

ANALISIS JEJAK KARBON SEKTOR ENERGI DARI AKTIVITAS KAMPUS DI UNIVERSITAS KEBANGSAAN REPUBLIK INDONESIA, BANDUNG, JAWA BARAT

Dena Erlindra, Churchill Febrion, Fanny Novia*
Universitas Kebangsaan Republik Indonesia, Bandung

*Email: fannynovia@ukri.ac.id

ABSTRAK

Kegiatan akademik dan non-akademik yang dilakukan oleh mahasiswa, dosen dan staff di suatu universitas menggunakan listrik dan bahan bakar untuk kegiatan transportasi yang berpotensi ikut menyumbang GRK ke atmosfer. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung perkiraan emisi GRK yang dihasilkan dari pemakaian listrik, bahan bakar LPG dan transportasi dari kegiatan di Universitas Kebangsaan Republik Indonesia (UKR), Bandung. Metode perhitungan emisi GRK pada penelitian ini mengacu pada standar yang ditetapkan oleh IPCC dengan angka faktor emisi menyesuaikan dengan ketersediaan pada skala regional, nasional atau default dari IPCC. Tahun inventarisasi pada studi ini adalah tahun 2023. Hasil inventarisasi menunjukkan Total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan Universitas Kebangsaan Republik Indonesia pada sektor energi di tahun 2023 yaitu 165,54 tonCO₂eq/tahun. Persentase sebesar 70,43% merupakan emisi dari penggunaan listrik dan sebesar 25,25% merupakan emisi dari transportasi. Jumlah emisi yang diserap RTH adalah sebanyak 70,26 TonCO₂eq sehingga sisa emisi sebesar 113,26 TonCO₂eq/tahun. Upaya yang dilakukan untuk mitigasi gas rumah kaca dengan upaya satu hari tanpa kendaraan bermotor dapat mereduksi gas rumah kaca yang dihasilkan sebesar 23,01%. Upaya mematikan AC selama satu jam mereduksi 7,86% gas rumah kaca yang dihasilkan. Sisa emisi GRK sektor energi dapat diserap dengan skenario penambahan vegetasi pohon *Samanea saman* sebanyak 4 pohon.

Kata kunci: jejak karbon, universitas, gas rumah kaca, sektor energi

ABSTRACT

*Academic and non-academic activities carried out by students, lecturers and staff at a university use electricity and fuel for transportation activities which has the potential to contribute GHG to the atmosphere. This research aims to calculate GHG emissions emitted from the use of electricity, LPG fuel and transportation from activities in Universitas Kebangsaan Republik Indonesia (UKRI), Bandung. The method for calculating GHG emissions in this research refers to the standards by the IPCC and emission factors used are adjusted to availability on a regional, national scale or the default from the IPCC. The inventory year in this study is 2023. The inventory results show that the total greenhouse gas emissions produced by UKRI in the energy sector in 2023 are 165.54 tonCO₂eq/year. The percentage of 70.43% is emissions from electricity use and 25.25% is emissions from transportation. The amount of emissions absorbed by RTH is 70.26 TonCO₂eq so that the remaining emissions are 113.26 TonCO₂eq/year. Mitigation action to reduce greenhouse gases by trying one day without using vehicles can reduce the greenhouse gases produced by 23.01%. And mitigation action to turn off the AC for one hour reduce 7.86% of the greenhouse gases produced. The remaining GHG emissions from the energy sector can be absorbed by adding 4 *Samanea saman* tree vegetation.*

Keyword: carbon footprint, higher education, greenhouse gases, energy sector

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan salah satu dampak dari pemanasan global yang menjadi isu internasional dan terus menjadi sorotan di berbagai macam kalangan. Penyebab utamanya berasal dari gas rumah kaca (GRK) yang menyebabkan terjadinya efek rumah kaca di permukaan bumi. Besarnya perhatian pemerintah Indonesia terhadap emisi gas rumah kaca ditunjukkan lewat komitmen Pemerintah Indonesia untuk menurunkan emisi GRK yang tercantum dalam dokumen *Enhanced Nationally Determined Contribution* (ENDC) yaitu meliputi peningkatan target penurunan emisi gas rumah kaca yang semula 29% menjadi 31,89% dengan upaya sendiri, dan sebesar 41% meningkat menjadi 43,20% dengan dukungan

internasional (ENDC, 2022). Universitas sebagai organisasi yang berfokus dalam kegiatan pendidikan, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat memegang peranan yang sangat penting dalam upaya menurunkan emisi GRK. Kegiatan akademik dan non-akademik yang dilakukan oleh mahasiswa, dosen dan staff di suatu universitas menggunakan listrik, bahan bakar untuk kegiatan transportasi dan menghasilkan limbah yang berpotensi ikut menyumbang GRK ke atmosfer.

Jumlah emisi GRK yang dihasilkan dari suatu kegiatan dapat dihitung dengan menggunakan analisis jejak karbon. Jejak karbon (*Carbon Footprint*) adalah ukuran dari jumlah total emisi karbon dioksida yang langsung maupun tidak langsung yang disebabkan oleh suatu kegiatan. Saat ini, jumlah penelitian yang membahas terkait dengan jejak karbon di universitas

masih terbatas (Helmets et al, 2021). Analisis jejak karbon yang dinyatakan dalam emisi GRK sebagai CO₂e dari kegiatan di universitas dapat menjadi langkah awal untuk mencapai pelaksanaan pendidikan yang berkelanjutan (Kulkarni, 2019).

Data terkait emisi GRK dapat menjadi dasar dalam perencanaan kebijakan untuk mitigasi GRK dari suatu kegiatan (Perez-Lopez et al, 2021). Kegiatan universitas terdiri kegiatan perkuliahan dan pemakaian laboratorium, administrasi kampus, dan kegiatan lainnya yang membutuhkan energi sehingga lingkungan kampus tentu akan berpengaruh terhadap besar emisi gas rumah kaca yang dihasilkan (Nataya, 2022). Beberapa studi terkait emisi GRK dari universitas menunjukkan emisi GRK terbesar berasal dari penggunaan listrik. Analisis jejak karbon dari Universitas Pertamina menunjukkan sebesar 92,3% emisi GRK berasal dari penggunaan listrik (Ridhosari dan Rahman, 2020). Studi yang relevan juga dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, emisi GRK terbesar berasal dari penggunaan listrik yaitu sekitar 1.315.429,63 kgCO₂e/tahun (Zakaria et al, 2020). Selain penggunaan listrik, emisi GRK yang besar juga dihasilkan dari kegiatan transportasi. Emisi GRK dari kegiatan transportasi dipengaruhi oleh jenis kendaraan, jenis bahan bakar dan jarak yang ditempuh (Zakaria et al, 2021).

Universitas Kebangsaan Republik Indonesia (UKRI) adalah salah satu universitas swasta yang berlokasi di Kota Bandung, Jawa Barat. Saat ini, kampus UKRI terdiri 6 (enam) fakultas dan 11 (sebelas) program studi. Luas area kampus UKRI adalah sekitar 10.000 m² dan terdapat 7 (tujuh) gedung. Selama kegiatan akademik dan non-akademik, para mahasiswa, dosen dan staff menggunakan listrik, energi dan menghasilkan limbah seperti air limbah dan sampah domestik. Kegiatan-kegiatan tersebut berpotensi menghasilkan emisi GRK dari penggunaan bahan bakar yang digunakan serta limbah yang dihasilkan. Belum ada studi yang menghitung dan menganalisis emisi GRK dari kegiatan di UKRI, baik dari pemakaian energi ataupun limbah yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung perkiraan emisi GRK yang dihasilkan dari pemakaian listrik, bahan bakar LPG, transportasi dan limbah yang dihasilkan yaitu sampah dan air limbah domestik. Selain itu, skenario rencana upaya mitigasi juga ditentukan untuk memperkirakan penurunan emisi GRK terbaik dari beberapa skenario.

METODOLOGI PENELITIAN

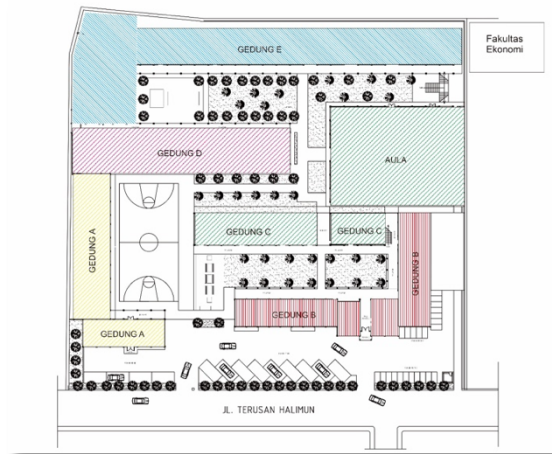
Lokasi Penelitian

Universitas Kebangsaan Republik Indonesia dibangun diatas lahan seluas 10.000 m² dengan memiliki 7 gedung untuk menunjang kegiatan yang ada di

lingkungan kampus. Berikut fungsi masing-masing gedung:

1. Gedung A
2. Gedung B
3. Gedung C
4. Gedung D
5. Gedung E
6. Gedung Fakultas Ekonomi

Denah kampus Universitas Kebangsaan Republik Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Denah Kampus UKRI

Pengambilan Data

Sampel adalah bagian wakil populasi (sebagian atau wakil populasi yang diteliti). Sampel penelitian adalah sebagian dari populasi yang diambil sebagai sumber data dan dapat mewakili seluruh populasi. Besarnya sampel dalam penelitian ini ditentukan dengan Rumus Slovin pada Persamaan 1.

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \tag{1}$$

dimana

- n : Jumlah sampel
- N : Jumlah populasi
- E : Batas toleransi kesalahan (*error tolerance*)

Dari persamaan di atas dengan menggunakan derajat kesalahan sebesar 10% maka diperoleh jumlah sampel pada wilayah studi sebesar:

$$n = \frac{2.172}{1 + (2172 \times 0,1^2)} = 95,60 \text{ (dibulatkan menjadi 96)}$$

Dengan demikian jumlah sampel yang dibutuhkan adalah 96 orang di kampus Universitas Kebangsaan Republik Indonesia yang terdiri dari mahasiswa, staff dan dosen.

Metode Perhitungan Emisi GRK

Metode perhitungan emisi GRK pada penelitian ini mengacu pada standar yang ditetapkan oleh IPCC. Secara umum, emisi GRK dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$E = DA \times FE \tag{2}$$

Dimana,
 E = emisi GRK
 DA = data aktivitas
 FE = faktor emisi

Pada penelitian ini, perhitungan emisi GRK dilakukan pada sektor energi. Sektor energi terdiri dari penggunaan listrik, penggunaan bahan bakar LPG dan bahan bakar minyak (BBM) untuk kegiatan transportasi.

• **Emisi GRK Penggunaan Listrik**

Perhitungan emisi GRK dari aktivitas pemakaian listrik menggunakan rumus dari standar IPCC dengan tingkat ketelitian menggunakan tier 3. Sehingga nilai emisi dihitung dengan menggunakan faktor emisi dari sumber spesifik suatu negara. Besarnya emisi dari penggunaan listrik dihitung dengan Persamaan 3.

$$E = KL \times FE \tag{3}$$

dimana:
 E = emisi GRK (ton)
 KL = konsumsi listrik dalam MWh
 FE = 0,894 ton/MWh (baseline faktor emisi CO₂ untuk sistem ketenagalistrikan JAMALI)

Emisi GRK Penggunaan Bahan Bakar LPG

Perhitungan emisi GRK dari aktivitas pemakaian LPG menggunakan rumus dari standar IPCC dengan tingkat ketelitian menggunakan Tier 2. Nilai faktor emisi yang digunakan merujuk pada Puslitbang Lemigas. Besarnya emisi dihitung dengan Persamaan 4.

$$E = KB \times NCV \times FE \tag{4}$$

Dimana:
 E = emisi GRK (ton)
 KB = konsumsi bahan bakar LPG (kg)
 NCV = nilai kalor bahan bakar LPG (47,3 x 10⁻⁶ TJ/kg)
 FE = faktor emisi

Nilai faktor emisi yang digunakan dalam perhitungan emisi GRK dari penggunaan bahan bakar LPG adalah sebagai berikut:

- FE CO₂ = 65.400 kg CO₂/TJ
- FE CH₄ = 5 kg CH₄/TJ
- FE N₂O = 0,1 kg N₂O/TJ

Emisi GRK Penggunaan Bahan Bakar Transportasi

Perhitungan emisi GRK dari aktivitas pemakaian bahan bakar untuk transportasi menggunakan rumus

dari standar IPCC dengan tingkat ketelitian menggunakan Tier 2. Nilai faktor emisi yang digunakan merujuk pada Puslitbang Lemigas. Besarnya emisi dihitung dengan Persamaan 4.

$$E = BBM \times NCV \times FE \tag{4}$$

Dimana:
 E : emisi GRK (ton)
 BBM : konsumsi bahan bakar minyak transportasi (liter)
 NCV : nilai kalor BBM (39.930 TJ/liter)
 FE : faktor emisi

Nilai faktor emisi yang digunakan dalam perhitungan emisi GRK dari penggunaan BBM untuk transportasi adalah sebagai berikut:

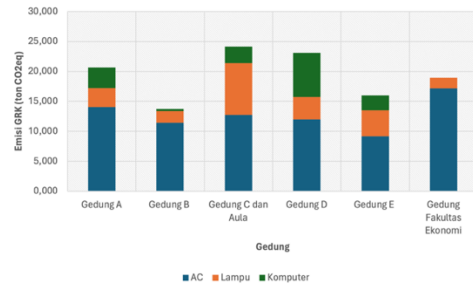
- FE CO₂ = 72.607 kg CO₂/TJ
- FE CH₄ = 0,033 kg CH₄/TJ
- FE N₂O = 0,0032 kg N₂O/TJ

HASIL DAN PEMBAHASAN

Emisi GRK dari Penggunaan Listrik

Data penggunaan listrik pada penelitian ini diperoleh dengan melakukan inventarisasi jumlah dan lama pemakaian alat elektronik seperti Air Conditioner (AC), komputer dan lampu. Inventarisasi dilakukan pada 6 gedung utama yang terdapat di UKRI. Total penggunaan listrik di UKRI pada tahun 2023 adalah sekitar 130,414 MWh. Data ini bersumber dari inventarisasi jenis peralatan elektronik dan lampu yang digunakan di UKRI. Penggunaan listrik tertinggi digunakan untuk keperluan AC, yaitu sekitar 65,66% dari total penggunaan listrik. Penggunaan listrik untuk komputer dan lampu menyumbang dengan persentase yang tidak terlalu berbeda jauh yaitu 20,32% dan 14,02%.

Total emisi CO₂e dari penggunaan listrik di UKRI adalah sekitar 116,590 ton CO₂e pada tahun 2023. Emisi CO₂e tertinggi dihasilkan dari Gedung C dan Aula serta Gedung D. Gedung C dan Aula menyumbang sekitar 20,70% dari total emisi GRK di UKRI. Sedangkan Gedung D menyumbang sekitar 19,82%. Emisi GRK dari masing-masing gedung di UKRI dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Emisi CO₂e Penggunaan Listrik (Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Emisi GRK dari Penggunaan LPG

Bahan bakar LPG digunakan untuk kegiatan kantin yang ada di dalam kawasan kampus UKRI. Terdapat sebanyak 12 kantin yang berada dalam kawasan kampus UKRI dan 1 dapur yang dominan beroperasi pada hari Jumat untuk kegiatan makan bersama para civitas akademika. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara kepada pemilik kantin dan pengelola dapur, rata-rata penggunaan LPG dalam sebulan adalah sekitar 12 kg. Sehingga total jumlah konsumsi LPG pada tahun 2023 adalah sebanyak 2.304 kg. Maka emisi GRK dari penggunaan LPG dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Emisi GRK dari Penggunaan LPG

Parameter	Emisi GRK (ton)	Emisi GRK Ekivalen (ton CO ₂ e)
CO ₂	7,13	7,13
CH ₄	0,0005	0,014
N ₂ O	0,00001	0,003
Total		7,147

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Emisi GRK dari Penggunaan BBM Transportasi

Inventarisasi terkait data penggunaan BBM untuk transportasi dilakukan dengan menyebarkan kuisioner kepada dosen, mahasiswa dan tenaga pendidik. Jenis kendaraan bermotor yang paling dominan digunakan oleh civitas akademika UKRI adalah sepeda motor yaitu sekitar 79,40%. Kemudian sebanyak 8,20% civitas akademika menggunakan transportasi umum dan sekitar 7,20% menggunakan mobil pribadi. Sedangkan hanya sekitar 5,20% dari civitas akademika yang berjalan kaki ke kampus. Berdasarkan hasil observasi, yang berjalan kaki ke kampus didominasi oleh mahasiswa yang bertempat tinggal di sekitar kampus.

Jenis BBM yang dominan digunakan adalah Peralite sekitar 72,20% dan jenis Pertamina sekitar 20,60%. Total penggunaan BBM Peralite yang digunakan selama tahun 2023 oleh civitas akademika UKRI adalah sekitar 14.662 liter. Sedangkan jumlah penggunaan BBM Pertamina adalah 4.158 liter. Emisi GRK dari penggunaan BBM dapat dilihat pada Tabel 4. berikut.

Tabel 4. Emisi GRK dari Transportasi

Jenis BBM	Emisi (ton)			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂ e
Peralite	31,56	0,00139	0,014	32,070
Pertamax	8,95	0,00039	0,004	9,732
Total	40,51	0,00178	0,018	41,803

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Serapan Emisi GRK oleh Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Ruang terbuka hijau (RTH) yang terdapat di UKRI terdiri dari jalur hijau di parkir dan di belakang

Gedung C, taman rektorat, serta taman di Gedung C. Total luasan RTH di kampus UKRI adalah sekitar 399,22 m². Beberapa jenis pohon terdapat di RTH kampus UKRI yang dapat berfungsi sebagai penyerap emisi GRK. Jenis pohon dan serapan CO₂ tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Daya Serap CO₂ berdasarkan Jenis Pohon di UKRI

Jenis Pohon	Jumlah Pohon	Daya Serap CO ₂ (kg/pohon/tahun)	CO ₂ Terserap (ton/tahun)
<i>Samanea saman</i>	2	28488,39	56,98
<i>Mimusops elengi</i>	15	34,29	0,51
<i>Pterocarpus indicus</i>	2	11,12	0,02
<i>Mangifera indica</i>	1	455,17	0,46
<i>Aracaceae</i>	11	591,16	6,50
<i>SwiETTiana mahagoni</i>	4	295,73	1,18
<i>Annona muricata</i>	2	75,29	0,15
<i>Areaceae</i>	11	404,83	4,45
Total			70,26

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Keberadaan RTH di UKRI dapat menyerap sekitar 42,44% atau sebanyak 70,26 ton CO₂. Net emisi GRK yang dihasilkan dari kegiatan di UKRI adalah sekitar 95,28 ton CO₂e pada tahun 2023.

Upaya Penurunan Emisi GRK

a. 1 hari tanpa kendaraan bermotor

Upaya untuk satu hari tanpa kendaraan bermotor dilakukan setiap minggu. Sehingga setiap 1 minggu sekali transportasi ke kampus baik mahasiswa, dosen ataupun staf UKRI hanya dapat menggunakan kendaraan umum, sepeda ataupun berjalan kaki. Berdasarkan perhitungan diatas maka setelah dilakukan upaya 1 hari tanpa kendaraan diperoleh total emisi gas rumah kaca seluruh responden sebesar 36,86 TonCO₂/tahun. Efisiensi pengurangan emisi gas rumah kaca dari upaya tersebut adalah sekitar 23,01%.

b. Mematikan AC selama 1 jam

Mematikan AC selama satu jam dapat dilakukan ketika jam istirahat yang dapat menghemat daya. Setelah dilakukan upaya mematikan AC selama 1 jam setiap jam istirahat maka total emisi gas rumah kaca dari penggunaan listrik berkurang yang semula 116,59 TonCO₂eq menjadi 100,13 TonCO₂eq. Jika upaya tersebut dilakukan, maka diperoleh efisiensi pengurangan emisi gas rumah kaca dari penggunaan listrik sebesar 14,59 %.

c. Menambah vegetasi pada RTH

Menambah vegetasi pohon merupakan upaya yang dapat diterapkan untuk menyerap keseluruhan emisi GRK sektor energi yang dihasilkan dari aktivitas kampus UKRI. Pemilihan vegetasi pohon berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan (Dahlan, 2007) dimana vegetasi pohon dengan daya serap terhadap CO₂ paling tinggi yaitu pohon jenis *Samanea saman* dengan kemampuan penyerapan CO₂ sebesar 28488,39 kg/pohon/tahun atau sebesar 28,49 TonCO₂eq/pohon/tahun. Untuk menyerap sisa emisi GRK yaitu sekitar 95,28 dibutuhkan penanaman tambahan 4 pohon *Samanea saman* di lingkungan kampus UKRI.

KESIMPULAN

Total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan Universitas Kebangsaan Republik Indonesia pada sektor energi di tahun 2023 yaitu 165,54 tonCO₂eq/tahun. Persentase sebesar 70,43% merupakan emisi dari penggunaan listrik dan sebesar 25,25% merupakan emisi dari transportasi. Jumlah emisi yang diserap RTH adalah sebanyak 70,26 TonCO₂eq sehingga sisa emisi sebesar 113,26 TonCO₂eq/tahun. Upaya yang dilakukan untuk mitigasi gas rumah kaca dengan upaya satu hari tanpa kendaraan bermotor dapat mereduksi gas rumah kaca yang dihasilkan sebesar 23,01 %, sedangkan upaya mematikan AC selama satu jam mereduksi 7,86% gas rumah kaca yang dihasilkan. Sisa emisi GRK sektor energi dapat diserap dengan skenario penambahan vegetasi pohon *Samanea saman* sebanyak 4 pohon.

DAFTAR PUSTAKA

- Helmers E, Chang CC, Dauwels J. Carbon footprinting of universities worldwide: Part I—objective comparison by standardized metrics. *Environ Sci Eur* [Internet]. 2021;33(1):30. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00454-6>
- Kulkarni SD. A bottom up approach to evaluate the carbon footprints of a higher educational institute in India for sustainable existence. *J Clean Prod* [Internet]. 2019;231:633–41. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619317287>
- Li Z, Chen Z, Yang N, Wei K, Ling Z, Liu Q, et al. Trends in research on the carbon footprint of higher education: A bibliometric analysis (2010–2019). *J Clean Prod* [Internet]. 2021;289:125642. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620356882>
- Perez-Lopez J-B, Orro A, Novales M. Environmental Impact of Mobility in Higher-Education Institutions: The Case of the Ecological Footprint at the University of A Coruña (Spain). *Sustainability* [Internet]. 2021;13(11). Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/11/6190>
- Ridhosari B, Rahman A. Carbon footprint assessment at Universitas Pertamina from the scope of electricity, transportation, and waste generation: Toward a green campus and promotion of environmental sustainability. *J Clean Prod* [Internet]. 2020;246:119172. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619340429>
- Samara F, Ibrahim S, Yousuf ME, Armour R. Carbon Footprint at a United Arab Emirates University: GHG Protocol. *Sustainability* [Internet]. 2022;14(5). Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/5/2522>
- Yañez P, Sinha A, Vásquez M. Carbon footprint estimation in a university campus: Evaluation and insights. *Sustainability*. 2019;12(1):181.
- Zakaria R, Aly SH, Hustim M, Oja ADM. A Study of Assessment and Mapping of Carbon Footprints to Campus Activities in Hasanuddin University Faculty of Engineering. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* [Internet]. 2020 Jun;875(1):12023. Available from: <https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/875/1/012023>
- Zakaria NFF, Mat Yazid MR bin, Fadilah Yaacob NF. Quantifying Carbon Emission from Campus Transportation: A Case Study in Universiti Kebangsaan Malaysia. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* [Internet]. 2021;1101(1):12011. Available from: <https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1101/1/012011>