

## **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

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).

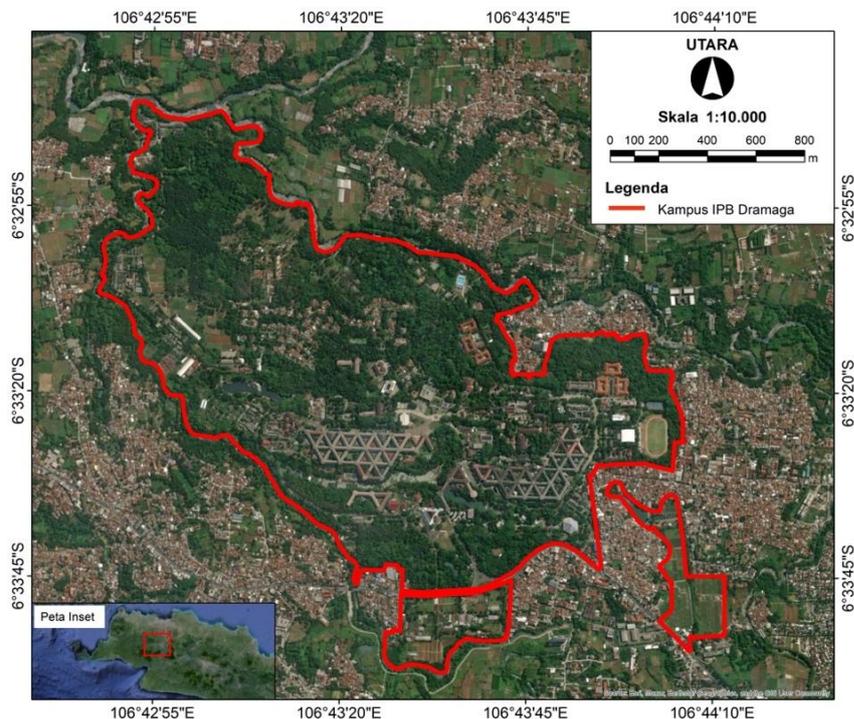
Peningkatan konsumsi listrik dan kegiatan transportasi merupakan kontributor signifikan terhadap emisi karbon, yang sebagian besar dipicu oleh ketergantungan pada bahan bakar fosil dan pembangkit energi konvensional. Penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa penggunaan listrik merupakan sumber utama 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

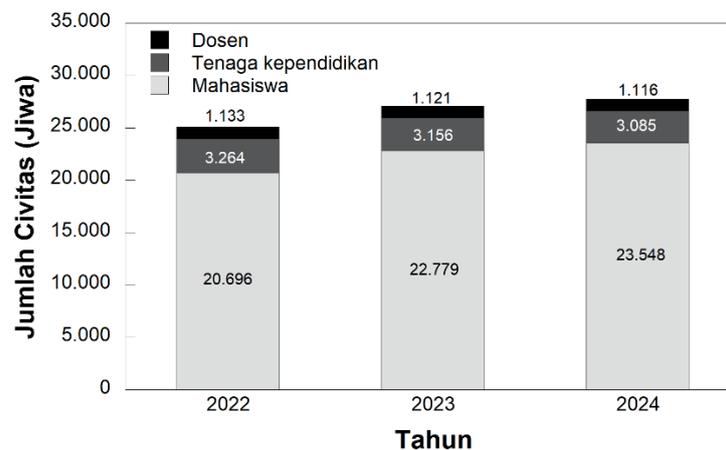
## 2.2. Prosedur analisis data

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

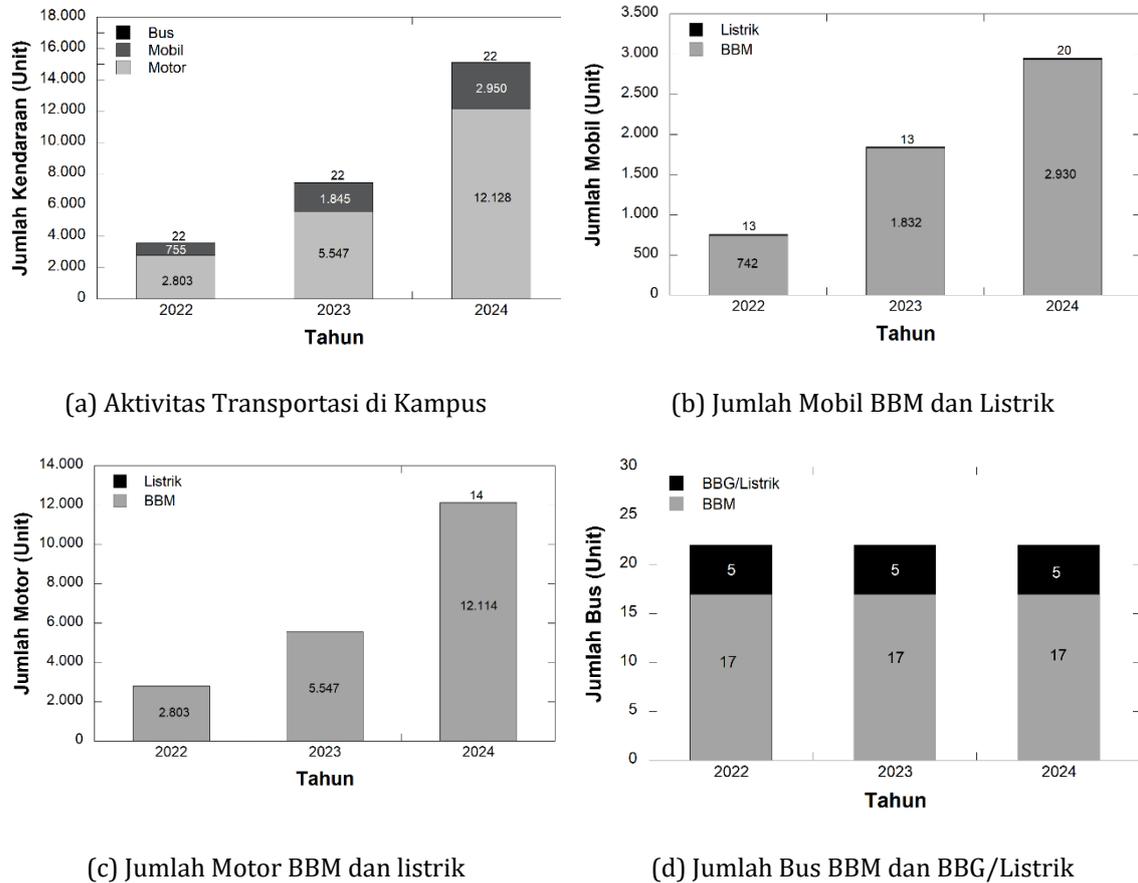
diwakili oleh mahasiswa, menjadi salah satu faktor utama dalam membangun reputasi baik institusi tersebut. Oleh karena itu, menjaga kualitas pendidikan dan pengalaman belajar mahasiswa menjadi sangat penting untuk mempertahankan reputasi universitas yang baik. Reputasi merupakan hal yang penting dalam 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.



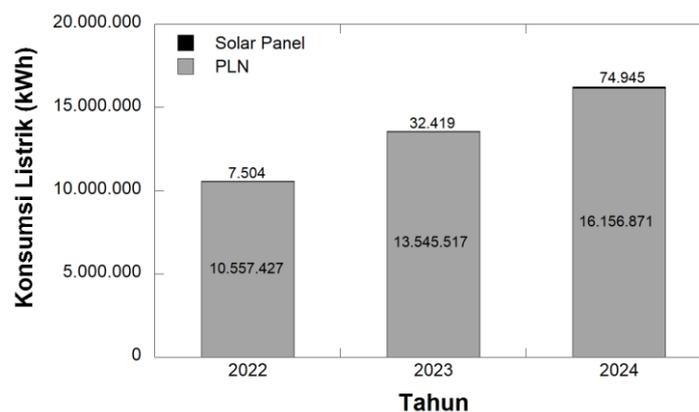
Gambar 3. Aktivitas transportasi Kampus IPB Dramaga tahun 2022-2024.

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**.



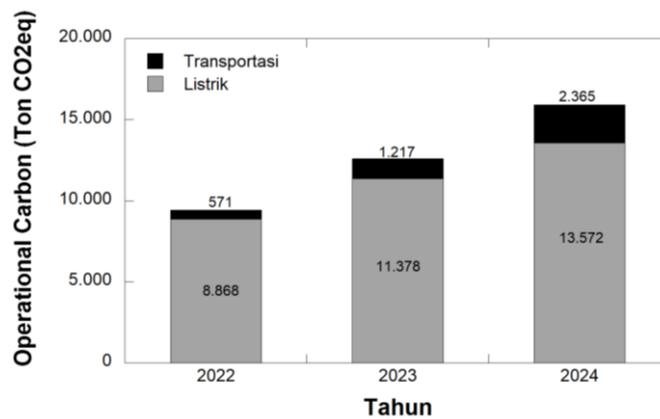
**Gambar 4.** Konsumsi energi di Kampus IPB Dramaga tahun 2022-2024.

**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).

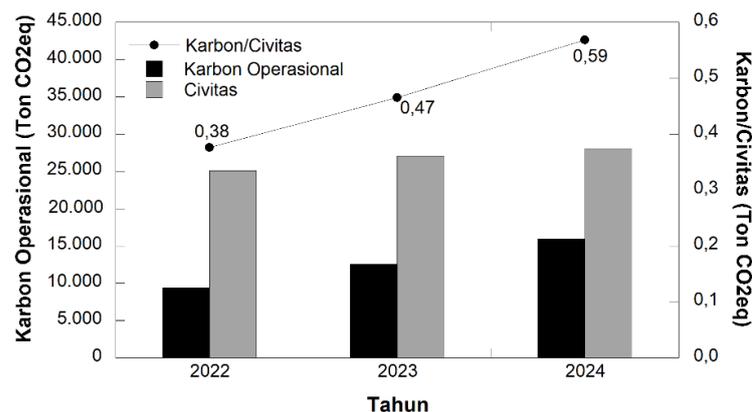
### 3.4. Karbon operasional

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.googleusercontent.com/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.googleusercontent.com/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.