

---

**KAJIAN JEJAK KARBON DARI AKTIVITAS DI KAMPUS FAKULTAS  
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS  
NEGERI SEMARANG**

**Dewi Wahyuningsih<sup>\*)</sup>, Pertiwi Andarani<sup>\*\*)</sup>, Mochtar Hadiwidodo<sup>\*\*)</sup>**  
Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H Tembalang, Semarang, Indonesia 50275  
email: [dewiwahyuningsihsuwarto@gmail.com](mailto:dewiwahyuningsihsuwarto@gmail.com)

**Abstrak**

Indonesia menargetkan penurunan emisi Gas Rumah Kaca sebesar 26% dari kondisi Business as Usual yang akan dicapai pada tahun 2020 atau 41% bila ada bantuan keuangan dari negara-negara maju. Dalam hal ini, semua sektor termasuk universitas dan perguruan tinggi didorong untuk mengadopsi target yang sama. Belum diketahuinya besar jejak karbon dari aktivitas di kampus FMIPA UNNES mendorong untuk dilakukan penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan jumlah jejak karbon dari aktivitas di kampus dan memberikan rekomendasi reduksi yang sesuai. Dalam penelitian ini, jejak karbon di FMIPA UNNES yang dihitung tahun 2015, menggunakan GWP values for 100-year time horizon menurut standar GHG Protocol, metodenya mengintegrasikan pola konsumsi dan pendekatan bottom-up serta menggunakan metode perhitungan dari IPCC. Aktivitas yang dihitung adalah sebagai berikut: konsumsi LPG, kendaraan operasional fakultas, pembelian listrik, moda transportasi mahasiswa dan staf, kertas dan sampah. Jumlah jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas di kampus FMIPA UNNES tahun 2015 sebesar 1.644,0719 tCO<sub>2</sub>eq, dimana 0,29% berasal dari konsumsi LPG, 0,28% dari kendaraan operasional fakultas, 62,58% berasal dari pembelian listrik, 21,80% dari moda transportasi mahasiswa dan staf, 0,73% dari konsumsi kertas dekanat dan jurusan, 12,52% dari konsumsi kertas mahasiswa dan staf dan 1,80% dari sampah. Empat skenario reduksi yang diusulkan didasarkan pada sektor transportasi, konsumsi kertas, konsumsi listrik dan sampah. Dari skenario yang diusulkan, peningkatan efisiensi penggunaan alat-alat listrik terpilih sebagai rekomendasi reduksi paling efektif.

**Kata kunci:** jejak karbon, emisi gas rumah kaca, Universitas Negeri Semarang

**Abstract**

**[Assessment of Carbon Footprint from Activities in The Faculty of Mathematics and Natural Sciences at Semarang State University].** Indonesia aims to cut Greenhouse Gas emissions by 26% by 2020 from BAU (Business As Usual) or 41% with international support. In this regard, all the activity sectors, including universities, are encouraged to adopt similar targets. The unknown information of the GHG emissions from activities in the Faculty of Mathematics and Natural Sciences at Semarang State University (UNNES) encourage this research to be conducted. The objective of this research are to calculate the carbon footprint and determine the solutions to reducing the carbon footprint. This paper presents

*the 2015 GHG emission inventory of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences at Semarang State University (UNNES) based on the academic and research activities developed in 2015. The inventory report, generated according to the GHG Protocol and under a consumption based methodology integrating life-cycle assessment, considers the following activity categories: the use of LPG gas, vehicle fleet, purchased electricity, commuting, paper consumption and solid waste. The total Carbon Footprint of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences in 2015 was calculated in about 1.644,0719 tCO<sub>2</sub>eq, where 0,29% of the Greenhouse Gas emissions were generated by the use of LPG gas, 0,28% by own fleet, 62,58% by purchased electricity, 21,80% by commuting vehicles, 13,25% by use of paper and 1,80% associated to the final disposal of solid waste. Four scenarios of potential reduction are proposed based on changes in transportation, electricity, paper and waste sector. From the proposed scenarios, increase energy efficiency is the most effective.*

**Keywords:** carbon footprint, greenhouse gas emissions, State University of Semarang

## 1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim menjadi perhatian internasional sejak 1992 dalam *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Pada tahun 1997 Protokol Kyoto memperkuat kembali komitmen global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK), berorientasi pada prioritas nasional dan regional dan target pengurangan berdasarkan periode waktu. Di dalam perjanjian tersebut, pihak yang terlibat sebanyak 195 negara dan dikategorikan dalam dua kelompok yaitu negara Annex I dan Non-Annex I. Negara Annex I terdiri atas negara-negara industri maju yang memiliki obligasi untuk menurunkan emisi GRK melalui mekanisme yang tersedia. Sedangkan, negara Non-Annex I terdiri atas negara-negara berkembang yang juga melaporkan aksi mereka dalam perubahan iklim, tetapi lebih jarang dan tidak diwajibkan untuk mengurangi tingkat emisi (Güereca, 2013).

Indonesia adalah negara Non-Annex I, namun memiliki komitmen yang kuat terhadap perubahan iklim. Sebagai buktinya, melalui Undang-Undang No. 6 tahun 1994 Indonesia telah meratifikasi konvensi perubahan iklim sehingga Indonesia wajib melakukan pelaporan tingkat emisi GRK nasional dan upaya-upaya mitigasi perubahan iklim pada dokumen komunikasi nasional dengan prinsip *common but differentiated responsibilities*. Dalam upaya berperan aktif dalam penurunan emisi GRK pada tanggal 25 September 2009 Presiden RI pada forum G-20 di Pittsburgh, USA telah secara suka rela menyampaikan bahwa Indonesia menargetkan penurunan emisi Gas Rumah Kaca sebesar 26% dari kondisi *Business as Usual* yang akan dicapai pada tahun 2020 atau 41% bila ada bantuan keuangan dari negara-negara maju (KLH, 2012).

Dalam konteks ini, partisipasi organisasi independen dengan kredibilitas publik yang tinggi, seperti universitas, sangat diperlukan.

Mengingat universitas memiliki peran untuk menciptakan pengetahuan, mengintegrasikan pendidikan yang berkelanjutan dan program penelitian, serta mempromosikan isu-isu lingkungan ke masyarakat (Larsen et al., 2013). Universitas bertanggung jawab untuk meningkatkan nilai-nilai, kesadaran, pengetahuan, dan keterampilan untuk pembangunan berkelanjutan (Cortese, 2003).

Dalam hal menanggapi perubahan iklim, baru-baru ini beberapa studi lingkup universitas telah dilakukan. Hal ini dilakukan karena salah satu aktivitas yang secara signifikan menyumbang emisi GRK berasal dari kegiatan di lembaga-lembaga pendidikan tinggi. Bahkan menurut penelitian terdahulu, universitas dan perguruan tinggi mengemisikan sekitar 2-3% dari total emisi GRK suatu negara. Beberapa studi jejak karbon lingkup universitas yang telah dilakukan diantaranya adalah Li et al. (2015) melakukan penelitian jejak karbon berdasarkan kebiasaan mahasiswa untuk sebuah universitas di China. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi tindakan yang bisa diambil universitas untuk mengurangi emisi. Townsend dan Barrett (2013) menyelidiki jejak karbon di *UK University* dengan menerapkan permodelan *Environmental Extended Input Output* (EEIO). Penelitian terkait jejak karbon di sebuah universitas di Inggris juga telah dilakukan dengan membagi sumber emisi kedalam tiga lingkup berdasarkan klasifikasi Standar Protokol Gas Rumah Kaca Perusahaan dari WRI/WBCSD (Brockway et al., 2011).

Penelitian yang sejenis juga dilakukan di universitas di Indonesia. Sebagai contoh, penelitian mengenai

jejak karbon dari kegiatan non-akademik di kampus ITS dan perencanaan pereduksiannya (Puri, 2010), perhitungan gas rumah kaca dari ruang lingkup dua (studi kasus di Universitas Indonesia Depok) (Anggraini, 2012), serta jejak karbon (*carbon footprint*) dari civitas akademika Universitas Atma Jaya Yogyakarta (Hardiyanti, 2013). Secara umum, studi mengenai jejak karbon dari kegiatan kampus telah mulai dilakukan di berbagai universitas di Indonesia. Namun Putri, Anggraini dan Hardiyanti masih membatasi sumber emisi yang diteliti pada satu lingkup sehingga belum terlihat hubungan sistematis antara sumber-sumber emisi lainnya dan jumlah emisi secara keseluruhan serta belum merencanakan rencana pereduksian jejak karbonnya. Padahal dengan diketahuinya emisi setiap lingkup dapat membantu memberi pemahaman yang lebih baik mengenai jejak karbon utama dari universitas dan dapat mempermudah pihak universitas dalam menentukan kebijakan pengurangan jejak karbon yang sesuai.

Dalam penelitian ini, jejak karbon di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang (FMIPA UNNES) yang dihitung tahun 2015, menggunakan *GWP values for 100-year time horizon* menurut standar *GHG Protocol* (IPCC, 2014), metodenya mengintegrasikan pola konsumsi dan pendekatan *bottom-up* (Güareca, 2013) serta menggunakan metode perhitungan dari IPCC (Puri, 2010).

Pemilihan FMIPA UNNES sebagai tempat penelitian karena FMIPA UNNES memiliki banyak bangunan yang terdiri dari empat gedung berlantai tiga sebagai ruang kuliah

(Gedung D1, D2, D3 dan D4), satu buah masjid, empat gedung laboratorium berlantai tiga (D8, D9, D10, D11), tiga gedung berlantai tiga untuk kegiatan administrasi jurusan (D5, D6, D7) serta satu gedung berlantai tiga sebagai Dekanat (D12), aktivitas yang kompleks serta jumlah mahasiswa yang besar yaitu 3.880 pada Tahun 2015. Hal ini tentu berpengaruh terhadap jumlah jejak karbon yang dihasilkan. Terutama jejak karbon yang berasal dari lingkup 2 dan 3 yang berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui menjadi kontributor terbesar jejak karbon dari universitas.

## 2. METODE

Pada tahun 2015, total populasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang berjumlah 4.136 orang: 3.880 mahasiswa, 195 dosen dan 61 tenaga kependidikan.

Jejak karbon pada penelitian ini dikelompokkan berdasarkan *GHG Protocol*. Pengelompokan aktivitas berdasarkan Lingkupnya (1-3) dapat dilihat pada Tabel 1.

### 2.1 Data Aktivitas dan Faktor Emisi

Perhitungan jejak karbon dalam penelitian ini mengintegrasikan pendekatan *bottom-up* dan pola konsumsi, membagi keseluruhan aktivitas di kampus FMIPA UNNES kedalam lingkup yang berbeda seperti tertera pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1**  
**Jenis Emisi dan Sumber berdasarkan Lingkupnya**

Jenis Emisi	Aktivitas	Keterangan
Lingkup 1 (Emisi Langsung)	Konsumsi LPG	Emisi didasarkan pada konsumsi bahan bakar.

	Transportasi (Kendaraan Operasional Fakultas)	Emisi didasarkan pada konsumsi bahan bakar.
Lingkup 2 (Emisi Tidak Langsung)	Pembelian Listrik	Emisi didasarkan pada bauran energi nasional.
Lingkup 3 (Emisi Tidak Langsung)	Transportasi ( <i>Commuting</i> )	Emisi didasarkan pada jenis moda transportasi, jarak tempuh dan konsumsi bahan bakar.
	Kertas	Emisi didasarkan pada konsumsi kertas.
	Sampah	Sampah campur yang dibakar secara terbuka ( <i>open burned</i> ).

Data diperoleh dari bagian umum rektorat, keuangan dekanat, bagian umum dan kepegawaian, kemahasiswaan, akuntansi dekanat dilengkapi dengan survei lapangan dan wawancara atau kuesioner ke pedagang kantin, petugas pengangkut sampah serta mahasiswa dan staf FMIPA UNNES. Faktor emisi untuk karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), Metana (CH<sub>4</sub>) dan Dinitrogen Oksida (N<sub>2</sub>O) dari setiap aktivitas berasal dari sumber yang berbeda.

Langkah-langkah analisis jejak karbon untuk semua kategori adalah sebagai berikut:

- Langkah 1: menentukan data aktivitas/konsumsi di masing-masing sektor.
- Langkah 2: menentukan faktor emisi dari setiap sektor.

- Langkah 3: mengalikan data aktivitas/konsumsi dari setiap sektor dengan faktor emisi yang sesuai.

Rumus:

$$GHG = \text{Data Aktivitas/Konsumsi} \times \text{Faktor Emisi}$$

### 2.1.1 Pemakaian LPG

LPG di FMIPA digunakan untuk keperluan memasak di kantin. Data besar konsumsi LPG di kantin FMIPA dinyatakan dalam satuan kg/bulan dari Januari sampai Desember 2015. Data tersebut didapatkan dengan memberikan kuesioner ke pedagang-pedagang di kantin FMIPA. NCV (KLH, 2012) digunakan untuk menentukan jumlah energi yang dilepaskan selama pembakaran. Perhitungan jejak karbon dari konsumsi LPG menggunakan rumus dan faktor emisi dari IPCC.

### 2.1.2 Pembelian Listrik

Data besar pemakaian listrik yang diperlukan dinyatakan dalam satuan kWh/bulan dari Januari sampai Desember tahun 2015. Data tersebut didapatkan dari bagian umum UNNES di rektorat melalui ID pelanggan UNNES di PLN. Faktor emisi untuk CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O berdasarkan pada bauran energi nasional dari pembangkit listrik. Faktor Emisi untuk Jawa Tengah adalah 0,919 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh. Rumus perhitungannya dari GHG *Protocol*.

### 2.1.3 Transportasi

Jejak karbon dari sektor transportasi yang dihitung di FMIPA UNNES adalah kendaraan operasional fakultas dan moda transportasi mahasiswa dan staf.

#### 2.1.3.1 Kendaraan Operasional

Kendaraan operasional FMIPA UNNES terdiri dari 1 mobil, 1 sepeda motor dan 1 tossa. Data besar

pembelian bahan bakar mobil dan sepeda motor didapatkan dari bagian keuangan FMIPA yang akan dinyatakan dalam satuan liter/bulan dari Januari sampai Desember 2015. Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar tossa didapatkan dari wawancara dengan petugas pengangkut sampah. Dari data jarak yang ditempuh (kilometer) dikonversi ke dalam liter bahan bakar. Bahan bakar yang ditinjau ada dua jenis, yaitu bensin dan solar. Nilai kalor bahan bakar indonesia bersumber dari KLH (2012). Rumus perhitungan jejak karbon dan faktor emisinya dari IPCC.

#### 2.1.3.2 Moda Transportasi Mahasiswa dan Staf

Data mengenai jenis kendaraan yang digunakan ke kampus didapatkan dengan melakukan metode penarikan sampel acak berstrata secara proporsional terhadap jumlah total mahasiswa dan staf FMIPA pada tahun 2015.

Setiap responden menjawab pertanyaan tentang jarak tempuh, jenis moda transportasi yang digunakan, jenis bahan bakar, jumlah penumpang, frekuensi ke kampus dalam satu minggu pada masa aktif kuliah dan libur semester. Jejak karbon dari sektor ini didapat dengan cara mengalikan akumulasi jarak tempuh dari setiap moda transportasi dengan faktor emisi yang sesuai.

Pendekatan yang digunakan dalam perhitungan sektor ini antara lain: angkot setiap perjalanan mengangkut 12 penumpang dan ojek 2 orang dengan kebutuhan bakar untuk mobil penumpang 11,79 liter bensin/100 km atau 11,36 liter solar/100 km serta sepeda motor 2,66 liter/100 km (BPPT dalam Jinca et al.,

2009). Rumus dan faktor emisi perhitungan sektor ini dari IPCC.

#### 2.1.4 Konsumsi Kertas

Jejak karbon yang dihitung pada sektor ini dibatasi pada pemakaian kertas A4. Pada sektor ini juga digunakan pendekatan untuk 1 rim kertas A4 berisi 500 lembar kertas memiliki berat 2,18 kg untuk kertas dengan tipe 70 gsm dan 2,5 kg untuk tipe 80 gsm.

Data pemakaian kertas A4 di tiap jurusan dan dekanat FMIPA dinyatakan dalam satuan rim/bulan dari Januari sampai Desember 2015 yang diperoleh dari bagian akuntansi dekanat. Sedangkan untuk data pemakaian kertas mahasiswa dan staf di dapat dari kuesioner.

Perhitungan jejak karbon sektor ini menggunakan faktor emisi dari (EPA Victoria, 2011).

#### 2.1.5 Sampah

Besar timbulan sampah yang dibutuhkan dalam penelitian ini dinyatakan dalam satuan ton/bulan yang didapatkan dari wawancara ke petugas pengangkut sampah FMIPA UNNES. Data timbulan sampah sebagai jumlah sampah yang dibakar

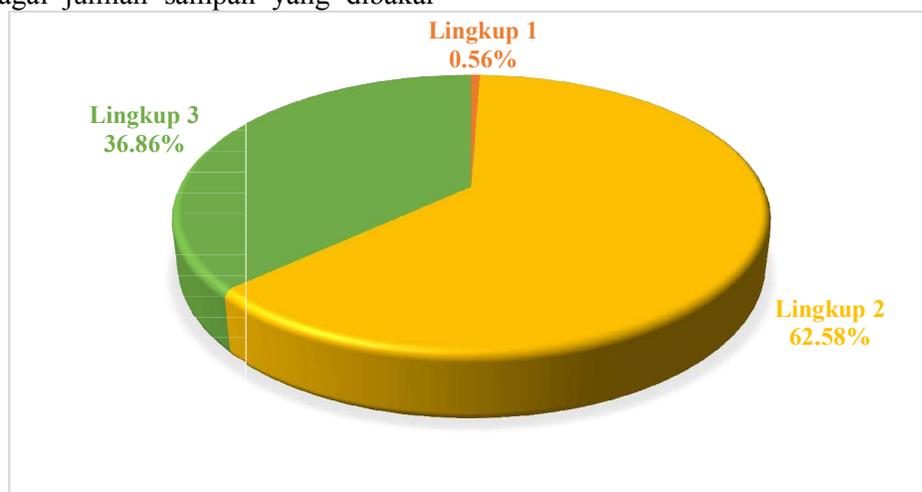
terbuka (*open burned*). Rumus perhitungan dan faktor emisinya dari IPCC.

#### 2.2 Simulasi Perhitungan Jejak Karbon untuk Skenario Reduksi

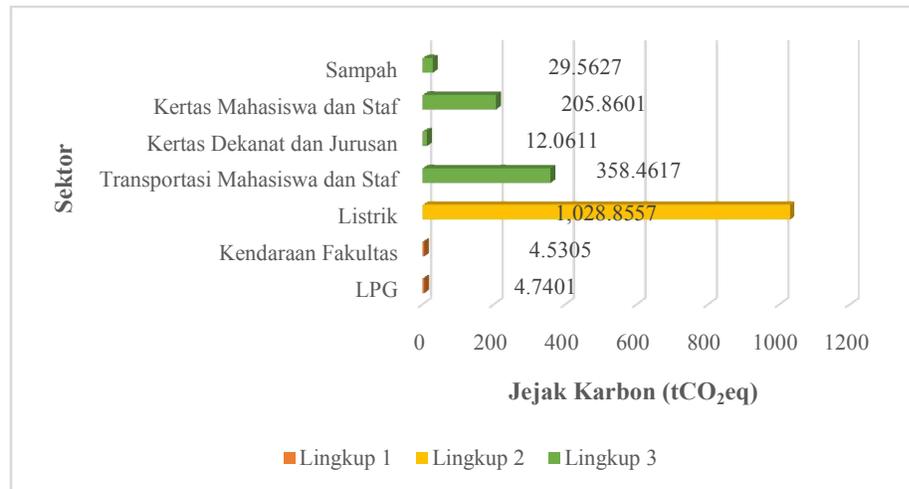
Setelah menghitung jejak karbon pada kondisi eksisting, 4 skenario reduksi direkomendasikan untuk mengurangi jejak karbon, terutama difokuskan pada sektor transportasi, konsumsi listrik, konsumsi kertas dan sampah.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Total jejak karbon yang diemisikan kampus FMIPA UNNES sebesar 1.644,0719tCO<sub>2</sub>eq. Lingkup 2 menjadi kontributor terbesar jejak karbon yaitu sebesar 1.028,8557 tCO<sub>2</sub>eq (62,58%). Kemudian diposisi kedua adalah Lingkup 3 dengan jejak karbon sebesar 605,9457 tCO<sub>2</sub>eq (36,86%). Sedangkan, Lingkup 1 menjadi kontributor terendah dengan jumlah jejak karbon yang diemisikan sebesar 9,2706 tCO<sub>2</sub>eq (0,56%). Hasil dan kontribusi dari setiap sektor dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1  
Presentase Jumlah Jejak Karbon Per Lingkup



**Gambar 2**  
**Jumlah Jejak Karbon (tCO<sub>2</sub>eq) Berdasarkan Sektor**

Berdasarkan sektornya, 62,58% jejak karbon FMIPA UNNES dari pembelian listrik, 21,80% dari moda transportasi mahasiswa dan staf, 13,25% dari pemakaian kertas, 1,80% dari sampah, 0,29% dari LPG dan 0,28% dari kendaraan operasional.

Informasi tentang jejak karbon dari universitas lain di Jawa Tengah belum ada, dengan demikian jejak karbon dari FMIPA UNNES dibandingkan dengan universitas internasional yang telah menerbitkan hasil studi tentang jejak karbon. Jejak karbon Lingkup 2 FMIPA UNNES merupakan kontributor terbesar dengan presentase 62,58% dan jejak karbon per kapitanya sebesar 0,249 tCO<sub>2</sub>eq. Hasil ini dapat dibandingkan dengan hasil studi di De Montfort University (DMU) oleh (Ozawa-Meida et al., 2011), dimana Lingkup 2 sebesar 15% dengan jejak karbon per kapitanya 0,349 tCO<sub>2</sub>eq. Walaupun mempunyai jejak karbon per kapita hampir sama, presentase Lingkup 2nya sangat berbeda. Sedangkan jumlah jejak karbon FMIPA UNNES dari Lingkup 1 hanya berjumlah 0,56% atau hampir sama

dengan UCT yang berjumlah 0,88%. Dan lebih rendah dari DMU (6%) dan Universidad Nacional Autónoma de México (II-UNAM) (5%). Berkenaan dengan Lingkup 3, FMIPA UNNES menyumbang 36,26% dari total jejak karbonnya. Hal tersebut lebih rendah dari DMU (79%) dan II-UNAM (53%) yang Lingkup 3nya sebagai kontributor terbesar. Dalam hal ini, sangat sulit membandingkan Lingkup 3 berdasarkan presentase dikarenakan batasan sektor dalam setiap studi yang berbeda Lenzen (2002). Berdasarkan alasan tersebut, peneliti mendukung usulan Ozawa Meida et al. (2011), Thurston dan Eckelman (2011) dan Larsen dan Hertwich (2011), yang menekankan pentingnya pembatasan dari Lingkup 3 untuk sektor perguruan tinggi.

Bagian berikut menyajikan analisis jejak karbon dari setiap sektor.

### 3.1 *Liquid Petroleum Gas* (LPG)

Jejak karbon per kapita dari pemakaian LPG di FMIPA UNNES sebesar 1,15 kgCO<sub>2</sub>eq, 12,3% dari UCT yang berjumlah 9,32 kgCO<sub>2</sub>eq/kapita. Hal ini disebabkan

oleh penggunaan LPG di UCT yang tidak hanya untuk memasak di kantin tetapi juga untuk keperluan penelitian misalnya sebagai bahan bakar di laboratorium.

### 3.2 Pemakaian Listrik

Jejak karbon dari pembelian listrik per m<sup>2</sup> di FMIPA UNNES sebesar 49 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>, 79% dari laporan Ozawa-Meida et al. (2011) untuk DMU di Leicester, UK yang berjumlah 62 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>. Pemakaian listrik per m<sup>2</sup> di DMU sebesar 100 kWh dibandingkan dengan 53 kWh/m<sup>2</sup> di FMIPA UNNES. Hal tersebut berkaitan dengan penggunaan listrik untuk sistem pencahayaan di Leicester, mengingat kota tersebut hanya mendapat pencahayaan sinar matahari sebanyak 1.572 jam per tahun (DTI,2000) dibandingkan dengan Indonesia yang mendapat pencahayaan sinar matahari sebanyak 2.975 jam per tahun ([www.jakarta.climatemps.com](http://www.jakarta.climatemps.com)). Selain karena faktor pencahayaan, penghematan energi di FMIPA UNNES disebabkan oleh kondisi iklim di Indonesia yang tidak membutuhkan sistem pemanas ruangan seperti di Inggris. Faktor pembeda utama yang harus dipertimbangkan adalah faktor emisi dari masing-masing wilayah, berdasarkan Defra/DEEC (2001), UK mempunyai faktor emisi 0,5936 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh dan 0,919 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh untuk provinsi Jawa Tengah (Ditjen Ketenagalistrikan, 2016).

Jejak karbon per kapita dari pembelian listrik FMIPA UNNES sebesar 249 kgCO<sub>2</sub>eq, sedangkan untuk DMU sebesar 349 kgCO<sub>2</sub>eq (Ozawa-Meida et al., 2011). Jejak karbon per kapita tersebut menguatkan bahwa penggunaan energi di FMIPA UNNES lebih efisien. Hal ini bisa dikaitkan

dengan penggunaan peralatan laboratorium dan jumlah mahasiswa yang lebih sedikit dibandingkan dengan DMU yang memiliki jumlah mahasiswa banyak dan fasilitas ruang kelas yang berbeda.

### 3.3 Moda Transportasi Mahasiswa dan Staf

Pada sektor ini, jejak karbon per kapita dari FMIPA UNNES sebesar 0,09 tCO<sub>2</sub>eq atau 3 kali lebih besar dari jejak karbon per kapita II-UNAM yang hanya 0,03 tCO<sub>2</sub>eq. Hal ini disebabkan oleh moda transportasi pilihan mahasiswa dan staf yang berbeda. Pilihan moda transportasi mahasiswa dan staf II-UNAM adalah sebagai berikut: mobil (52%) dan transportasi umum (41%). Sedangkan moda transportasi FMIPA UNNES, sepeda motor dan mobil (73%) dan transportasi umum (2%). Dari hal tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan transportasi umum sangat direkomendasikan sebagai salah satu upaya pereduksian jejak karbon.

### 3.4 Konsumsi Kertas

Jejak karbon per kapita dari penggunaan kertas FMIPA UNNES adalah 52,7 kgCO<sub>2</sub>eq, lebih tinggi dari II-UNAM (16,8 kgCO<sub>2</sub>eq/kapita) dan DMU yang hanya 8,4 kgCO<sub>2</sub>eq/kapita. Perbedaan ini menunjukkan bahwa penggunaan kertas di FMIPA UNNES masih sangat tinggi dan perlu adanya upaya reduksi.

### 3.5 Sampah

Jejak karbon terkait pengelolaan sampah di FMIPA UNNES adalah 7,1 kgCO<sub>2</sub>eq/kapita. Sementara di II-UNAM sebesar 14,2 kgCO<sub>2</sub>eq/kapita. Perbedaan tersebut dapat dikarenakan adanya perbedaan sumber sampah dan pengelolaannya. Sumber sampah di FMIPA UNNES adalah sampah campuran yang dibakar secara terbuka

sedangkan II-UNAM berasal dari 23,2% (makanan), 20,9% (plastik), 1,7% (logam), 17,7% (kertas dan kardus), 7,8% (kaca) dan 28,8% lainnya (baterai, *e-waste*, sepatu, *catridge*, kabel, dll) dengan pengelolaan *landfill*.

### 3.6 Skenario Reduksi

Salah satu keuntungan utama dari analisis jejak karbon adalah dapat memberikan dasar analisis untuk strategi pengurangan jejak karbon yang dapat diambil oleh pihak universitas. Pada kasus ini diusulkan empat skenario reduksi.

Skenario 1 (Sektor Transportasi):

- Untuk jarak tempuh  $\leq 1$  km, 6,3% mahasiswa dan staf merubah pilihan moda transportasinya dari sepeda motor ke jalan kaki selama lima hari dalam seminggu.

Skenario 2 (Sektor Konsumsi Kertas):

- Menggunakan kertas pada kedua sisinya (*double side*) pada kegiatan akademik.
- Tugas Akhir atau skripsi dan laporan PKL atau PPL dikumpul dalam bentuk *softfile* saja.

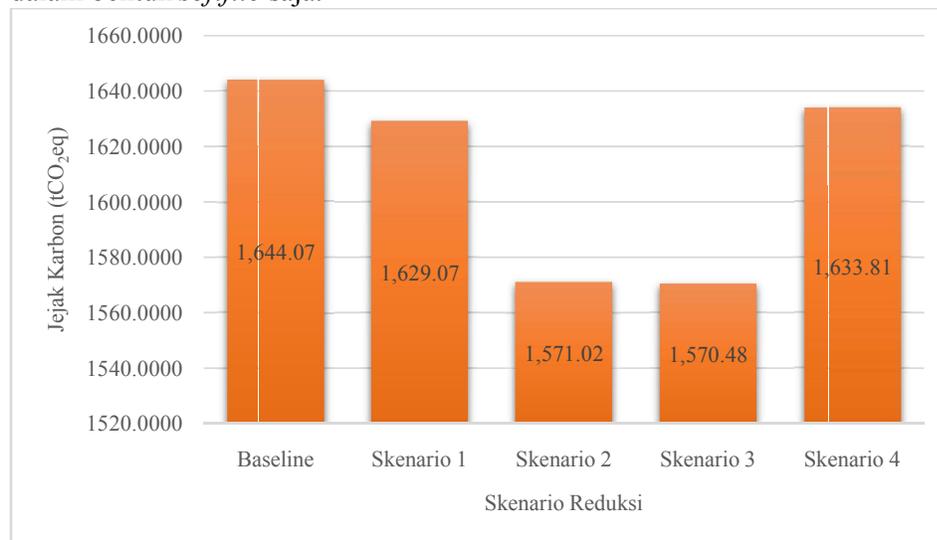
- Pembuatan sistem *e-administration* untuk pengelolaan administrasi dokumen perkantoran di FMIPA Unnes.

Skenario 3 (Sektor Listrik)

- Melakukan penggantian lampu neon dengan lampu LED di semua ruang FMIPA UNNES.
- Mematikan lampu ketika selesai perkuliahan.
- Mematikan komputer/laptop dengan cara *shut down*.
- Jangan meninggalkan komputer/laptop pada keadaan *standby*.
- Menggunakan komputer/laptop dengan mode *power saver*.
- Mengatur suhu AC ruangan pada 24 - 27 °C.
- Mencabut *charger* HP atau laptop dari *plug-in* ketika sudah penuh.

Skenario 4 (Sektor Sampah)

- Sebesar 25% sampah kampus dikelola dengan cara pembakaran terbuka (*open burned*).



**Gambar 3**  
Jejak Karbon berdasarkan Skenario Reduksi

Berdasarkan Gambar 3 di atas terdapat perbedaan jejak karbon dari setiap skenario. Jejak yang dihasilkan skenario 1 sebesar 1.644,07 tCO<sub>2</sub>eq/tahun, perbedaannya dengan jejak karbon eksisting sebesar 14,9992 tCO<sub>2</sub>eq/tahun atau penurunan sebesar 0,9%. Untuk skenario 2 dan 3, jejak karbon yang dihasilkan sebesar 1.571,02 tCO<sub>2</sub>eq/tahun dan 1.570,48 tCO<sub>2</sub>eq/tahun serta perbedaan jejak karbonnya dengan jejak karbon eksisting sebesar 73,0526 tCO<sub>2</sub>eq/tahun dan 73,5948 tCO<sub>2</sub>eq/tahun atau penurunan sebesar 4,4% dan 4,5%. Sedangkan untuk skenario 4, jejak karbon yang dihasilkan sebesar 1.633,81 tCO<sub>2</sub>eq/tahun, perbedaannya dengan jejak karbon eksisting sebesar 10,2657 tCO<sub>2</sub>eq/tahun atau penurunan sebesar 0,6%. Dari keempat skenario tersebut, skenario yang menghasilkan jejak karbon terendah yaitu skenario 3 dikarenakan peningkatan efisiensi penggunaan alat-alat listrik. Hal ini dapat diterapkan di FMIPA UNNES sebagai alternatif solusi yang paling efektif untuk mereduksi jejak karbonnya.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Jumlah jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas di kampus FMIPA UNNES tahun 2015 sebesar 1.644,0719 tCO<sub>2</sub>eq. Jika dilihat berdasarkan lingkungannya, Lingkup 1 sebesar 9,2706 tCO<sub>2</sub>eq (0,56%), Lingkup 2 1.028,8557 tCO<sub>2</sub>eq (62,58%) dan Lingkup 3 605,9457 tCO<sub>2</sub>eq (36,86%).

2. Strategi pereduksian jejak karbon di kampus FMIPA UNNES adalah sebagai berikut:

Sektor Konsumsi Listrik (73,5948 tCO<sub>2</sub>eq/tahun, 4,5%)

- Mematikan lampu ketika selesai perkuliahan.
- Mematikan komputer/laptop dengan cara *shut down*.
- Jangan meninggalkan komputer/laptop pada keadaan *standby*.
- Menggunakan komputer / laptop dengan mode *power saver*.
- Mengatur suhu AC ruang kuliah pada 24 -27°C.
- Mencabut *charger* HP atau laptop dari *plug-in* ketika sudah penuh.
- Melakukan penggantian lampu neon dengan lampu LED di semua ruang FMIPA UNNES.

#### DAFTAR PUSTAKA

- American College & University Presidents Climate Commitment (ACUPCC). 2008. *Frequently Asked Questions*. Second Nature, Boston, 1 p.
- Anggraini, W. 2012. *Perhitungan Gas Rumah Kaca dari Ruang Lingkup Dua (Studi Kasus di Universitas Indonesia Depok)* (Skripsi). Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat UI. Depok.
- Berchmans, H., Suaib, S., Agustina, I., Panjaitan, R. & Winne. 2014. *Panduan Penghematan Energi di Gedung Pemerintah*. USAID Indonesia Clean Energy Development (ICED Project). Jakarta.
- Cortese, A.D., 2003. The critical role of higher education in creating a sustainable future. *Plan. High. Educ.* 31, 15-22.

- Environment Protection Authority Victoria. 2011. *EPA Victoria's Greenhouse Inventory Management Plan: 2010–11 Update*. Carlton: EPA Victoria.
- Güereca, L. P., Torres, N., & Noyola, A. 2013. Carbon Footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 47, 396–403.
- Hardiyanti, V. 2013. *Jejak Karbon (carbon footprint) dari civitas akademika Universitas Atma Jaya Yogyakarta* (Skripsi). Program Studi Biologi UAJY. Yogyakarta.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. Draft 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy. [www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol2.pdf](http://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol2.pdf)
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Geneva. ISBN 92-9169-122-4
- Jinca M.Y. dkk. 2009. *Pencemaran Udara Karbon Monoksida dan Nitrogen Oksida Akibat Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan Padat Lalu Lintas Di Kota Makasar*. Simposium XII FSTPT, Universitas Kristen Petra Surabaya, 14 November 2009.
- KLH. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Jakarta.
- Larsen, H. N., Pettersen, J., Solli, C., & Hertwich, E. G. 2013. Investigating the Carbon Footprint of a University - The case of NTNU. *Journal of Cleaner Production*, 48, 39–47.
- Li, X., Tan, H., & Rackes, A. 2015. Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China. *Journal of Cleaner Production*, 30, 1–12.
- Ozawa-meida, L., Brockway, P., Letten, K., Davies, J., & Fleming, P. 2011. Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. *Journal of Cleaner Production*, 56, 185–198.
- Puri, R. A. 2010. *Kajian Emisi CO2 Berdasarkan Tapak Karbon Sekunder dari Kegiatan Non Akademik di ITS Surabaya* (Skripsi). Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Republik Indonesia. 2011. *Penyampaian Perhitungan Faktor Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sistem Ketenagalistrikan*. Direktur Jenderal Ketenagalistrikan. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Sekretariat Kabinet RI. Jakarta.
- Townsend, J., & Barrett, J. 2013. Exploring the applications of carbon footprinting towards sustainability at a UK university: Reporting and decision making. *Journal of Cleaner Production*, 107, 164–176.
- WRI/WBCSD (World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development). 2004. *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard* (Revised Edition). The Greenhouse Gas Protocol Initiative. U.S.A. and Sw