegaskan komitmennya untuk mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dalam praktik akademik, penelitian, dan operasionalnya. Capaian ini mencerminkan peran IPB University sebagai institusi terkemuka yang secara aktif mempromosikan keberlanjutan dalam pendidikan tinggi, mendorong inovasi, dan menginspirasi universitas lain untuk mengadopsi praktik berkelanjutan (BPKB 2024c; BPKB 2024b; UIGM-WUR 2024b).

Berdasarkan laporan UI *GreenMetric* WUR, capaian IPB University mengalami peningkatan signifikan dalam 3 tahun terakhir, baik dari total penilaian maupun peringkat dunia. Pada tahun 2022, IPB meraih peringkat 35 dunia dengan skor 8.685, tahun 2023 meraih peringkat 34 dunia dengan skor 8.825 dan pada tahun 2024 meraih peringkat 29 dengan skor 8.900 (UIGM-WUR 2024b). Secara rata-rata, capaian IPB telah mencapai 85% dari nilai maksimal, kecuali pada indikator pengelolaan energi dan perubahan iklim (*energy and climate changes*, EC) yang mendapatkan penilaian 73,81%. Indikator ini meliputi konsumsi energi, penggunaan energi terbarukan, dan karbon operasional kampus IPB. Karbon operasional kampus didefinisikan sebagai total emisi yang dihasilkan aktivitas/operasional kampus dari 2 *scope* yaitu konsumsi energi listrik dan transportasi (UIGM-WUR 2024a).

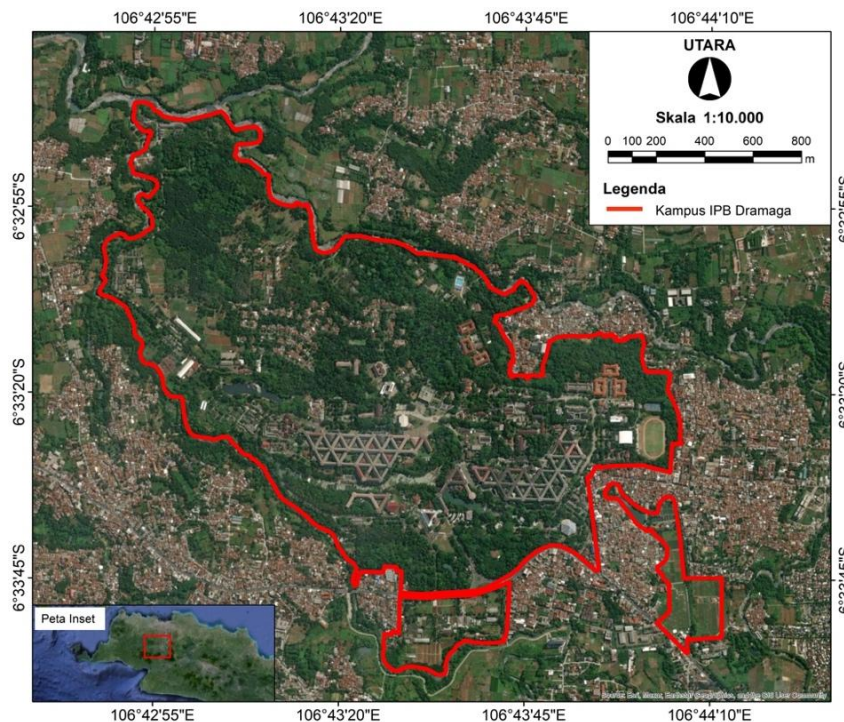
Peningkatan konsumsi listrik dan kegiatan transportasi merupakan kontributor signifikan terhadap emisi karbon, yang sebagian besar dipicu oleh ketergantungan pada bahan bakar fosil dan pembangkit energi konvensional. Penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa penggunaan listrik merupakan sumber utama emisi CO<sub>2</sub>, sering kali melebihi emisi yang berasal dari transportasi. Naderipour *et al.* (2021) melaporkan bahwa penggunaan listrik di Universiti Teknologi Malaysia menyumbang 19,37% dari total emisi (Naderipour *et al.* 2021). Selain itu, di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi, penggunaan listrik menghasilkan emisi setara 100,29 ton CO<sub>2</sub> eq. Secara umum, di Universitas Jambi, kegiatan transportasi menyumbang karbon sebesar 443,64 ton CO<sub>2</sub>eq (Nurhayat dan Handika 2019). Data serupa ditunjukkan di ITERA, bahwa kegiatan transportasi menyumbang 28,2% dari total emisi (Sari *et al.* 2021). Selain itu, Abdul-Azeez dan Ho (2015) juga melaporkan bahwa di Universiti Teknologi Malaysia, kendaraan komuter merupakan sumber utama emisi sektor transportasi.

Berbagai upaya dilakukan IPB University untuk mewujudkan visi sebagai kampus berkelanjutan, khususnya pada indikator pengelolaan energi dan perubahan iklim, seperti disusunnya dokumen evaluasi lingkungan hidup (DELH) IPB (IPB 2015b), dilakukannya perhitungan *carbon footprint* kampus (PPLH 2019) dan diterbitkannya SK Rektor tentang komitmen pencapaian Netral Karbon 2030 (IPB 2020; Putra et al. 2024). Selain itu, penyusunan Masterplan pengembangan kampus IPB juga dilakukan oleh IPB University untuk mengontrol pembangunan infrastruktur kampus yang juga dapat berpengaruh pada konsumsi energi listrik (BPKB 2024c). Penelitian ini bertujuan menganalisis karbon operasional di Kampus IPB Dramaga yang bersumber dari konsumsi energi listrik dan kegiatan transportasi selama 3 tahun terakhir, kontribusi energi yang terbesar dan pengaruh perubahan jumlah civitas kampus serta memberikan rekomendasi upaya yang dapat dilakukan untuk mewujudkan IPB *sustainability campus*, khususnya dalam rangka mewujudkan komitmen IPB dalam mencapai Netral Karbon Tahun 2030.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kampus IPB Dramaga, Jl. Babakan, Kec. Dramaga, Kab. Bogor, Jawa Barat, seperti ditampilkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian di Kampus IPB Dramaga, Kabupaten Bogor

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data jumlah civitas di Kampus IPB Dramaga, meliputi mahasiswa, dosen dan tenaga kependidikan, jumlah dan jenis kendaraan yang keluar - masuk kampus, konsumsi energi listrik, serta penggunaan sumber energi terbarukan di kampus IPB Dramaga selama 3 tahun terakhir, mulai dari tahun 2022-2024. Prosedur penelitian dimulai dengan pengumpulan data yang bersumber dari dokumen terkait meliputi laporan tahunan unit penanggung jawab kegiatan, dashboard.ipb.ac.id, publikasi terkait, dan survei lapangan. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini ditampilkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Data yang dibutuhkan dalam penelitian.

No	Data	Sumber
1	Jumlah mahasiswa	DAPPMB
2	Jumlah dosen	Direktorat Sumberdaya Manusia (SDM)
3	Jumlah tenaga kependidikan	Direktorat SDM
4	Jumlah motor yang keluar-masuk kampus	DUI/Dashboard.ipb.ac.id
5	Jumlah mobil yang keluar-masuk kampus	DUI/Dashboard.ipb.ac.id
6	Jumlah kendaraan listrik yang keluar-masuk kampus	Survei lapangan
7	Tagihan dan konsumsi listrik PLN	DUI/Dashboard.ipb.ac.id
8	Konsumsi energi terbarukan	Survei lapangan

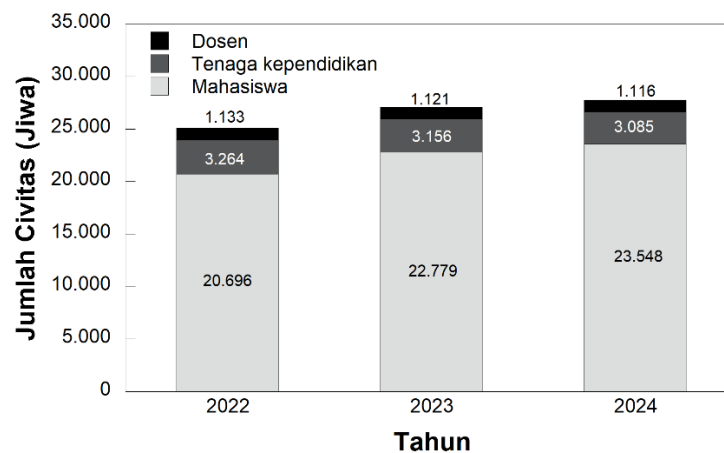
## 2.2. Prosedur analisis data

Analisis data dilakukan dengan mengevaluasi perubahan jumlah civitas Kampus IPB Dramaga, meliputi mahasiswa, dosen dan tenaga kependidikan dan dampaknya pada penggunaan transportasi dan konsumsi listrik di kampus. Data transportasi dan konsumsi energi digunakan untuk menghitung karbon yang dihasilkan, selanjutnya digabung menjadi karbon operasional. Perhitungan karbon operasional mengacu pada PerMenLH Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara DI Daerah dan panduan UI *Greenmetric World University Ranking* (Permen LH 2010; UIGM-WUR 2024a). Selain itu, perubahan karbon yang dihasilkan setiap sumber yang dikaji juga dianalisis pada penelitian ini untuk memperoleh besaran kontribusi tiap sumber karbon, sehingga dapat disusulkan upaya perbaikan yang perlu dilakukan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Civitas Kampus IPB Dramaga

Pertumbuhan mahasiswa di IPB Kampus IPB Dramaga mengalami perubahan dari tahun ke tahun. Penelitian ini menggunakan data civitas IPB Dramaga meliputi mahasiswa program S1, S2, dan S3 yang lokasinya program studinya berada di Kampus IPB Dramaga, dosen, dan tenaga pendidik yang memiliki *homebase* di Kampus IPB Dramaga. Perubahan jumlah civitas IPB di Kampus IPB Dramaga selama rentang tahun 2022 sampai 2024 ditampilkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Perubahan jumlah civitas Kampus IPB Dramaga tahun 2022 – 2024.

**Gambar 2** menunjukkan bahwa jumlah civitas Kampus IPB Dramaga mengalami kenaikan setiap tahunnya. Secara total kenaikan jumlah civitas IPB mencapai 10% atau dari 25.093 pada tahun 2022 menjadi 27.749 jiwa pada tahun 2024. Pertumbuhan jumlah mahasiswa menjadi kontributor tertinggi pada peningkatan jumlah civitas ini, yaitu dari 20.696 menjadi 23.548 mahasiswa atau meningkat sebesar 14%. Pertumbuhan civitas ini sejalan dengan kebijakan IPB yang tertuang dalam Rencana Strategis 2024 - 2028 yaitu meningkatkan jumlah mahasiswa setiap tahunnya, dengan proyeksi total mahasiswa mencapai 43.773 jiwa pada tahun 2028 (IPB 2024).

Kehadiran mahasiswa dalam sebuah institusi memiliki dampak positif dalam mendukung prestasi akademik. Dengan jumlah mahasiswa yang banyak, kampus dapat meningkatkan pendapatan dari biaya kuliah dan sumber daya lainnya (Satria *et al.* 2023). Pendapatan tambahan tersebut dapat diinvestasikan kembali untuk meningkatkan fasilitas dan program akademik, sehingga meningkatkan prestasi mahasiswa secara keseluruhan. Kualitas luaran sebuah institusi pendidikan, yang



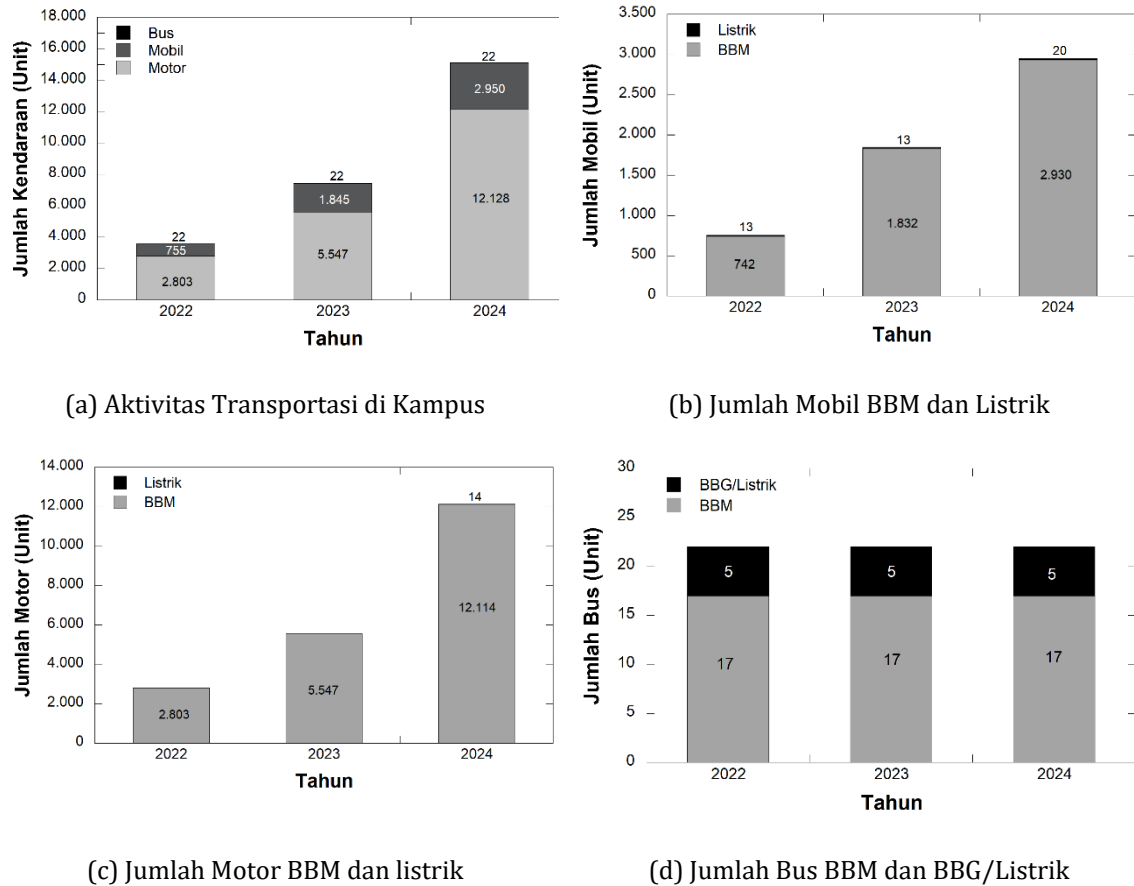
diwakili oleh mahasiswa, menjadi salah satu faktor utama dalam membangun reputasi baik institusi tersebut. Oleh karena itu, menjaga kualitas pendidikan dan pengalaman belajar mahasiswa menjadi sangat penting untuk mempertahankan reputasi universitas yang baik. Reputasi merupakan hal yang penting dalam konteks institusi pendidikan, karena reputasi yang baik membawa berbagai keuntungan bagi institusi tersebut, termasuk pandangan positif dari masyarakat. Seiring dengan keberagaman universitas di seluruh negeri, sejumlah institusi pendidikan tinggi telah berhasil menonjol dan dikenal sebagai kampus dengan jumlah mahasiswa terbanyak di Indonesia (Imanudin dan Samuel 2016).

### 3.2. Aktivitas transportasi di Kampus IPB Dramaga

Aktivitas transportasi di Kampus IPB Dramaga diperoleh dari *Dashboard Sustainability* yang dikembangkan oleh Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan (BPKB) bersama Direktorat Umum dan Infrastruktur (DUI) dengan dukungan Lembaga Manajemen Informasi dan Transformasi Digital (LMITD) IPB University (BPKB 2024b). *Dashboard* ini mencatat secara *realtime* setiap kendaraan yang keluar-masuk melalui gerbang Kampus IPB. Adanya gerbang (*gate*) khusus mobil dan motor yang terpisah, menghasilkan data jumlah motor dan mobil jenis kendaraan yang terpisah. Adapun, data kendaraan listrik diperoleh melalui survei yang dilakukan kepada civitas IPB tentang perilaku berkendara. Aktivitas kendaraan pada tahun 2022-2024 ditampilkan pada **Gambar 3**. Pada **Gambar 3(a)** menunjukkan adanya peningkatan signifikan jumlah kendaraan rata-rata yang masuk ke Kampus IPB Dramaga setiap harinya, yaitu dengan pertumbuhan kendaraan sebesar 105% per tahun, dari 3.580 kendaraan pada tahun 2022, meningkat menjadi 7.414 pada tahun 2023 dan 15.100 kendaraan pada tahun 2024. Peningkatan ini secara merata terjadi pada dua jenis kendaraan, yaitu mobil dan motor.

Pada tahun 2022, jumlah mobil yang masuk setiap harinya mencapai 755 mobil, jumlah ini meningkat menjadi 1.845 pada tahun 2023 dan 2.950 pada tahun 2024 (**Gambar 3(b)**). **Gambar 3(c)** juga menunjukkan peningkatan signifikan penggunaan motor di lingkungan kampus IPB Dramaga. Pada tahun 2022, jumlah motor yang masuk setiap harinya mencapai 2.803 motor dan meningkat dua kali lipat pada tahun 2023 menjadi 5.547 dan 12.128 pada tahun 2024. Sementara itu, penggunaan bus kampus tidak mengalami perubahan dalam 3 tahun terakhir dengan yaitu 22 bus

(Gambar 3(d)). Selain itu, Gambar 3 juga menunjukkan adanya penambahan jenis kendaraan yang ramah lingkungan, baik motor maupun mobil listrik. Pada tahun 2024 tercatat sebanyak 20 mobil listrik, 14 motor listrik dan 5 bus berbahan bakar gas (BBG) yang keluar-masuk Kampus IPB Dramaga.



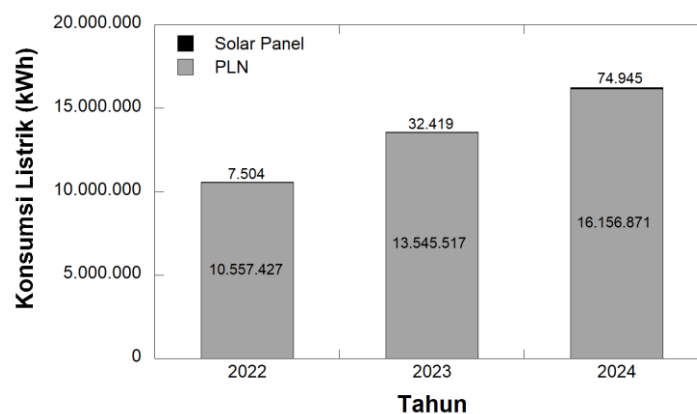
Gambar 3. Aktivitas transportasi Kampus IPB Dramaga tahun 2022-2024.

Kondisi ini jauh lebih besar dibandingkan pertumbuhan jumlah mahasiswa IPB yang hanya sebesar 14%. Selain itu, adanya kebijakan terkait dengan kewajiban asrama bagi mahasiswa baru IPB juga berpengaruh pada jumlah kendaraan yang masuk ke IPB. Pandemi COVID-19 menyebabkan keluarnya kebijakan pembatasan jumlah penghuni asrama tiap kamarnya, sehingga kapasitas asrama menjadi tidak mampu untuk menampung semua mahasiswa baru IPB, sehingga kewajiban masuk asrama yang sebelumnya berlaku bagi setiap mahasiswa baru menjadi opsional tergantung pada kapasitas kamar (BPKB 2024d). Kondisi ini membuat sebagian besar mahasiswa IPB tinggal di sekitar kampus dan menggunakan transportasi pribadi ke kampus. Selain itu, belum optimalnya pelayanan bus menjadi alasan banyaknya mahasiswa menggunakan kendaraan pribadi.

Peningkatan jumlah kendaraan yang masuk ke kampus IPB dapat memicu berbagai permasalahan, seperti kemacetan, kurangnya lahan parkir, bahkan kecelakaan lalu lintas. Untuk itu perlu adanya upaya untuk manajemen transportasi di kampus IPB Dramaga. Berbagai upaya telah dilakukan, penataan lahan parkir, penambahan akses gerbang keluar-masuk IPB dan optimalisasi manajemen bus kampus sehingga dapat mengurangi penggunaan kendaraan pribadi (BPKB 2024a).

### 3.3. Konsumsi energi di Kampus IPB Dramaga

Data konsumsi energi di Kampus IPB Dramaga juga diperoleh dari *Dashboard Sustainability* yang merekap data konsumsi energi PLN setiap bulannya berdasarkan data tagihan listrik IPB. Selain itu, data energi terbarukan diperoleh dari setiap aplikasi solar panel yang digunakan pada setiap lokasi di Kampus IPB Dramaga. Konsumsi listrik pada tahun 2022-2024 ditampilkan pada **Gambar 4**.



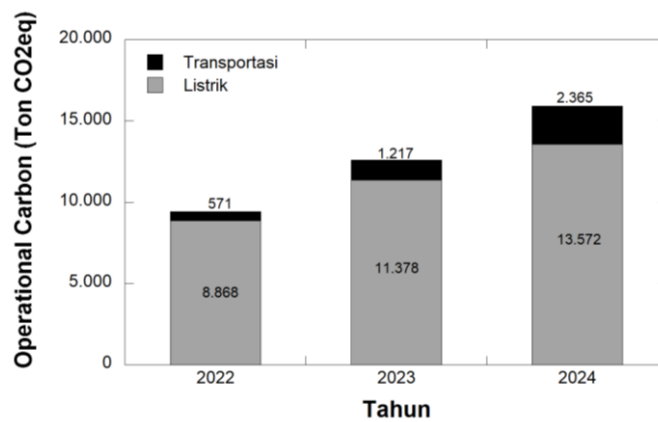
**Gambar 4.** Konsumsi energi di Kampus IPB Dramaga tahun 2022-2024.

**Gambar 4** menunjukkan terjadinya peningkatan konsumsi listrik selama 3 tahun terakhir, dengan pertumbuhan konsumsi energi sebesar 54% dari 10.564.932 kWh pada tahun 2022 menjadi 16.231.816 kWh pada tahun 2024. Konsumsi energi terbesar bersumber dari listrik PLN, yaitu lebih dari 99% dari total energi yang digunakan. Peningkatan konsumsi energi ini jauh lebih besar dibandingkan pertumbuhan jumlah civitas yang hanya 10%. Perubahan perilaku konsumsi energi juga dapat menjadi penyebab meningkatnya konsumsi energi yang terjadi dalam 3 tahun terakhir. Jika dibandingkan dengan jumlah civitas di Kampus IPB Dramaga, maka konsumsi listrik ini mengalami peningkatan yang signifikan, dari 421 kWh per civitas pada tahun 2022, meningkat menjadi 578 kWh per civitas pada tahun 2024. Hasil ini juga menunjukkan

bahwa peningkatan konsumsi energi tidak hanya diakibatkan oleh pertumbuhan mahasiswa secara langsung, tapi juga dapat terjadi secara tidak langsung dengan adanya pembangunan gedung untuk mendukung pertumbuhan mahasiswa tersebut. Pada rentang tahun 2022-2023, tercatat terjadinya peningkatan luasan bangunan sebesar 21,52 Ha atau 0,08% dari total area di kampus IPB Dramaga (Putra *et al.* 2024).

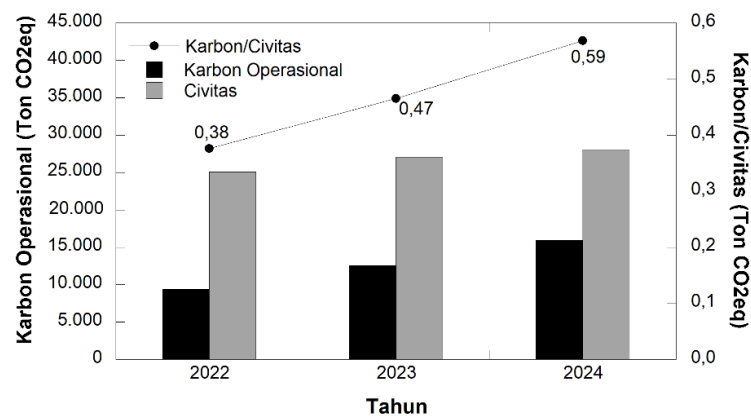
### 3.4. Karbon operasional

Peningkatan aktivitas kendaraan dan konsumsi energi di Kampus IPB Dramaga berdampak pada peningkatan operasional karbon yang dihasilkan. **Gambar 5** menunjukkan peningkatan Karbon operasional mulai tahun 2022-2024 dan kontribusi dari tiap parameternya. Hasil ini menunjukkan terjadi peningkatan operasional karbon sebesar 69% dari 9.439 menjadi 15.937 ton CO<sub>2</sub>eq dari tahun 2022-2024. Karbon yang dihasilkan dari konsumsi energi listrik meningkat dari 8.868 menjadi 13.572 ton CO<sub>2</sub>eq atau sebesar 53% dalam rentang tahun 2022 sampai 2024. Sementara itu, karbon operasional yang bersumber dari kendaraan mengalami peningkatan mencapai 3 kali lipat, yaitu dari 571 menjadi 2.365 ton CO<sub>2</sub>eq pada rentang tahun tersebut. Sumbangan karbon terbesar bersumber dari konsumsi energi listrik yaitu mencapai 94% pada tahun 2022, 90% pada tahun 2023 dan 86% pada tahun 2024. Kondisi ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di ITERA, Universitas Jambi, Universitas Pertamina, dan Universiti Teknologi Malaysia yang menyatakan bahwa karbon operasional yang dihasilkan dari konsumsi energi listrik jauh lebih besar dibandingkan dengan transportasi (Jain *et al.* 2017; Nurhayat dan Handika 2019; Ridhosari dan Rahman 2020; Kartika Sari *et al.* 2021; Naderipour *et al.* 2021).



**Gambar 5.** Karbon Operasional di Kampus IPB Dramaga tahun 2022-2024.

Jika dibandingkan dengan jumlah civitas IPB, maka, diketahui bahwa peningkatan karbon operasional jauh lebih besar dibandingkan dengan peningkatan jumlah civitas. **Gambar 6** menampilkan perubahan kontribusi operasional karbon per-individu di Kampus IPB Dramaga. Hasil ini menunjukkan bahwa karbon operasional individu mengalami peningkatan dari tahun 2022-2024. Karbon operasional per-civitas yang mengalami peningkatan sebesar 64% dari 0,35 ton CO<sub>2</sub>eq pada tahun 2022 menjadi 0,59 ton CO<sub>2</sub>eq pada tahun 2024. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan karbon yang terjadi tidak hanya disebabkan oleh pertumbuhan jumlah civitas IPB saja. kondisi ini dapat terjadi karena pertumbuhan jumlah civitas perlu diikuti oleh penambahan infrastruktur yang mendukung, sehingga perlu adanya pembangunan gedung baru yang berdampak pada peningkatan konsumsi energi listrik. Selain itu, pertumbuhan jumlah mahasiswa, kebijakan asrama dan perubahan perilaku konsumsi energi serta berkendara juga mengakibatkan produksi karbon juga mengalami peningkatan.



**Gambar 6.** Kontribusi karbon operasional individu tahun 2022 – 2024.

Operasional karbon individu yang dihasilkan dari kegiatan kampus di IPB University pada tahun 2024 lebih besar dibandingkan di Universitas Pertamina yang menghasilkan karbon sebesar 0,52 ton CO<sub>2</sub>eq ataupun di Universitas Jambi yang hanya memproduksi karbon sebesar 0,32 ton CO<sub>2</sub>eq per orangnya per tahun (Nurhayat dan Handika 2019; Ridhosari dan Rahman 2020). Namun, nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan operasional karbon individu yang diproduksi di Universiti Teknologi Malaysia yaitu sebesar 2,1 ton CO<sub>2</sub>eq per orangnya per tahun pada tahun 2011 (Naderipour *et al.* 2021) dan TERI University sebesar 0,72 ton CO<sub>2</sub>eq per orang per tahunnya (Jain *et al.* 2017).

Berbagai upaya telah dilakukan IPB untuk mengontrol peningkatan ini, seperti yang tertuang dalam Naskah Akademik dan Perencanaan Implementasi *Green Campus* IPB dan *IPB Sustainability Value*, salah satunya efisiensi energi dan rendah emisi dan *green* transportasi (IPB 2015a; IPB 2019; BPKB 2024a). Implementasi efisiensi energi dan rendah emisi dilakukan dengan melakukan pengurangan penggunaan energi listrik bersumber dari bahan bakar fosil (termasuk PLN) dan pengembangan sumber energi terbarukan seperti pembangkit listrik tenaga matahari (solar panel), tenaga air (mikrohidro) dan biogas untuk kepentingan kampus IPB Dramaga. Selain itu, penggunaan lampu hemat energi (lampu LED) di seluruh kawasan kampus untuk menggantikan lampu pijar dan neon, penggunaan *automatic sensor light* juga perlu dilakukan (IPB 2019).

Adanya peningkatan sumber energi terbarukan dari 0,07% menjadi 0,46% selama tahun 2022 sampai 2024, juga menunjukkan upaya positif yang dilakukan IPB untuk mendukung keberlanjutan energi di Kampus IPB Dramaga. Selain itu, diterbitkannya panduan pembangunan gedung di Kampus IPB Dramaga yang menyatakan bahwa pembangunan gedung baru harus memenuhi kaidah bangunan hijau (*green building*) juga menunjukkan komitmen IPB dalam mencapai lingkungan yang lebih sehat (BPKB 2024b).

IPB juga mengeluarkan berbagai aturan untuk mengontrol pertumbuhan kendaraan di lingkungan kampus, seperti diterbitkannya surat Keputusan Rektor Nomor 24/It3/Lk/2015 tentang Pembatasan Penggunaan Kendaraan, Jalan, dan Area Parkir di Lingkungan Kampus IPB Darmaga, adanya perencanaan parkir terpusat, manajemen bus kampus, penambahan gerbang masuk Kampus IPB Dramaga (IPB 2015a; IPB 2020; BPKB 2024d). Lebih lanjut, perubahan perilaku hemat energi dan penggunaan transportasi publik juga perlu digiatkan untuk mewujudkan visi IPB sebagai kampus berkelanjutan. Upaya ini dilakukan melalui pendekatan *life style*, yaitu dengan diterbitkannya Buku Panduan IPB *Sustainability Value* (IPB-SUV) dan *Sustainable Life Action* (SLA) (BPKB 2024e; BPKB 2024a).

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Karbon operasional di Kampus IPB Dramaga menunjukkan peningkatan yang signifikan, yaitu mencapai 69% atau dari 9.439 menjadi 15.937 ton CO<sub>2</sub>eq selama tiga tahun terakhir. Konsumsi listrik berkontribusi signifikan terhadap produksi karbon yang dihasilkan, dengan rata-rata kontribusi mencapai 90% dari total karbon yang dihasilkan. Penggunaan listrik mengalami peningkatan yang signifikan yaitu dari 10.557.427 kWh pada tahun 2022 menjadi 16.156.871 kWh pada tahun 2024. Selain itu, peningkatan jumlah mobil dan sepeda motor yang masuk ke kampus juga berkontribusi pada peningkatan karbon operasional, dengan jumlah harian mobil dan sepeda motor yang masuk ke kampus meningkat dari 755 mobil dan 2.803 motor pada tahun 2022 menjadi 2.950 mobil dan 12.128 motor pada tahun 2024. Sementara itu, peningkatan karbon operasional tiap civitas juga menunjukkan bahwa peningkatan karbon yang terjadi tidak secara langsung terjadi akibat peningkatan jumlah mahasiswa, tapi merupakan akibat dari kombinasi peningkatan civitas yang berdampak pada peningkatan kebutuhan infrastruktur dan pertumbuhan transportasi di kampus. Kesimpulannya, implementasi konsep efisiensi energi dan rendah emisi serta *green* transportasi perlu dilakukan untuk memastikan bahwa target keseimbangan karbon IPB University tahun 2030 dapat tercapai.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Azeez IA and Ho CS. 2015. Realizing low carbon emission in the University Campus towards energy sustainability. *Open Journal of Energy Efficiency*. 04(02):15–27. doi:10.4236/ojee.2015.42002.
- [BPKB] Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan IPB University. 2024a. IPB Sustainability Value. Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan IPB University. Bogor.
- [BPKB] Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan IPB University. 2024b. Achieving Sustainability IPB University Sustainability Report. Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan IPB University. Bogor.
- [BPKB] Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan IPB University. 2024c. Laporan Kinerja Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan 2024. Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan IPB University . Bogor.

- [BPKB] Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan IPB University. 2024d. IPB Dramaga University Town. Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan IPB University. Bogor.
- [BPKB] Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan IPB University. 2024e. Panduan Sustainable Life Actions. Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan IPB University. Bogor.
- Erickson LE. 2017. Reducing greenhouse gas emissions and improving air quality: Two global challenges. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 36(4):982–988. doi:10.1002/ep.12665.
- [ESOEC] Environmental Sustainability Office of Estate and Commercial. 2022. Emissions Reduction Strategy. Western Sydney University. Penrith.
- Harvard University. 2022. Harvard Sustainability Action-Plan. Harvard University. Cambridge.
- Imanudin SAA dan Samuel H. 2016. Pengaruh faktor mahasiswa dan faktor universitas terhadap prestasi akademik dan dampaknya terhadap reputasi Universitas Kristen Petra. *Petra Business and Management Review* 2(1):59–78.
- [IPB] Institut Pertanian Bogor. 2015a. SK Rektor IPB No 205/IT3/LK/2015 tentang Pelaksanaan Gerakan Green Campus 2020.
- [IPB] Institut Pertanian Bogor. 2015b. Dokumen Evaluasi Lingkungan Hidup (DELH). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [IPB] Institut Pertanian Bogor. 2019. Naskah Akademik dan Perencanaan Implementasi Green Campus IPB. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [IPB] Institut Pertanian Bogor. 2020. SK Rektor IPB No 298/IT3/LK/2020 tentang komitmen institut pertanian bogor dalam mencapai netral karbon tahun 2030.
- [IPB] Institut Pertanian Bogor. 2024. Rencana Strategis IPB University 2024-2028. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Jain S, Agarwal A, Jani V, Singhal S, Sharma P and Jalan R. 2017. Assessment of carbon neutrality and sustainability in educational campuses (CaNSEC): a general framework. *Ecological Indicators* 76:131–143. doi:10.1016/j.ecolind.2017.01.012.



- Naderipour A, Abdul-Malek Z, Arshad RN, Kamyab H, Chelliapan S, Ashokkumar V and Tavalaei J. 2021a. Assessment of carbon footprint from transportation, electricity, water, and waste generation: towards utilisation of renewable energy sources. *Clean Technologies and Environmental Policy* 23(1):183–201. doi:10.1007/s10098-020-02017-4.
- Nurhayat N dan Handika RA. 2019. Prediksi jejak karbon Fakultas Sains dan Teknologi Kampus Pinang Masak Universitas Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan* 2(2):51. doi:10.33087/daurling.v2i2.27.
- PerMenLH (Peraturan Menteri dalam Negeri) Nomor 12 Tahun 2010 tentang pelaksanaan pengendalian pencemaran udara di daerah.
- Pilon A, Madden J, Tansey J and Metras J. 2020. *Campus as a living lab: creating a culture of research and learning in sustainable development*. Emerald Publishing Limited. Bingley.
- [PPLH] Pusat Penelitian Lingkungan Hidup. 2019. Laporan perhitungan jejak karbon Kampus IPB Darmaga. Bogor [internet]. Tersedia di: [https://sustainability.ipb.ac.id/wp-content/uploads/2024/11/PPLH\\_Carbon-Foot-Print-Laporan-CFP-12-Des-2020Final-1.pdf](https://sustainability.ipb.ac.id/wp-content/uploads/2024/11/PPLH_Carbon-Foot-Print-Laporan-CFP-12-Des-2020Final-1.pdf)
- Putra H, Hidayat FR, Sutoyo S, Qayim I, Utami AD and Slamet AS. 2024. Managing green space to achieve sustainability of infrastructure at IPB University. *Journal of Sustainability Perspectives* 4(1):39–51. doi:10.14710/jsp.2024.24790.
- Ridhosari B and Rahman A. 2020. Carbon footprint assessment at Universitas Pertamina from the scope of electricity, transportation, and waste generation: Toward a green campus and promotion of environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production* 246. doi:10.1016/j.jclepro.2019.119172.
- Sari NK, Gusvita R and Puradimaja DJ. 2021. The carbon footprint estimation based on campus activities in ITERA (Institut Teknologi Sumatera). *Journal of Sustainability Perspectives* 1:431-438.
- Satria A, Slamet AS, Kosasih A, Purwito A, Siregar IZ and Putra H. 2023. Campus setting as living labs: lessons from IPB University, Bogor, Indonesia. *Journal of Sustainability Perspectives (Special Issue)*: 257–262. doi:10.14710/jsp.2023.20712.

- [SDSN] Sustainable Development Solutions Network. 2022. Net Zero on Campus . Climateworks Centre, Monash University. New York.
- [UIGM-WUR] UI Greenmetric Guideline – World University Rankings. 2024a. UI Greenmetric [internet]. Tersedia di: [https://greenmetric-ui-ac-id.translate.goog/publications/guidelines/2024/english?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=id&\\_x\\_tr\\_hl=id&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://greenmetric-ui-ac-id.translate.goog/publications/guidelines/2024/english?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc)
- [UIGM-WUR] UI Greenmetric Guideline – World University Rankings. 2024b. UI Green Metric Ranking 2024 [internet]. <https://greenmetric.ui.ac.id/rankings/overall-rankings-2024>.
- [UNFCCC] United Nations Framework Convention on Climate Change. 2015. Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change. New York.
- Western Sydney University. 2022. Unlocking Impact Sustainability Report. Unlocking Impact Sustainability. Penrith.

## Eksistensi mitos Onggoloco: rekayasa sosial dalam menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi

### *The existence of the Onggoloco myth: a social engineering in maintaining the sustainability of the Wonosadi Forest*

Ardi Setiawan<sup>1\*</sup>, Cut Sarah Aulia Nanda<sup>1</sup>, Ikhda Annisa<sup>1</sup>, Meti Ekayani<sup>1</sup>, Paskalia Yati<sup>1</sup>, Muh. Syabrill Diandra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Matematika, IPB University, Bogor, Indonesia

#### **Abstrak.**

Hutan Wonosadi merupakan salah satu hutan adat yang masih terjaga di Yogyakarta, dikenal dengan mitos Onggoloco yang berkaitan erat dengan kearifan lokal masyarakat dalam menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi. Tujuan riset adalah menganalisis faktor yang memengaruhi kepercayaan masyarakat terhadap mitos Onggoloco, menganalisis eksistensi dan efektivitas mitos terhadap keberlanjutan hutan dan merumuskan kebijakan dalam bentuk rekayasa sosial dalam menjaga eksistensi mitos dalam membantu menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi. Riset ini menggunakan *mixed method* dengan metode analisis regresi logistik, *gap analysis* dan *stakeholder analysis*. Hasil riset menunjukkan bahwa pengetahuan tentang mitos merupakan faktor yang paling berpengaruh memengaruhi kepercayaan terhadap mitos. Mitos Onggoloco masih eksis hingga kini dan efektif dalam menjaga kelestarian hutan. Oleh sebab itu, diperlukan kebijakan dalam menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi, seperti memasukkan pengetahuan mengenai mitos Onggoloco pada kurikulum sekolah dasar, mengembangkan *edutourism* ekowisata dan merumuskan ketentuan dalam mitos menjadi peraturan desa.

Kata kunci: hutan adat, kearifan lokal, keberlanjutan, mitos, rekayasa sosial

#### **Abstract.**

*Wonosadi Forest is one of the preserved traditional forests in Yogyakarta, closely associated with the Onggoloco myth that reflect local wisdom in maintaining the sustainability of the Wonosadi Forest. The aim of the research is to analyze factors that have the potential to influence people's belief in the Onggoloco myth, analyze its existence and effectiveness in forest sustainability, and propose social engineering policies to maintain the myth as part of sustainability effort. This research uses mixed methods with logistic regression analysis, gap analysis and stakeholder analysis methods. The research results show that knowledge about myths is the factor that is most likely to influence belief in myths. Until now, myths still exist in society and are effective in maintaining forest sustainability. Therefore, it is necessary to formulate policies in the form of social engineering to maintain the Onggoloco myth in maintaining the sustainability of the Wonosadi Forest, such as including knowledge about the Onggoloco myth in the elementary school curriculum, developing ecotourism edutourism, and making the provisions in the myth into village regulations.*

*Keywords: customary forest, local wisdom, sustainability, myth, social engineering*

## **1. PENDAHULUAN**

Hutan adalah rumah bagi ribuan jenis flora dan fauna serta sebagai pusat dari keanekaragaman hayati (Setiawan *et al.* 2021). Permasalahan yang muncul di hutan yang ada di wilayah Indonesia adalah konflik kehutanan, kerusakan hutan, penebangan liar, dan lainnya. Permasalahan ini berdampak pada kondisi lingkungan, politik, ekonomi, dan sosial budaya (Eleanora 2012). Berdasarkan data Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan (2021), hutan di Indonesia memiliki luas sebesar 95,6 juta hektare pada tahun 2020.

---

\* Korespondensi Penulis  
Email : [setiawanardi270704@gmail.com](mailto:setiawanardi270704@gmail.com)

Hutan di Indonesia tercatat mengalami kerusakan akibat deforestasi sebanyak 0,26 juta hektare pada tahun 2024. Angka deforestasi tahun 2024 menurun 0,03 juta hektare dibandingkan tahun 2023. Berdasarkan data *World Resources Institute* tahun 2025, Indonesia menempati peringkat keempat negara yang mengalami deforestasi terbanyak di dunia setelah Brazil, Bolivia dan Kongo. Di tengah ancaman deforestasi yang masih tinggi di Indonesia, keberadaan hutan adat seperti Hutan Wonosadi menjadi contoh penting bagaimana kearifan lokal mampu berperan dalam menjaga kelestarian hutan.

Hutan Wonosadi merupakan salah satu hutan adat yang masih terjaga di Daerah Istimewa Yogyakarta dan satu-satunya hutan adat di Kabupaten Gunung Kidul (Maryudi *et al.* 2019). Peran sejarah dan mitologi diyakini mempunyai kaitan erat dengan kearifan lokal masyarakat dalam menjaga Hutan Wonosadi. Kekuatan mitologi sangat kental berasal dari kearifan masyarakat secara turun-temurun sehingga sulit dibantah oleh argumen logis (Delabre *et al.* 2020). Masyarakat sangat menjaga kelestarian hutan berdasarkan mitos Onggoloco (Santosa 2018). Perilaku dan sikap masyarakat meningkatkan kesadaran melalui hubungan antara masyarakat dan ekosistem hutan (Gizachew 2021). Perlindungan hutan berbasiskan kearifan lokal menjadi upaya preventif terhadap risiko kerusakan hutan (Mahyuni *et al.* 2023). Hal ini sejalan dengan teori *Social Ecological System* (SES) dan *sacred ecology*.

*Social Ecological System* (SES) merupakan mekanisme sederhana tentang hubungan antara manusia (sosial) dan sumber daya alam (ekologi) dalam sistem tata kelola yang berkelanjutan (Zhang 2023). SES mengintegrasikan aspek lingkungan dan sosial ekonomi seperti kearifan lokal dan perubahan kualitas hidup (Bawole *et al.* 2015). Hal ini sesuai dengan tata kelola pemanfaatan sumber daya air oleh masyarakat di Desa Beji, dimana mayoritas penduduknya berprofesi sebagai petani yang membutuhkan air dari Hutan Wonosadi untuk mengairi lahannya. Adapun *sacred ecology* menjelaskan aspek religi dan spiritual yang berhubungan dengan interaksi manusia dan lingkungannya (Syaikh 2017). Seperti halnya dalam mitos Onggoloco, terdapat unsur spiritual dalam ritual Sadranan, yang merupakan ungkapan rasa syukur masyarakat kepada Tuhan atas keberkahan dari hutan yang lestari.

Riset terdahulu dilakukan oleh Hafidz *et al.* (2024) tentang “Pendekatan Ekologi: Relevansi Mitos Onggoloco dalam Pengelolaan Hutan Berkelanjutan di Jawa” menjelaskan bahwa berbagai cerita dan budaya merupakan bagian dari adanya mitos Onggoloco. Mitos Onggoloco tentang Hutan Wonosadi menjadi salah satu faktor yang membantu pelestarian hutan demi kesejahteraan masyarakat. Selain itu, riset yang dilakukan oleh Li *et al.* (2024) terkait dengan hubungan antara masyarakat etnik dan berkurangnya hutan tua di Cina menjelaskan bahwa pengelolaan hutan perlu melibatkan masyarakat adat serta kearifan budaya untuk melindungi dan memulihkan ekosistem yang telah rusak. Tidak hanya itu, riset yang dilakukan oleh De Pater *et al.* (2023) terkait dengan peran aspek spiritual masyarakat adat dan kelompok agama dalam upaya konservasi. Hasil riset menunjukkan bahwa aspek spiritual meningkatkan kepedulian seseorang terhadap lingkungan (De Pater *et al.* 2023).

Sartini (2010) menemukan bahwa masyarakat masih mempercayai mitos Onggoloco. Keberadaan mitos mendorong masyarakat untuk menjaga Hutan Wonosadi. Lebih lanjut, Sartini (2010) mengkhawatirkan lunturnya kepercayaan terhadap mitos akibat kemajuan zaman yang dapat mengancam keberlanjutan hutan. Oleh karena itu, riset ini menganalisis apakah tingkat kepercayaan masyarakat terhadap mitos masih dapat mempertahankan keberlanjutan Hutan Wonosadi.

Tujuan dari riset ini, yaitu: 1) menganalisis faktor-faktor yang berpotensi memengaruhi tingkat kepercayaan masyarakat terhadap mitos Onggoloco; 2) menganalisis sejauh mana eksistensi dan efektivitas mitos Onggoloco dalam menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi di era modernisasi; dan 3) merumuskan rekomendasi kebijakan berupa rekayasa sosial dalam menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi.

## **2. METODOLOGI**

### **2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian**

Riset dilakukan selama empat bulan (19 April - 18 Agustus 2024) di Hutan Wonosadi, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Lokasi ini dipilih karena Hutan Wonosadi adalah salah satu hutan di DIY yang masih terjaga dengan kehidupan masyarakat masih memegang teguh adat dan budaya. Kondisi tersebut menjadikannya sebagai lokasi yang relevan untuk mengkaji peran mitos dalam menjaga keberlanjutan hutan dan keterkaitan antar berbagai aspek.

Data primer diperoleh melalui survei dengan penyebaran kuesioner kepada 40 responden. Responden dipilih melalui *quota sampling* terdiri dari 10 responden kelompok tani, 10 responden kelompok wanita tani, 10 responden kelompok sadar wisata dan 10 responden kelompok non-tani. Selain survei, *in-depth interview* dilakukan kepada *stakeholder* yang dipilih melalui *purposive sampling*. *Stakeholder* terdiri dari DLHK DIY, tetua adat Desa Beji, Pemerintah Desa Beji dan akademisi.

## 2.2. Prosedur analisis data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan regresi logistik, *gap analysis* dan *stakeholder analysis*. Regresi logistik digunakan untuk menganalisis faktor dengan kemungkinan terbesar dalam memengaruhi tingkat kepercayaan masyarakat terhadap mitos Onggoloco. Analisis dilakukan dengan menggunakan **Persamaan 1** sebagai berikut:

$$\text{Logit}(\pi(x)) = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_4X_4 + \beta_5X_5 + \beta_6X_6 + \beta_7X_7 + \beta_8X_8 + \beta_9X_9 + u_i \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

Y = Tingkat kepercayaan terhadap mitos

X5 = Kelompok masyarakat

X1 = Umur

X6 = Pengetahuan tentang mitos

X2 = Jenis kelamin

X7 = Persepsi

X3 = Lama pendidikan

X8 = Ketergantungan terhadap hutan

X4 = Lama tinggal

X9 = Pengetahuan tentang kebijakan pengelolaan hutan

*Gap analysis* digunakan untuk membandingkan mitos Onggoloco dengan beberapa peraturan pemerintah. *Gap analysis* digunakan untuk melihat apakah tujuh ketentuan dalam mitos Onggoloco sejalan dengan peraturan pemerintah terkait, baik di lokal (KPH Yogyakarta tentang konsep kewilayahan pengelolaan hutan sesuai fungsi pokok dan peruntukannya), provinsi (Perda DIY No. 7 Tahun 2015 tentang Pengelolaan Hutan Produksi dan Hutan Lindung), maupun nasional (UU No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan). Dalam melakukan analisis, klasifikasi nilai dengan rentang skor 1 (sangat tidak sesuai) hingga skor 5 (sangat sesuai) (Mutmainah et al. 2022). Kemudian Mutmainah et al. (2022) menyebutkan bahwa semakin tinggi selisih skor rata-rata kenyataan dan skor rata-rata harapan, maka semakin besar *gap* yang terjadi. **Persamaan 2** di bawah ini digunakan untuk melakukan *gap analysis* (Tobing dan Nasution 2020).

$$\text{Gap} = \text{Kenyataan} - \text{Harapan} \dots \dots \dots (2)$$

Setelah mendapatkan skor *gap*, dilakukan perhitungan persentase kesesuaian antara mitos Onggoloco dan peraturan pemerintah. **Persamaan 3** di bawah ini digunakan untuk menghitung tingkat kesesuaian.

$$\text{Tingkat kesesuaian} = (\text{Kenyataan}/\text{Harapan}) \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Selanjutnya, *stakeholder analysis* digunakan untuk hasil *in-depth interview* bersama para *stakeholder*. Tahapan dimulai dengan mengidentifikasi *stakeholder*, memetakan kepentingan dan kebutuhan *stakeholder*, mengklasifikasikan kepentingan *stakeholder*, mengidentifikasi potensi konflik, serta menyeimbangkan kebutuhan dan keinginan *stakeholder* agar didapatkan strategi terbaik bagi seluruh pihak.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Kondisi eksisting Hutan Wonosadi

Hutan Wonosadi terbagi menjadi 25 hektare zona inti dan 28 hektare zona penyangga dengan kekayaan biodiversitas yang meliputi berbagai macam flora dan fauna. Kekayaan biodiversitas tersebut memberikan manfaat ekologis sekaligus sosial bagi masyarakat sekitar. Berdasarkan keterangan juru kunci Hutan Wonosadi sekaligus tetua adat Desa Beji, diketahui bahwa hutan ini menjadi habitat beragam satwa, antara lain burung kutilang, elang brontok, elang jawa, kakatua, serta prenjak jawa. Selain itu, hutan ini juga menyimpan berbagai tumbuhan berkhasiat, seperti Dewandaru yang dipercaya dapat melancarkan peredaran darah dan Trembalu yang digunakan secara tradisional untuk mengatasi penyakit kulit. Terdapat pula empat pohon asam berusia puluhan tahun yang tetap bertahan meskipun hutan mengalami kerusakan pada masa lalu. Hingga kini, pohon-pohon tersebut memiliki nilai budaya penting karena menjadi lokasi pelaksanaan tradisi Sadranan oleh masyarakat.



**Gambar 1.** Kondisi eksisting Hutan Wonosadi; a) Dua dari empat pohon asam ; b) Kondisi di dalam Hutan Wonosadi; c) PIPANISASI mata air dari Hutan Wonosadi.

Selain menyimpan kekayaan biodiversitas, Hutan Wonosadi memiliki fungsi penyedia air (*water provisioning services*) bagi masyarakat Desa Beji (**Gambar 1**). Masyarakat masih memanfaatkan air dari Hutan Wonosadi hingga saat ini. Oleh karena itu, masyarakat meyakini bahwa tugas menjaga hutan adalah tanggung jawab bersama.

### **3.2. Sejarah munculnya kepercayaan tentang mitos Onggoloco**

Onggoloco merupakan tokoh pada perang antara Kerajaan Demak di bawah pemerintahan Raden Patah dengan Kerajaan Majapahit di bawah pemerintahan Raja Brawijaya V tahun 1478 M. Setelah kekalahan Majapahit, Rara Resmi (selir Raja Brawijaya V) bersama kedua putranya, Onggoloco dan Gadhingmas, melarikan diri ke selatan dan bermukim di kawasan yang kini dikenal sebagai Hutan Wonosadi. Selama hidupnya, Ki Onggoloco membaur dengan masyarakat sekitar dan memberikan teladan terutama dalam bidang pertanian. Menjelang akhir hayat, ia mewariskan pesan utama, yaitu: (1) Hutan Wonosadi harus dijaga demi kemakmuran masyarakat; (2) tanaman obat di hutan dapat dimanfaatkan; dan (3) upacara tahunan Sadranan dilaksanakan pascapanen pada hari Senin Legi atau Kamis Legi sebagai sarana menjaga silaturahmi.

Menurut Mbah Sugimo sebagai tetua adat Desa Beji, kepercayaan terhadap mitos Onggoloco diperkuat oleh cerita turun-temurun dan berbagai pengalaman masyarakat. Beberapa kasus diceritakan, seperti penebang pohon sembarangan yang merasa diawasi sosok gaib lalu meninggal, kayu hasil tebangan yang kembali ke hutan dengan sendirinya, hingga anak yang buang air sembarangan lalu disengat ribuan tawon. Cerita-cerita ini menegaskan peran mitos Onggoloco dalam memperkuat ketaatan masyarakat terhadap aturan adat dan menjaga kelestarian hutan.

### **3.3. Pengaruh pengetahuan masyarakat terkait tingkat kepercayaan terhadap mitos Onggoloco**

Berdasarkan analisis regresi logistik (**Tabel 1**), pengetahuan tentang mitos (X6) memiliki tingkat signifikansi pada taraf nyata 5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa X6 secara signifikan berpotensi memengaruhi tingkat kepercayaan masyarakat terhadap mitos Onggoloco (Y). Nilai *odds ratio* X6 sebesar 23,051 menunjukkan bahwa masyarakat yang memiliki pengetahuan tentang mitos berpotensi 23,051 kali lebih percaya dibandingkan masyarakat yang tidak memiliki pengetahuan tentang mitos.



**Tabel 1.** Faktor-faktor yang berpeluang memengaruhi tingkat kepercayaan masyarakat terhadap mitos Onggoloco.

Faktor	B	S.E.	Wald	Df	Sig.	Exp(B)
X1	-0,006	0,084	0,005	1	0,942	0,994
X2	-1,639	2,015	0,661	1	0,416	0,194
X3	-0,251	0,288	0,760	1	0,383	0,778
X4	0,038	0,040	0,898	1	0,343	1,038
D_Pokdarwis	-0,019	1,709	0,000	1	0,991	0,982
D_Poktan	-0,913	2,350	0,151	1	0,698	0,401
D_KWT	1,130	2,746	0,169	1	0,681	3,095
X6	3,138	1,399	2,350	1	0,025*	23,051
X7	0,193	2,391	2,746	1	0,936	1,213
X8	21,300	14127,54	1,399	1	0,999	1779883979,993
X9	22,064	40192,97	0,000	1	1,000	0,000
Constant	1,723	4,611	0,140	1	0,709	5,602

Keterangan: \*signifikan pada taraf nyata ( $\alpha$ ) 5 persen;

X1 (Umur); X2 (Jenis kelamin); X3 (Lama pendidikan); X4 (Lama tinggal); X5 (Kelompok masyarakat); X6 (Pengetahuan tentang mitos); X7 (Persepsi); X8 (Ketergantungan terhadap hutan); X9 (Pengetahuan tentang kebijakan pengelolaan hutan)

Mayoritas masyarakat mempercayai mitos yang telah diceritakan secara turun-temurun. Kondisi ini dapat dijadikan dasar bahwa peningkatan pengetahuan masyarakat tentang mitos dapat meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap mitos Onggoloco. Hal ini dapat mendorong perilaku masyarakat yang dapat berdampak positif pada keberlanjutan Hutan Wonosadi.

### 3.4. Eksistensi dan efektivitas mitos Onggoloco

#### 3.4.1. Eksistensi mitos Onggoloco di era modernisasi

Untuk mengetahui eksistensi mitos Onggoloco, dilihat melalui tingkat kepercayaan terhadap mitos (**Tabel 2**) dan seberapa besar tingkat pengetahuan masyarakat tentang mitos (**Tabel 3**). Kedua aspek ini saling berkaitan karena semakin tinggi pengetahuan masyarakat tentang mitos, semakin besar kemungkinan tingkat kepercayaan yang terbentuk. Perhitungan dilakukan menggunakan Skala Guttman yang mampu menggambarkan kecenderungan responden secara lebih jelas dan terukur.

**Tabel 2.** Hasil perhitungan skala *Guttman* tingkat kepercayaan masyarakat terhadap mitos Onggoloco.

Pernyataan	Jawaban percaya	Jawaban tidak percaya
P1	39	1
P2	40	0
P3	36	4
P4	36	4
P5	37	3
P6	40	0
P7	36	4
Total	264	16
Rata-rata	37,71	2,29
<b>Persentase</b>	<b>94,28%</b>	<b>5,72%</b>

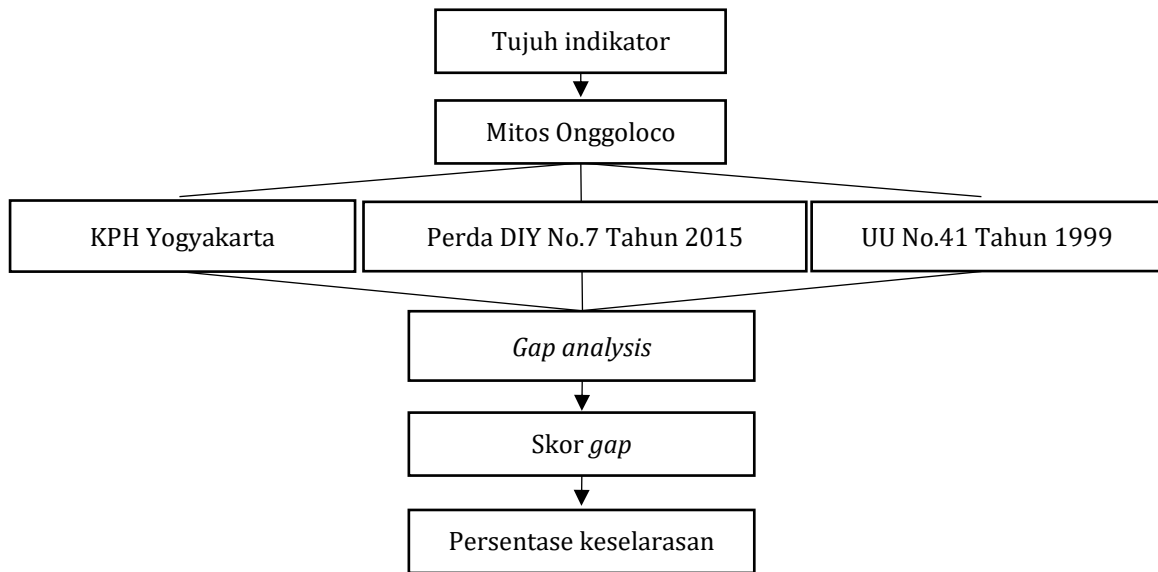
**Tabel 3.** Hasil perhitungan skala *Guttman* tingkat pengetahuan masyarakat tentang mitos Onggoloco.

Pernyataan	Jawaban benar	Jawaban salah
P1	38	2
P2	37	3
P3	40	0
P4	36	4
P5	36	4
P6	36	4
P7	34	6
P8	33	7
Total	290	30
Rata-rata	36,25	3,75
<b>Persentase</b>	<b>90,63%</b>	<b>9,37%</b>

Hasil perhitungan skala *Guttman*, diperoleh tingkat kepercayaan masyarakat terhadap mitos sebesar 94,28% (**Tabel 2**) dan tingkat pengetahuan masyarakat terhadap mitos sebesar 90,63% (**Tabel 3**). Rasio tingkat kepercayaan dan pengetahuan masyarakat terhadap mitos di atas 50% yang menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat percaya dan mengetahui mitos ini. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa mitos Onggoloco masih eksis dipercaya hingga saat ini.

### 3.4.2. Efektivitas mitos Onggoloco dalam menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi

Kesesuaian peraturan pemerintah dengan mitos Onggoloco dapat dilihat melalui *gap analysis* pada tujuh indikator (**Tabel 4**). *Gap analysis* dilakukan terhadap UU No. 41 Tahun 1999, Perda DIY No. 7 Tahun 2015, KPH Yogyakarta, dan mitos Onggoloco (**Gambar 2**).



**Gambar 2.** Langkah-langkah *gap analysis* antara mitos Onggoloco dan peraturan pemerintah.

**Tabel 4.** Hasil *gap analysis*.

No.	Indikator	UU No. 41 Tahun 1999	KPH Yogyakarta	Perda DIY No. 7 Tahun 2015	Rata-rata skor kenyataan	Rata-rata skor harapan
1	Tujuan	5	5	4	4.7	5
2	Sanksi dan penegakan hukum	5	5	4	4.7	5
3	Implementasi	5	4	4	4.3	5
4	Pengawasan, pengelolaan dan partisipasi	4	4	4	4	5
5	Pendekatan konservasi	5	5	5	5	5
6	Urgensi penerapan aturan	4	4	5	4.3	5
7	Efektivitas dan penerimaan masyarakat	3	3	3	3	5
<b>Skor rata-rata keseluruhan</b>					<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Skor gap keseluruhan</b>					<b>1</b>	
<b>Tingkat kesesuaian</b>					<b>86%</b>	

Berdasarkan hasil *gap analysis* pada **Tabel 4**, didapatkan skor *gap* sebesar 1 dengan persentase kesesuaian sebesar 86%. Nilai ini menunjukkan bahwa enam dari tujuh indikator antara mitos Onggoloco dan peraturan pemerintah telah selaras, kecuali indikator efektivitas dan penerimaan masyarakat. Hasil ini menunjukkan bahwa mitos dan regulasi pemerintah pada dasarnya memiliki keselarasan dalam mendukung keberlanjutan Hutan Wonosadi. Meski demikian, mitos dinilai lebih efektif karena lebih mudah dipahami serta diterima oleh masyarakat dibandingkan ketentuan peraturan pemerintah.

Peraturan pemerintah dinilai kurang efektif karena masyarakat menganggap peraturan pemerintah sebagai sesuatu yang asing dan sulit dipahami. Keterbatasan pemahaman masyarakat tentang peraturan pemerintah, membuat masyarakat tidak sepenuhnya memahami isi peraturan. Sebaliknya, mitos efektif dan diterima masyarakat karena masyarakat memahami konsekuensi spiritual pelanggaran mitos (Alexander dan Okorie 2024). Selain itu, efektivitas mitos juga ditinjau berdasarkan tujuh indikator pada **Tabel 4**.

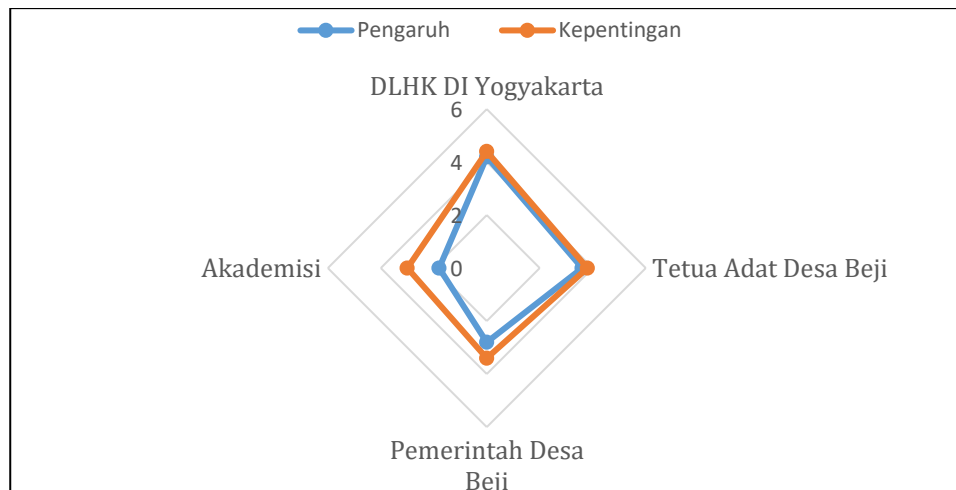
### **3.5. Rekomendasi strategi**

#### **3.5.1. Analisis stakeholder**

Terdapat empat *stakeholder* dalam penelitian ini yang masing-masing memiliki peran sesuai dengan tugas dan kedudukannya, di antaranya adalah Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Provinsi DIY; tetua adat Desa Beji; Pemerintah Desa Beji; dan akademisi. Adapun DLHK Provinsi DIY berperan sebagai pemerhati, penelaah dan pemberi peraturan resmi mengenai pengelolaan hutan. Sedangkan peran tetua adat Desa Beji adalah sebagai pemberi informasi dan sejarah mitos Onggoloco dalam keberlanjutan Hutan Wonosadi. Selanjutnya pemerintah Desa Beji berperan dalam pengawasan dan penegakan aturan secara langsung di Hutan Wonosadi. *Stakeholder* terakhir adalah akademisi yang berperan dalam memberikan informasi riset, konsep keilmuan dan saran berdasarkan pengalaman yang dimiliki.

#### **3.5.2. Tingkat pengaruh dan kepentingan stakeholder**

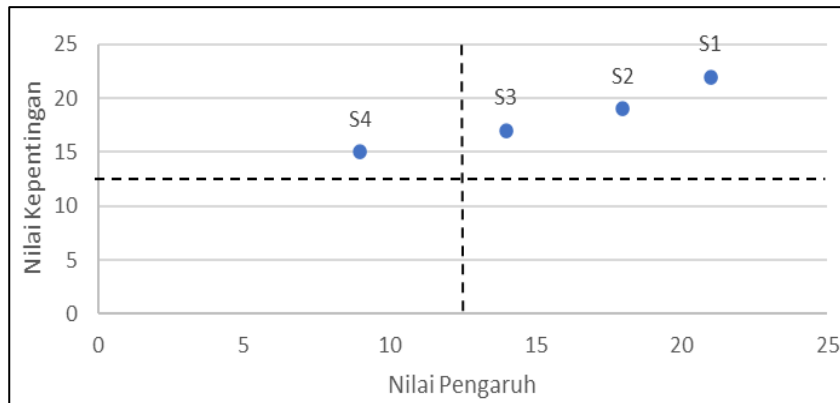
Menurut Wayan dan Gunawarman (2021), analisis *stakeholder* dilakukan dengan mengklasifikasikan *stakeholder* ke dalam kelompok untuk mengetahui tingkat pengaruh (*influence*) dan tingkat kepentingan (*interest*). Proses klasifikasi ini penting untuk memahami sejauh mana peran dan kontribusi masing-masing *stakeholder* dalam mendukung keberlanjutan pengelolaan Hutan Wonosadi. Klasifikasi ini tidak hanya menggambarkan perbedaan peran dan posisi antar *stakeholder*, tetapi juga menekankan pentingnya membangun sinergi di antara mereka sebagai upaya kolektif menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi. Hasil *in-depth interview* menunjukkan bahwa keempat *stakeholder* memiliki posisi yang berbeda dalam tingkat pengaruh dan tingkat kepentingan yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Hasil perhitungan nilai tingkat pengaruh dan kepentingan *stakeholder*.

Pada **Gambar 3**, nilai terbesar pada *stakeholder* adalah DLHK DIY karena kewenangan formal dalam mengatur dan mengelola Hutan Wonosadi. DLHK DIY memiliki peran dalam mengeluarkan izin, mengawasi konservasi, serta mengadakan program rehabilitasi hutan. Sementara itu, tetua adat dan Pemerintah Desa Beji memiliki pengaruh pada tingkat lokal dalam konteks tradisi, budaya dan pengorganisasian masyarakat. Tetua adat berperan dalam menjaga kelestarian mitos dan tradisi yang berkaitan dengan Hutan Wonosadi, sedangkan Pemerintah Desa Beji berfokus pada kesejahteraan desa dan mengatur masyarakat agar menaati aturan pada mitos Onggoloco. Akademisi memiliki nilai terendah karena perannya terbatas hanya memberikan masukan, analisis dan saran berdasarkan kajian ilmiah, sehingga akademisi tidak memiliki otoritas langsung dalam pengambilan keputusan. Berdasarkan **Gambar 3**, matriks pengaruh kepentingan *stakeholder* dapat disusun seperti pada **Gambar 4**.

Berdasarkan *stakeholder mapping* pada **Gambar 4**, semakin besar pengaruh dan kepentingan, maka semakin besar peran *stakeholder* untuk menjaga eksistensi mitos Onggoloco. Pada riset ini, DLHK DIY, tetua adat dan Pemerintah Desa Beji termasuk ke dalam kelompok *key player* yang memiliki tingkat pengaruh dan kepentingan yang tinggi terhadap eksistensi mitos Onggoloco. Akademisi terlibat sebagai kelompok *subject* dengan tingkat kepentingan tinggi namun pengaruh yang rendah. DLHK DIY memiliki pengaruh dan kepentingan tinggi dalam menjaga Hutan Wonosadi melalui pembuatan regulasi, pengawasan dan pelaksanaan program pelestarian.



Keterangan: S1: DLHK DIY; S2: Tetua adat Desa Beji; S3: Pemerintah Desa Beji; dan S4: Akademisi.

**Gambar 4.** Matriks pengaruh kepentingan *stakeholder* mitos Onggoloco.

Berdasarkan *stakeholder mapping* pada **Gambar 4**, semakin besar pengaruh dan kepentingan, maka semakin besar peran *stakeholder* untuk menjaga eksistensi mitos Onggoloco. Pada riset ini, DLHK DIY, tetua adat dan Pemerintah Desa Beji termasuk ke dalam kelompok *key player* yang memiliki tingkat pengaruh dan kepentingan yang tinggi terhadap eksistensi mitos Onggoloco. Akademisi terlibat sebagai kelompok *subject* dengan tingkat kepentingan tinggi namun pengaruh yang rendah. DLHK DIY memiliki pengaruh dan kepentingan tinggi dalam menjaga Hutan Wonosadi melalui pembuatan regulasi, pengawasan dan pelaksanaan program pelestarian.

### 3.5.3. Hubungan antar *stakeholder*

Hubungan antar *stakeholder* terkait eksistensi mitos Onggoloco di Desa Beji disajikan dalam **Tabel 5**. Pengelompokan hubungan antar *stakeholder* terkait mitos Onggoloco dibagi menjadi tiga kelompok yaitu komunikasi, koordinasi dan kerja sama. Keberadaan tiga kelompok hubungan antar *stakeholder* tersebut pada akhirnya memerlukan kolaborasi yang dapat melestarikan Hutan Wonosadi terkait eksistensi mitos Onggoloco dengan beragam *stakeholder* melalui proses perumusan luaran strategi kebijakan yang terukur dan *reliable*.

**Tabel 5.** Hubungan antar *stakeholder* berdasarkan kepentingan.

	DLHK DIY	Tetua Adat Desa Beji	Pemerintah Desa Beji	Akademisi
DLHK DIY		1	3	3
Tetua Adat Desa Beji			1	
Pemerintah Desa Beji	2	2		
Akademisi	3	1	1	

Keterangan: 1 = komunikasi; 2 = koordinasi; 3 = kerja sama.

Berdasarkan hasil identifikasi, terdapat 9 hubungan yang terbentuk, terdiri atas 4 hubungan berbentuk komunikasi, 2 hubungan berbentuk koordinasi dan 3 hubungan berbentuk kerja sama. Pola ini menunjukkan bahwa komunikasi masih menjadi bentuk hubungan paling dominan. Hal tersebut wajar karena komunikasi menjadi fondasi awal bagi setiap *stakeholder* untuk saling bertukar informasi, memahami perspektif masing-masing dan menyamakan persepsi terkait pentingnya eksistensi mitos Onggoloco. Temuan penting lainnya adalah bahwa DLHK DIY dan Pemerintah Desa Beji merupakan *stakeholder* dengan hubungan paling intensif dibandingkan pihak lainnya.

Posisi ini mengindikasikan bahwa kedua *stakeholder* tersebut memiliki peran sentral dalam membangun jejaring kolaborasi, baik secara vertikal maupun horizontal. Dengan demikian, keberhasilan pengelolaan Hutan Wonosadi melalui eksistensi mitos Onggoloco sangat ditentukan oleh sejauh mana DLHK DIY dan Pemerintah Desa Beji mampu memfasilitasi komunikasi, mengoordinasikan kebijakan, serta menjalin kerja sama yang inklusif dengan *stakeholder* lain. Kolaborasi ini penting untuk memastikan bahwa mitos Onggoloco tidak hanya dipahami sebagai warisan budaya, tetapi juga diintegrasikan dalam strategi akan pengelolaan hutan yang lebih terukur, partisipatif dan berkelanjutan.

#### **3.5.4. Strategi rekayasa sosial dalam menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi**

Rumusan rekomendasi kebijakan dilakukan dengan melihat hasil observasi di lapangan dan temuan riset yang menjawab tujuan penelitian. Rekomendasi kebijakan berupa rekayasa sosial diarahkan untuk mempertahankan eksistensi mitos Onggoloco yang berperan dalam menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi.

##### **3.5.4.1. Memasukkan pengetahuan tentang mitos Onggoloco ke dalam muatan lokal kurikulum sekolah dasar**

Kesadaran lingkungan merupakan pemahaman seseorang bahwa manusia tidak dapat dipisahkan dari lingkungannya, sehingga menjadi kunci keberhasilan pengelolaan lingkungan (Noya 2023). Mitos dan kearifan lokal dapat membantu mengembangkan kepribadian dengan menanamkan nilai-nilai seperti kesabaran, kejujuran dan ketulusan dalam pendidikan karakter (Raharjo et al. 2024). Komponen kearifan lokal dapat dimasukkan dalam mata pelajaran lingkungan atau kebudayaan

dengan beberapa mekanisme. Pertama, kegiatan *educlass* dapat dilakukan dengan memanfaatkan *e-book* “*Ki Onggoloco Sahabat Hutan Wonosadi*” sebagai referensi bahan ajar. Kedua, metode *edutour* berupa *fieldtrip* setiap selesai ujian yang memungkinkan pelajar dapat mendengarkan kisah Onggoloco di lokasi, mengeksplor Hutan Wonosadi, serta mendiskusikan nilai-nilai kearifan lokal dalam menjaga Hutan Wonosadi. Ketiga, kegiatan *edupractice* berupa penanaman pohon setiap awal tahun ajaran. Melalui pendekatan edukasi, mitos dapat ditransmisikan sebagai pengetahuan, misalnya transformasi pelanggaran mitos yang mendatangkan musibah menjadi pengetahuan bahwa fungsi hutan sebagai *water catchment* perlu dipertahankan.

#### **3.5.4.2. Pengembangan *edutourism* ekowisata**

Pengembangan *edutourism* ekowisata dikembangkan melalui tiga mekanisme yaitu *edutour* berupa kegiatan menjelajah kawasan wisata termasuk Hutan Wonosadi, *educlass* berupa pemaparan sejarah hutan dan Ki Onggoloco, serta *edupractice* berupa kegiatan, seperti menanam pohon atau meracik jamu. Digitalisasi wisata juga dapat dilakukan, seperti pembuatan *website* informasi wisata Hutan Wonosadi berupa peta interaktif, kalender acara dan panduan wisata. Langkah ini dapat mendorong Desa Beji sebagai lokasi utama Hutan Wonosadi, menjadi desa *preneur* setelah berhasil menjadi desa wisata dan desa budaya.

#### **3.5.4.3. Memformulasikan aturan dalam mitos Onggoloco menjadi peraturan desa dalam bentuk *reward* dan *punishment***

Saat ini, sanksi pada mitos terbatas pada sanksi spiritual. Beberapa ketentuan dalam mitos adalah adanya keberkahan untuk ketaatan individu dan musibah untuk ketidaktaatan individu. Dalam peraturan desa, *reward* diberikan kepada warga berupa akses air melalui jaringan pipa, sementara bagi pendatang diberikan akses masuk desa. Sementara itu, setiap pelanggaran dikenakan *punishment* untuk menanam dan memelihara pohon. Apabila terdapat kendala, pelanggar dapat membayar kepada lembaga yang ditunjuk untuk melaksanakannya. Pohon diberi nama dan titik lokasi agar dapat dipantau perkembangannya. Apabila *punishment* tidak dijalankan, maka akan ada penutupan akses air bagi warga dan larangan masuk desa bagi pendatang.



#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis, tingkat pengetahuan masyarakat tentang mitos Onggoloco merupakan faktor yang paling berpotensi memengaruhi kepercayaan masyarakat dengan nilai signifikansi uji Wald 0,025 pada taraf nyata 5% dan nilai *odds ratio* 23,051. Hingga saat ini, keberadaan mitos masih eksis di masyarakat dan efektif dalam menjaga keberlanjutan hutan. Oleh sebab itu, perlu diformulasikan kebijakan dalam bentuk rekayasa sosial untuk mempertahankan mitos Onggoloco dalam menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi, seperti memasukkan pengetahuan mengenai mitos Onggoloco pada kurikulum sekolah dasar, mengembangkan *edutourism* ekowisata dan menjadikan ketentuan dalam mitos menjadi peraturan desa.

Upaya menjaga eksistensi mitos Onggoloco sekaligus keberlanjutan Hutan Wonosadi, diperlukan keterlibatan aktif dari seluruh *stakeholder*, mulai dari masyarakat, tetua adat, pemerintah desa hingga pemerintah daerah. Masing-masing memiliki peran penting dalam upaya keberlanjutan Hutan Wonosadi. Sinergi antar seluruh *stakeholder* menjadi kunci untuk memastikan bahwa mitos Onggoloco tidak hanya lestari sebagai warisan budaya, tetapi juga berfungsi sebagai instrumen sosial yang efektif dalam mendukung konservasi dan pengelolaan berkelanjutan Hutan Wonosadi.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan fasilitas pendanaan dalam riset ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

Alexander EC and Okorie CU. 2024. Harnessing potentials of indigenous environmental myths for forest conservation in rivers state. *Saudi Journal of Humanities and Social Sciences* 9(9):292-298.

Bawole R, Yulianda F, Bengen DG, Fahrudin A and Mudjirahayu. 2015. Socio-ecological system within governance of marine protected area: Case from Cenderawasih Bay National Park, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 21(1):19-24.

- Delabre I, Boyd E, Brockhaus M, Carton W, Krause T, Newell P, Wong GY and Zelli F. 2020. Unearthing the myths of global sustainable forest governance. *Global Sustainability* 3(16):1-10.
- De Pater C, Verschuuren B, Elands B, Van Hal I and Turnhout E. 2023. Spiritual values in forest management plans in British Columbia and the Netherlands. *Forest Policy and Economics* 151(2):1-17.
- [Ditjen PK] Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan. 2021. Deforestasi Indonesia turun, terendah dalam sejarah [internet]. Tersedia di: <https://planologi.kehutan.go.id/berita/detail/86>.
- Eleanora FN. 2012. Tindak pidana illegal logging menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. *Jurnal Hukum* 3(2):217-238.
- Gizachew G. 2021. Local community perceptions and attitudes towards biodiversity conservation: in the case of Arjo Diga Forest ecosystem, Western Ethiopia. *International Journal of Natural Resource Ecology and Management* 6(4):176-185.
- Hafidz A, Rosihan FF, Ferawati H, Nafila H, Tsaabita GB and Ediyono S. 2024. Pendekatan ekologi: Relevansi mitos Onggoloco dalam pengelolaan hutan berkelanjutan di Jawa. *Jurnal Ilmu Bahasa dan Budaya* 8(2):84-91.
- Li Q, Yue Y, Brandt M, Chen Z, Tong X, Liu S, Yang F, Xiao X and Wang K. 2024. The preservation of old forests in southwest China is closely linked to the presence of ethnic minorities. *Applied Geography* 165:1-9.
- Mahyuni, Topan and Muhammad. 2023. A forest protection model based on local wisdom of the Kotabaru Dayak indigenous communities in Kalimantan Selatan Forest Conservation. *International Journal of Law, Environment, and Natural Resources* 2(2):1-10.
- Maryudi A, Nurjaman ASB and Nawir AA. 2019. Membangun model pengelolaan hutan yang mandiri dan profesional. *Kanoppi*. Yogyakarta.
- Mutmainah I, Yulia IA, Mahfudi AZ and Marnilin F. 2022. Gap analysis untuk mengetahui kinerja implementasi program Merdeka Belajar Kampus Merdeka. *Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan* 10(1):19-34.

- Noya EV. 2023. Peran masyarakat adat dalam menjaga dan melestarikan lingkungan hidup. *Balobe Law Journal* 3(2):71-80.
- Raharjo RP, Nugraha AS, Ismail SFS, Suyatno, Ahmadi A and Anshori IT. 2024. The existence of the mystique of the protected forest as a form of student character education value. *International Journal of Recent Educational Research* 5(6):1575-1587.
- Santosa DH. 2018. Pendampingan pengembangan potensi bidang bahasa, seni sastra dan seni pertunjukan Jawa di Desa Beji Kecamatan Ngawen Kabupaten Gunungkidul menuju desa berbudaya Jawa. *Bakti Budaya* 1(1):18-29.
- Sartini. 2010. Eksistensi Hutan Wonosadi: Antara mitos dan kearifan lingkungan. *Jurnal Filsafat* 20(2):125-145.
- Setiawan JC, Anthony D, Asyifa MZ and Izzati WA. 2021. Peran budaya hutan larangan adat Riau sebagai contoh solusi pelestarian ekosistem di Indonesia. *Jurnal Kewarganegaraan* 5(2):768-773.
- Syaikh AS. 2017. Ekologi spiritual: Solusi krisis lingkungan. *Jurnal Hasil Riset* 2(1):1-21.
- Tobing H and Nasution F. 2020. Tingkat kesiapan pemerintah daerah dalam urusan ketenagakerjaan: Perspektif pegawai. *Jurnal Ketenagakerjaan* 15(1):70-85.
- Wayan W and Gunawarman RG. 2021. Identifikasi *stakeholder* dan implikasinya terhadap kesuksesan sebuah proyek. *Jurnal Arsitektur* 4(2):257-266.
- [WRI] World Resources Institute. 2025. Fires drove record-breaking tropical forest loss in 2024 [internet]. Tersedia di: [https://gfr.wri.org/latest-analysis-deforestation-trends?\\_gl=1%2Az47r79%2A\\_gcl\\_au%2AMjA4MzMxNDI3OS4xNzU2MjYzNjY2](https://gfr.wri.org/latest-analysis-deforestation-trends?_gl=1%2Az47r79%2A_gcl_au%2AMjA4MzMxNDI3OS4xNzU2MjYzNjY2).
- Zhang Y. 2023. On the social-ecological systems (SES) diagnostic approach of the commons: Sharing, cooperation, and maintenance. *PLOS Sustainability and Transformation* 2(4):e0000057.

## **Keanekaragaman dan fungsi vegetasi di jalur hijau Kelurahan Kotabaru, Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta**

### ***Diversity and function of vegetation in green belt of Kotabaru Village, Gondokusuman District, Yogyakarta City***

Eyda Firdausi<sup>1\*</sup>, Ahmad Dwi Setyawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Biologi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

#### **Abstrak**

Berkembangnya kawasan perkotaan perlu diiringi dengan peningkatan kualitas dan kuantitas lingkungan melalui pengadaan ruang terbuka hijau publik seperti jalur hijau jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman vegetasi dan fungsinya di jalur hijau Kelurahan Kotabaru, Kota Yogyakarta. Penelitian dilakukan dengan metode survei di 14 jalur hijau jalan untuk mengidentifikasi jenis dan jumlah vegetasi selama bulan September–Oktober 2023. Berdasarkan hasil penelitian ditemukan 1407 individu yang berasal dari 49 spesies tanaman. Indeks keanekaragaman ( $H'$ ) pada kisaran 0,64 – 2,12 berada pada kategori rendah hingga sedang. Indeks kemerataan ( $E$ ) pada kisaran 0,69 – 0,93 termasuk pada kategori sedang hingga tinggi. Indeks dominasi ( $C$ ) berkisar antara 0,12-0,38 termasuk pada kategori rendah pada semua jenis habitus (herba, semak, perdu, pohon dan epifit). Vegetasi pada jalur hijau di Kelurahan Kotabaru dapat menyediakan fungsi ekologi, sosial dan ekonomi bagi masyarakat sekitar namun masih perlu pengoptimalan pada fungsi lain seperti edukasi masyarakat. Selain itu, pemeliharaan RTH juga perlu diperhatikan agar dapat menyediakan fungsi vegetasi secara berkelanjutan.

Kata kunci: jalur hijau, keanekaragaman vegetasi, fungsi vegetasi, Kecamatan Gondokusuman

#### **Abstract**

*The development of urban areas needs to be accompanied by an improvement to the quality and quantity of the environment by providing public green open spaces such as green belt roads. This study aims to determine the diversity of vegetation and the functions in the green belt of Kotabaru Village, Yogyakarta City. The research was conducted using survey method in 14 green lanes to identify the type and amount of vegetation during September - October 2023. Based on the results of the study, 1407 individuals were found from 49 plant species. The diversity index ( $H'$ ) in the range of 0.64 - 2.12 is in the low to medium category. The evenness index ( $E$ ) in the range of 0.69 - 0.93 is in the medium to high category. The dominance index ( $C$ ) ranged from 0.12 to 0.38, including in the low category in all types of habitus (herbaceous, shrubs, shrubs, trees, and epiphytes). Vegetation in the green belt in Kotabaru Village can provide ecological, social, and economic functions for the surrounding community but still needs optimization in other functions such as community education. In addition, maintenance of green spaces also needs to be considered in order to provide sustainable vegetation functions.*

*Keywords: green belt, vegetation diversity, vegetation function, Gondokusuman District*

## **1. PENDAHULUAN**

Kota Yogyakarta mengalami perkembangan pesat selama satu dekade terakhir. Kawasan ini dijadikan sebagai pusat kegiatan ekonomi, sosial dan budaya masyarakat sehingga menjadi daerah dengan mobilitas penduduk yang tinggi. Kawasan perkotaan umumnya didominasi oleh komponen fisik terbangun seperti gedung, pemukiman dan jalan (Fang *et al.* 2023). Hal tersebut harus diiringi dengan perbaikan kualitas lingkungan dengan pengadaan ruang terbuka hijau yang didominasi oleh tumbuhan untuk menjaga kestabilan ekosistem perkotaan (Erdianto *et al.* 2019).

---

\* Korespondensi Penulis  
Email : [eydafirdausi@gmail.com](mailto:eydafirdausi@gmail.com)

Salah satu bentuk ruang terbuka hijau yang diperlukan adalah koridor jalan yang berupa jalur hijau. Jalur hijau merupakan area lanskap di ruang milik jalan yang ditanami berbagai jenis vegetasi dari mulai semak hingga pepohonan (Fakhrurradhi *et al.* 2018). Jalur hijau jalan bisa memanfaatkan area yang terdapat di median dan/atau bahu jalan. Ruang terbuka hijau dapat berupa jalur pengaman jalan untuk pejalan kaki, taman di tengah persimpangan jalan dan taman sudut jalan. Jalur hijau memiliki banyak manfaat yang dapat meningkatkan kenyamanan dan keamanan pengguna jalan (Yasmine dan Wicaksono 2019).

Vegetasi pada jalur hijau dapat mengurangi pencemar udara yang berasal dari kendaraan bermotor (Putro *et al.* 2022), penyerap kebisingan (Putra *et al.* 2018), penghalang silau (Alfa *et al.* 2023), pemecah angin, peneduh untuk memberikan kenyamanan termal (Maulida *et al.* 2022), meningkatkan kesan estetika lingkungan (Fakhrurradhi *et al.* 2018), pencegah erosi karena akar pohon mengikat air tanah saat hujan turun, maupun sebagai habitat bagi hewan seperti burung dan serangga (Prihandi dan Nurvianto 2022). Selain itu, vegetasi pada jalur hijau juga memiliki fungsi sosial dan ekonomi bagi masyarakat. RTH menjadi memainkan peran penting dalam konservasi keanekaragaman hayati terutama bagi kota dengan kepadatan penduduk tinggi (Kemal *et al.* 2015).

RTH publik merupakan kawasan hijau yang dikelola oleh pemerintah kota guna memenuhi kepentingan masyarakat secara luas. Keberadaan RTH publik menjadi keharusan bagi setiap kota dengan luas minimal 20% dari luas kawasan menurut UU Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang. RTH publik di Yogyakarta belum memenuhi syarat minimal karena tingginya permintaan penduduk atas lahan untuk kepentingan lain, seperti pembangunan gedung pendidikan, pemukiman, rumah sakit, atau lainnya sehingga pemerintah mengembangkan jalur hijau untuk mengoptimalkan fungsi lahan. Dengan demikian, perlu adanya pemilihan jenis vegetasi yang tepat untuk mengoptimalkan fungsi ruang terbuka hijau di kawasan urban (Gattein *et al.* 2021). Penelitian yang pernah dilakukan terkait RTH publik di Yogyakarta terbatas pada kondisi eksisting RTH publik secara umum, analisis fungsi ekologis RTH taman (Erdianto *et al.* 2019) dan komposisi vegetasi jalur hijau terhadap serapan karbon (Putro *et al.* 2022).

Dengan mengkaji hal-hal yang telah dipaparkan, maka perlu adanya riset terkait keanekaragaman vegetasi dan fungsinya yang mencakup fungsi ekologis, sosial dan ekonomi di jalur hijau jalan sebagai salah satu RTH publik, sehingga tujuan penelitian ini untuk mengetahui keanekaragaman vegetasi dan fungsinya di jalur hijau Kelurahan Kotabaru, Kota Yogyakarta.

## 2. METODOLOGI

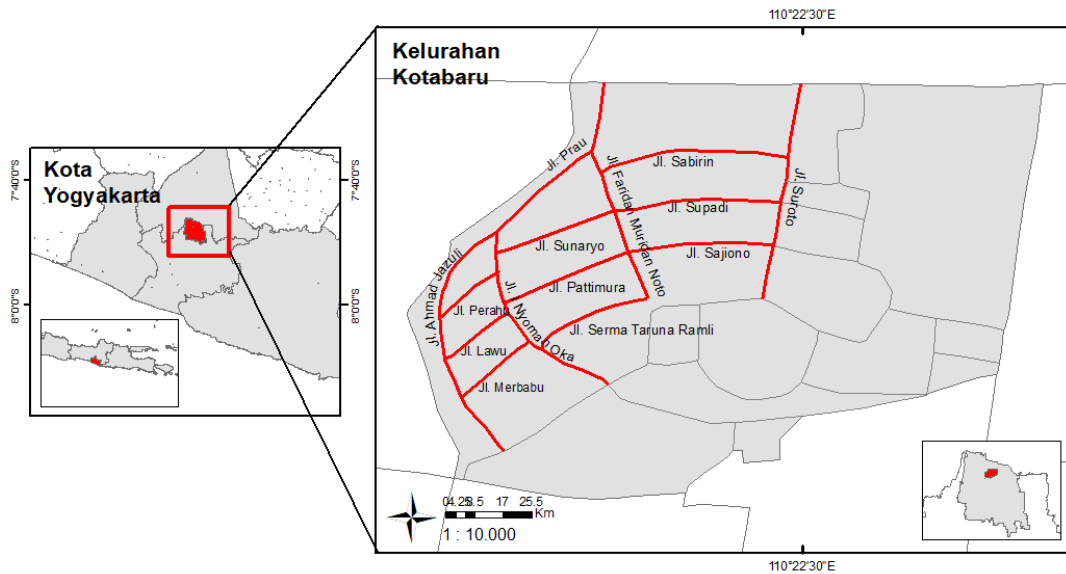
### 2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Kelurahan Kotabaru yang merupakan salah satu wilayah administratif Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan luas  $\pm 71$  Ha dan berada pada ketinggian  $\pm 144$  mdpl. Kelurahan Kotabaru berada pada koordinat  $110^{\circ}22'39.22''$  BT dan  $07^{\circ}47'10.91''$  LS dengan batas administrasi bagian utara berbatasan dengan Kelurahan Terban, bagian timur dengan Kelurahan Klitren, bagian barat dengan Kelurahan Gowongan dan sebelah selatan dengan Kelurahan Tegalpanggung. Lokasi pengambilan data meliputi 14 jalur hijau jalan yang terdiri dari empat jalan kolektor dan sebelas jalan lokal di Kelurahan Kotabaru, Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta (**Tabel 1**). Peta lokasi pengambilan data vegetasi pada jalur hijau dapat dilihat pada **Gambar 1**.

**Tabel 1.** Sampel jalur hijau penelitian.

No	Nama Jalan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (Ha)	Posisi Jalur Hijau
1.	Jl. Suroto	427,7	9	0,38	Tepi & Median
2.	Jl. Sabirin	373,9	9	0,34	Tepi
3.	Jl. Supadi	325,4	8	0,26	Tepi
4.	Jl. Sajiono	281,2	11	0,31	Tepi
5.	Jl. Faridan Muridan Noto	566,7	12	0,68	Tepi & Median
6.	Jl. Sunaryo	248,6	7	0,17	Tepi
7.	Jl. Pattimura	269,5	8	0,22	Tepi
8.	Jl. Serma Taruna Ramli	239,2	8	0,19	Tepi
9.	Jl. I Dewa Nyoman Oka	653	13	0,85	Tepi & Median
10.	Jl. Perahu	130	5	0,07	Tepi
11.	Jl. Lawu	150,5	5	0,08	Tepi
12.	Jl. Merbabu	180	11	0,20	Tepi & Median
13.	Jl. Prahu	150,5	5	0,08	Tepi
14.	Jl. Ahmad Jazuli	511,7	7	0,36	Tepi

Sumber : Keputusan Walikota Yogyakarta Nomor 71 Tahun 2018 tentang Penetapan Ruas-ruas Jalan Kota Yogyakarta.



**Gambar 1.** Peta jalur hijau penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September-Oktober tahun 2023. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* untuk menentukan jalur hijau sebagai lokasi penelitian. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini adalah jalur hijau di Kelurahan Kotabaru yang posisinya di tepi-median dan tepi jalan. Metode survei dilakukan untuk mengidentifikasi jenis vegetasi yang terdapat pada jalur hijau.

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei dan pencatatan jenis vegetasi yang ada di jalur hijau. Setiap spesies dihitung berdasarkan jumlah, frekuensi, kelimpahan dan pemanfaatan jenis pohon menggunakan studi literatur. Data primer diolah menggunakan *software* pengolah angka. Data sekunder bersumber dari dokumen pemerintah dan riset terdahulu yang relevan dengan topik penelitian.

## 2.2. Variabel penelitian

Variabel dalam penelitian ini merupakan jenis vegetasi, jumlah dan perawakan atau habitus vegetasi yang terdapat dalam area jalur hijau penelitian. Adapun habitus vegetasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Herba adalah tumbuhan tak berkayu dan umumnya berumur pendek.
- b. Semak adalah tumbuhan berkayu dengan tinggi kurang dari 1 m.
- c. Perdu adalah tumbuhan berkayu, bercabang banyak dan tinggi  $1 < x \leq 6$  m.
- d. Pohon adalah tumbuhan berkayu dan tinggi lebih 6 m.

### 2.3. Prosedur analisis data

Vegetasi jalur hijau dianalisis dengan menggunakan beberapa indeks, antara lain indeks keanekaragaman spesies ( $H'$ ), kemerataan ( $E$ ) dan dominasi spesies ( $C$ ). Indeks keanekaragaman bernilai  $H' > 3$  menunjukkan tingkat keanekaragaman jenis tinggi,  $1 < H' \leq 3$  menunjukkan tingkat keanekaragaman jenis sedang dan  $H' < 1$  menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman jenis rendah. Indeks keanekaragaman spesies ( $H'$ ) dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener pada **Persamaan 1** (Odum 1996):

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left[ \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \right] \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

$H'$  = Indeks keanekaragaman

$n_i$  = Jumlah individu ke - 1

$N$  = Jumlah total individu seluruh jenis

Indeks Kemerataan ( $E$ ) digunakan untuk mengetahui kestabilan suatu komunitas dengan menilai sebaran individu suatu spesies dalam suatu komunitas pada unit penelitian (Iskandar dan Iskandar 2016). Indeks kemerataan dihitung dengan **Persamaan 2** dan **Persamaan 3**.

$$E = \frac{H'}{H'_{Max}} \dots \dots \dots (2)$$

$$H'_{max} = \ln S \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

$E$  = Indeks kemerataan

$H'$  = Indeks keanekaragaman

$H'_{max}$  = Indeks keanekaragaman maksimum

$S$  = Jumlah spesies

Nilai indeks kemerataan berkisar antara 0–1 dimana  $0 < E \leq 0,5$  menunjukkan komunitas tertekan atau kategori rendah  $0,5 < E \leq 0,75$  adalah komunitas tidak stabil atau kategori sedang dan  $0,75 < E \leq 1$  merupakan komunitas stabil atau kategori tinggi. Semakin tinggi nilai  $E$ , maka semakin stabil spesies dalam suatu komunitas, begitu pula sebaliknya (Odum 1993).

Nilai Dominasi ( $C$ ) digunakan untuk menganalisis dominasi suatu jenis tumbuhan terhadap jenis lainnya dalam suatu komunitas dengan menggunakan indeks dominasi Simpson dengan **Persamaan 4** (Simpson 1949).

$$C = \sum \left( \frac{n_i}{N} \right)^2 \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

$C$  = Indeks dominasi Simpson

$N$  = Jumlah total individu seluruh jenis



Nilai indeks dominasi berkisar antara 0–1, dimana  $0 < C \leq 0,5$  menunjukkan dominasi rendah, yakni tidak ada spesies yang secara ekstrem mendominasi spesies lain, kondisi lingkungan stabil dan tidak ada tekanan ekologis. Nilai  $0,5 < C \leq 0,75$  menunjukkan dominansi sedang dan kondisi lingkungan cukup stabil dan  $0,75 < C \leq 1$  menunjukkan dominasi tinggi artinya terdapat spesies yang mendominasi spesies lain, kondisi lingkungan tidak stabil dan terdapat tekanan ekologis.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Kondisi umum lokasi

Kota Yogyakarta memiliki Ruang Terbuka Hijau (RTH) publik seluas 29.840 m<sup>2</sup> atau hanya memiliki 0.089% dari luas wilayah sebesar 32.5 km<sup>2</sup>, dimana sekitar 13% RTH tersebut berada di Kemantren Gondokusuman (DLH Kota Yogyakarta 2022). Persentase RTH publik sebagaimana yang ditargetkan secara nasional adalah 20% dari luas kawasan, sehingga dilakukan penambahan RTH dengan pengadaan jalur hijau sebagai strategi pemecahan masalah tersebut. Kelurahan Kotabaru menjadi salah satu wilayah administratif Kemantren Gondokusuman yang memiliki RTH berupa jalur hijau jalan. Kondisi di lapangan memperlihatkan vegetasi yang ada tumbuh dengan baik dengan jarak tanam yang sesuai bagi perkembangannya yakni 3-5 m. Hal ini menunjukkan bahwa vegetasi di jalur hijau dirawat dengan baik.

#### 3.2. Komposisi vegetasi di jalur hijau Kelurahan Kotabaru

Hasil identifikasi vegetasi di jalur hijau Kelurahan Kotabaru (**Tabel 2**) didapatkan 1047 individu yang berasal dari 49 spesies tanaman dari 28 famili berbeda. Keanekaragaman jenis vegetasi berdasarkan habitusnya dikelompokkan menjadi jenis herba, semak, perdu, pohon dan epifit (**Gambar 2**). Pada jenis herba ditemukan 15 spesies dengan total 329 individu dimana 26% atau 87 individu didominasi oleh *Hymenocallis litthoralis* (jacq.) Salisb atau dikenal dengan bakungan. Menurut Salsabila *et al.* (2020) *Hymenocallis litthoralis* merupakan tanaman yang cukup toleran karena mampu menyesuaikan diri terhadap paparan polusi udara.

Semak dari spesies *Syzygium paniculatum* Gaertn atau biasa disebut pucuk merah mendominasi habitus semak karena meliputi 34% dari total 356 individu yang tersebar dalam 7 spesies. Tanaman ini banyak ditemukan di jalur hijau jalan karena perawatannya tidak terlalu sukar dan memiliki visual yang menjadi daya tarik bagi

banyak orang (Prihanto 2012). Jenis perdu hanya ditemukan 5 spesies dengan total 76 individu yang didominasi oleh *Tabebuia aurea* dengan persentase mencapai 46% dari total individu. Tanaman tabebuaya yang ditemukan memiliki tinggi kisaran 2 meter dan hanya terdapat pada median jalan di Jl. Prahu. Menurut Simamora *et al.* (2020), tabebuaya memiliki bunga yang dapat memperindah tatanan kota dan mempunyai perakaran yang tidak merusak trotoar sehingga memenuhi kriteria tanaman yang dapat ditanam pada jalur hijau.

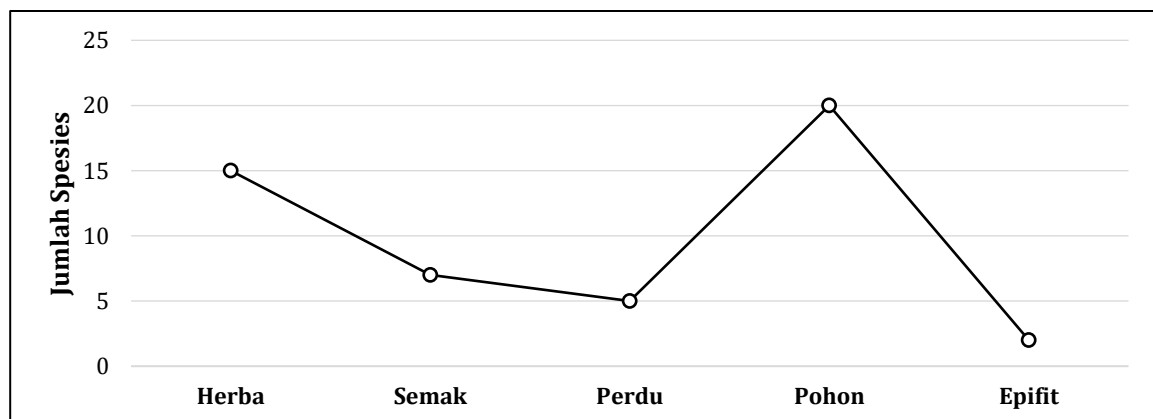
Pada habitus pohon teridentifikasi 20 spesies dengan total 354 individu yang didominasi oleh *Mimusops elengi* atau dikenal dengan nama pohon tanjung yang berjumlah 151 individu atau sekitar 42% dari total individu dan ditemukan 2 jenis tanaman epifit dengan total 70 individu. Keberadaan pohon tanjung yang mendominasi jalur hijau sejalan dengan program pemerintah dalam penghijauan kota. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa habitus pohon mendominasi jalur hijau di Kelurahan Kotabaru.

**Tabel 2.** Vegetasi di jalur hijau Kelurahan Kotabaru.

Famili	Nama lokal	Nama ilmiah	Habitus	Jumlah individu
Acanthaceae	Kencana ungu	<i>Ruellia angustifolia</i>	Herba	79
Agavaceae	Agave kuning putih	<i>Furcraea foetida</i>	Herba	3
Amaranthaceae	Bayem	<i>Amaranthus spp.</i>	Herba	10
Amaryllidaceae	Bakungan	<i>Hymenocallis litthoralis</i> (Jacq.) Salisb	Herba	86
Anacardiaceae	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	Pohon	15
	Jambu mete	<i>Anacardium occidentale</i>	Pohon	2
Annonaceae	Glodokan tiang	<i>Polyalthia longifolia</i> (Sonn.) Thwaites	Pohon	10
	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	Pohon	3
	Srikaya	<i>Annona squamosa L.</i>	Perdu	1
Apocynaceae	Kamboja	<i>Plumeria</i>	Herba	19
	Pong-pong	<i>Carbera odollam</i>	Pohon	8
Araceae	Lili perdamaian	<i>Spathiphyllum wallisii</i>	Herba	78
Arecaceae	Palem raja	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F.Cook	Perdu	27
	Palem kipas	<i>Livistona saribus</i>	Herba	1
	Palem kuning	<i>Dyopsis lutescens</i>	Herba	32
Asparagaceae	Suji	<i>Dracaena</i>	Herba	3
	Agave daun lebar	<i>Mauritius hemp</i>	Herba	1
	Suji varigata	<i>Dracaena reflexa</i>	Herba	1
	Suji tricolor	<i>Dracaena marginata</i>	Herba	7
Caricaceae	Pepaya	<i>Carica papaya</i>	Herba	1
Cladophoraceae	Palem udang	<i>Chrysalidocarpus lutescens</i> var. <i>Elegans</i>	Perdu	3

Famili	Nama lokal	Nama ilmiah	Habitus	Jumlah individu
Combretaceae	Ketapang	<i>Terminalia cattapa</i>	Pohon	17
Euphorbiaceae	Singkong	<i>Manihot utilisima</i> Pohl	Herba	5
	Pepaya Jepang	<i>Cnidocolus aconitifolius</i>	Herba	3
	Teh-tehan	<i>Acalypha siamensis</i>	Semak	30
Fabaceae	Bunga asoka	<i>Saraca asoca</i>	Semak	68
	Ketapang kebo	<i>Ficus lyrata</i>	Pohon	2
	Ketapang biola	<i>Cassia alata</i>	Pohon	2
	Angsana	<i>Ptetocarpus indicus</i>	Pohon	24
	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>	Pohon	8
	Tabebuaya	<i>Tabebuia aurea</i>	Perdu	37
	Lamiaceae	Jati	<i>Tectona grandis</i>	Pohon
Magnoliaceae	Bunga kantil	<i>Magnolia alba</i>	Perdu	8
Moraceae	Awar-awar	<i>Ficus septica</i>	Pohon	6
	Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	Pohon	42
	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Pohon	2
Muntingiaceae	Talok	<i>Muntingia calabura</i>	Pohon	4
Myrtaceae	Pucuk merah	<i>Syzygium paniculatum</i> Gaertn.	Semak	80
Nyctaginaceae	Kembang kertas	<i>Bougainvillea sp.</i>	Semak	30
Orchidaceae	Anggrek dendrobium	<i>Orchidaceae</i>	Epifit	24
Oxalidaceae	Belimbing	<i>Averrhoa carambola</i>	Pohon	1
Phyllanthaceae	Mangsian	<i>Phyllantus reticulatus</i>	Semak	5
Pteridopsida	Paku tanduk rusa	<i>Platyserium bifurcatum</i>	Epifit	46
Rubiaceae	Mengkudu	<i>Morinda citrifolia</i>	Pohon	6
Rutaceae	Lemon china	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Semak	3
	Jeruk nipis	<i>Citrus aurantifolia</i>	Semak	2
Sapindaceae	Kiara payung	<i>Filicium decipiens</i>	Pohon	32
	Kelengkeng	<i>Dimocarpus longan</i>	Pohon	4
Sapotaceae	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	Pohon	151
<b>Total</b>				<b>1047</b>

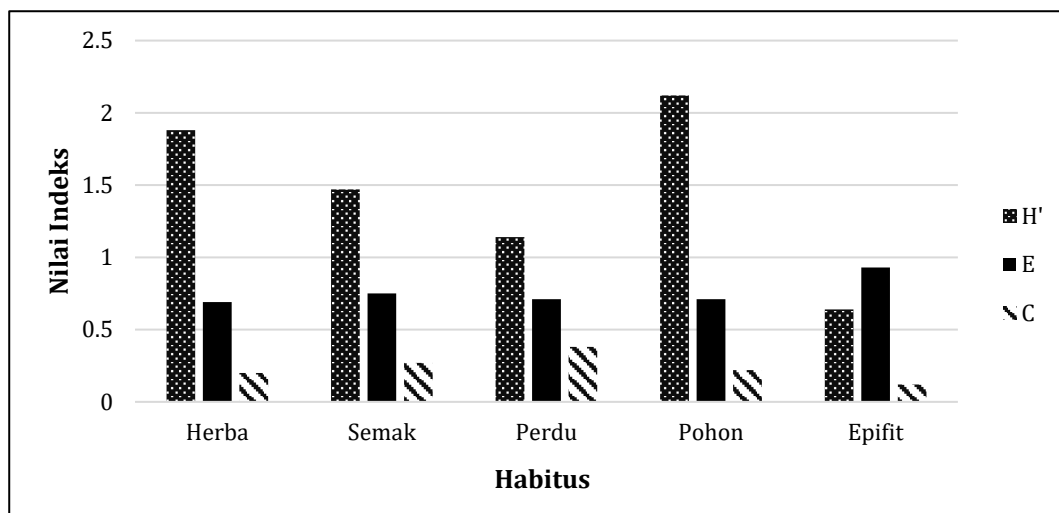
Sumber : Data Primer (2023)



Gambar 2. Komposisi habitus.

### 3.3. Keanekaragaman, pemerataan dan dominasi

Keanekaragaman hayati atau biodiversitas meliputi semua kehidupan makhluk hidup di atas bumi, sistem ekologi dan materi genetik di dalamnya (Miller and Spoolman 2009). Vegetasi menjadi elemen penting pada tataran biodiversitas perkotaan yang salah satunya diimplementasikan dalam bentuk jalur hijau jalan. Vegetasi dalam ekosistem berperan dalam mengameliiorasi iklim mikro dengan mempertahankan suhu dan kelembaban udara melalui proses fotosintesis dan evapotranspirasi (Kusmana 2015). Keanekaragaman vegetasi di jalur hijau dapat menjaga kestabilan ekosistem perkotaan. Pengukuran Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ), Indeks Kemerataan ( $E$ ) dan Indeks Dominansi ( $C$ ) dilakukan untuk menggambarkan struktur komunitas ekosistem (**Gambar 3**). Pada **Tabel 3** menunjukkan hasil perhitungan Indeks dan kategori Keanekaragaman ( $H'$ ), Indeks Kemerataan ( $E$ ) dan Indeks Dominansi ( $C$ ) pada jalur hijau di Kelurahan Kotabaru yang didasarkan pada kategori habitus herba, semak, perdu, pohon dan epifit.



**Gambar 3.** Nilai indeks keanekaragaman, pemerataan dan dominasi.

**Tabel 3.** Nilai indeks keanekaragaman, pemerataan dan dominasi.

Habitus	Jumlah	Keanekaragaman		Kemerataan		Dominasi	
		H'	Kategori	E	Kategori	C	Kategori
Herba	329	1,88	Sedang	0,69	Sedang	0,20	Rendah
Semak	218	1,47	Sedang	0,75	Sedang	0,27	Rendah
Perdu	76	1,14	Sedang	0,71	Sedang	0,38	Rendah
Pohon	354	2,12	Sedang	0,71	Sedang	0,22	Rendah
Epifit	70	0,64	Rendah	0,93	Tinggi	0,12	Rendah

Indeks keanekaragaman ( $H'$ ) menunjukkan tingkat variasi spesies dalam suatu komunitas. Indeks keanekaragaman dari habitus herba, semak, perdu dan pohon berada pada kategori sedang dengan  $H'$  sebesar 1,88; 1,47; 1,14 dan 2,12, sedangkan pada jenis epifit memiliki kategori rendah dengan  $H'$  0,64. Semakin tinggi indeks keanekaragaman maka semakin banyak variasi spesies pada komunitas tersebut (heterogen) yang menunjukkan bahwa komunitas seimbang dan sebaliknya, apabila nilai indeks rendah atau  $H' < 1$  maka variasi spesies rendah. Keanekaragaman spesies dapat menjadi indikator stabilitas komunitas dengan mempelajari kemampuan suatu komunitas untuk mempertahankan diri dari gangguan faktor lingkungan atau abiotik terhadap komunitas (Baderan *et al.* 2021).

Nilai keanekaragaman yang tinggi akan memiliki dominasi rendah. Menurut Doudi *et al.* (2022) tingkat kekayaan jenis dipengaruhi oleh kondisi habitat meliputi faktor fisika dan kimia lingkungan seperti suhu, kelembaban dan intensitas cahaya. Selain itu, Nuzulah *et al.* (2016) menyebutkan bahwa keanekaragaman spesies juga dipengaruhi oleh ketersediaan air, kondisi edafik (tanah), interaksi antara faktor biotik dan abiotik (kompetisi) dan dinamika habitat. Secara umum, tingkat keanekaragaman vegetasi di jalur hijau Kelurahan Kotabaru termasuk dalam kategori sedang atau menuju komunitas yang stabil.

Indeks kemerataan ( $E$ ) mengukur kelimpahan individu-individu antara spesies yang ada dalam suatu komunitas. Nilai indeks kemerataan pada lokasi penelitian menunjukkan tingkat kemerataan sedang hingga tinggi. Jenis epifit menunjukkan indeks kemerataan yang tinggi dengan  $E$  0,93 yang artinya tidak terdapat dominasi dari tanaman epifit spesies tertentu dan penyebarannya merata. Tingkat kemerataan sedang terlihat pada habitus herba, semak, perdu dan pohon dengan kisaran  $E$  0,69–0,75.

Nilai kemerataan (*Evenness*) memiliki rentang dari 0-1, apabila nilai indeks mendekati 1 artinya penyebarannya merata. Suatu komunitas dapat mencapai nilai kemerataan maksimal jika setiap spesies memiliki jumlah individu sama dan dapat memiliki nilai kemerataan minimal apabila selisih jumlah spesies tinggi, dimana terdapat spesies dominan, sub dominan dan spesies terdominasi (Baderan *et al.* 2021). Dengan demikian, populasi dalam setiap jenis habitus cukup merata sehingga mampu menerima tekanan dan pulih ke kondisi awal.

Indeks dominansi (C) merepresentasikan pola pemusatan dan penyebaran dominansi jenis dalam komunitas. Nilai indeks dominansi yang mendekati 0 menunjukkan bahwa semakin kecil tingkat dominansi spesies dalam lokasi penelitian, begitu pula sebaliknya. Hasil analisis data indeks dominansi memiliki kategori rendah pada semua jenis habitus, berkisar antara 0,12–0,38. Nilai dominansi paling tinggi terdapat pada habitus pohon, sedangkan paling rendah pada tanaman epifit. Menurut Saputro *et al.* (2022) penguasaan atau dominansi spesies dalam komunitas dapat terpusat pada satu atau beberapa spesies yang terlihat dari tinggi rendahnya nilai indeks dominansi. Dengan demikian, dominansi vegetasi jalur hijau Kelurahan Kotabaru tidak hanya terpusat pada satu jenis tetapi pada beberapa jenis vegetasi. Hal ini menunjukkan bahwa spesies vegetasi dari setiap habitus mampu beradaptasi pada lingkungan sekitar.

### **3.4. Fungsi vegetasi jalur hijau**

Jalur hijau jalan merupakan salah satu bentuk Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang ditanami dengan kombinasi berbagai jenis vegetasi dari mulai herba, semak, perdu, maupun pohon. Vegetasi yang terdapat pada jalur hijau jalan secara umum berperan sebagai penyangga lingkungan dengan pemilihan jenis yang diperhatikan untuk mendapatkan fungsi yang optimal namun tetap mempertimbangkan estetika lanskap perkotaan (Nugroho and Hidayati 2023). Jenis tanaman yang ditanam di jalur hijau jalan merupakan jenis yang cepat tumbuh, memiliki perawatan mudah, serta cukup kuat sehingga mencipta kan rasa aman dan nyaman bagi pengendara dan pejalan kaki (Putro *et al.* 2022).

Ruang terbuka hijau perkotaan diharapkan dapat memenuhi empat fungsi dasar penghijauan kota, yakni fungsi ekologis, fungsi ekonomi, fungsi sosial, fungsi estetika. Fungsi vegetasi perkotaan dapat dikombinasikan sesuai rencana pengembangan dan keberlanjutan kawasan (Alfa *et al.* 2023). Fungsi vegetasi di jalur hijau antara lain, mengurangi polutan, menyerap kebisingan, menghalangi silau, pengarah atau rambu-rambu, membatasi pandangan dari hal yang kurang mengenakan misalnya tumpukan sampah atau bekas galian, memperindah lingkungan, menahan benturan pada insiden kecelakaan, pencegah erosi, habitat satwa seperti burung atau serangga dan pemecah angin (PerMen PU Nomor 05 tahun 2012).

Setiap jenis vegetasi memiliki kemampuan dan fungsi ekologis yang berlainan tergantung morfologinya. Vegetasi yang efektif meredam bunyi memiliki tajuk tebal dan rindang (Putra *et al.* 2018). Vegetasi sangat mempengaruhi tingkatan intensitas bunyi, termasuk jenis, jarak tanam, tinggi tanaman dan lebar kanopi (Hamidun *et al.* 2021). Kombinasi tanaman semak, perdu, dan pohon yang membentuk kerapatan optimal mampu meningkatkan fungsi pereduksi kebisingan terbaik (Erdianto *et al.* 2018). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi pohon beringin, pucuk merah dan kencana ungu memenuhi kriteria vegetasi peredam kebisingan.

Vegetasi yang berfungsi sebagai peneduh dan pelindung umumnya memiliki tajuk yang lebar, tinggi dan memiliki cabang serta akar yang kuat. Hasil identifikasi vegetasi menunjukkan bahwa glodokan tiang, angkana, ketapang dan beringin dapat berfungsi sebagai peneduh sekaligus memberikan perlindungan terhadap angin, debu dan radiasi ultraviolet (Nurhaliza *et al.* 2023). Selain itu, vegetasi dengan sistem perakaran yang kuat pada jalur hijau juga dapat meminimalisir erosi akibat limpasan permukaan (*runoff*) air hujan (Putri *et al.* 2017).

Penambahan RTH pada jalur hijau jalan dapat membantu mengurangi emisi GRK yang menjadi polutan di kawasan perkotaan karena vegetasi memiliki kemampuan untuk menyerap karbon (Miharja *et al.* 2018). Berdasarkan hasil penelitian, tanaman yang memiliki peran penting dalam penyerapan karbon adalah vegetasi jenis pohon yang mendominasi lokasi penelitian seperti tanjung, beringin dan angkana. Sejalan dengan penelitian Putro *et al.* (2022) menyebutkan bahwa tanaman dengan komposisi lebih banyak akan dapat menyerap CO<sub>2</sub> lebih besar meskipun memiliki daya serap karbonnya rendah.

Vegetasi perkotaan khususnya pada jalur hijau jalan berperan penting dalam menciptakan habitat bagi satwa seperti burung dan serangga. Keanekaragaman satwa dipengaruhi oleh keberadaan jenis vegetasi. Pada jalur hijau Kelurahan Kotabaru ditemukan delapan pohon buah, diantaranya mangga, jambu mete, srikaya, sirsak, pepaya, nangka, talok, belimbing dan kelengkeng. Vegetasi pohon buah pada jalur hijau dapat ditingkatkan untuk memenuhi dan menyediakan sumber pakan serta habitat bagi satwa yang berperan dalam meningkatkan kualitas ekosistem perkotaan. Selain itu, pohon buah juga memiliki fungsi sosial karena buahnya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar. Menurut penelitian Utami *et al.* (2021), keanekaragaman satwa

seperti burung di kawasan perkotaan dapat meningkatkan daya tarik kota. Hal tersebut dapat menciptakan atraksi baru di Yogyakarta sebagai kota wisata sehingga bisa meningkatkan peluang bisnis yang berperan besar dalam perekonomian masyarakat. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa keanekaragaman vegetasi di jalur hijau jalan dapat memenuhi fungsi ekologi, sosial dan ekonomi.

Vegetasi pada jalur hijau yang didesain mengikuti tata ruang lanskap perkotaan dapat memberikan nilai estetika ruang publik. Estetika lanskap penting untuk menghadirkan dan mempertahankan aspek fungsi lainnya (Damayanty *et al.* 2018). Jalur hijau yang indah dan nyaman akan menarik minat masyarakat sebagai sarana rekreasi, olah raga dan edukasi (Rahardja 2022). Estetika yang dihasilkan dari vegetasi dapat dilihat dari segi pemilihan dan pengaturannya. Pada pemilihan vegetasi perlu mempertimbangkan bentuk tajuk, warna, tekstur dan tinggi vegetasi, sedangkan pengaturan vegetasi dapat dilihat pada aspek gradasi, aksen dan komposisinya (Permatasari *et al.* 2022). Jenis vegetasi hasil penelitian secara umum dapat memenuhi nilai estetika apabila disusun dengan baik, seperti yang ada pada Jl. Suroto terdiri atas pohon beringin, anggrek dan kencana ungu sebagai tanaman bawahnya. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa vegetasi jalur hijau di Kelurahan Kotabaru dapat menyediakan fungsi estetika.

Kawasan jalur hijau perkotaan selain ditanami vegetasi, biasanya juga dilengkapi dengan pedestrian yang mendukung tersedianya fungsi sosial bagi aktivitas serta pergerakan para pejalan kaki, pesepeda dan penyandang cacat (disabilitas) (Wardiningsih *et al.* 2023). Hal ini merupakan upaya untuk menciptakan lingkungan perkotaan yang manusiawi dan menarik bagi warga untuk melakukan berbagai kegiatan dalam rangka memenuhi kebutuhan jasmani dan rohaninya (Ersina dan Rahayu 2017). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar jalur hijau dilengkapi dengan pedestrian baik di median dan/atau bahu jalan, seperti pada Jl. Faridan Muridan Noto, Jl. Suroto, Jl. I Dewa Nyoman Oka, Jl. Merbabu, Jl. Perahu, Jl. Pattimura dan Jl. Serma Taruna Ramli. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa jalur hijau di Kelurahan Kotabaru dapat menyediakan fungsi sosial vegetasi.



#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Keanekaragaman vegetasi ( $H'$ ) di jalur hijau jalan Kelurahan Kotabaru, Kota Yogyakarta berada pada kategori sedang pada semua habitus kecuali habitus epifit yang berada pada kategori tinggi. Indeks pemerataan ( $E$ ) berada pada kategori sedang hingga tinggi atau cenderung pada kategori sedang yang meliputi 4 dari 5 habitus vegetasi. Indeks keanekaragaman dan indeks pemerataan perlu ditingkatkan dengan perencanaan dan perbaikan jalur hijau dengan tanaman yang lebih beragam dan terdistribusi merata. Sedangkan, pada indeks dominasi pada keseluruhan habitus berada pada kategori rendah artinya tidak ada tanaman tertentu yang mendominasi dan kondisi lingkungan stabil.

Berdasarkan hasil analisis, vegetasi yang ditemukan pada lokasi penelitian telah menyediakan fungsi ekologi, fungsi ekonomi dan fungsi sosial. Pemerintah Kota Yogyakarta telah melakukan berbagai rekayasa untuk mengembangkan RTH publik pada lahan yang terbatas. Oleh karena itu, untuk menjaga keberlanjutan perlu RTH jalur hijau jalan perlu adanya peran serta dan kepedulian masyarakat dalam memelihara RTH publik yang ada. Pemerintah dapat memberikan himbuan, edukasi, atau melakukan sosialisasi kepada masyarakat. Selain itu, masih perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk perencanaan jalur hijau jalan agar fungsi vegetasi dapat diperoleh secara optimal dan mampu meningkatkan kualitas ekosistem perkotaan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Alfa A, Gasali M dan Syafrizal, TDS. 2023. Analisa penanaman vegetasi pinang betara pada jalur hijau jalan raya di Kota Tembilahan sebagai penyerap emisi kendaraan dan sumber pencapatan asli daerah (PAD) (studi kasus: Jalan Baharuddin Yusuf dan Jalan Swarna Bumi). *Selodang Mayang: Jurnal Ilmiah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Indragiri Hilir* 9(2) :123-132.
- Baderan DWK, Rahim S dan Angio M. 2021. Keanekaragaman, pemerataan dan kekayaan spesies tumbuhan dari geosite Potensial Benteng Otanaha sebagai rintisan pengembangan Geopark Provinsi Gorontalo. *Al-Kaunyah: Jurnal Biologi* 14(2):264-274.

- Damayanty N, Izziah dan Anggraini R. 2018. Kajian kesesuaian penataan ruang terbuka publik di Kawasan Pasar Aceh Kota Banda Aceh dengan komponen dan indikator perancangan taman kota serta RTRW Kota Banda Aceh 2009-2029. *Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan* 1(1): 53-62.
- Doudi M, Rasnovi S dan Dahlan D. 2022. Keanekaragaman vegetasi di Kawasan Geotermal Gunung Seulawah Agam Kabupaten Aceh Besar [Prosiding]. *Prosiding Seminar Nasional Biotik* 8(1):56-60.
- Erdianto A, Irwan SNR dan Kastono D. 2019. Fungsi ekologis vegetasi taman dengung sleman sebagai pengendali iklim mikro dan peredam kebisingan. *Vegetalika* 8(3):139-152.
- Ersina S dan Rahayu I. 2017. Perancangan jalur pedestrian di Jalan Prof. Abdurahman Basalamah Makassar. *National Academic Journal of Architecture* 4(1):57-65.
- Fakhrurradhi F, Isya M dan Irwansyah M. 2018. Evaluasi fungsi estetika, kenyamanan dan keselamatan jalur hijau jalan (studi kasus Jalan Prof. Ali Hasjmy). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan* 1(2):128-137.
- Fang X, Li J dan Ma Q. 2023. Integrating green infrastructure, ecosystem services and nature-based solutions for urban sustainability: a comprehensive literature review. *Sustainable Cities and Society* 98:1-13.
- Gattein A, Wiryono W dan Anwar G. 2021. Evaluasi terhadap jalur hijau Jalan Kota Lubuklinggau Kecamatan Lubuklinggau Timur II Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* 10(1):53-61.
- Hamidun MS, Baderan DWK dan Malle M. 2021. Efektivitas penyerapan kebisingan oleh Jenis Pohon Pelindung di Provinsi Gorontalo. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 19(3):661-669.
- Iskandar J dan Iskandar B. 2016. *Plant architecture: structure of village homegarden and urban green space*. Teknosain. Yogyakarta.
- Kemal RA, Yulita A, Nufadianti G, Rosadi I dan Muthmainah SI. 2015. Review: tumbuhan di kota urban Indonesia: nilai bioteknologis dan proyeksi keragaman pada 2050 [Prosiding]. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* 1(8):1836-1841.
- Keputusan Walikota Nomor 71 tahun 2018 tentang penetapan ruas-ruas Jalan Kota Yogyakarta.

- Kusmana C. 2015. Biological diversity (biodiversity) as a key element of green urban ecosystem [Proceeding]. Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia Vol 1(8):1747-1755.
- Maulida I, Rauzi EN dan Ariatsyah A. 2022. Evaluasi fungsi vegetasi dan pengaruhnya terhadap kenyamanan termal Taman Tepi Sungai Krueng Aceh (studi kasus: Gampong Keudah). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Arsitektur dan Perencanaan* 6(2): 27-33.
- Miharja FJ, Husamah H dan Muttaqin T. 2018. Analisis kebutuhan ruang terbuka hijau sebagai penyerap emisi gas karbon di kota dan kawasan penyangga Kota Malang. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan* 2(3):165-174.
- Miller Jr dan Spoolman SE. 2009. *Living in the environment* (16th ed.). Yolanda Cossio. California.
- Nugroho AP dan Hidayati R. 2023. Identifikasi kesesuaian vegetasi Taman Sekartaji sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Surakarta [Prosiding]. *Seminar Ilmiah Arsitektur IV*:594-602.
- Nurhaliza L, Gustaf R dan Monika D. 2023. Evaluasi fungsi vegetasi sebagai pohon pelindung berdasarkan morfologi tumbuhan di Jalan Pangeran Ratu [Prosiding]. *Seminar Nasional Biologi* 3(1):310-326.
- Nuzulah SN, Purwanto P dan Bachri S. 2016. Kajian dinamika suksesi vegetasi di kawasan terdampak erupsi Gunung Api Kelud berbasis data penginderaan jauh tahun 2013-2016. *Jurnal Media Komunikasi Geografi* 17(1):1-17.
- Odum EP. 1993. *Dasar – dasar ekologi* (edisi keempat) . WB Sunder's Co. New York.
- Odum EP. 1996. *Dasar – dasar ekologi* (edisi ketiga). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Permatasari UA, Muliadi M dan Fuady M. 2022. Evaluasi kualitas estetika visual vegetasi Taman Bustanussalatin Kota Banda Aceh dengan metode scenic beauty estimation. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Arsitektur dan Perencanaan* 6(2):69-75.
- Permen PU (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum) Nomor 05 Tahun 2012 tentang pedoman penanaman pohon pada sistem jaringan.
- Prihandi DR dan Nurvianto S. 2022. The role of urban green space design to support bird community in the urban ecosystem. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 23(4):1-9.

- Prihanto T. 2012. Perancangan fasilitas pejalan kaki di koridor hijau Kampus Universitas Negeri Semarang. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan* 14(2):191-200.
- Putra IS, Rombang JA dan Nurmawan W. 2018. Analisis kemampuan vegetasi dalam meredam kebisingan. *Eugenia* 24(3):105-115.
- Putri DG, Soemardiono B dan Suprihardjo R. 2017. Konsep penataan ruang terbuka hijau di kawasan pusat kota ponorogo. *Jurnal Penataan Ruang* 7(1):10-15.
- Putro GS, Indahsari PN dan Kasiyani A. 2022. Analisis komposisi vegetasi beberapa jalur hijau jalan arteri dan hubungannya dengan tingkat serapan CO<sub>2</sub> (studi kasus di Daerah Istimewa Yogyakarta). *Bulletin Agro Industri* 48(1):37-50.
- Rahardja S. 2022. Optimalisasi fungsi ruang terbuka hijau sebagai perwujudan hak atas lingkungan hidup yang baik dan sehat [Prosiding]. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Riset (SNHR)*:129-137.
- Salsabila SH, Nugrahani P dan Santoso J. 2020. Toleransi tanaman lanskap terhadap pencemaran udara di Kota Sidoarjo. *Jurnal Lanskap Indonesia* 12(2):73-78.
- Saputro IG, Widodo WD dan Santosa E. 2022. Karakteristik agro-ekologi dan keragaman pohon buah penghijauan pinggir jalan di Kota Bandung. *Indonesian Journal of Agronomy/Jurnal Agronomi Indonesia* 50(2):193-201.
- Simamora MA, Susilawati S dan Naemah D. 2020. Identifikasi jenis pohon jalur hijau Jalan Ahmad Yani Kota Banjarbaru. *Jurnal Sylva Scientiae* 2(3):399-403.
- Simpson EH. 1949. *Measurement of Diversity*. Nature. London.
- UU (Undang-Undang) Nomor 26 Tahun 2007 tentang penataan ruang.
- Utami RN, Irwan SNR, Sawardi A dan Raya AB. 2021. Daya tarik keanekaragaman burung di Jalur Hijau Jalan Kota Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 26(2):267-275.
- Wardinarsih S, Sarwono DB dan Hasibuan MSR. 2023. Penataan fasilitas jalur pedestrian sebagai jalur moda pedestrian lingkar Komplek Stadion Pakansari Cibinong, Kabupaten Bogor. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia* 12(3):117-123.
- Yasmine PA dan Wicaksono KP. 2019. Analisis tingkat kenyamanan dan vegetasi ruang terbuka hijau Taman Singha Merjosari. *Journal of Agricultural Science* 3(2):149-155.

# Tinjauan sistematis tentang faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku pemilahan sampah rumah tangga

## *A systematic review of factors influencing household waste separation behavior*

Yunda Apriani<sup>1\*</sup>, Eko Liquiddanu<sup>1</sup>, Muhammad Hisjam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

### Abstrak.

Pertumbuhan populasi yang cepat mengakibatkan peningkatan produksi sampah, dengan proyeksi bahwa sampah global akan mencapai 3,4 miliar ton pada tahun 2050, yang menimbulkan tantangan lingkungan yang serius. Pemilahan dan daur ulang sampah merupakan strategi penting untuk mengatasi masalah ini, namun partisipasi masyarakat dalam praktik pemilahan sampah masih rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku pemilahan sampah menggunakan metode *systematic review* berdasarkan pedoman PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*). Pencarian literatur yang komprehensif dilakukan dengan menggunakan database Scopus, menghasilkan 19 artikel yang relevan dan dua artikel tambahan yang diidentifikasi melalui pencarian manual di Google Scholar. Hasil analisis menunjukkan sebagian besar penelitian menerapkan *Theory of Planned Behavior* (TPB) untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi niat dan perilaku pemilahan sampah. Variabel yang sering diterapkan dalam penelitian meliputi *attitudes, norms, awareness, knowledge, perceived behavioral control, law and regulation, dan situational factors*. Temuan ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi para peneliti dan mendukung pembuatan kebijakan yang lebih efektif untuk meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Kata kunci: pemilahan sampah, tinjauan sistematis, perilaku lingkungan, sampah rumah tangga, PRISMA

### Abstract.

*Rapid population growth has resulted in increased waste production, with projections that global waste will reach 3.4 billion tons by 2050, posing serious environmental challenges. Waste separation and recycling are essential strategies to address this issue, but community participation in waste segregation practices is still lacking. This study aims to identify and analyze the factors influencing household waste separation behavior through a systematic review conducted in accordance with the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines. A comprehensive literature search was conducted utilizing the Scopus database, yielding 19 relevant articles and two additional articles identified through a manual search on Google Scholar. The analysis revealed that most studies applied the Theory of Planned Behavior (TPB) to analyze the factors influencing waste separation intentions and actions. Commonly applied variables in research include attitudes, norms, awareness, knowledge, perceived behavioral control, law and regulation, and situational factors. The findings are expected to provide insights for researchers and support creating more effective policies to increase community involvement in sustainable waste management.*

*Keywords: waste separation, systematic review, environmental behavior, household waste, PRISMA*

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi manusia yang terus meningkat, mendorong peningkatan produksi sampah yang berkontribusi besar terhadap kerusakan lingkungan (Hajam *et al.* 2023). Produksi sampah global diperkirakan akan mencapai 3,40 miliar ton pada tahun 2050 yang menunjukkan tantangan besar yang harus dihadapi oleh sistem pengelolaan sampah di berbagai negara (Kaza *et al.* 2018). Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan pemisahan sampah dan mendaur ulangnya (Wang *et al.* 2021).

---

\* Korespondensi Penulis  
Email : [yundaapriani@student.uns.ac.id](mailto:yundaapriani@student.uns.ac.id)

Pemisahan sampah memungkinkan proses daur ulang dan pengelolaan limbah yang lebih efisien, sehingga dapat mengurangi beban pada tempat pembuangan akhir dan menurunkan emisi gas rumah kaca (Moeini *et al.* 2023). Pemilahan sampah di sumbernya merupakan salah satu cara yang paling efisien untuk mengatasi masalah pengelolaan sampah (Labib *et al.* 2021). Dalam hal ini, partisipasi aktif rumah tangga sangat penting untuk pengelolaan sampah yang berkelanjutan (Akmal *et al.* 2023).

Namun, rendahnya partisipasi masyarakat dalam pemisahan sampah di banyak negara menunjukkan perlunya memahami faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku ini. Faktor-faktor yang mempengaruhi partisipasi penduduk dalam pemisahan sampah bervariasi dipengaruhi oleh sejumlah faktor, baik internal maupun eksternal. Faktor internal mencakup sikap, kesadaran, serta norma moral individu, sementara faktor eksternal meliputi ketersediaan infrastruktur, regulasi, dan dukungan kebijakan pemerintah (Trushna *et al.* 2024). Berbagai studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa faktor-faktor internal dan eksternal memainkan peran penting dalam membentuk motivasi serta perilaku masyarakat dalam pengelolaan sampah. Misalnya, studi oleh Zhang *et al.* (2015) terhadap penduduk Guangzhou, China menemukan bahwa *attitude*, *subjective norm*, *perceived behavioral control*, dan *situational factors* signifikan memprediksi perilaku pemisahan sampah. Penelitian oleh Ulhasanah & Goto (2018) di Padang, Indonesia menggarisbawahi pentingnya peran pemerintah dalam mendorong inisiatif pemisahan sampah melalui kebijakan dan regulasi yang efektif.

Penelitian Zaikova *et al.* (2022) dilakukan di dua negara, mengidentifikasi bahwa di Finlandia, perilaku pemilahan sampah sangat dipengaruhi oleh niat dan akses terhadap informasi yang memadai. Masyarakat yang memiliki informasi yang cukup cenderung lebih aktif dalam memisahkan sampah. Sebaliknya, di Rusia, meskipun niat untuk memisahkan sampah juga ada, kurangnya informasi dan fasilitas pengumpulan sampah menjadi hambatan utama. Selain itu, norma sosial yang berkembang di masyarakat, seperti dukungan dari komunitas dan pengaruh teman sebaya, sangat berpengaruh terhadap perilaku pemisahan sampah (Goh *et al.* 2022). Penelitian oleh Xu *et al.* (2017) juga menambahkan efek moderasi dari berbagai karakteristik individu, seperti jenis kelamin, usia, tingkat pendapatan, dan persepsi terhadap efektivitas kebijakan untuk lebih mendorong perilaku pemisahan sampah rumah tangga.

Faktor-faktor ini menunjukkan bahwa motivasi individu untuk terlibat dalam praktik pengelolaan sampah tidak hanya bergantung pada pengetahuan dan sikap pribadi, tetapi juga pada konteks sosial dan dukungan eksternal yang tersedia. Meskipun banyak penelitian yang telah dilakukan untuk memahami perilaku pemisahan sampah, masih terdapat kekurangan dalam kajian yang mengintegrasikan berbagai faktor tersebut dan menganalisis bagaimana mereka berinteraksi dalam konteks yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi niat rumah tangga dalam melakukan pemilahan sampah sangat diperlukan untuk mendorong partisipasi dalam pemisahan sampah sehari-hari (Labib et al. 2021).

Kajian literatur ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap perilaku pemisahan sampah. Dengan merangkum berbagai studi yang ada, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang faktor-faktor penentu dalam perilaku pemilahan sampah, serta memberikan rekomendasi bagi perancang kebijakan untuk meningkatkan partisipasi masyarakat dalam upaya pengelolaan sampah berkelanjutan. Temuan ini juga diharapkan dapat mengidentifikasi celah penelitian yang ada dan memberikan arahan untuk penelitian lebih lanjut.

## **2. METODOLOGI**

Penelitian ini menggunakan metodologi *systematic review* berdasarkan panduan PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*) untuk memastikan proses seleksi dan sintesis literatur dilakukan secara transparan dan terstruktur (Page et al. 2021). Metode PRISMA digunakan untuk menyaring topik-topik yang sesuai dengan faktor-faktor yang mempengaruhi pemisahan sampah khususnya di konteks rumah tangga.

### **2.1. Strategi pencarian**

Pencarian literatur dilakukan menggunakan *database* Scopus dengan kata kunci yang digabungkan dengan operator Boolean (AND dan OR). Beberapa kata kunci yang digunakan seperti "*waste sorting behavior*", "*waste separation behavior*", "*environmental behavior*", "*waste sorting management*", "*household waste*" dan "*waste separation*".

## 2.2. Kriteria kelayakan

Kriteria kelayakan yang ditetapkan untuk memastikan studi yang dimasukkan relevan dengan penelitian ini. Kriteria tersebut meliputi tahun publikasi yang dibatasi dari 2015 sampai 2024, ini untuk memastikan bahwa analisis mencakup informasi terkini dan perkembangan terbaru dalam bidang penelitian. Bahasa yang digunakan dalam artikel harus dalam bahasa Inggris dan hanya mencakup artikel yang diterbitkan dalam sumber jurnal, sehingga jenis publikasi lain, seperti laporan, prosiding konferensi dikecualikan.

## 2.3. Ekstraksi data

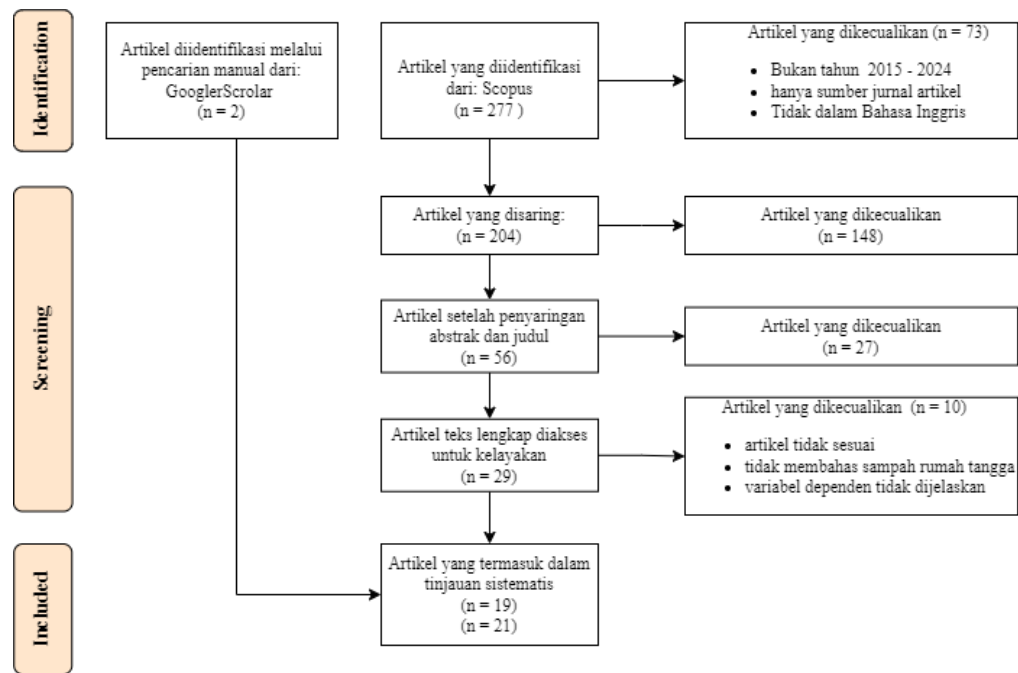
Proses ekstraksi data dimulai setelah pemilihan artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Berbagai informasi penting diekstrak dari setiap penelitian yang relevan, termasuk judul, abstrak, tahun publikasi, dan jurnal tempat artikel diterbitkan. Selain itu, data mengenai teori yang digunakan dalam penelitian juga dicatat untuk memberikan konteks mengenai pendekatan analitis yang diambil oleh penulis. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemisahan sampah juga diekstraksi, termasuk variabel demografis dan sosial yang dapat mempengaruhi perilaku masyarakat dalam pemisahan sampah.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil pencarian

Pencarian awal dari *database* ilmiah (*Scopus*) menghasilkan total 277 artikel dan 2 artikel tambahan yang ditemukan dari pencarian manual di *Google Scholar*. Setelah penyaringan awal, 73 artikel dihapus karena tidak sesuai kriteria atau tidak relevan, sehingga menyisakan 204 artikel. Sebanyak 148 artikel dikeluarkan setelah penyaringan judul dan abstrak. Terdapat 56 artikel yang dianggap relevan diidentifikasi dan diupayakan untuk diambil atau diakses. Sebanyak 29 diakses dalam teks lengkap untuk penilaian kelayakan. Pada tahap ini, 10 laporan dikeluarkan karena studi tidak sesuai atau variabel penting tidak dilaporkan. Akhirnya, 19 artikel lolos dengan tambahan 2 artikel dari *Google Scholar* dimasukkan dalam tinjauan sistematis tampak pada **Gambar 1** yang mengacu dari pedoman PRISMA (Page et al. 2021).





Gambar 1. Diagram alir *systematic review*.

### 3.2. Studi yang disertakan

Penelitian ini mencakup 21 artikel yang diterbitkan antara tahun 2015 hingga 2024, yang berasal dari sembilan negara berbeda. Dari seluruh artikel yang dianalisis, mayoritas berasal dari China dengan total 13 artikel, menunjukkan dominasi kontribusi penelitian dari negara tersebut dalam topik yang diteliti. Thailand menyusul dengan dua artikel, sementara negara-negara lain seperti Indonesia, Kamboja, Australia, Rusia, Finlandia, Vietnam, dan Iran masing-masing menyumbang satu artikel. Hal ini menunjukkan adanya keragaman geografis dalam penelitian, meskipun distribusinya masih terkonsentrasi di beberapa negara tertentu, khususnya China.

Jumlah sampel bervariasi dari 208 hingga 2555 responden, yang mencerminkan perbedaan dalam skala penelitian dan populasi di masing-masing negara. Metode analisis yang paling sering digunakan dalam studi-studi ini adalah *Structural Equation Modeling* (SEM) dan *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM), yang dipilih untuk menganalisis hubungan antar variabel dan memprediksi faktor yang mempengaruhi perilaku pemisahan sampah rumah tangga. Dalam hal teori yang digunakan, sebagian besar penelitian menggunakan *Theory of Planned Behavior* (TPB), dengan beberapa studi yang juga menggabungkan teori lain seperti *Norm Activation Model* (NAM). Temuan utama pada penelitian sebelumnya tampak pada **Tabel 1** yang mengacu gaya penyajian Limbu and Ahamed 2023.

**Tabel 1.** Temuan utama penelitian-penelitian sebelumnya.

No	Penulis	Negara	Teori	Ukuran sampel	Metode analisis	Hasil
1	(Zhang et al. 2015)	China	TPB	208	SEM	<i>Attitude, subjective norm, Perceived behavioral control (PBC), intention, dan situational factors</i> secara signifikan memprediksi perilaku limbah rumah tangga.
2	(Xu et al. 2017)	China	TPB	628	PLS-SEM	<i>Subjective norms, PBC, past behavior, dan intention</i> secara signifikan memprediksi perilaku pemilahan sampah rumah tangga, sementara <i>gender, age, income levels, dan perceived policy effectiveness (PPE)</i> memoderasi perilaku.
3	(Ulhasanah and Goto 2018)	Indonesia	TPB	609	EFA, CFA, SEM	<i>Social norms, environmental awareness, environmental knowledge, role of government, habits, dan law enforcement</i> mempengaruhi niat, dan niat mempengaruhi perilaku pemilahan sampah.
4	(Zhang et al. 2019)	China	TPB & NAM	413	PLS-SEM	<i>Facility accessibility dan government stimulus</i> melemahkan hubungan antara <i>intention dan behavior</i> dalam pemilahan sampah, tetapi secara langsung mendorong perilaku pemilahan. <i>Personal norm</i> mempengaruhi niat warga, sedangkan <i>subjective norm dan PBC</i> tidak berpengaruh signifikan.
5	(Lou et al. 2020)	China	TPB	604	SEM	Di daerah perkotaan, <i>subjective norm, moral norms, self-identity, dan perceived behavioral control</i> mempengaruhi intention, affecting behavior. Di daerah pedesaan, <i>subjective norms, self-identity, dan PBC</i> membentuk <i>intention</i> , dengan <i>PBC dan intention</i> yang mempengaruhi behavior.
6	(Wang et al. 2020)	China	TPB	397	PLS-SEM	<i>Attitudes, subjective norms, PBC, personal moral norms, serta waste sorting knowledge</i> berpengaruh signifikan terhadap intention. <i>Waste sorting knowledge</i> juga secara tidak langsung berpengaruh pada <i>ntention</i> melalui <i>attitudes and PBC</i> . Selain itu <i>incentive measures</i> memperkuat hubungan niat terhadap perilaku.
7	(Wang et al. 2021)	China	TPB	441	SEM & MLR	<i>Environmental regulation</i> memiliki pengaruh memiliki efek tertinggi pada <i>intention</i> , diikuti <i>PBC, dan attitudes</i> . <i>Intention dan PBC</i> secara positif berdampak pada behavior, dengan <i>knowledge, involvement, dan moral responsibility</i> memoderasi hubungan antara <i>PBC dan behavior</i> .

No	Penulis	Negara	Teori	Ukuran sampel	Metode analisis	Hasil
8	(Wang 2021)	China	TPB	2555	SEM & LR	<i>Environmental attitudes, subjective norms</i> , and PBC berpengaruh positif terhadap <i>initiation</i> dan <i>execution intentions</i> . <i>Environmental attitudes</i> secara langsung dan tidak langsung, mempengaruhi <i>behavior</i> , sementara <i>subjective norms</i> dan PBC memiliki pengaruh yang kecil. PPE memperkuat hubungan antara niat inisiasi dan perilaku.
9	(Liu et al. 2022)	China	TPB & VBN	541	PLS-SEM	<i>Attitudes, subjective norms</i> , dan PBC secara positif mempengaruhi <i>intention</i> . PPE berpengaruh terhadap <i>attitudes</i> dan <i>intention</i> . <i>Intention</i> berpengaruh pada <i>waste sorting behavior</i> .
10	(Pongpunpurt et al. 2022)	Thailand	ETPB	321	SEM	<i>Knowledge</i> and <i>subjective norms</i> merupakan prediktor yang signifikan terhadap <i>intentions</i> , yang menunjukkan pengaruh yang kuat terhadap <i>waste separation behavior</i> (WSB).
11	(Govindan et al. 2022)	China	TPB	324	SEM & LR	<i>Attitude, subjective norms</i> , dan PBC secara signifikan mempengaruhi niat, yang mempengaruhi <i>behavior</i> . <i>Infrastructure, economic incentives</i> , dan <i>assistance &amp; supervision</i> secara positif memoderasi hubungan <i>intention-behavior</i> .
12	(Ly and Ly 2022)	Kamboja	TPB	398	PLS-SEM	<i>Attitudes, social norms</i> , dan <i>moral norms</i> secara signifikan mempengaruhi <i>intention</i> , yang kemudian mempengaruhi WSB.
13	(Goh et al. 2022)	Australia	TPB & NAM	1697	SEM	PBC, <i>social norms</i> dan <i>personal norms</i> sebagai faktor utama yang mempengaruhi WSB, sementara <i>attitudes</i> dan <i>local government support</i> tidak memiliki pengaruh yang signifikan.
14	(Zaikova et al. 2022)	Rusia	TPB	593	SEM	Di Finlandia, <i>intentions</i> dan <i>sufficient information</i> merupakan kunci dari WSB. Di Rusia, <i>intentions</i> mempengaruhi WSB, tetapi kurangnya informasi dan fasilitas pengumpulan membatasi upaya.
		Finlandia		474		<i>Attitudes</i> sangat mempengaruhi <i>intention</i> di Rusia, sementara <i>subjective norms</i> memiliki dampak yang kecil. <i>Economic incentives</i> dan <i>distrust in the collection system</i> merupakan prediktor yang tidak signifikan di kedua negara.
15	(Nguyen and Aramaki 2022)	Vietnam	Model of Consumer Behavior by Vlek	778	PLS-SEM	WSB baik penghuni lama maupun pendatang baru dipengaruhi oleh <i>opportunity, sense of community</i> , dan <i>ability</i> , sementara penduduk lama juga dipengaruhi oleh <i>trust in authority</i> .

No	Penulis	Negara	Teori	Ukuran sampel	Metode analisis	Hasil
16	(Hao and Xu 2023)	China	DT & NAM	628	SEM	<i>Penalty certainty</i> dan <i>severity</i> secara positif mempengaruhi WSB, melalui <i>personal norms</i> , <i>Penalty certainty</i> juga memiliki pengaruh langsung terhadap WSB. <i>Trust in authorities</i> memoderasi <i>personal norms</i> .
17	(Mir Mohamad Tabar et al. 2024)	Iran	TPB	970	SEM	<i>Attitudes</i> , <i>subjective norms</i> , dan PCB secara positif mempengaruhi <i>intention</i> , yang secara positif terkait dengan WSB. Namun, <i>situasional factors</i> mempengaruhi perilaku pemilahan sampah secara negatif.
18	(Lou et al. 2024)	China	TPB	571	SEM	<i>Attitude</i> , <i>subjective norms</i> , PBC, dan <i>category labels</i> berpengaruh secara signifikan terhadap <i>intention</i> , dan <i>behavior</i> dipengaruhi oleh <i>intention</i> dan PBC.
19	(Zhang S et al. 2024)	China	TPB & NAM	478	SEM & HRA	Di daerah perkotaan, <i>subjective norms</i> , <i>attitudes</i> , dan <i>personal norms</i> mempengaruhi <i>intentions</i> , sementara PBC and <i>intentions</i> mempengaruhi <i>behavior</i> , yang dimoderasi oleh <i>economic incentives</i> dan <i>policy restraints</i> . Di daerah pedesaan, <i>attitudes</i> dan <i>personal norms</i> membentuk <i>intentions</i> , dengan PBC dan <i>intentions</i> mempengaruhi <i>behavior</i> , yang dimoderasi oleh <i>policy restraints</i> .
20	(Zhang D et al. 2024)	China	TPB	657	SEM	<i>Subjective norms</i> , PBC, dan <i>community convenience</i> mempengaruhi <i>intention</i> . <i>Behavior</i> dipengaruhi oleh PBC dan <i>intention</i> .
21	(Leknoi et al. 2024)	Thailand	TPB & ETPB	456	SEM	<i>Attitude</i> dan <i>political background</i> mempengaruhi niat di berbagai kelompok, sementara <i>perceived convenience and effort</i> (PCE) dan <i>system trust</i> memainkan peran penting dalam membentuk perilaku pemilahan sampah. <i>System trust</i> sangat mempengaruhi perilaku personil organisasi dan penghuni pengembangan perumahan, sedangkan pengunjung mal dan penghuni berpenghasilan rendah lebih dipengaruhi oleh <i>convenience and effort</i> .

Keterangan: TPB = *Theory of Planned Behavior*; ETPB = *Extended Theory of Planned Behavior*; NAM = *Normative Activation Model*; VBN = *Value Belief Norm*; DT = *Deterrence Theory*; SEM = *Structural Equation Modeling*; PLS-SEM = *Partial Least Squares Structural Equation Modeling*; LR = *Linear Regression*; MLR = *Multiple linear regression*; HRA = *Hierarchical Regression Analysis*

### 3.3. Faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku pemisahan sampah rumah tangga

Faktor-faktor yang berpengaruh pada niat yang berdampak pada perilaku masyarakat dalam memisahkan sampah rumah tangga pada penelitian terdahulu tampak pada **Tabel 2** yang mengacu gaya penyajian Limbu and Ahamed (2023).

#### 3.3.1. Attitude

Sikap (*attitude*) merupakan evaluasi positif atau negatif individu terhadap suatu perilaku tertentu, yang dipengaruhi oleh keyakinan dan perasaan mengenai hasil dari perilaku tersebut (Begum *et al.* 2009). Individu dengan sikap positif terhadap perilaku tertentu cenderung lebih termotivasi untuk melakukannya, karena mereka percaya bahwa tindakan tersebut memberikan manfaat, baik bagi diri sendiri maupun lingkungan. Misalnya, seseorang yang yakin bahwa daur ulang mengurangi limbah akan lebih berpartisipasi dalam praktik tersebut. Sebaliknya, individu dengan sikap negatif merasa skeptis atau tidak tertarik, yang dapat menghalangi mereka untuk terlibat (Najmi *et al.* 2022). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *attitude* memiliki pengaruh signifikan terhadap *intention* dan *behavior* (Zhang *et al.* 2015; Wang *et al.* 2020, 2021; Wang 2021; Govindan *et al.* 2022; Liu *et al.* 2022; Ly and Ly 2022; Zaikova *et al.* 2022; Leknoi *et al.* 2024; Lou *et al.* 2024; Mir Mohamad Tabar *et al.* 2024; Zhang S *et al.* 2024). Selain itu, *environmental attitude* juga terbukti memiliki dampak signifikan pada niat, yang selanjutnya mempengaruhi perilaku (Wang 2021).

#### 3.3.2. Norms

Norma (*norm*) adalah aturan atau standar perilaku yang diharapkan dalam suatu kelompok atau masyarakat. Norma dapat berasal dari nilai-nilai sosial, tradisi, atau hukum yang mengatur bagaimana individu seharusnya berperilaku dalam konteks tertentu. *Subjective norm* (Zhang *et al.* 2015; Xu *et al.* 2017; Zhang *et al.* 2019; Lou *et al.* 2020; Wang *et al.* 2020; Wang 2021; Govindan *et al.* 2022; Liu *et al.* 2022; Pongpunpurt *et al.* 2022; Zaikova *et al.* 2022; Lou *et al.* 2024; Mir Mohamad Tabar *et al.* 2024; Zhang D *et al.* 2024; Zhang S *et al.* 2024), *social norm* (G Ulhasanah and Goto 2018; Goh *et al.* 2022; Ly and Ly 2022), *moral norm* (Ly and Ly 2022), dan *personal norm* (Zhang *et al.* 2019; Wang *et al.* 2020; Goh *et al.* 2022; Hao and Xu 2023; Zhang S *et al.* 2024).

### 3.3.3. Awareness

*Environmental awareness* merujuk pada pemahaman individu tentang masalah-masalah lingkungan serta pentingnya perlindungan lingkungan. Sedangkan *awareness of consequences* menggambarkan sejauh mana individu menyadari dampak yang mungkin ditimbulkan oleh tindakan mereka (Najmi et al. 2022). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *environmental awareness* (Ulhasanah and Goto 2018) dan *awareness of consequences* (Goh et al. 2022) secara signifikan mempengaruhi niat dan perilaku individu terkait pemisahan sampah. Hal ini mendorong individu tersebut untuk lebih peduli terhadap dampak tindakan mereka terhadap lingkungan.

### 3.3.4. Knowledge

*Environmental knowledge* merupakan faktor penting dalam menentukan perilaku pro-lingkungan, karena tanpa pemahaman tentang isu-isu lingkungan, individu tidak dapat berperilaku secara bertanggung jawab terhadap lingkungan (Hu et al. 2021). *Waste sorting knowledge* berfokus pada pemahaman individu mengenai bagaimana cara memisahkan limbah dengan benar, termasuk pengetahuan tentang jenis-jenis sampah, metode pemisahan, dan manfaat dari pemisahan sampah serta dampak baik positif memisah sampah maupun negatif tidak memisahkan sampah (Wang et al. 2020). Beberapa penelitian menemukan bahwa *knowledge* (Wang et al. 2020), *environmental knowledge* (Ulhasanah and Goto 2018), dan *waste sorting knowledge* (Pongpunpurt et al. 2022) berdampak positif terhadap perilaku pemisahan sampah rumah tangga.

### 3.3.5. Perceived behavioral control

*Perceived behavioral control* (PBC) didefinisikan sejauh mana individu merasa memiliki kontrol atas tindakan yang akan diambil, mencakup keyakinan tentang kemampuan mereka untuk melakukan perilaku tertentu (Dixit and Badgaiyan 2016). Beberapa penelitian menemukan bahwa *perceived behavioral control* menjadi prediktor signifikan yang mempengaruhi niat untuk melakukan pemisahan sampah (Goh et al. 2022; Govindan et al. 2022; Liu et al. 2022; Lou et al. 2020, 2024; Mir Mohamad Tabar et al. 2024; Wang 2021; Wang et al. 2020, 2021; Xu et al. 2017; Zhang et al. 2015; Zhang D et al. 2024; Zhang S et al. 2024). Namun beberapa penelitian menunjukkan pengaruh yang tidak signifikan (Leknoi et al. 2024; Zhang et al. 2019).

### 3.3.6. Law and regulation

*Law* dan *regulation* juga memainkan peran penting dalam mempengaruhi perilaku (Leknoi et al. 2024). Menurut teori kepatuhan hukum, individu cenderung mematuhi aturan ketika peraturan jelas dan ditegakkan secara konsisten (Tyler 1990). Hukum yang ketat dan hukuman yang tegas (Hao and Xu 2023) dapat meningkatkan kepatuhan terhadap peraturan lingkungan. Jika masyarakat menganggap suatu kebijakan efektif, maka niat untuk mengklasifikasikan sampah akan meningkat (Liu et al. 2022). Selain itu, faktor-faktor seperti *government stimulus* (Zhang et al. 2019), *role of government* dan *law enforcement* (Ulhasanah and Goto 2018) secara signifikan dapat mempengaruhi perilaku individu.

### 3.3.7. Situational factors

*Situational factors* adalah kondisi lingkungan objektif yang dihadapi individu saat melakukan perilaku tertentu, seperti pemisahan limbah. Faktor-faktor ini mencakup keterbatasan ruang, waktu, dan ketidaknyamanan, yang dapat mempengaruhi kemampuan seseorang untuk melaksanakan tindakan tersebut (Zhang et al. 2015). *Community convenience* (Zhang D et al. 2024) dan *perceived convenience and effort* (Leknoi et al. 2024) berpengaruh signifikan terhadap perilaku masyarakat dalam memisahkan sampah. Faktor seperti *facility accessibility* (Zhang et al. 2019), *collection facilities* (Zaikova et al. 2022), *category label* (Lou et al. 2024) dan informasi (*information*) yang jelas dapat meningkatkan kenyamanan dan memudahkan individu untuk berpartisipasi dalam pemisahan sampah (Zaikova et al. 2022).

### 3.3.8. Other factors

Selain faktor seperti *attitude*, *norms*, *perceived behavioral control*, *knowledge*, *awareness*, *law and regulation*, dan *situation factors*, terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi perilaku pemisahan sampah rumah tangga. Faktor-faktor tersebut adalah *opportunity*, *sense of community*, *ability* (Zhang D et al. 2024), *system trust* (Leknoi et al. 2024), *trust in authority* (Nguyen and Aramaki 2022), *self-identify* (Lou et al. 2020), *past behavior* (Xu et al. 2017), dan *habit* (Ulhasanah and Goto 2018). Faktor-faktor ini dapat mempengaruhi niat dan kecenderungan individu dalam berpartisipasi dalam kegiatan pemisahan sampah.

**Tabel 2.** Faktor-faktor yang berpengaruh pada penelitian sebelumnya.

<b>Faktor-faktor</b>	<b>Frekuensi</b>	<b>Referensi</b>
<b>A. Attitude</b>	12	
1. Attitude		(Zhang et al. 2015; Wang et al. 2020, 2021; Wang 2021; Govindan et al. 2022; Liu et al. 2022; Ly and Ly 2022; Zaikova et al. 2022; Leknoi et al. 2024; Lou et al. 2024; Mir Mohamad Tabar et al. 2024; Zhang S et al. 2024)
2. Environmental Attitude		(Wang 2021)
<b>B. Norms</b>	23	
1. Subjective Norm		(Zhang et al. 2015; Xu et al. 2017; Zhang et al. 2019; Lou et al. 2020; Wang et al. 2020; Wang 2021; Govindan et al. 2022; Liu et al. 2022; Pongpunpurt et al. 2022; Zaikova et al. 2022; Lou et al. 2024; Mir Mohamad Tabar et al. 2024; Zhang D et al. 2024; Zhang S et al. 2024)
2. Social norm		(Ulhasanah and Goto 2018; Goh et al. 2022; Ly and Ly 2022)
3. Moral Norm		(Ly and Ly 2022)
4. Personal norm		(Zhang et al. 2019; Wang et al. 2020; Goh et al. 2022; Hao and Xu 2023; Zhang S et al. 2024)
<b>C. Perceived Behavioral Control</b>	13	
		(Zhang et al. 2015; Xu et al. 2017; Lou et al. 2020; Wang 2021; Wang et al. 2020, 2021; Goh et al. 2022; Govindan et al. 2022; Liu et al. 2022; Lou et al. 2024; Mir Mohamad Tabar et al. 2024;; Zhang D et al. 2024; Zhang S et al. 2024)
<b>D. Awareness</b>	2	
1. Environmental Awareness		(Ulhasanah and Goto 2018)
2. Consequences of Awareness		(Goh et al. 2022)
<b>E. Knowledge</b>	3	
1. Environmental Knowledge		(Ulhasanah and Goto 2018)
2. Waste Sorting Knowledge		(Wang et al. 2020)
3. Knowledge		(Pongpunpurt et al. 2022)
<b>F. Law and Regulation</b>	7	
1. Law Enforcement		(Ulhasanah and Goto 2018)
2. Penalty Certainty		(Hao and Xu 2023)
3. Penalty Severity		(Hao and Xu 2023)
4. Role of Government		(Ulhasanah and Goto 2018)



<b>Faktor-faktor</b>	<b>Frekuensi</b>	<b>Referensi</b>
5. <i>Government Stimulus</i>		(Zhang et al. 2019)
6. <i>Political Background</i>		(Leknoi et al. 2024)
7. <i>Perceived Policy Effectiveness</i>		(Liu et al. 2022)
<b>G. Situational Factors</b>	<b>8</b>	
1. <i>Situational Factors</i>		(Zhang et al. 2015; Mir Mohamad Tabar et al. 2024)
2. <i>Facility Accessibility</i>		(Zhang et al. 2019)
3. <i>Collection Facilities</i>		(Zaikova et al. 2022)
4. <i>Information</i>		(Zaikova et al. 2022)
5. <i>Perceived Convenience and Effort (PCE)</i>		(Leknoi et al. 2024)
6. <i>Community Convenience</i>		(Zhang D et al. 2024)
7. <i>Category Label</i>		(Lou et al. 2024)
<b>H. Other Factors</b>	<b>8</b>	
1. <i>Opportunity</i>		(Zhang D et al. 2024)
2. <i>Sense of Community</i>		(Zhang D et al. 2024)
3. <i>Ability</i>		(Zhang D et al. 2024)
4. <i>System Trust</i>		(Leknoi et al. 2024)
5. <i>Trust in Authority</i>		(Nguyen and Aramaki 2022)
6. <i>Self-Identity</i>		(Lou et al. 2020)
7. <i>Past Behavior</i>		(Xu et al. 2017)
8. <i>Habit</i>		(Ulhasanah and Goto 2018)

### 3.4. Pembahasan

Berdasarkan hasil pencarian dan analisis, terdapat 21 artikel yang memenuhi kriteria inklusi, Sebagian besar penelitian berasal dari China. Hal ini menunjukkan adanya konsentrasi penelitian yang tinggi di negara tersebut, yang mungkin dipengaruhi oleh upaya pemerintah China dalam meningkatkan kesadaran lingkungan dan kebijakan pemisahan sampah. Keberagaman negara yang terlibat dalam penelitian menunjukkan bahwa isu pemisahan sampah rumah tangga menjadi masalah global.

*Attitude* terhadap pemisahan sampah telah terbukti sebagai prediktor signifikan yang mempengaruhi niat dan perilaku pemisahan (Zaikova *et al.* 2022). Sikap positif terhadap tindakan lingkungan, khususnya pemisahan sampah, dapat meningkatkan motivasi individu untuk berpartisipasi dalam kegiatan ini. Temuan ini sejalan dengan *Theory of Planned Behavior* (TPB), di mana *attitude*, *subjective norm*, dan *perceived behavioral control* berperan sebagai variabel utama yang mempengaruhi niat individu untuk bertindak (Ajzen 1991). Norma sosial, baik subjektif maupun personal, juga menunjukkan pengaruh yang kuat. Penelitian menunjukkan bahwa individu lebih cenderung memisahkan sampah jika mereka merasa didukung oleh lingkungan sosial mereka, baik itu keluarga, teman, atau masyarakat secara umum (Goh *et al.* 2022). Hal ini sejalan dengan teori normatif, yang mengisyaratkan bahwa tekanan sosial dapat mendorong individu untuk berperilaku sesuai dengan harapan kelompok.

Tingkat kesadaran individu mengenai isu-isu lingkungan berkontribusi signifikan terhadap perilaku pemisahan sampah (Ulhasanah and Goto 2018). Kesadaran yang tinggi tentang dampak negatif dari sampah dan pentingnya pemisahan dapat meningkatkan partisipasi individu. Oleh karena itu, edukasi mengenai manfaat pemilahan sampah dan kegiatan seperti lokakarya serta seminar dapat meningkatkan kesadaran masyarakat (Jatau 2013). Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi signifikan antara pengetahuan lingkungan dan perilaku lingkungan penduduk. Kurangnya pengetahuan yang relevan dapat membatasi partisipasi penduduk dalam pemisahan sampah (Zhou *et al.* 2022). Oleh karena itu, penting untuk menyediakan informasi yang jelas dan mudah diakses tentang pemisahan sampah, termasuk jenis-jenis limbah dan prosedur pemisahan.

*Perceived behavioral control* (PBC) berfungsi sebagai indikator penting yang mencerminkan keyakinan individu mengenai kemampuan mereka untuk melakukan pemisahan sampah (Ajzen 1991). Kontrol perilaku yang dirasakan oleh penduduk dapat berkontribusi pada peningkatan kepercayaan diri mereka mengenai klasifikasi sampah rumah tangga (Zhang *et al.* 2024). Selain itu, PBC juga dipengaruhi oleh faktor kemudahan akses terhadap tempat pemilahan, serta dukungan kebijakan pemerintah.

Hukum dan kebijakan (*law and regulation*) yang jelas sangat mempengaruhi kepatuhan individu terhadap praktik pemisahan sampah, di mana kebijakan efektif dan penegakan hukum yang konsisten dapat meningkatkan motivasi untuk mematuhi aturan yang ada (Hao and Xu 2023). Strategi seperti insentif finansial, termasuk potongan biaya pembuangan bagi yang memisahkan sampah dengan benar, serta program penyuluhan, dapat meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat (Liu *et al.* 2022). Namun, kesenjangan antara kebijakan dan pelaksanaan sering terjadi, seperti kurangnya sosialisasi, yang dapat mengurangi efektivitas. Oleh karena itu, menggantikan sanksi dengan biaya pembuangan berbasis volume dapat lebih efektif dalam mendorong masyarakat untuk memisahkan sampah dengan baik dan menurunkan total volume sampah yang dibuang (Zhang 2023). Terdapat faktor situasi (*situation factors*), seperti kemudahan akses ke fasilitas pemisahan dan kenyamanan dalam melaksanakan tindakan tersebut, memainkan peran penting dalam mempengaruhi perilaku. Ketika individu dihadapkan pada fasilitas yang memadai dan informasi yang jelas, mereka lebih cenderung untuk terlibat dalam pemisahan sampah (Zhang *et al.* 2019). Oleh karena itu, perbaikan infrastruktur dan penyediaan informasi yang cukup harus diprioritaskan (Zaikova *et al.* 2022).

Selain faktor utama, terdapat beberapa faktor lain yang mempengaruhi perilaku pemisahan sampah, seperti kesempatan atau kemudahan akses (*opportunity*), rasa kebersamaan dalam komunitas (*sense of community*), dan kemampuan individu (*ability*) (Zhang *et al.* 2024). Kepercayaan terhadap sistem pengelolaan sampah (*system trust*) (Leknoi *et al.* 2024) dan otoritas terkait (*trust in authority*) (Nguyen and Aramaki 2022), identitas diri sebagai individu peduli lingkungan (*self-identify*) (Lou *et al.* 2020), kebiasaan yang terbentuk (*habit*) (Ulhasanah and Goto 2018), perilaku yang telah dilakukan seseorang sebelumnya (*past behavior*) (Xu *et al.* 2017) juga turut mempengaruhi tingkat partisipasi dan konsistensi dalam pemisahan sampah.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil tinjauan terhadap 21 artikel tentang perilaku pemisahan sampah rumah tangga mengungkap bahwa sebagian besar studi menerapkan *Theory of Planned Behavior* (TPB) untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi niat dan tindakan pemisahan sampah. Berdasarkan hasil tinjauan, pemisahan sampah rumah tangga sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik internal maupun eksternal. Faktor seperti *attitude, norms, awareness, knowledge, perceived behavioral control, law and regulation, serta situation factors* merupakan elemen-elemen kunci yang dapat mempengaruhi niat dan perilaku masyarakat dalam melakukan pemisahan sampah. Hasil tinjauan juga menunjukkan bahwa terdapat variasi dalam pengaruh faktor-faktor ini di berbagai negara yang mencerminkan perbedaan konteks sosial dan kebijakan lokal. Secara keseluruhan, hasil tinjauan ini menyoroti bahwa perilaku pemisahan sampah tidak hanya dipengaruhi oleh faktor individu tetapi juga oleh lingkungan sosial dan kondisi eksternal. Ini menunjukkan perlunya pendekatan multidimensi dalam meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Hasil tinjauan juga mengungkapkan kesenjangan dalam literatur terkait pemahaman tentang interaksi antar faktor yang lebih kompleks, terutama dalam konteks sosial dan budaya. Penelitian terdahulu sebagian besar lebih menekankan pada faktor-faktor individu, sementara pengaruh kebijakan, kondisi infrastruktur, serta karakteristik lokal sering kali tidak diperhatikan secara mendalam. Penelitian masa depan diharapkan dapat mengeksplorasi wawasan tentang bagaimana faktor-faktor ini saling berinteraksi dan bagaimana pendekatan kebijakan yang berbeda dapat diimplementasikan di berbagai konteks untuk mendorong perubahan perilaku yang lebih efektif dan berkelanjutan dalam pemisahan sampah rumah tangga. Penelitian mendatang dapat mengeksplorasi lebih jauh bagaimana faktor-faktor ini berinteraksi dan bagaimana strategi kebijakan yang berbeda dapat diadaptasi sesuai dengan karakteristik lokal.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ajzen I. 1991. The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50(2):179–211.
- Akmal T , Jamil F , Raza MH , Magazzino C and Hussain B. 2023. Assessing Household's Municipal Waste Segregation Intentions in Metropolitan Cities of Pakistan: A Structural Equation Modeling Approach. *Environmental Monitoring and Assessment* 195(10):1–20.
- Begum RA , Siwar C , Pereira JJ and Jaafar AH. 2009. Attitude and Behavioral Factors in Waste Management in the Construction Industry of Malaysia. *Resources, Conservation and Recycling* 53(6):321–28.
- Dixit S and Badgaiyan AJ. 2016. Towards Improved Understanding of Reverse Logistics - Examining Mediating Role of Return Intention. *Resources, Conservation and Recycling* 107:115–28.
- Goh E , Esfandiar K , Jie F , Brown K and Djajadikerta H. 2022. Please Sort out Your Rubbish! An Integrated Structural Model Approach to Examine Antecedents of Residential Households' Waste Separation Behaviour. *Journal of Cleaner Production* 355:131789.
- Govindan K , Zhuang Y and Chen G. 2022. Analysis of Factors Influencing Residents' Waste Sorting Behavior: A Case Study of Shanghai. *Journal of Cleaner Production* 349:131126.
- Hajam YA , Kumar R and Kumar A. 2023. Environmental Waste Management Strategies and Vermi Transformation for Sustainable Development. *Environmental Challenges* 13:100747.
- Hao M and Xu S. 2023. The Impact of Penalty on Residents' Waste Separation Behavior: A Moderated Mediation Model. *Polish Journal of Environmental Studies* 32(2):1145–58.
- Hu J , Tang K , Qian X , Sun F and Zhou W. 2021. Behavioral Change in Waste Separation at Source in an International Community: An Application of the Theory of Planned Behavior. *Waste Management* 135:397–408.
- Jatau AA. 2013. Knowledge, Attitudes and Practices Associated with Waste Management in Jos South Metropolis, Plateau State. *Mediterranean Journal of Social Sciences* 4(5):119–27.

- Kaza S , Yao L , Bhada-Tata P and Woerden F Van. 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Deve. Washington, DC: World Bank.
- Labib OA , Manaf L , Sharaai AH and Zaid SSM. 2021. Understanding the Effect of Internal and External Factors on Households' Willingness to Sort Waste in Dammam City, Saudi Arabia. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18:9685.
- Leknoi U , Yiengthaisong A and Likitlersuang S. 2024. Social Factors Influencing Waste Separation Behaviour among the Multi-Class Residents in a Megacity: A Survey Analysis from a Community in Bangkok, Thailand. *Sustainable Futures* 7:100202.
- Limbu YB and Ahamed AFMJ. 2023. What Influences Green Cosmetics Purchase Intention and Behavior? A Systematic Review and Future Research Agenda. *Sustainability (Switzerland)* 15:11881.
- Liu Q , Xu Q , Shen X , Chen B and Esfahani SSSS. 2022. The Mechanism of Household Waste Sorting Behaviour—A Study of Jiaxing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(4):2447.
- Lou S , Zhang X and Zhang D. 2024. Research on the Influence Mechanism of Residents' Waste Sorting Behavior: Based on Extended Theory of Planned Behavior. *Environment, Development and Sustainability*.
- Lou T , Wang D , Chen H and Niu D. 2020. Different Perceptions of Belief: Predicting Household Solid Waste Separation Behavior of Urban and Rural Residents in China. *Sustainability (Switzerland)* 12(18):1–17.
- Ly B and Ly R. 2022. Waste Sorting Practices of Cambodians during Covid-19. *International Journal of Sustainable Engineering* 15(1):100–108.
- Mir Mohamad Tabar SA , Briscoe MD and Sohrabi M. 2024. Waste Separation Behavior in Iran: An Empirical Test of the Theory of Planned Behavior Using SEM. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 26(2):1042–55.
- Moeini B , Ayubi E , Barati M , Bashirian S , Tapak L , Ezzati-Rastgar K and Hashemian M. 2023. Effect of Household Interventions on Promoting Waste Segregation Behavior at Source: A Systematic Review. *Sustainability (Switzerland)* 15(24):16546.

- Najmi A , Kanapathy K and Aziz AA. 2022. A Pathway to Involve Consumers for Exchanging Electronic Waste: A Deep Learning Integration of Structural Equation Modelling and Artificial Neural Network. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 24(1):410–24.
- Nguyen ML and Aramaki T. 2022. Analysis of Factors Influencing Waste Separation Behavior of Hanoi Citizens with Consideration to Societal Elements. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 24(6):2499–2509.
- Page MJ , McKenzie JE , Bossuyt PM , Boutron I , Hoffmann TC , Mulrow CD , Shamseer L , Tetzlaff JM , Akl EA , Brennan SE , Chou R , Glanville J , Grimshaw JM , Hróbjartsson A , Lalu MM , Li T , Loder EW , Mayo-Wilson E , McDonald S , McGuinness LA , Stewart LA , Thomas J , Tricco AC , Welch VA , Whiting P and Moher D. 2021. The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews. *The BMJ* 372:n71.
- Pongpunpurt P , Muensitthiroj P , Pinitjitsamut P , Chuenchum P , Painmanakul P , Chawaloephonsiya N and Poyai T. 2022. Studying Waste Separation Behaviors and Environmental Impacts toward Sustainable Solid Waste Management: A Case Study of Bang Chalong Housing Samut Prakan, Thailand. *Sustainability* 14(9):5040.
- Trushna T , Krishnan K , Soni R , Singh S , Kalyanasundaram M , Sidney Annerstedt K , Pathak A , Purohit M , Stålsby Lundbog C , Sabde Y , Atkins S , Sahoo KC , Roustia K and Diwan V. 2024. Interventions to Promote Household Waste Segregation: A Systematic Review. *Heliyon* 10(2):e24332.
- Tyler TR. 1990. Why People Obey the Law. *Contemporary Sociology* 20(6).
- Ulhasanah N and Goto N. 2018. Assessment of Citizens' Environmental Behavior toward Municipal Solid Waste Management for a Better and Appropriate System in Indonesia: A Case Study of Padang City. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 20:1257–72.
- Wang S , Wang J , Yang S , Li J and Zhou K. 2020. From Intention to Behavior: Comprehending Residents' Waste Sorting Intention and Behavior Formation Process. *Waste Management* 113:41–50.
- Wang X. 2021. Analysis of Influencing Mechanisms on Waste Separation Behaviors in Shanghai. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 47(December 2020):101479.

- Wang Y , Long X , Li L , Wang Q , Ding X and Cai S. 2021. Extending Theory of Planned Behavior in Household Waste Sorting in China: The Moderating Effect of Knowledge, Personal Involvement, and Moral Responsibility. *Environment, Development and Sustainability* 23(5):7230–50.
- Xu L , Ling M , Lu Y and Shen M. 2017. Understanding Household Waste Separation Behaviour: Testing the Roles of Moral, Past Experience, and Perceived Policy Effectiveness within the Theory of Planned Behaviour. *Sustainability (Switzerland)* 9(4).
- Zaikova A , Deviatkin I , Havukainen J , Horttanainen M , Astrup TF , Saunila M and Happonen A. 2022. Factors Influencing Household Waste Separation Behavior: Cases of Russia and Finland. *Recycling* 7:1–15.
- Zhang B , Lai K , Wang B and Wang Z. 2019. From Intention to Action: How Do Personal Attitudes, Facilities Accessibility, and Government Stimulus Matter for Household Waste Sorting? *Journal of Environmental Management* 233:447–58.
- Zhang D , Huang G , Yin X and Gong Q. 2015. Residents' Waste Separation Behaviors at the Source: Using SEM with the Theory of Planned Behavior in Guangzhou, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12(8):9475–91.
- Zhang D , Li J and Lou S. 2024. Reducing Environmental Pollution: What Affects the Waste Sorting of Chinese Urban Residents? The Theory of Planned Behavior with Community Convenience. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 26(4):2084–98.
- Zhang S , Luo Y and Zhang PP. 2024. A Comparative Study of Factors Influencing Residents' Waste Sorting Behavior in Urban and Rural Areas of China. *Heliyon* 10(9):e30591.
- Zhang X. 2023. A Systematic Literature Review on Individuals' Waste Separation Behavior. *Resources, Environment and Sustainability* 14:100137.
- Zhou C , Fang X juan , Wang Y jie and Zhang Q. 2022. The Influence Mechanism of Household Waste Separation Behavior among College Students in the Post COVID-19 Pandemic Period. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 24(2):784–800.



## Livelihood adaptation strategies of the community in Sukajadi during the COVID-19 pandemic: non-farm or farm?

### *Strategi adaptasi mata pencaharian masyarakat di Sukajadi selama pandemi COVID-19: sektor non-pertanian atau pertanian?*

Melani Abdulkadir-sunito<sup>1\*</sup>, Ekawati Sri Wahyuni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Communication Sciences and Community Development, IPB University, Bogor, Indonesia

#### **Abstrak.**

Pandemi COVID-19 menyebabkan gangguan serius pada ekonomi akibat pembatasan mobilitas dan penutupan usaha, yang mengakibatkan kehilangan pekerjaan dan memaksa pekerja & pengusaha untuk beradaptasi. Studi ini mengeksplorasi strategi mata pencaharian di Desa Sukajadi, Jawa Barat, di mana sebagian besar penduduk bekerja di sektor non-pertanian dan sebagian kecil di sektor pertanian. Pendekatan campuran diterapkan, menggabungkan observasi, wawancara mendalam, dan survei rumah tangga. Data dikumpulkan antara Februari hingga Juni 2022, dengan tindak lanjut pada Februari 2024. Temuan menunjukkan perbedaan pilihan mata pencaharian dari generasi berbeda: penduduk lanjut usia masih bertumpu pada pertanian hortikultura, sementara generasi muda lebih memilih sektor non-pertanian, khususnya industri pakaian. Pada "gelombang kedua" pandemi (Mei-Juli 2021), industri konfeksi yang berbasis pesanan terbukti lebih tangguh dibanding industri garmen. Hal ini disebabkan oleh fleksibilitas waktu pemesanan, tenaga kerja lebih sedikit, keterampilan menjahit yang tinggi, serta ketergantungan yang rendah terhadap pasar terpusat. Temuan ini menunjukkan bahwa dalam menghadapi gangguan ekonomi, masyarakat lebih memilih strategi adaptasi pada pekerjaan non-pertanian dibandingkan pekerjaan pertanian yang memerlukan keterampilan dan sumber daya yang lebih besar.

Kata kunci: pandemi COVID-19, strategi mata pencaharian, adaptasi ekonomi, Desa Sukajadi, pekerjaan non-pertanian

#### **Abstract.**

*The COVID-19 pandemic caused severe disruptions to the economy through mobility restrictions and business closures, resulting in job losses and forcing workers and entrepreneurs to adapt. This study explores livelihood strategies in Sukajadi Village, West Java, where most residents are employed in non-farm sectors and a smaller proportion in farming. A mixed-method approach was applied, combining observations, in-depth interviews and household surveys. Data was collected between February and June 2022, with follow-up in February 2024. Findings reveal generational differences in livelihood choices: older residents remain engaged in horticultural farming, while younger generations prefer non-farm employment, particularly in the garment sector. During the "second wave" of the pandemic (May-July 2021), two types of garment industries (garment manufacturing and made-to-order clothing) faced challenges, but the made-to-order sector proved more resilient. This was due to more flexible order systems, fewer workers, higher sewing skills and lower dependence on centralized markets. Although farming persists as an option, limited agricultural resources and a lack of farming skills make non-farm sectors more favourable. Overall, these findings suggest that in the face of economic disruption, people's adaptation strategies tend to be directed towards non-agricultural work rather than agricultural work which requires greater skills and resources.*

*Keywords:* COVID-19 pandemic, livelihood strategies, economic adaptation, Sukajadi Village, non-farm employment

## **1. INTRODUCTION**

Indonesia is not exempt from the pandemic of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). In mid-March 2020, the Indonesian government imposed the first large-scale social restrictions (*Pembatasan Sosial Berskala Besar, abbreviated as PSBB*), a form of lockdown, as a safety measure aimed at halting the spread of the virus. As the world grappled with the situation, over the years from 2020 to 2022, Indonesia imposed a series of total and partial lockdowns at both the national, regional and local levels.

---

\* Korespondensi Penulis  
Email : [rr.ab@apps.ipb.ac.id](mailto:rr.ab@apps.ipb.ac.id)

These mobility restrictions and the closure of meeting places, including schools, offices and various business enterprises, caused significant disruptions to daily activities, particularly in employment. This resulted in temporary layoffs and job losses, not only in the formal sector but also in the informal sector (Olivia *et al.* 2020). The informal sector, where a significant portion of Indonesia's low- to medium-skilled workers earn their daily wages, was particularly impacted (Pitoyo *et al.* 2021). Many of these workers faced considerable challenges in surviving such a difficult situation.

In situations of abrupt and severe economic downturns, there is a tendency for rural return (McGee and Firman 2000; Bista *et al.* 2022; Bashar *et al.* 2024; Bharata 2024). During the 1998 economic crisis in Indonesia, non-farm workers who lost their jobs in urban areas were sent back to rural areas to work in agriculture (McGee and Firman 2000). However, the "agriculture as a safety net" view was countered by Breman and Wiradi (2004), who argued that those who left rural areas for urban informal sector employment were mostly landless, or owned too small a piece of land that was inadequate to make a living. As a result, there was no agricultural land to return to when going back to the village. In the case of COVID-19 in Nepal, Bista *et al.* (2022) also noted that those who returned to their village of origin placed additional pressure on the household's welfare.

The impact of the COVID-19 pandemic in rural areas differs from that in urban areas and varies across regions (Bharata 2024; Njurumana *et al.* 2025). Business closures and mobility restrictions hit the industry and service sectors the hardest. For instance, in Bali, agriculture became a crucial safety net as the tourism industry collapsed (Bharata 2024). As businesses, especially in coastal and urban areas, shut down, many Balinese returned to their hometowns to survive, finding work in agriculture. The close kinship ties and availability of agricultural land facilitated this transition (Putra *et al.* 2023; Bharata 2024). In contrast, although agricultural products from rural areas were in high demand, transporting these products to consumers proved challenging (Kuleh *et al.* 2022). Additionally, a decline in purchasing power further complicated the situation (Sudiro 2024). Fatimah *et al.* (2020) also observed that, while the urban informal sector plays a significant role in addressing structural issues such as poverty under certain conditions, it proved to be inadequately resilient during the COVID-19 crisis.

Furthermore, the economic impact of COVID-19 began with a negative supply shock, driven by reduced production capacity and activity restrictions (Suryahadi *et al.* 2020). The production capacity reduction was primarily caused by business closures, while the mobility restrictions hindered economic activities further. This supply shock then led to a demand shock as households reduced their expenditures. Similarly, Sitko *et al.* (2022) found that non-farm businesses in rural areas were highly sensitive to the pandemic's lockdown measures, with demand falling due to declining purchasing power and disruptions to supply chains caused by mobility restrictions.

Furthermore, it is essential to consider the rural-urban interconnections that existed even before COVID-19. The urbanization of rural regions had created an economy dependent on distant markets for trade and the provision of goods and services (Berdegué *et al.* 2014). Agricultural and manufactured products produced in rural areas were typically marketed and consumed in urban centers. However, transportation restrictions during the COVID-19 pandemic disrupted this vital production-consumption relationship.

Given this context, this study aims to understand the impact of COVID-19 on the livelihoods of a community located in close proximity to a city (hinterland) that has undergone significant economic diversification. If economic diversification means a rural economy that is less reliant on subsistence or low-value agricultural commodities (Merenkova *et al.* 2020), or less dependent on agriculture (Berdegué *et al.* 2014) and instead has seen the growth of small industries and tourism, the question arises: does this diversification make the community more vulnerable, or, conversely, more resilient?.

## **2. METHODOLOGY**

This research was conducted in Sukajadi Village, a village located in rural areas of West Java, which has significant proximity to the city center of Bogor. Sukajadi Village is experiencing rapid economic diversification, with the non-agricultural sector, especially the clothing industry, being the dominant sector. The study was conducted between February and June 2022, with a brief follow-up conducted in February 2024, to obtain a more complete picture of the long-term impact of the COVID-19 pandemic on the livelihoods of local communities.

This study uses a mixed-method approach with a sequential explanatory design that prioritizes quantitative data collection (Creswell 2014). This method begins with quantitative data collection through household surveys, which is then followed by qualitative data collection through in-depth interviews and observations. This design allows researchers to identify patterns or findings from quantitative data first, which are then clarified and expanded upon through more in-depth interviews and observations (Creswell 2014). Using an explanatory design, this study aims to test and further explain the results obtained from quantitative data, as well as explore the factors that influence these results.

The data collection method in this study consisted of field observations, in-depth interviews and household surveys. Field observations were carried out to directly understand the social and economic changes that occurred in Sukajadi Village, focusing on economic activities and community adaptation during the pandemic. In-depth interviews were conducted with 15 key informants who were selected purposively. These informants consist of business owners in the clothing sector, workers in the garment and confectionery industry and farmers who are still involved in agricultural activities. The selection of informants was carried out to gain deeper insight into the adaptation strategies carried out by various community groups during the pandemic, both in the non-agricultural and agricultural sectors.

The household survey was conducted between June and July 2022 to gather data on income, employment and changes in people's livelihood strategies during the pandemic. The survey involved 22 households, consisting of 8 clothing business owners, 7 workers in the garment and made-to-order clothing industry and 7 families involved in agricultural activities. These respondents were representing various types of jobs and sectors in Sukajadi Village.

Data collected from observations, in-depth interviews and household surveys were analyzed using a thematic analysis approach for qualitative data and statistical descriptive analysis for quantitative data. Qualitative data were analyzed by identifying and categorizing the main themes emerging from interviews and field observations to explore the patterns of adaptation that occurred in the community (Jason and Glenwick 2016). Quantitative data surveys were analyzed statistically to describe changes in income and occupations choices during the pandemic.

This research also adheres to strict research ethics guidelines. Prior to data collection, all informants were given an explanation of the purpose of the research and were given the opportunity to give voluntary consent (informed consent). The identities of the informants are kept confidential to protect their privacy, as well as to ensure that the data collection process is ethical and transparent.

### **3. RESULT AND DISCUSSION**

Sukajadi, a rural village located on the outskirts, is situated about 10 kilometers west of the center of Bogor city and approximately 70 kilometers from Jakarta, the capital of Indonesia. It lies on the slopes of Mount Salak, with an elevation ranging from 400 to 800 masl. Its proximity to the city, along with its abundant natural beauty, makes Sukajadi an attractive destination for visitors. Over the past decade, several nature- and culture-based tourism establishments have been developed, and their numbers have increased in recent years. Among the earliest establishments are the Curug Nangka waterfall and camping ground, as well as the Parahyangan Agung temple. More recent additions include Kampung Budaya Sindangbarang, Situ Tamansari lake, Desa Wisata Sukajadi, Kebunsu Villa and The Highland Park Resort. These tourism facilities, including camping grounds, hotels, resorts, cafés and restaurants, are mostly owned and/or managed by non-locals. Some local residents are directly employed in these establishments, while most engage in informal activities related to tourism, such as managing food stalls, operating fruit and vegetable stands, selling souvenirs, or offering room rentals and homestays for budget travelers.

With a total area of around 304 ha, land used in Sukajadi is mainly for ricefield, dry-land agriculture, as well as public facility, housing and home-gardens. Part of Sukajadi is also a protected forest. Based on data from Central Bureau of Statistics (BPS 2021), population of Sukajadi is 9,677 persons of 2,567 households, consists of 52% male and 48% female. In terms of employment, about 40% of working population are working in home-industry waged workers, 33% casual workers, 13% farm laborers and 6% itinerant traders. Other types of occupation are in a much smaller proportion. Education-wise, the 2020 data indicated that the majority (81%) of population are elementary school. Only 8% have 12 years of education (high school graduates), or above.

Farming in Sukajadi primarily focuses on horticultural commodities, including green beans (*buncis*), winged beans (*kecipir*), long beans, chili peppers (*cabai*), jicama (*bengkuang*), cucumbers (*mentimun*) and bitter melon (*paria*). Nowadays, few farmers choose to plant rice, despite the irrigation system being relatively intact. The shift from rice to horticultural crops began around 2012, mainly because horticulture offers higher income and better market opportunities than rice. However, other factors also contributed to this shift toward more intensive agriculture: land availability and labor. Land ownership is decreasing as plots are sold or converted to non-agricultural uses. In one household, a farmer who cultivates 0.75 hectares of horticultural crops owns less than 20 percent of it, with the rest obtained through renting. Other farmers work on plots of land that have been sold to new owners but have not yet been converted to different uses. This means that although farmers have access to agricultural land and can cultivate horticultural crops, they lack security in the long-term availability of the land. Meanwhile, agricultural labor, especially among the younger generation, is becoming scarce, as employment opportunities in non-agricultural sectors are more attractive to them.

The clothing industry in Sukajadi began in the early 2000s when a garment factory was established in Kampung Gadog Sisi (RW 08). Two more factories were opened in 2004. These factory-based clothing industries produce ready-to-wear clothes. The number of workers in each factory varies from 20 to 50. One village leader informed that many of the *konfeksi* owner-operators were former workers at these garment factories. They started their own businesses after acquiring skills and capital. The *konfeksi*, which is the second type of clothing industry in Sukajadi, refers to small-scale, mainly home-based operations. These can either be tailors with several assistants who make made-to-order clothes or owner-operators of *konfeksi* hijab (Muslim women's headscarves).

### **3.1. The pandemic and its impact on the village community**

Within one month after Indonesia announced its first two COVID-19 infections in early March 2020, the number of infected people has reached close to 3,000, with an 8 percent case fatality rate. During COVID-19 pandemics, Jakarta, West Java and Central Java are the worst-hit provinces, together accounting for more than half of the national total cases (Eryando *et al.* 2020).

Informants and respondents commonly described the COVID-19 peak in three waves: the first wave from November 2020 to January 2021, the second wave from May to September 2021 and the third wave from January to March 2022. These periods coincided with national-level reports: the first wave in January 2021 and the second wave from June to August 2021 (Andriyanto 2020; Tenda *et al.* 2021). The second surge was attributed to the lack of discipline during the massive exodus that occurred during the national holiday in mid-May 2021, the emergence of new variants and the low vaccination rate (Tenda *et al.* 2021).

Furthermore, there was general agreement among the informants and respondents that the worst impact of the pandemic occurred during the second wave. This impact was not only in terms of health, referring to the number of cases and casualties, but also in terms of the economy. However, when asked about the number of cases and casualties, no one had a clear answer. In April 2020, it was reported that Tamansari Sub-district became a COVID-19 "red zone", as indicated by confirmed cases of COVID-19 (Setiawan 2020). A map of Tamansari Sub-district also showed that by June 2021, there were a total of 651 cases in Tamansari Sub-district, with 15 casualties, while in Sukajadi Village, there were 29 cases with one casualty. This map was apparently created as part of a report to the government, not for public distribution.

### **3.2. The clothing industry in time of pandemics**

As mentioned earlier, there are two types of clothing industries in Sukajadi: garment and *konfeksi*, which differ based on whether most of the work is done in a factory or at home. These two types also vary in terms of production scale, technology and the number of workers. In terms of products, the garment industry produces ready-to-wear clothes, while *konfeksi* either produces tailored (made-to-order) clothes or hijabs.

In terms of employment opportunities, more jobs are available in garment factories and *konfeksi hijab* production than in *konfeksi jahit* (tailoring). This is due to the larger scale of production in garment factories and *konfeksi hijab*, as well as the lower skill requirements. Regarding skill levels, *konfeksi hijab* requires the least sewing skills, while garment production and *konfeksi jahit* require medium to high-level skills.

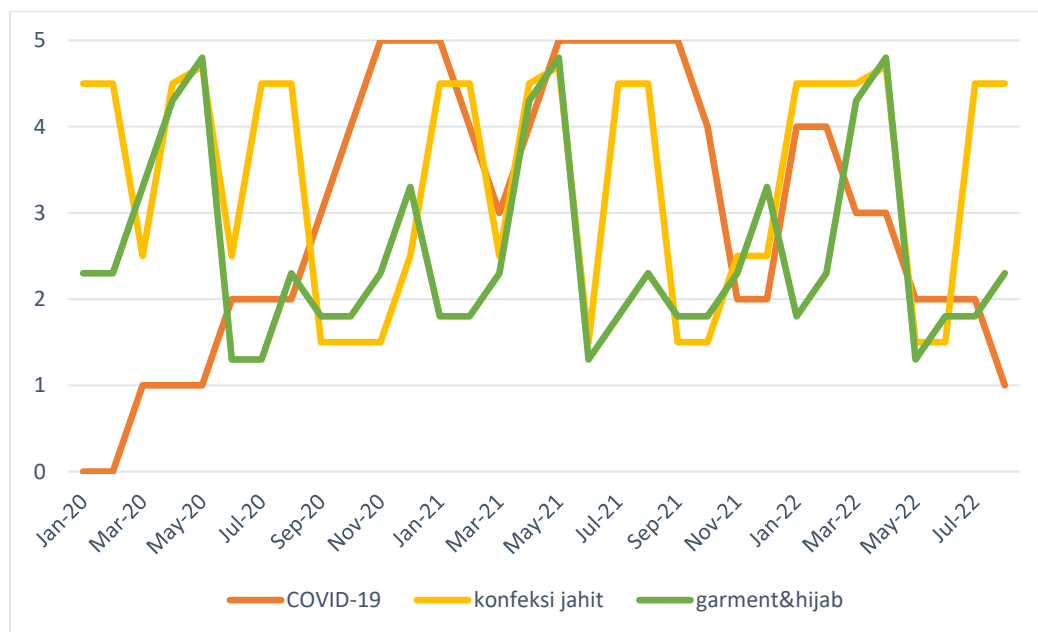
In *konfeksi* hijab, workers only need to sew small pieces of fabric, the cutting and overall design of which are already prepared by the owner-operator. The owner handles quality control. In contrast, sewing in garment factories and *konfeksi jahit* requires more complex techniques. In all three types of clothing industries in Sukajadi, the owner-operated manages pattern-making, fabric cutting and quality control of the finished products. This difference in skill levels is also reflected in the location of work: *konfeksi* hijab can be done at workers' homes (a putting-out system). In contrast, garment and *konfeksi jahit* work are carried out at the factory or the owner-operators' workshop.

Regarding marketing, the garment factories and *konfeksi* hijab share the same market. They are connected to two major wholesale markets in Jakarta: Pasar Tanah Abang and Thamrin City, primarily through wholesale traders. These two markets are considered the largest wholesale and retail hubs for textiles and clothing in Indonesia. An exception is one garment factory owner who has established his brand and markets his products through his shops in these two wholesale clothing markets and through online shopping.

For both garment and hijab producers, the peak order period usually occurs just before the fasting month of Ramadan, which in 2020 and 2021 fell in April-May (**Figure 1**). On the other hand, *konfeksi jahit* (tailors) produce items for individual single-orders or collective orders for uniforms from schools and companies. Their customers are widely distributed across Bogor, Jakarta and surrounding cities. Collective orders, which usually come through acquaintances, peak twice a year: at the start of the school semesters in January-February and in July-August. Single orders from individuals peak around Ramadan, similar to garment and hijab orders.

During the COVID-19 pandemic, the “captive market” nature of *konfeksi jahit*, which means a lower dependence on centralized markets and its peak order periods occurring twice a year, allowed this sector to fare better. As shown in Graph 1, for owner-operators of *konfeksi jahit*, in 2020, collective orders for uniforms arrived before or during the middle of the COVID-19 lockdown, ensuring an almost constant flow of income and employment for their workers. However, for garment and *konfeksi* hijab producers, the Ramadan peak order was soon followed by a lockdown as the COVID-19 waves peaked.





**Figure 1.** Comparison of Peak of COVID-19 with peak of orders in Jahit konfeksi and garment/hijab clothing industry, Sukajadi 2020-2022.

During this time, the wholesale markets of Tanah Abang and Thamrin City were intermittently closed for months during 2020 (from March 27 to April 5 and then extended until June 7) and again in 2021 (from July 3 to August 2). This meant that two Ramadan sales peaks were lost. As a result, many ready-to-wear clothes and hijabs could not be sold. Costs had already been incurred by the owner-operators of garment and *konfeksi* hijab businesses, but there was no income. One of the hijab owner-operators admitted that the period of malaise for their business was longer than for the garment businesses.

One strategy to reduce losses was to move online. A new network was established. One hijab producer mentioned receiving orders from East Java and Sumatra. Although these orders were small, they helped mitigate some of the damage caused by the loss of orders from Jakarta.

As mentioned earlier, of the 22 respondents who were interviewed using a questionnaire, six are owner-operators of garment factories, *konfeksi hijab* and *konfeksi jahit*, while 16 are workers in these three types of clothing industries. Data in **Table 1** shows a comparison of production resources, workers and income at three points in time: before the pandemic (approximately February 2020), at the lowest point (the peak of the second wave of COVID-19 in July 2021) and at the time of the research (June 2022).

**Table 1.** Comparison of production resources, workers and income at before-lowest-current pandemic situation, Sukajadi 2019-2022.

No	Comparison	Pandemic Period					
		Before - Feb 2020		Lowest (Jun 2021)		Research time (Jun 2022)	
1	Owners' Sewing machines	104	17.3	75	12.5	77	12.8
	Production Obras and embroidery machines	24	4	19	3.2	19	3.2
2	Resources (n=6) Working family members	12	2	14	2.3	15	2.5
	Workers (n=16) Waged workers	69	11.5	28	4.7	51	8.5
3	Income (IDR Owners	140	23.3	23.2	3.9	54.7	3.4
	million/month) Workers	60.5	3.78	38.9	2.4	49.03	3.1

Of the six owner-operators, the adjustment to pandemic disruption was made by reducing the number of waged workers and, later on by selling some of the machines or production resources. Reducing workers is also unavoidable because of gathering restriction—a regulation to limit number of people in one space. When further comparison is made on the number of various sewing machines (sewing, *obras*, *bordir*/embroidery) owned by owners of the three types of clothing-industry at before, lowest and present conditions, it was observed that owner of *konfeksi jahit* fare better than owner-operators of *konfeksi hijab*. This change in number of production resources, however, requires careful analysis as the garment owner-operator usually has many more sewing machines prior to pandemic, as seen in the difference between total- to average number of resources. This, in itself, indicate that garments have a much larger production scale. To keep the business going albeit slow, the strategy is to reduce the number of waged workers and employ more family members. At its lowest situation, these owners employed less than half of the waged workers that they had before pandemic. The present or research-time situation (in June 2022) shows some improvement but is still not the same as before pandemic. More sewing machines have been added, more waged workers are employed.

Observing the income of the owner and the worker at Table 1, it was observed that of the six owners surveyed, the range of monthly income was IDR 4 million to IDR 100 million. The highest being that of garment owners. At its lowest period, there was a 65% decrease in income for owners. Further separation of data indicates that for hijab owners the decrease was around 80%, whereas for custom-clothing owner/producer was 37.5%.

Of the 16 workers in the survey, the average monthly income before the pandemic was at IDR 3.78 million. It plummeted to IDR 2.4 million/month during the lowest pandemic situation and currently it is around IDR 3.1 million/month. The calculation of income was based on income from clothing work as well as other activities that were added to support the households' economy. Unfortunately, it was not easy to detail the amount of income from each source of work.

As a response to layoffs, the workers of the garment factory turn to *konfeksi jahit* works. However, only some can be employed due to the higher sewing skills that are required in *konfeksi jahit*. "We have to carefully choose (the workers), because not all of them have the skill to sew a dress," says one *konfeksi jahit* owner-operator. Other workers earned income by making cake and traditional delicacies, becoming waged-workers in the small-scale shoe industry in the neighboring village, assisting parents in horticulture crops' planting and marketing, or growing ornamental/house-plants, as is shown in **Table 2**.

**Table 2.** Other activities of husband and wife that were added to support household economy during COVID-19 pandemic, Sukajadi 2022.

No.	Additional activities during COVID-19	Husband	Wife and family members
1	Waged worker <i>konfeksi jahit</i>	15	4
2	Agriculture (horticulture, raising chicken and ornamental fish)	2	3
3	Traders (clothes, food/bread, ornamental plants)	2	1
4	Cleaning service	2	0
5	Waged worker (food stalls, ecotourism, shoemaking)	3	2
6	Others	1	0

Our observation and interviews noted that no worker-respondents took up agricultural work as the primary strategy to survive or to expand. Those who do take up some agricultural activities do so to assist their parents in cultivating horticultural crops and only take part in specific activities of cultivation. The harvesting and marketing of products are two main choices. Over half of the respondents, workers as well as owners, mentioned that their parents still work in agriculture. But these are mostly not in their own land. An exception to that was one garment owner who owns a large plot and has hired farm workers to cultivate the land since before the pandemic. This fact seems to be in line with the observation made by Jan Breman and Gunawan Wiradi (2004) that most non-farm workers are the landless of rural areas.

Our observation also finds two other reasons for not farming. First, inadequate skill to do farming and or manage farms. As mentioned by one clothing worker, “Working in *konfeksi* is easier. You only have to learn basic sewing skills. The (fabric) cuttings and other work are done by Boss (=owner-operators). If you work in agriculture, you have to know everything from A to Z—land preparation, choosing which commodity, when and how much to give fertilizer or spray pesticides, until harvest and selling (the commodity) to the market”. For them, agricultural work is daunting. Second, in collision with the nature of the COVID-19 pandemic itself, that are both terrifying and volatile, one turns to the availability of similar works in the clothing industry that do not require much re-learning and/or the availability of non-farm gig works in the surrounding area, such as shoe-making and selling of ornamental plants using social-media (e-commerce). The latter is also seen by the clothing industry as an alternative to conventional marketing.

#### 4. CONCLUSION

The case of Sukajadi’s clothing industry shows that the nature of COVID-19 pandemic and the nature of community livelihoods collided to define the response. In a condition that necessitates immediate adaptation, the households’ livelihood strategy takes advantage of the availability of similar non-farm work, work that does not require much re-learning. The workers who lost their jobs in the garment and *konfeksi hijab* of the clothing industry turn to *konfeksi jahit* because it requires similar skills. The fact that the *konfeksi jahit* fares better than the garment and *konfeksi kerudung* is due to its captive market and the nature of its orders. Farm work is seen as one of the ‘gig’ options, but not for the long term due to a lack of skills.

#### 5. REFERENCES

- Andriyanto H. 2020. Indonesia in worst period of coronavirus outbreak [internet]. Available at: <https://jakartaglobe.id/news/indonesia-in-worst-period-of-coronavirus-outbreak>.
- Bashar A, Hasan NA and Haque MM. 2024. Exploring sustainable livelihood options for COVID-impacted rural communities in Bangladesh. *Heliyon* 10(19):1-13. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38664>

- Berdegú JA, Proctor FJ and Cazzuffi C. 2014. *Cities in the rural transformation*. RIMISP Working Group: Development with Territorial Cohesion, Territorial Cohesion for Development Program. Santiago.
- Bharata IBAY. 2024. Dampak Pandemi COVID-19 terhadap dinamika perekonomian wilayah di Provinsi Bali. *Jurnal Geografi* 20(1):18-26.
- Bista R, Parajuli R, Giri K, Karki R and Song C. 2022. Impacts of COVID-19 pandemic on the livelihoods of rural households in the community forestry landscape in the Middle Hills of Nepal. *Trees, Forests and People* 9: 100312. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100312>.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor. 2021. Tamansari Sub-district Dalam Angka 2021. BPS Kabupaten Bogor. Bogor.
- Breman J and Wiradi G. 2004. Masa cerah dan masa suram di pedesaan Jawa: studi kasus dinamika sosio-ekonomi di dua desa menjelang akhir abad ke-20. LP3ES. Jakarta.
- Creswell JW. 2014. *Research Design Qualitative, Quantitative and Mixed Method Approaches* (4th ed.). Sage Publication Inc. California.
- Eryando T, Sipahutar T and Rahardianto S. 2020. The risk distribution of COVID-19 in Indonesia: a spatial analysis. *Asia Pacific Journal of Public Health* 32(8):450–452. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1010539520962940>
- Fatimah D, Asriani DD, Zubaedah A and Mardhiyyah M. 2020. Ora obah, ora mamah: studi kasus gender pada sektor informal di masa pandemi COVID-19. Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) Jakarta. Jakarta.
- Jason LA and Glenwick DS. 2016. *Handbook of Methodological Approaches to Community-Based Research: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods*. Oxford University Press. Oxford.
- Kuleh Y, Ilmi Z and Amin Kadafi M. 2022. The intensity of agriculture in the COVID-19 from Indonesia – a systematic literature review. *Journal of Agriculture and Crops* 8(2):94–104. <https://doi.org/10.32861/jac.82.94.104>
- McGee T and Firman T. 2000. Labour market adjustments in Indonesia. *Singapore Journal of Tropical Geography* 21(3):316–335. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1467-9493.00084>

- Merenkova I, Agibalov A and Zakupnev S. 2020. Modelling of diversified development of rural areas [Proceeding]. Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020).
- Njurumana GN, Ngongo Y, Octavia D, Suharti S, Rakatama A, Prameswari D, Maharani R, Wibowo LR, Tampubolon AP, Suratman, Dewi R, Hadi EEW, Adalina Y, Basuki T, deRosari B and Hendarto KA. 2025. Livelihood resilience of forest-dependent farmers amidst the COVID-19 pandemic in Sikka, Indonesia. *Sustainable Futures*, 9:1-14. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100533>
- Olivia S, Gibson J and Nasrudin R. 2020. Indonesia in the time of COVID-19. *Bulletin of Indonesian Economic Studies* 56(2):143–174.
- Pitoyo AJ, Aditya B, Amri I and Rokhim AA. 2021. Impacts and strategies behind COVID-19 induced economic crisis: evidence from informal economy. *Indian Journal of Labour Economics* 64(3):641–661. <https://doi.org/10.1007/s41027-021-00333-x>
- Putra RA, Ajie T, Widayani SSN, Prayuda D, Trapsila TA and Agustina NS. 2023. Tjia Kang Hoo: menyelidik nilai-nilai pembina kehidupan masyarakat etnis Tionghoa muslim di Jakarta Timur. *Innovative: Journal of Social Science Research* 3(6), 4397–4415. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/6736>
- Setiawan MF. 2020. Tamansari Bogor masuk zona merah COVID-19 [internet]. Available at: <https://www.antaranews.com/berita/1435716/tamansari-bogor-masuk-zona-merah-COVID-19>
- Sitko N, Knowles M, Viberti F and Bordi D. 2022. Assessing the impacts of the COVID-19 pandemic on the livelihoods of rural people. FAO. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb7672en>
- Sudiro KKL. 2024. Ancaman resesi global pasca pandemi COVID-19 dan dampaknya terhadap ketahanan konsumen di Indonesia: pendekatan analisis sintesis. *Journal of Economic Resilience and Sustainable Development* 1(1):32-46. <https://doi.org/10.61511/ersud.v1i1.2024.638>

- Suryahadi A, Izzati RA and Suryadarma D. 2020. The impact of COVID-19 outbreak on poverty: an estimation for Indonesia. The SMERU Research Institute. Jakarta. [https://www.smeru.or.id/sites/default/files/publication/wp\\_COVID19impact\\_draft.pdf](https://www.smeru.or.id/sites/default/files/publication/wp_COVID19impact_draft.pdf)
- Tenda ED, Asaf MM, Pradipta A, Kumaheri MA and Susanto AP. 2021. The COVID-19 surge in Indonesia: what we learned and what to expect. *Breathe* 17(4):1-5. <https://doi.org/10.1183/20734735.0146-2021>

## **Pengaruh kualitas batu bara terhadap produksi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>: studi kasus PLTU “Lentera”**

### ***The effect of coal quality on SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> gas production: case study of PLTU “Lentera”***

Qori Fajar Hermawan<sup>1,\*</sup>, Nanda Khoirunisa<sup>1</sup>, Zetsaona Sihotang<sup>1</sup>, Muhammad Riza<sup>1</sup>, Wasono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Geofisika, Universitas Mulawarman, Kota Samarinda, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Matematika, Universitas Mulawarman, Kota Samarinda, Indonesia

#### **Abstrak.**

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) “Lentera” yang berkapasitas 130MW menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utama. Kualitas batu bara yang dikirimkan ke PLTU “Lentera” akan diuji menggunakan analisis proksimat dan ultimat untuk mengetahui kandungan sulfur dan nitrogen. Kandungan sulfur dan nitrogen tersebut diduga berpengaruh terhadap produksi emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dari hasil pembakaran batu bara. Pengamatan emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> di PLTU “Lentera” dilakukan melalui *Continuous Emission Monitoring System* (CEMS). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kandungan sulfur dan nitrogen pada batu bara terhadap produksi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> di PLTU “Lentera” periode Juni–Desember 2020. Analisis yang dilakukan berdasarkan analisis statistik metode regresi linear sederhana dan analisis ragam. Batu bara di Provinsi Kalimantan Timur memiliki kandungan sulfur, nitrogen dan nilai kalor lebih rendah dibandingkan batu bara di Provinsi Sumatera Selatan. Kandungan sulfur dan nitrogen secara signifikan berpengaruh terhadap produksi emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>. Semakin tinggi kandungan sulfur dan nitrogen pada batu bara maka meningkatkan produksi emisi SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>. Nilai kalor batu bara tidak menunjukkan korelasi terhadap produksi emisi gas NO<sub>x</sub>.

Kata kunci: emisi SO<sub>2</sub>, emisi NO<sub>x</sub>, kandungan nitrogen, kandungan sulfur, regresi linear sederhana

#### **Abstract.**

The “Lentera” power plant is a 130 MW coal-fired power plant facility. The quality of the supplied coal to the “Lentera” power plant were tested using proximate and ultimate analysis to determine sulphur and nitrogen content. The production of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions from coal combustion was affected by the sulphur and nitrogen content in the coal. Emission levels were observed using the *Continuous Emission Monitoring System* (CEMS). This research was conducted to determine the effect of the sulphur and nitrogen content in coal on the production of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> gas at “Lentera” power plant during June–December 2020. The analysis was done based on statistical analysis using simple linear regression methods and analysis of variance. Based on the content of sulphur, nitrogen and calorific value, coal from East Kalimantan Province has a lower value than coal from South Sumatra Province. The content of sulfur and nitrogen significantly affected the production of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions. The higher the sulfur and nitrogen content in coal showed the higher the production of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions. The calorific value of coal did not show a correlation with the production of NO<sub>x</sub> emissions.

Keywords: emission of SO<sub>2</sub>, emission of NO<sub>x</sub>, nitrogen, sulphur, simple linear regression

## **1. PENDAHULUAN**

Kebutuhan listrik di Indonesia sangat tinggi sehingga upaya maksimal dalam penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik terus digencarkan. Hal ini terlihat melalui 99 PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) dengan kapasitas 33,6 GW terdapat di Indonesia dengan berbahan bakar utama batu bara (Perdana 2023). Salah satu dari 99 PLTU tersebut adalah PLTU “Lentera” yang memiliki kapasitas 130 MW.

---

\* Korespondensi Penulis  
Email : qorifajarhermawan@gmail.com



PLTU "Lentera" menggunakan bahan bakar utama batu bara yang didatangkan dari Provinsi Sumatera Selatan dan Provinsi Kalimantan Timur. Jenis batu bara yang digunakan oleh PLTU Lentera merupakan batu bara sub-bituminus yang memiliki nilai kalor dan kandungan sulfur yang rendah (PLTU "Lentera" 2021). Pada proses produksi listrik, sebuah PLTU akan membutuhkan sumber panas. Sumber panas tersebut digunakan untuk mengubah air dari fase cair menjadi fase gas. Selanjutnya, uap air yang terbentuk akan diarahkan ke ruang turbin menggunakan prinsip dinamika fluida dengan mengandalkan perbedaan tekanan. Perbedaan tekanan tersebut membuat uap air akan bergerak dan menggerakkan turbin sehingga menghasilkan listrik. Uap air kemudian didinginkan melalui proses kondensasi dengan tujuan mengubah air dalam fase gas menjadi fase cair dan proses tersebut terjadi berulang-ulang (Prawoto dan Rahman 2021).

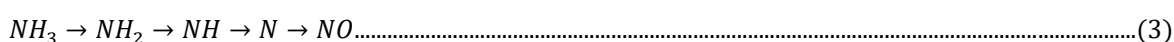
Pembangkitan listrik pada sebuah PLTU bergantung pada teknologi pemanasan. Teknologi pemanasan ini biasanya disebut dengan *boiler* yang hingga saat ini terdapat beberapa macam tipe *boiler* yang digunakan pada PLTU berbahan bakar utama batu bara seperti *pulverized coal* (Gunawan dan Gunawan 2020), *fluidized bed combustion* (Yuliani *et al.* 2019) dan *chain grate* (Idris *et al.* 2022). PLTU "Lentera" menggunakan teknologi *pulverized coal* dalam proses produksi listriknya (PLTU "Lentera" 2021).

Batu bara sebagai bahan bakar utama PLTU "Lentera" dalam proses pembangkitan listrik dipasok langsung dari Provinsi Sumatera Selatan dan Provinsi Kalimantan Timur. Pengiriman batu bara dilakukan menggunakan kapal dan dibongkar menggunakan sistem *static crane* dan *belt conveyor* yang membawa batu bara dari kapal di pelabuhan khusus menuju *coal yard*. Dalam proses pembongkaran dilakukan juga pengambilan sampel batu bara untuk dianalisis secara proksimat dan ultimat. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui kualitas batu bara yang sedang dibongkar (PLTU "Lentera", 2021). Nilai kandungan sulfur dan nitrogen merupakan beberapa parameter uji yang dilakukan pada analisis tersebut. Analisis proksimat dan ultimat dilakukan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) atau *American Society for Testing Materials* (ASTM) oleh PT. Surveyor Indonesia (PT Surveyor Indonesia 2021).

Kandungan sulfur dan nitrogen akan mempengaruhi produksi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dari hasil pembakaran batu bara tersebut. Pembentukan gas SO<sub>2</sub> secara umum dapat digambarkan melalui proses oksidasi unsur sulfur. Namun, dalam proses oksidasi tersebut, tidak hanya membentuk gas SO<sub>2</sub>, tetapi juga membentuk gas SO<sub>3</sub>. Jumlah gas SO<sub>3</sub> yang terbentuk dari proses oksidasi unsur sulfur, biasanya tidak lebih dari 10% jumlah pembentukan SO<sub>2</sub> dari proses oksidasi yang sama. Reaksi kimia unsur sulfur dalam proses oksidasi dapat dilihat pada reaksi **Persamaan 1** dan **Persamaan 2** berikut.



Selain sulfur, kandungan nitrogen pada batu bara juga dapat menghasilkan gas NO<sub>x</sub>. Gas NO<sub>x</sub> atau nitrogen oksida merupakan gas yang dihasilkan dari proses oksidasi unsur nitrogen. Gas NO<sub>x</sub> terdiri dari beberapa jenis gas seperti N<sub>2</sub>O, NO, N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Pembentukan gas NO<sub>x</sub> melalui beberapa mekanisme seperti mekanisme termal NO<sub>x</sub>, mekanisme *prompt* NO<sub>x</sub> dan *fuel* NO<sub>x</sub>. Emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan dari proses oksidasi terdiri atas 95% gas NO dan 5% gas NO<sub>2</sub> (Goswami *et al.* 2019). Dalam penelitian ini menduga bahwa pembentukan gas NO<sub>x</sub> pada gas buang hasil pembakaran batu bara berdasarkan *fuel* NO<sub>x</sub> yang digambarkan berdasarkan reaksi **Persamaan 3** di bawah ini. Nilai kalor batu bara diduga mempengaruhi produksi gas NO<sub>x</sub>. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan karbon di batu bara, sehingga pembentukan gas NO<sub>x</sub> melalui proses mekanisme *prompt* NO<sub>x</sub> (Nurhayati *et al.* 2021).



Gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> merupakan gas polutan dalam udara. Kehadiran gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dapat menimbulkan hujan asam. Produksi emisi gas tersebut dari kegiatan industri pembangkitan listrik harus memantau produksi gas tersebut yang dibuang ke udara bebas. Pemerintah Indonesia telah menentukan baku mutu untuk gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> pada pembangkit listrik dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 15 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Termal. Merujuk pada aturan tersebut dan mempertimbangkan kapasitas & sistem cerobong tunggal yang dimiliki oleh PLTU "Lentera", maka diwajibkan memantau emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> yang dilepaskan di udara bebas dengan baku mutu 550 mg Nm<sup>-3</sup>.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menentukan pengaruh kandungan sulfur dan nitrogen pada batu bara terhadap produksi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh nilai kalor batu bara terhadap produksi gas NO<sub>x</sub>.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PLTU “Lentera” yang berada di Provinsi Kepulauan Riau dengan menganalisis kualitas batu bara dari 31 pengiriman selama periode Juni–Desember 2020. Selain itu juga digunakan informasi emisi gas melalui CEMS pada cerobong selama periode waktu tersebut.

### 2.2. Prosedur pengumpulan data

Pemantauan emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dilakukan menggunakan alat CEMS yang terpasang di cerobong PLTU “Lentera”. CEMS yang terpasang memiliki kemampuan untuk mengukur kandungan gas sebanyak 12 kali setiap jamnya. Parameter pantau SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dapat dipantau oleh sensor dalam rentang nilai berkisar 0-750 mg Nm<sup>-3</sup>. Pada sistem pelaporan pemantauan yang dilakukan CEMS, data yang ditampilkan adalah rata-rata jam dan rata-rata harian. Namun, dalam penelitian ini hanya menggunakan data nilai rata-rata jam yang merupakan nilai rata-rata pemantauan setiap lima menit sekali dalam satu jam yang sama. Nilai rata-rata jam sudah dilakukan pengoreksian kandungan oksigen sesuai dengan PerMenLHK Nomor 15 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Termal.

Penelitian ini membutuhkan persiapan data terlebih dahulu sebelum dilakukan analisis statistik. Hal ini dikarenakan data yang ada bergantung pada sistem pemuatan batu bara di teknologi *boiler* dan kondisi data hasil pemantauan CEMS. Sistem pemuatan batu bara ke tungku pemanasan di PLTU “Lentera” dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu menggunakan batu bara di *coal yard* dan menggunakan batu bara langsung dari kapal pengiriman pasokan. Namun pada penelitian ini, proses pengumpulan data dilakukan menggunakan batu bara yang berasal dari kapal pengiriman untuk menentukan jenis batu bara serta menentukan emisi yang dihasilkan pada proses produksi.

Selama proses pembongkaran batu bara, sistem CEMS mencatat masing-masing untuk nilai emisi SO<sub>2</sub> dan nilai emisi NO<sub>x</sub> per jam yang kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh satu nilai emisi SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> berdasarkan pasokan yang diterima sesuai dengan **Persamaan 4** (Nuryadi *et al.* 2017). Parameter kandungan sulfur didapatkan berdasarkan keadaan ketika diterima atau *as received*. Kandungan nitrogen didapatkan berdasarkan keadaan kering atau *air-dried base*. Nilai kalor yang digunakan adalah nilai kalor kotor yang didapatkan berdasarkan keadaan saat diterima atau *as received*. Parameter kandungan sulfur dilakukan pengujian dengan metode ASTM D4239-17, sedangkan kandungan nitrogen didapatkan berdasarkan analisis ultimat terhadap sampel batu bara dengan metode ASTM D5373-16 dan nilai kalor kotor batu bara didapatkan dengan menerapkan metode ASTM D5685-13.

$$\overline{Emisi}_{SO_2, NO_x} = \frac{\sum Emisi \text{ tiap jam}_{SO_2, NO_2}}{\text{Jumlah data emisi tiap jam}} \dots\dots\dots(4)$$

### 2.3. Prosedur analisis data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis regresi linear sederhana dan analisis ragam dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* dan *Data Analysis Toolpack*. Metode analisis regresi linear sederhana dipilih karena mampu menggambarkan hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas dalam fenomena produksi emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dalam penelitian ini, sekaligus berfungsi untuk memprediksi besaran emisi berdasarkan kualitas batu bara yang digunakan (Kurniawan 2008). Sedangkan metode analisis ragam memiliki keunggulan dalam penentuan tingkat keterikatan variabel bebas terhadap variabel terikat (Bittner 2022) diharapkan dapat menentukan signifikansi pengaruh kualitas batu bara terhadap produksi emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dalam penelitian ini.

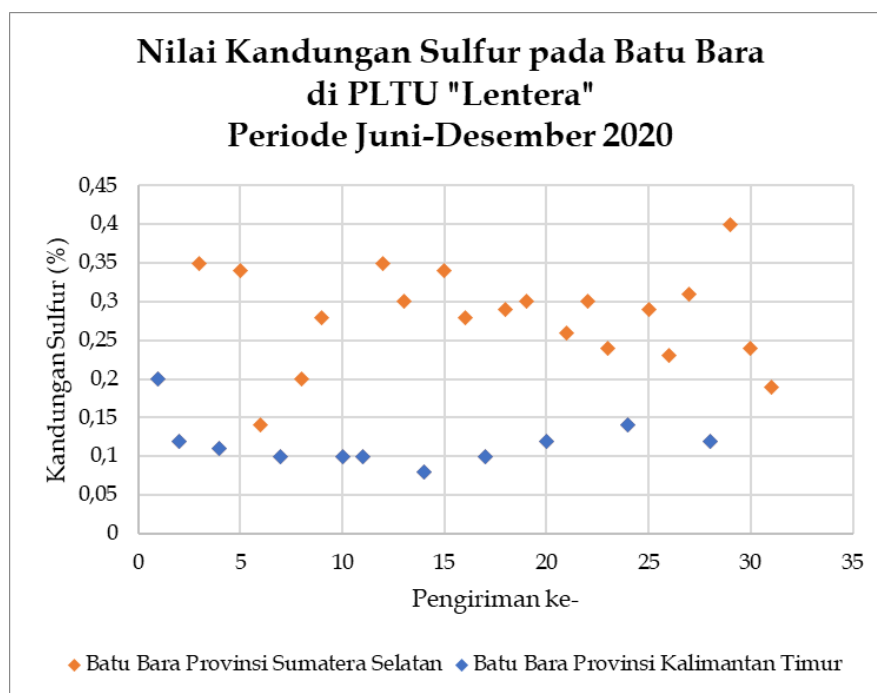
Analisis statistik berupa regresi linear sederhana (Nuryadi *et al.* 2017) dilakukan terhadap pengaruh nilai kandungan sulfur terhadap produksi emisi gas SO<sub>2</sub>. Analisis tersebut menempatkan kandungan sulfur sebagai nilai terikat dan emisi SO<sub>2</sub> sebagai nilai bebas. Selain itu, pengaruh kandungan nitrogen dan nilai kalor pada batu bara juga diuji pengaruhnya terhadap produksi gas NO<sub>x</sub>. Dalam pengujian ini kandungan nitrogen dan nilai kalor pada batu bara dijadikan sebagai nilai terikat dan emisi NO<sub>x</sub> sebagai nilai bebas.

Sebelum dilakukan analisis statistik, dilakukan pemilihan data berdasarkan nilai rata-rata emisi. Berdasarkan spesifikasi sensor yang digunakan pada CEMS di PLTU "Lentera", rata-rata jam yang melebihi nilai 750 mg Nm<sup>-3</sup> tidak akan digunakan dalam analisis statistik. Hal ini dikarenakan nilai 750 mg Nm<sup>-3</sup> adalah batas kemampuan pengukuran CEMS di PLTU "Lentera". Apabila pengukuran menunjukkan nilai 750 mg Nm<sup>-3</sup> memiliki ambiguitas yang tinggi, yaitu nilai emisi gas pada waktu pemantauan tersebut 750 mg Nm<sup>-3</sup> atau nilai emisi di atas nilai 750 mg Nm<sup>-3</sup>. Jadi, untuk mengurangi efek ambiguitas terhadap analisis yang dilakukan, maka digunakan data dengan rata-rata emisi dari rentang 0-749 mg Nm<sup>-3</sup>.

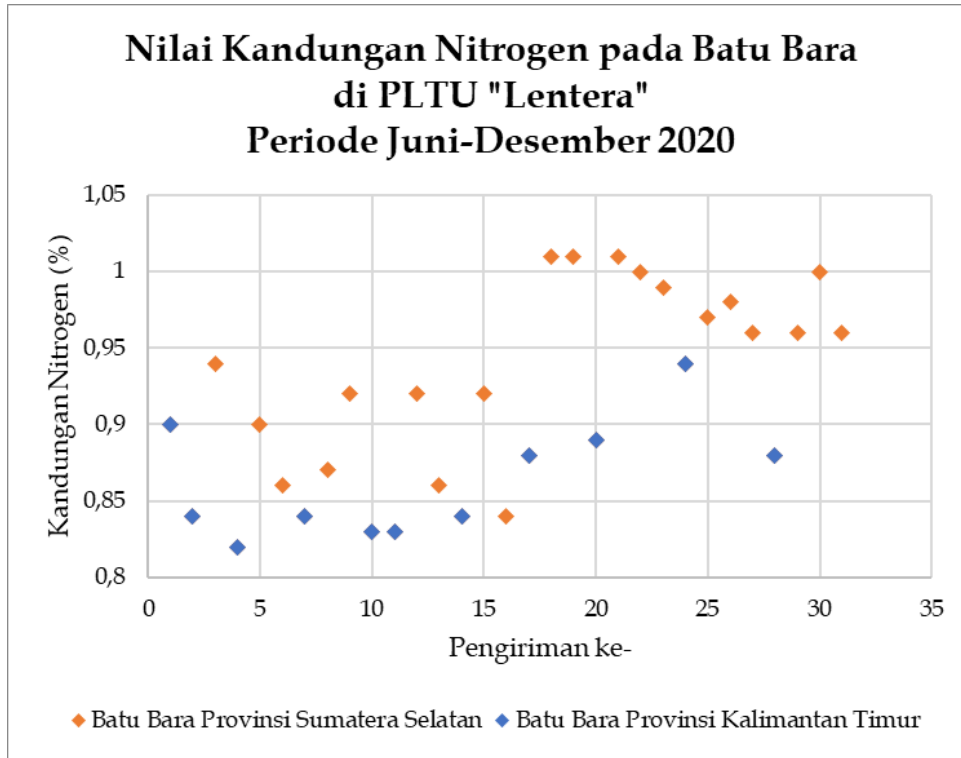
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Kandungan sulfur, nitrogen dan nilai kalor pada batu bara

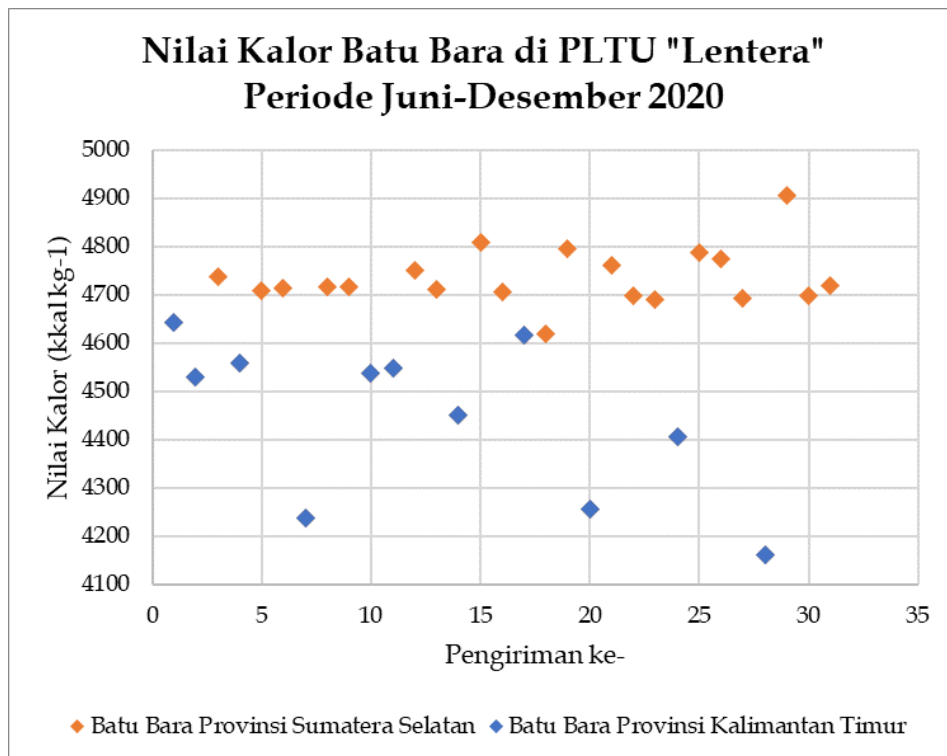
Pengiriman pasokan batu bara ke PLTU "Lentera" periode Juni–Desember 2020, tercatat sebanyak 31 pengiriman batu bara telah dilakukan pembongkaran. Berdasarkan asal provinsinya, 11 pengiriman berasal dari Provinsi Kalimantan Timur dan 20 pengiriman berasal dari Provinsi Sumatera Selatan. Hasil analisis kualitas batu bara terhadap parameter kandungan sulfur, kandungan nitrogen dan nilai kalor ditampilkan pada **Gambar 1**, **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



**Gambar 1.** Grafik nilai kandungan sulfur pada pasokan batu bara di PLTU "Lentera" periode Juni–Desember 2020.



**Gambar 2.** Grafik nilai kandungan nitrogen pada pasokan batu bara di PLTU "Lentera" periode Juni–Desember 2020.



**Gambar 3.** Grafik nilai kalor pada pasokan batu bara di PLTU "Lentera" periode Juni–Desember 2020.

**Gambar 1** menunjukkan bahwa pasokan batu bara ke PLTU "Lentera" periode Juni–Desember 2020 memiliki kandungan sulfur pada rentang 0,08%-0,40% dengan nilai rata-rata sebesar 0,22%. Berdasarkan asal provinsi, batu bara dari Provinsi Kalimantan Timur dalam 11 pengiriman memiliki kandungan sulfur rata-rata sebanyak 0,12% dengan rentang nilai 0,08%-0,20%. Batu bara yang berasal dari Provinsi Sumatera Selatan dalam 20 pengiriman memiliki kandungan sulfur rata-rata sebanyak 0,28% dengan rentang nilai 0,14%-0,40%. Berdasarkan informasi tersebut, batu bara yang berasal dari Provinsi Sumatera Selatan memiliki kandungan sulfur yang lebih tinggi dibandingkan batu bara dari Provinsi Kalimantan Timur.

Kandungan nitrogen pada batu bara ditentukan berdasarkan analisis ultimat dalam satuan persen (%). Pada penelitian ini, kandungan nitrogen ditentukan pada keadaan sampel *air-dried base* (adb). Nilai kandungan nitrogen rata-rata pada pasokan batu bara di PLTU "Lentera" pada periode Juni-Desember 2020 adalah 0,92% dengan rentang nilai 0,82%-1,01% (**Gambar 2**). Diketahui pula bahwa batu bara yang didatangkan dari Provinsi Kalimantan Timur memiliki kandungan nitrogen rata-rata 0,86% dengan rentang nilai 0,82%-0,94%, sedangkan batu bara Provinsi Sumatera Selatan terpantau lebih tinggi sebesar 0,94% dengan rentang nilai 0,84%-1,01%.

Perbedaan kandungan nitrogen tersebut menunjukkan adanya variasi kualitas batu bara berdasarkan daerah asalnya. Kandungan nitrogen yang lebih tinggi umumnya berpotensi meningkatkan emisi NO<sub>x</sub> pada proses pembakaran, sehingga dapat memengaruhi strategi pengendalian emisi yang diterapkan di PLTU. Pada konteks ini, pasokan batu bara dari Sumatera Selatan cenderung menghasilkan emisi yang lebih besar dibandingkan dengan pasokan dari Kalimantan Timur.

Nilai kalor batu bara dianggap memiliki pengaruh terhadap produksi emisi gas NO<sub>x</sub> saat pembakaran batu bara nantinya. Nilai kalor yang diambil adalah nilai kalor kotor atau *gross caloric value* (GCV) yang diukur pada sampel dalam keadaan saat diterima (*as received*). **Gambar 3** menunjukkan bahwa pasokan batu bara memiliki nilai kalor tertinggi sebesar 4.163–4.907 kkal kg<sup>-1</sup> dengan rata-rata nilai 4.635,13 kkal kg<sup>-1</sup>. Jika ditinjau dari provinsi asal batu bara, Provinsi Kalimantan Timur memiliki batu bara dengan nilai kalor rata-rata sebesar 4.450,64 kkal.kg<sup>-1</sup> pada rentang 4.163–4.644 kkal kg<sup>-1</sup>, sedangkan batu bara Provinsi Sumatera Selatan memiliki nilai kalor rata-rata sebesar 4.736,60 kkal.kg<sup>-1</sup> dengan rentang nilai 4.621–4.907 kkal kg<sup>-1</sup>.

Perbedaan nilai kalor ini penting karena berkaitan langsung dengan efisiensi pembakaran dan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi listrik. Nilai kalor yang lebih tinggi, seperti pada batu bara Sumatera Selatan, memungkinkan pembakaran lebih efisien dengan kebutuhan bahan bakar yang lebih sedikit, namun juga berpotensi meningkatkan suhu nyala api yang dapat memengaruhi pembentukan emisi NO<sub>x</sub>. Sebaliknya, batu bara dengan nilai kalor lebih rendah, seperti yang berasal dari Kalimantan Timur, memerlukan volume pembakaran lebih besar untuk menghasilkan energi setara, yang juga dapat berdampak pada pola emisi.

Kandungan sulfur, nitrogen dan nilai kalor batu bara menunjukkan perbedaan kualitas batu bara dari Provinsi Sumatera Selatan dan Provinsi Kalimantan Timur. Perbedaan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor seperti proses pembentukan batu bara dan lingkungannya. Kandungan sulfur yang ada pada batu bara berasosiasi dengan proses deposisi dan pembentukan batu bara seperti pemampatan mineral, biota dan material organik lainnya secara kimiawi dalam rentang waktu geologi. Sulfur pada batu bara biasanya ditemukan dalam bentuk sulfat, sulfida dan sulfur organik (Bottle and White 2023). Hal ini menunjukkan bahwa proses pembentukan batu bara di Provinsi Sumatera Selatan menghasilkan lebih banyak senyawa sulfur dibandingkan di Provinsi Kalimantan Timur.

Perbedaan kandungan nitrogen dalam batu bara juga dipengaruhi oleh material penyusun batu bara dalam proses pembentukannya. Nitrogen tersebut didapatkan dari kandungan protein dalam tumbuhan dan organisme mikro yang membentuk batu bara. Nitrogen pada batu bara biasanya ditemukan dalam bentuk asam amino dan amonia (Flaig 1968). Hal tersebut mengindikasikan bahwa batu bara di Provinsi Sumatera Selatan dibentuk oleh tumbuhan dan organisme mikro yang kaya dengan protein dibandingkan batu bara di Provinsi Kalimantan Timur.

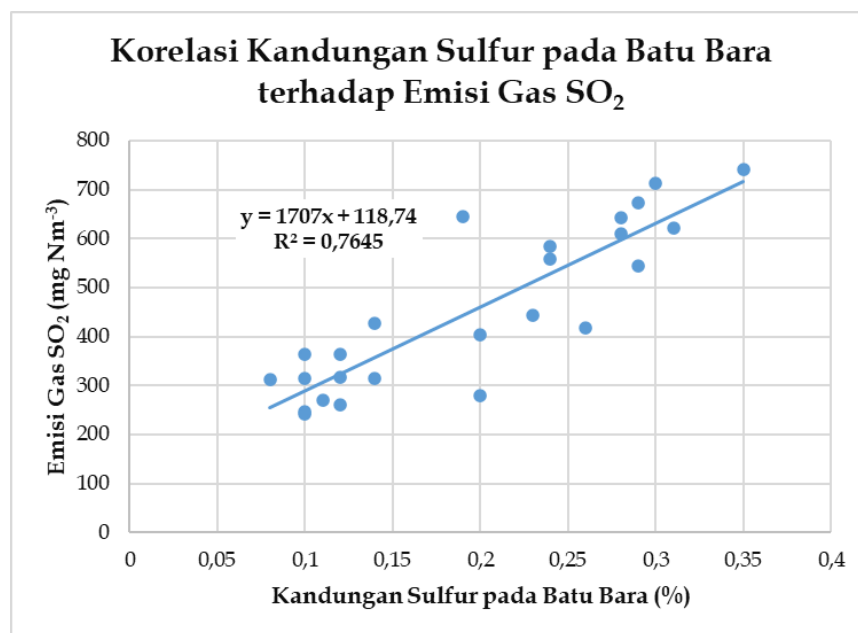
Nilai kalor pada batu bara dari Provinsi Sumatera Selatan lebih tinggi dibandingkan dari Provinsi Kalimantan Timur. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan abu, kelembaban dan material yang mudah menguap. Apabila suatu batu bara memiliki kandungan abu yang tinggi, maka nilai kalor batu bara tersebut akan lebih rendah. Kelembaban dan material mudah menguap yang tinggi pada batu bara juga dapat menurunkan nilai kalor batu bara tersebut (Liu and Lv 2020).



Perbedaan proses pembentukan batu bara di Provinsi Sumatera Selatan dan Provinsi Kalimantan Timur diduga mempengaruhi kualitas batu bara yang dihasilkan. Namun, dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai kondisi lingkungan dan bagaimana dampaknya terhadap proses pembentukan batu bara di provinsi-provinsi tersebut berdasarkan sudut pandang geologi. Hal ini diharapkan dapat menjelaskan lebih rinci alasan perbedaan kualitas batu bara pada masing-masing provinsi tersebut.

### 3.2. Korelasi kandungan sulfur terhadap emisi gas SO<sub>2</sub>

Berdasarkan nilai emisi gas SO<sub>2</sub> yang dilaporkan oleh CEMS, data yang digunakan hanya berjumlah 25 data. Hal ini dikarenakan 6 data hasil pemantauan emisi gas SO<sub>2</sub> lebih dari 749 mg Nm<sup>-3</sup> yang dihasilkan proses pembakaran pasokan batu bara dari Provinsi Sumatera Selatan. Berdasarkan 25 data yang digunakan, didapatkan hasil regresi linear sederhana yang ditunjukkan oleh **Gambar 4** berikut.



**Gambar 4.** Grafik korelasi nilai kandungan sulfur batu bara terhadap emisi gas SO<sub>2</sub> di PLTU "Lentera" periode Juni-Desember 2020.

**Gambar 4** menunjukkan korelasi kandungan sulfur terhadap emisi gas SO<sub>2</sub> yang ditunjukkan oleh **Persamaan 5**. Regresi linear sederhana ini memiliki nilai koefisien korelasi  $r = 0,87$  yang mengindikasikan bahwa kandungan sulfur pada batu bara dan produksi emisi gas SO<sub>2</sub> memiliki korelasi yang sangat kuat. Nilai koefisien determinasi sebesar  $R^2 = 0,76$  yang berarti 76,45% data yang digunakan menunjukkan korelasi regresi linear yang digambarkan sebagai **Persamaan 5**.

$$y = 1,707x + 118,74 \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

y = Nilai emisi gas SO<sub>2</sub> (mg Nm<sup>-3</sup>)

x = Kandungan sulfur pada batu bara (%)

Penentuan signifikansi dari korelasi ini dilakukan dengan analisis ragam menggunakan uji F. Uji F menguji signifikansi secara simultan dari pengaruh nilai kandungan sulfur terhadap emisi gas SO<sub>2</sub>. Berdasarkan uji ini, didapatkan nilai  $p=1,11 \times 10^{-8}$  yang menunjukkan nilai kurang dari nilai  $\alpha=0,05$ . Hal ini mengartikan bahwa kandungan sulfur secara signifikan mempengaruhi nilai emisi gas SO<sub>2</sub>.

Berdasarkan **Persamaan 5**, maka kita dapat memperkirakan kandungan sulfur maksimal agar PLTU dapat memenuhi aturan PerMenLHK Nomor 15 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Termal. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa untuk memenuhi baku mutu emisi gas SO<sub>2</sub> pada PLTU sebesar 550 mg Nm<sup>-3</sup>, maka kandungan sulfur maksimal yang dapat digunakan adalah 0,25% dalam kondisi saat diterima (*as received*). Apabila PLTU masih menggunakan batu bara dengan kandungan sulfur >0,25%, maka diharapkan dapat menggunakan teknologi seperti *sea water desulfurization* untuk memenuhi regulasi yang disyaratkan.

### 3.3. Korelasi kandungan nitrogen terhadap emisi gas NO<sub>x</sub>

Emisi gas NO<sub>x</sub> yang terpantau oleh sistem CEMS dari batu bara yang dikirimkan melalui 31 pengiriman menunjukkan seluruh data kurang dari 749 mg Nm<sup>-3</sup>, sehingga seluruh nilai emisi gas NO<sub>x</sub> digunakan dalam penentuan korelasi ini. Korelasi antara kandungan nitrogen pada batu bara dan produksi emisi gas NO<sub>x</sub> dapat dilihat pada **Gambar 5** dan melalui persamaan linear pada **Persamaan 6** di bawah ini.

$$y = 903,49x - 319,29 \dots \dots \dots (6)$$

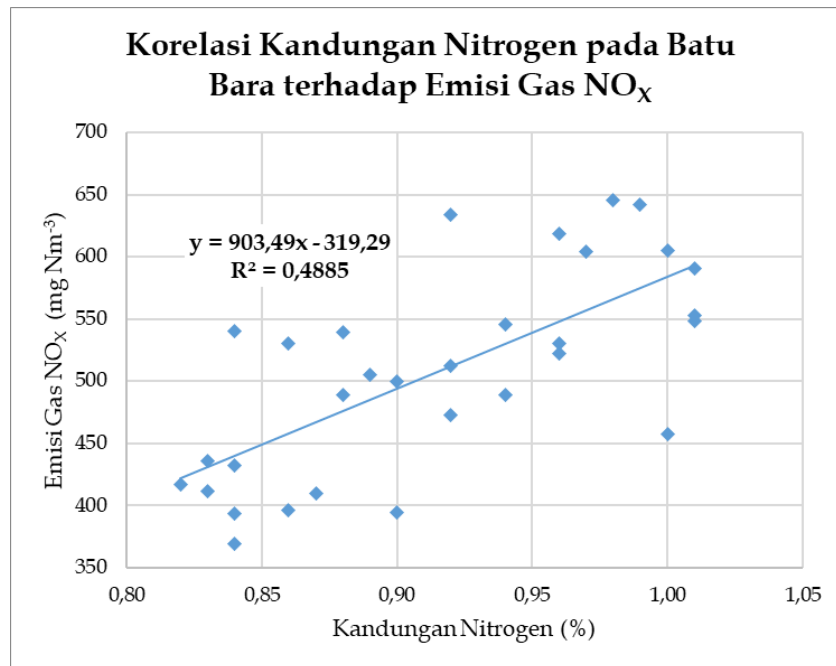
Keterangan:

y = Nilai emisi gas NO<sub>x</sub> (mg Nm<sup>-3</sup>)

x = Kandungan nitrogen pada batu bara (%)

Korelasi tersebut menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar  $r = 0,70$  yang berarti korelasi kuat ditunjukkan oleh nilai kandungan nitrogen terhadap emisi gas NO<sub>x</sub>. **Gambar 5** juga menunjukkan koefisien determinasi sebesar  $R^2 = 0,48$  yang memberikan arti bahwa emisi gas NO<sub>x</sub> hanya dapat dideterminasikan oleh data nilai kandungan nitrogen batu bara sebesar 48,85% dan 51,15% data digambarkan oleh faktor-faktor lain. Hal tersebut diartikan bahwa proses pembentukan emisi gas NO<sub>x</sub>

secara *fuel*  $NO_x$  hanya berperan sebesar 48,85%, dan sisanya dimungkinkan terbentuk dari proses mekanisme termal  $NO_x$ , mekanisme *prompt*  $NO_x$ . Mekanisme pembentukan gas  $NO_x$  tersebut dipilih berdasarkan mekanisme pembentukan yang telah disampaikan oleh Nurhayati *et al.* (2021) dan Goswami *et al.* (2019) yaitu mekanisme termal  $NO_x$ , mekanisme *prompt*  $NO_x$  dan *fuel*  $NO_x$ .



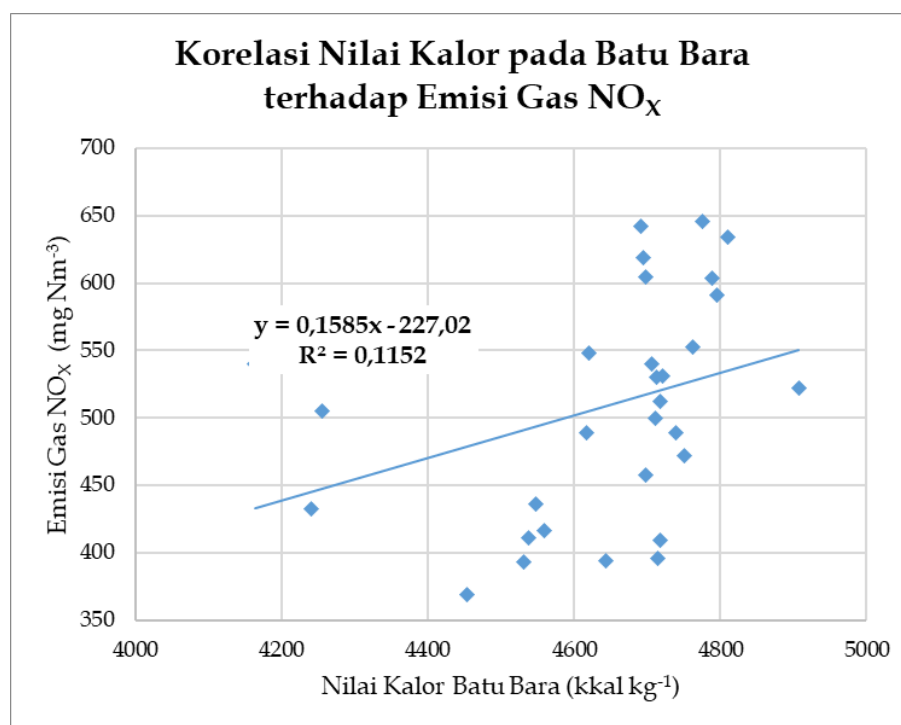
**Gambar 5.** Grafik korelasi nilai kandungan nitrogen batu bara terhadap emisi gas  $NO_x$  di PLTU "Lentera" periode Juni–Desember 2020.

Uji F dilakukan terhadap regresi linear sederhana antara nilai kandungan nitrogen dan emisi gas  $NO_x$  dalam analisis ragam. Nilai  $p$  dari uji F ini menunjukkan nilai  $1,22 \times 10^{-5}$  yang lebih rendah dari nilai  $\alpha = 0,05$ . Hal ini menunjukkan nilai kandungan nitrogen pada batu bara secara simultan berpengaruh signifikan terhadap produksi emisi gas  $NO_x$ .

Berdasarkan **Persamaan 6**, peneliti mengestimasi kandungan nitrogen maksimum pada batu bara agar dapat memenuhi baku mutu emisi  $NO_x$  sebesar  $550 \text{ mg Nm}^{-3}$  sesuai PerMenLHK Nomor 15 Tahun 2019. Berdasarkan perhitungan tersebut, nilai kandungan nitrogen maksimal untuk memenuhi peraturan adalah 0,96%. Apabila masih menggunakan batu bara dengan kandungan nitrogen  $>0,96\%$ , PLTU dapat melakukan pengaturan pencampuran gas dalam sistem pembakaran atau menggunakan teknologi lainnya untuk mengurangi pelepasan gas  $NO_x$  hasil pembakaran.

### 3.4. Korelasi nilai kalor pada batu bara terhadap emisi gas $NO_x$

Kandungan amonia di batu bara dipengaruhi oleh besarnya kandungan karbon pada batu bara. Semakin besar kandungan karbon pada batu bara akan meningkatkan kandungan amonia (Flaig 1968). Kandungan karbon ini juga memiliki korelasi positif terhadap nilai kalor pada batu bara. Semakin tinggi kandungan karbon pada batu bara akan meningkatkan nilai kalor batu bara tersebut (Anshariah *et al.* 2020). Hal tersebut menjadi pendugaan bahwa nilai kalor dapat mempengaruhi produksi emisi gas  $NO_x$  akibat kandungan karbon di batu bara. Pendugaan tersebut dianalisis dengan menggunakan analisis regresi linear sederhana untuk mengungkap hubungan antara nilai kalor pada batu bara terhadap produksi emisi gas  $NO_x$  (**Gambar 6**).



**Gambar 6.** Grafik korelasi nilai kalor batu bara terhadap emisi gas  $NO_x$  di PLTU "Lentera" Periode Juni–Desember 2020.

Hasil analisis ini penting karena dapat menjelaskan keterkaitan antara karakteristik kimia batu bara dan dampak lingkungannya. Jika terbukti signifikan, maka nilai kalor dapat dijadikan salah satu indikator awal dalam memprediksi potensi emisi gas  $NO_x$  dari proses pembakaran. Dengan demikian, pengelolaan pasokan batu bara tidak hanya ditentukan oleh aspek efisiensi energi, tetapi juga perlu mempertimbangkan implikasi lingkungan.

Korelasi antara nilai kalor batu bara terhadap produksi emisi gas NO<sub>x</sub> yang ditunjukkan oleh **Gambar 6** dapat pula direpresentasikan sebagai persamaan linear seperti yang disampaikan melalui **Persamaan 7**. Persamaan memiliki nilai koefisien korelasi sebesar  $r = 0,34$  yang berarti korelasi antara nilai kalor dan produksi gas NO<sub>x</sub> bersifat lemah. Koefisien determinasi bernilai  $R^2 = 0,1152$ , yang artinya hanya 11,52% data yang dapat menunjukkan hubungan antara keduanya. Nilai koefisien korelasi dan determinasi tersebut mengindikasikan hubungan sangat lemah antara kedua variabel.

$$y = 0,1585x + 227,02 \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

y = Nilai emisi gas NO<sub>x</sub> (mg Nm<sup>-3</sup>)

x = Nilai kalor pada batu bara kkal (kg<sup>-1</sup>)

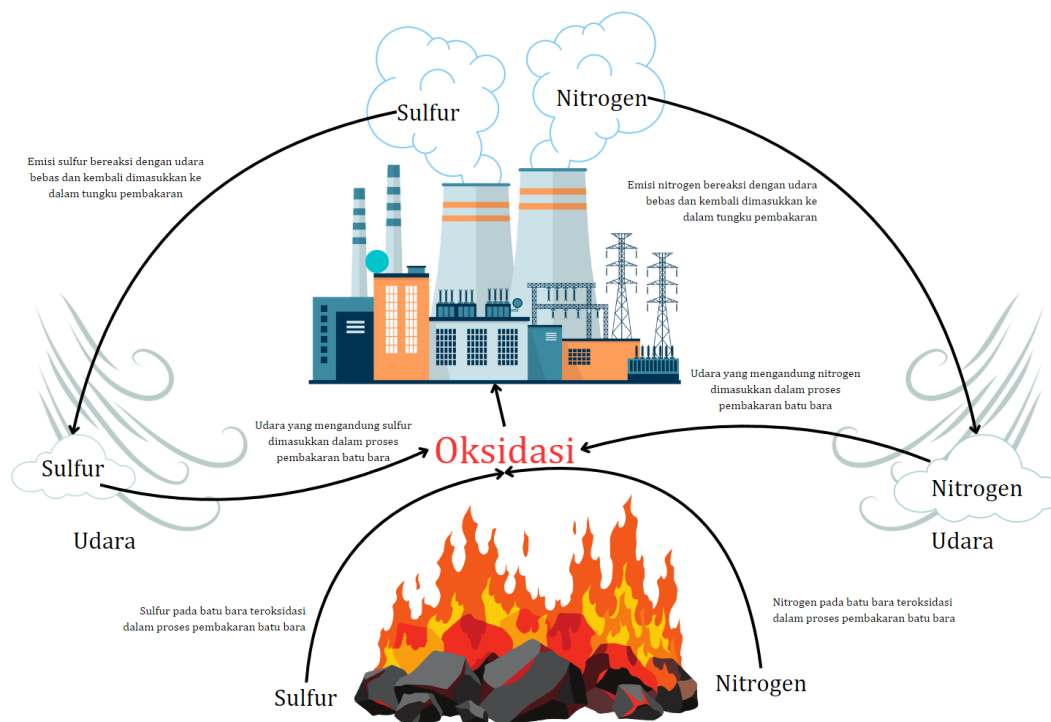
Walaupun korelasi antara nilai kalor terhadap emisi gas NO<sub>x</sub> tergolong lemah, peneliti melakukan uji F untuk menentukan signifikansi simultan. Berdasarkan uji F tersebut, nilai  $p$  dari uji menunjukkan nilai 0,06 yang lebih besar dari  $\alpha=0,05$ . Hal tersebut menunjukkan bahwa kalor batu bara tidak berpengaruh signifikan terhadap produksi emisi NO<sub>x</sub>. Tidak signifikannya nilai kalor terhadap produksi emisi gas NO<sub>x</sub> mengindikasikan bahwa kandungan nitrogen pada batu bara dari Provinsi Sumatera Selatan dan Kalimantan Timur bukan berasal dari amonia, melainkan berasal dari protein tumbuhan dan organisme mikro pembentuk batu bara (Flaig 1968).

### 3.5. Evaluasi analisis statistik dalam model emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>

Analisis regresi sederhana yang dilakukan menunjukkan adanya hubungan sebab-akibat antara kualitas batu bara (kandungan sulfur, nitrogen dan nilai kalor) terhadap produksi emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> memiliki nilai intersep pada **Persamaan 5**, **Persamaan 6** dan **Persamaan 7**. Hal ini menunjukkan ambiguitas hasil analisis, contohnya pada **Persamaan 5** yang menunjukkan apabila batu bara memiliki kandungan sulfur 0%, maka batu bara tersebut akan menghasilkan emisi gas SO<sub>2</sub> sebanyak 118,74 mg Nm<sup>3</sup>. Kondisi ini mengindikasikan kemungkinan bahwa nilai intersep tersebut merepresentasikan hasil oksidasi sulfur yang tidak berasal dari batu bara, sebagaimana juga terlihat pada **Persamaan 6**. Dalam proses pembakaran batu bara, udara dimasukkan ke dalam tungku untuk menyediakan oksigen yang dibutuhkan dalam pembakaran. Namun, udara yang dimasukkan tidak hanya mengandung oksigen, terdapat pula kandungan nitrogen (78%), argon (0,9%) dan gas

lain (0,1%). Oksigen hanya terkandung sebanyak 21% (Joseph 2023). Kandungan nitrogen di udara yang dimasukkan dalam proses pembakaran mengindikasikan nilai intersep yang timbul pada **Persamaan 6**.

Kandungan sulfur di udara termasuk dalam kandungan gas lain (0,1%). Sulfur yang ada di atmosfer terbentuk dari aktivitas industri seperti pembakaran bahan bakar fosil (Thurston 2017). Selain itu, aktivitas letusan gunung api, juga dapat menjadi sumber sulfur pada udara bebas (Delmelle *et al.* 2015). Hal ini mengindikasikan bahwa sulfur yang dikandung udara bebas dapat mempengaruhi produksi emisi gas  $SO_2$  walaupun batu bara tidak memiliki kandungan sulfur sebagai nilai intersep pada **Persamaan 5**. Kondisi ini dapat digambarkan secara skematik melalui **Gambar 7** di bawah ini.



**Gambar 7.** Model skematik pembentukan emisi gas  $SO_2$  dan  $NO_x$  di PLTU "Lentera" periode Juni–Desember 2020.

**Gambar 7** juga menunjukkan bahwa jika batu bara tidak memiliki nilai kalor, maka pembakaran batu bara tersebut juga dapat mempengaruhi produksi emisi gas  $SO_2$  dan  $NO_x$ . Namun, hal ini membutuhkan penjelasan lebih lanjut mengenai pengaruh nilai intersep pada hubungan antara kualitas batu bara dan produksi emisi gas  $SO_2$  dan  $NO_x$ . Metode statistik yang dapat digunakan untuk mempelajari lebih lanjut adalah regresi linear tanpa intersep.

Metode regresi linear tanpa intersep ini akan menjadikan variabel terikat bernilai 0 jika variabel bebasnya bernilai 0 atau tidak ada intersep pada persamaan garis linear. Haryadi (2017) mengajukan metode regresi linear tanpa intersep yang dapat diaplikasikan dalam banyak bidang, termasuk statistika. Namun, Kozak and Kozak (1995) memberikan catatan yang kuat apabila menemukan hasil regresi linear melewati titik original (tanpa intersep), maka hasil tersebut perlu diinterpretasikan lebih lanjut agar tidak menimbulkan kesalahan dalam pemahaman. Hal ini dikarenakan nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) akan meningkat dan analisis variasi (Uji F) akan meningkat, sehingga tidak dapat digunakan sebagai parameter dalam interpretasi hasil model regresi linear yang didapatkan.

Hal tersebut juga didukung oleh Othman (2014) yang menyatakan bahwa hasil model regresi linear tanpa intersep tidak dapat dianalisis berdasarkan koefisien determinasi dan analisis ragam untuk menentukan signifikansi variabel bebas terhadap variabel terikat. Namun, dalam konteks estimasi berdasarkan data statistik, hasil model regresi linear tanpa intersep cenderung memberikan hasil lebih baik dibandingkan dengan intersep, dengan catatan nilai intersep tersebut tidak signifikan. Berdasarkan keunggulan dalam estimasi, maka metode regresi linear tanpa intersep sering digunakan dalam beberapa bidang. Analisis hasil regresi linear tanpa intersep ini dapat menggunakan Indeks Haryadi yang diajukan oleh Haryadi (2017). Indeks ini menunjukkan tingkat kepercayaan dari regresi linear tanpa intersep yang dilakukan.

Indeks Haryadi ini dapat ditentukan menggunakan **Persamaan 8** dan **Persamaan 9**, sedangkan klasifikasi tingkat kepercayaan hasil regresinya dapat dilihat pada **Tabel 1**. Regresi linear tanpa intersep pada nilai kandungan sulfur, nitrogen dan nilai kalor batu bara terhadap produksi emisi SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>, dan hasil hitungan Indeks Haryadi ditampilkan sebagai **Tabel 2**.

$$HI = \frac{1}{N\{\sum_{i=1}^N + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (S_i - S_j)^2\}} ; i > j \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

HI = Indeks Haryadi

S<sub>ij</sub> = Kemiringan persamaan linear atau koefisien regresi

N = Jumlah data

$$S_{i,j} = \frac{b_{i,j}}{\sum_{i,j=1}^N b_{i,j}} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

b = koefisien persamaan garis lurus y(x) = bx

**Tabel 1.** Tingkat kepercayaan hasil regresi (Haryadi 2017).

Indeks korelasi	Tingkat kepercayaan hasil regresi
HI=1,00	Sempurna
0,95≤HI<1,00	Hampir sempurna
0,75≤HI<0,95	Kuat
0,60≤HI<0,75	Medium
0,50≤HI<0,60	Lemah
HI<0,50	Hampir salah
HI≤{(N-1)/2N}	Sudah pasti salah

**Tabel 2.** Hasil analisis regresi linear tanpa intersep dan Indeks Haryadi.

Variabel		Persamaan Linear	Indeks Haryadi	Tingkat kepercayaan hasil regresi
Bebas	Terikat	$y(x) = bx$		
Kandungan sulfur	Produksi emisi SO <sub>2</sub>	$y(x) = 2.222,6x$	0,39	Hampir salah
Kandungan nitrogen	Produksi emisi NO <sub>x</sub>	$y(x) = 556,2x$	0,68	Medium
Nilai kalor	Produksi emisi NO <sub>x</sub>	$y(x) = 0,2x$	0,58	Lemah

**Tabel 2** di atas menunjukkan bahwa persamaan linear tanpa intersep pada hubungan kandungan sulfur dan produksi emisi gas SO<sub>2</sub> tidak dapat digambarkan dengan persamaan linear tanpa intersep. Indeks Haryadi pada hubungan kandungan sulfur dan produksi emisi SO<sub>2</sub> menunjukkan bahwa persamaan linear tanpa intersep yang terbentuk ( $y(x) = 2.222,6x$ ) tidak dapat menjadi hasil yang terbaik untuk mewakili hubungan keduanya. Hal ini menunjukkan bahwa intersep pada Persamaan 2 adalah signifikan. Namun, hubungan kandungan nitrogen pada batu bara dan produksi emisi gas NO<sub>x</sub> menunjukkan tingkat kepercayaan yang medium. Persamaan linear tanpa intersep ( $y(x) = 556,2x$ ) ini dapat menggambarkan hubungan di antara keduanya yang menandakan intersep pada Persamaan 3 tidak signifikan. Di sisi lain, tingkat kepercayaan lemah ditunjukkan oleh persamaan linear tanpa intersep pada hubungan antara nilai kalor batu bara dan produksi emisi gas NO<sub>x</sub>.

Namun, hasil tersebut belum sepenuhnya dapat mewakili dan menjadi patokan dalam memperkirakan produksi emisi gas. Kozak and Kozak (1995) telah menyampaikan bahwa regresi linear tanpa intersep ini hanya dapat digunakan pada data yang telah dibenarkan secara teori. Walaupun terkesan tidak memberikan arti yang mendalam pada interpretasi hasil, tetapi nilai intersep dibutuhkan untuk memperkirakan produksi emisi gas berdasarkan kualitas batu bara. Selain itu, pembentukan emisi gas juga dapat melalui beberapa cara yang menjadi pengaruh



intersep pada persamaan linear tersebut. Hal ini menjadi diskusi terbuka untuk menentukan metode yang tepat untuk memperkirakan kualitas batu bara yang dapat memenuhi peraturan pemerintah di PLTU “Lentera” ini.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian mengenai pengaruh kandungan sulfur dan nitrogen pada batu bara terhadap produksi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dengan studi di PLTU “Lentera” telah dilakukan dan menunjukkan bahwa pasokan batu bara di PLTU “Lentera” periode Juni–Desember 2020 dari Provinsi Kalimantan Timur memiliki kandungan sulfur, nitrogen dan nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan batu bara dari Provinsi Sumatera Selatan. Selain itu, terdapat korelasi positif antara kandungan sulfur dan emisi gas SO<sub>2</sub> yang menginformasikan bahwa kandungan sulfur akan meningkatkan produksi emisi gas SO<sub>2</sub>. Korelasi positif antara kandungan nitrogen dan emisi gas NO<sub>x</sub> juga ditunjukkan dengan menginformasikan bahwa semakin tinggi kandungan nitrogen akan meningkatkan produksi emisi NO<sub>x</sub>. Namun, nilai kalor dan produksi emisi NO<sub>x</sub> tidak menunjukkan korelasi yang kuat dan signifikan.

Peneliti menyarankan untuk selanjutnya dilakukan penelitian dengan mengaplikasikan metode statistik yang lain seperti *Principal Component Analysis* (PCA), sehingga dapat menganalisis lebih mendalam mengenai pengaruh seluruh komponen kualitas batu bara dari analisis proksimat dan ultimat terhadap produksi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada PLTU “Lentera” yang telah memberikan izin dan data dalam penelitian ini dan PT Surveyor Indonesia yang telah melakukan pengujian terhadap batu bara.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

Anshariah, Imran AM, Widodo S and Irvan UR. 2020. Correlation of fixed carbon content and calorific value of South Sulawesi coal, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 473(1):012106. doi:10.1088/1755-1315/473/1/012106.

- Bittner A. 2022. Analysis-of-variance (ANOVA) assumptions review: normality, variance equality, and independence [Proceeding]. The XXXIV<sup>th</sup> Annual International Occupational Ergonomics and Safety Conference:28–33.
- Bottle J and White ARJ. 2023. The coal handbook (Chapter 5 – coal analysis). Woodhead Publishing. Cambridge.
- Delmelle P, Maters E and Oppenheimer C. 2015. The encyclopedia of volcanoes (Chapter 50-Volcanic influences on the carbon, sulfur, and halogen biogeochemical cycles). Academic Press. New York.
- Flaig W. 1968. Origin of nitrogen in coals. *Chemical Geology* 3(3):161–187. doi:10.1016/0009-2541(68)90018-1.
- Goswami M, Volkov EN, Konnov AA, Bastiaans RJM and de Goey LPH. 2019. Updated kinetic mechanism for NO<sub>x</sub> prediction and hydrogen combustion. Department of Mechanical Engineering, Technische Universiteit Eindhoven. Eindhoven.
- Gunawan W dan Gunawan BA. 2020. Studi efisiensi boiler terhadap nilai kalor batubara pada boiler jenis pulverizer coal kapasitas 300 T/H. *Jurnal Industri dan Teknologi Terpadu* 3(2):122–130. doi:10.47080/intent.v3i2.958.
- Haryadi S. 2017. Haryadi index and its applications in science of law, sociology, economics, statistics and telecommunication. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Idris M, Wibisono AP, Hermawan I, Iswandi dan Harahap UN. 2022. Analisis pengaruh ukuran batubara terhadap performa PLTU dengan jenis boiler tipe chain grate. *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy* 6(1):104-116.
- Joseph A. 2023. Water worlds in the solar system (Chapter 8-Surface environment evolution for Venus, Earth, and Mars—the planets which began with the same inventory of elements). Elsevier. Amsterdam.
- Kozak A and Kozak RA. 1995. Notes on regression through the origin. *The Forestry Chronicle* 71(3):326-330.
- Kurniawan D. 2008. Regresi linear. In: *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna.
- Liu P and Lv S. 2020. Measurement and calculation of calorific value of raw coal based on artificial neural network analysis method. *Thermal Science* 24(5B):3129–3137. doi:10.2298/TSCI191106087L

- Nurhayati A, Permadi DA dan Marganingrum D. 2021. Studi karakteristik emisi gas dari boiler industri berbahan bakar co firing batu bara dan briket BCF [Prosiding]. Prosiding FTSP Series 1:1-11.
- Nuryadi, Astuti TD, Utami ES dan Budiantara M. 2017. Dasar-dasar statistik penelitian. SIBUKU MEDIA. Yogyakarta.
- Othman SA. 2014. Comparison between models with and without intercept. *General Mathematics Notes* 21(1):118–127.
- Perdana AP. 2023. 99 PLTU batubara mengawali perdagangan karbon [internet]. Diakses di: <https://www.kompas.id/artikel/99-unit-pltu-mulai-terlibat-perdagangan-karbon>.
- PerMenLHK (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang baku mutu emisi pembangkit listrik tenaga termal, Indonesia.
- PLTU "Lentera." 2021. Laporan izin lingkungan semester II tahun 2020 PLTU "Lentera." PLTU "Lentera". Provinsi Kepulauan Riau.
- Prawoto dan Rahman RA. 2021. Mesin konversi energi. Universitas Pancasila. Jakarta.
- PT Surveyor Indonesia. 2021. Sertifikat pengambilan sampel dan analisa. PT Surveyor Indonesia. Batam.
- Thurston GD. 2017. Outdoor air pollution: sources, atmospheric transport, and human health effects. *International Encyclopedia of Public Health* :367–377.
- Yuliani I, Maridjo and Abdul MM. 2019. Analisis sistem ruang bakar boiler jenis fluidized bed combustion untuk PLTU kapasitas 8 MW. *Jurnal Teknik Energi* 9(1):1–8. doi:10.35313/energi.v9i1.1638.

# JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY MANAGEMENT

ISSN 2598-0017 | E-ISSN 2598-0025

Vol. 9 No. 2, Agustus 2025

---

Analisis karbon operasional di Kampus IPB Dramaga (Heriansyah Putra, Erizal, Mohammad Yanuar Jarwadi Purwanto, Satyanto Krido Saptomo, Ibnul Qayim, Anisa Dwi Utami, Zainab Ramadhani, Hana Khoirunnisa)	128-143
Eksistensi mitos Onggoloco: rekayasa sosial dalam menjaga keberlanjutan Hutan Wonosadi (Ardi Setiawan, Cut Sarah Aulia Nanda, Ikhda Annisa, Meti Ekayani, Paskalia Yati, Muh. Syabril Diandra)	144-160
Keanekaragaman dan fungsi vegetasi di jalur hijau Kelurahan Kotabaru, Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta (Eyda Firdausi, Ahmad Dwi Setyawan)	161-177
Tinjauan sistematis tentang faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku pemilahan sampah rumah tangga (Yunda Apriani, Eko Liquiddanu, Muhammad Hisjam)	178-197
Livelihood adaptation strategies of the community in Sukajadi during the COVID-19 pandemic: non-farm or farm? (Melani Abdulkadir-sunito, Ekawati Sri Wahyuni)	198-212
Pengaruh kualitas batu bara terhadap produksi gas SO <sub>2</sub> dan NO <sub>x</sub> : studi kasus PLTU "Lentera" (Qori Fajar Hermawan, Nanda Khoirunisa, Zetsaona Sihotang, Muhammad Riza, Wasono)	213-232

---

Tersedia secara *online* di <https://journal.bkpsl.org/index.php/jplb>

## Sekretariat Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB)

Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) Lantai 4

Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262; Fax. 0251 – 8622134

*e-mail* : [jplb@bkpsl.org](mailto:jplb@bkpsl.org) / [jurnalbkpsl@gmail.com](mailto:jurnalbkpsl@gmail.com)



9 772598 002001



9 772598 001004