



## KAJIAN JEJAK KARBON DARI AKTIVITAS KAMPUS DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Septyn Sagala <sup>\*)</sup>, Endro Sutrisno <sup>\*\*)</sup>, Pertiwi Andarani <sup>\*\*)</sup>

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jalan Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang 50275, Indonesia  
email: [septynsagala@gmail.com](mailto:septynsagala@gmail.com)

### Abstrak

Dampak emisi karbon sebagai penyebab utama dari perubahan iklim telah menimbulkan kekhawatiran dan menjadi tantangan bagi masyarakat internasional. Dalam rangka upaya pengurangan emisi di lingkungan universitas, maka studi jejak karbon dari aktivitas di kampus perlu dilakukan. Dengan jumlah populasi 3.942 orang, jejak karbon di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang (FT Unnes) yang memiliki 4 jurusan dan 1 program studi perlu dihitung untuk mengetahui seberapa besar kontribusi aktivitas kampus terhadap emisi yang dan menganalisis skenario yang dapat diterapkan dalam meminimalisasinya. Kajian jejak karbon di FT Unnes dilakukan dalam 3 lingkup menurut The Greenhouse Gas Protocol. Perhitungan jejak karbon lingkup satu meliputi aktivitas transportasi kendaraan operasional dan penggunaan LPG, lingkup dua meliputi aktivitas pembelanjaan listrik, dan lingkup tiga meliputi aktivitas transportasi dosen, staf, dan mahasiswa, penggunaan kertas, dan pembuangan sampah. Emisi jejak karbon dari ketiga lingkup tersebut dihitung berdasarkan metode dari International Panel on Climate Change (IPCC). Emisi yang dihitung adalah CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O yang dinyatakan dalam kgCO<sub>2</sub>-eq. Jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas kampus di FT Unnes adalah sebesar 1.618.001,473 kgCO<sub>2</sub>-eq. Minimalisasi jejak karbon dari aktivitas kampus di FT Unnes dilakukan dengan menerapkan dua skenario. Penerapan skenario ini diestimasikan dapat meminimalisasi jejak karbon sebesar 93.800,872 kgCO<sub>2</sub>-eq (5,797% dari total jejak karbon).

**Kata kunci:** aktivitas kampus, FT Unnes, IPCC, jejak karbon, minimalisasi

### Abstract

**[Study of Carbon Footprint from Campus Activities at Faculty of Engineering, State University of Semarang].** The impact of carbon emissions as the main cause of climate change has caused concern and a challenge for the international community. In an effort to reduce of emissions in the college environment, the study of carbon footprint study of on campus activities need to be done. With a total population 3,942 people, the carbon footprint at Faculty of Engineering, University of Negeri Semarang (FT Unnes) which has five majors need to be calculated to determine how much contribution the campus activity against emissions and analyzing scenarios that can be applied to reduce these. Study of the carbon footprint at FT Unnes is done in 3 scope according to The Greenhouse Gas Protocol. The calculation of the carbon footprint of the scope 1 covers the activity of transport vehicles belonging to FT Unnes and the use of LPG, scope 2 includes the activity of electricity consumption, and the scope 3 includes the activity of transport by lecturers, staff, and students, the use of paper, and waste disposal. Emissions carbon footprint of these 3 scopes is calculated based on the method of the International Panel on Climate Change (IPCC). The calculated emissions are CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O expressed in kgCO<sub>2</sub>-eq. Carbon footprint of the campus activities in FT Unnes is 1.618.001,473 kgCO<sub>2</sub>-eq. Minimization of the carbon footprint of campus activity in FT Unnes is done by applying two scenarios. The implementation of these scenario is estimated to minimize the carbon footprint of 93,800.872 kgCO<sub>2</sub>-eq (5,797% of the total carbon footprint).

**Keywords:** campus activities, carbon footprint, FT Unnes, minimization, the scope of the emissions

## PENDAHULUAN

Dampak emisi karbon sebagai penyebab utama dari perubahan iklim telah menimbulkan kekhawatiran dan menjadi tantangan bagi masyarakat internasional. Dalam rangka upaya pengurangan emisi di lingkungan universitas, maka studi jejak karbon dari aktivitas di kampus perlu dilakukan. Jejak karbon (*carbon footprint*) adalah ukuran dari jumlah total emisi karbon dioksida yang langsung maupun tidak langsung disebabkan oleh suatu kegiatan (Wiedman dan Minx, 2008).

Universitas Negeri Semarang (Unnes) memiliki 8 fakultas dengan bangunan fakultas dan administrasi yang di dalamnya terdapat berbagai aktivitas yang menghasilkan emisi karbon. Fakultas Teknik (FT) dipilih sebagai lokasi penelitian karena memiliki 4 jurusan dan 1 program studi. Dengan jumlah populasi 3.942 orang, jejak karbon di FT Unnes perlu dihitung untuk mengetahui seberapa besar kontribusi aktivitas kampus terhadap emisi yang dihasilkan sehingga dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminimalisasi.

Kajian jejak karbon di FT Unnes dilakukan dalam 3 lingkup menurut *The Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol), yaitu emisi dari sumber yang dimiliki atau dikontrol langsung oleh fakultas, emisi tidak langsung dari konsumsi listrik, serta emisi tidak langsung lainnya (WRI dan WBSCD, 2004). Emisi jejak karbon dari ketiga lingkup tersebut dihitung berdasarkan metode dari *International Panel on Climate Change* (IPCC) untuk inventarisasi gas rumah kaca (GRK) nasional. Emisi yang dihitung adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O) yang dinyatakan dalam kgCO<sub>2</sub>-eq. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O termasuk ke dalam GRK yang berumur panjang (*long-lived greenhouse gases*) yang menjadi kontributor utama dari perubahan iklim (WMO, 2014). Tujuan

dari penelitian ini adalah untuk menganalisis seberapa besar jejak karbon dari aktivitas kampus di FT Unnes dan skenario yang dapat diterapkan untuk meminimalisasi jejak karbon.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Pengambilan Sampel

Sampel dosen, staf, dan mahasiswa dilakukan dengan metode penarikan sampel secara acak berstrata proporsional untuk masing-masing jurusan. Pengambilan sampel dilakukan untuk mengetahui aktivitas transportasi dosen, staf, dan mahasiswa serta alternatif kegiatan reduksi emisi jejak karbon. Jumlah sampel ditentukan dengan rumus Slovin.

$$n = \frac{N}{1 + N\alpha^2} \quad (...1)$$

keterangan:

- n = Jumlah sampel wilayah studi (jiwa)  
N = Jumlah total dari keseluruhan dosen, staf, dan mahasiswa aktif FT Unnes tahun ajaran 2015-2016 (jiwa)  
 $\alpha$  = Derajat kesalahan yang digunakan (10%).

Tabel 1 Jumlah Sampel

Dosen	Staf	Mahasiswa
98	64	40

### Perhitungan Jejak Karbon

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan yang dilakukan di FT Unnes. Pengambilan data yang dilakukan meliputi pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer yang dibutuhkan berupa penggunaan LPG di kantin dan jurusan, jenis kendaraan dan pembelian bahan bakar oleh dosen, staf, dan mahasiswa, penggunaan kertas oleh mahasiswa, gaya hidup dalam penggunaan transportasi dan listrik, serta kesediaan dalam mengurangi

jejak karbon. Data ini diperoleh melalui observasi, wawancara, dan kuesioner. Data sekunder diperoleh melalui dokumentasi dan studi literatur berupa data jumlah dan pembelian bahan bakar kendaraan operasional, pembelanjaan listrik, penggunaan kertas operasional, timbulan sampah, serta luas gedung FT Unnes.

Data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah berdasarkan lingkup emisi menurut *GHG Protocol*. Perhitungan jejak karbon dilakukan dengan metode *International Panel on Climate Change* (IPCC) (IPCC, 2006). Emisi yang dihitung adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O) yang dinyatakan dalam kgCO<sub>2</sub>-eq (IPCC, 2007).

Secara umum, persamaan untuk pendugaan jejak karbon dapat ditulis dalam bentuk persamaan:

$$\text{Emisi} = \text{DA} \times \text{FE} \quad (\dots 2)$$

di mana DA adalah data aktivitas yaitu data aktivitas manusia yang menghasilkan emisi dan FE ialah faktor emisi yang menunjukkan besarnya emisi per satuan unit kegiatan yang dilakukan (KemenLH, 2012).

Dalam studi multi gas, diperlukan metode untuk membandingkan GRK yang berbeda dengan perbedaan durasi dan sifat radiasi. Untuk membuat emisi non CO<sub>2</sub>, seperti CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O sebanding dengan CO<sub>2</sub>, maka dikembangkan *Global Warming Potential* (GWP) sebagai faktor untuk menghitung CO<sub>2</sub>-eq (IPCC, 2007).

**Tabel 2** Nilai Potensi Pemanasan Gas Bumi

Gas Rumah Kaca	Nilai GWP
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	28
N <sub>2</sub> O	265

Sumber: IPCC, 2014

### 1. Lingkup Satu

Lingkup satu emisi meliputi aktivitas transportasi kendaraan operasional dan penggunaan LPG. Perhitungan jejak karbon lingkup satu dilakukan dengan Persamaan 3.

$$\text{Emisi} = \sum_a (\text{konsumsi } BB_a \times NK_a \times FE_a \times GWP) \quad (\dots 3)$$

**Tabel 3** Nilai Kalor dan Faktor Emisi Pembakaran

Bahan Bakar	Nilai Kalor	FE CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> / MJ)	FE CH <sub>4</sub> (kgCH <sub>4</sub> / MJ)	FE N <sub>2</sub> O (kgN <sub>2</sub> O/ MJ)
Premium	33 MJ/l	0,0693	0,000033	0,0000032
Pertamax	33 MJ/l	0,0693	0,000025	0,000008
Solar	36 MJ/l	0,0741	0,0000039	0,0000039
LPG	47,3 MJ/kg	0,0631	0,000005	0,0000001

Sumber: KemenLH, 2012

### 2. Lingkup Dua

Aktivitas pembelanjaan listrik merupakan perhitungan jejak karbon dari lingkup dua. Data yang diperoleh untuk pembelanjaan listrik seluruh fakultas Unnes perlu dilakukan perbandingan dengan luas terbangun kampus FT Unnes untuk mendapatkan jumlah pemakaian listrik oleh FT Unnes. Perhitungan jejak karbon lingkup satu dilakukan dengan Persamaan 4.

$$\text{Emisi} = \text{konsumsi listrik} \times \text{FE} \times \text{GWP} \quad (\dots 4)$$

**Tabel 4** Faktor Emisi Konsumsi Listrik

FE CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /kWh)	FE CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> /kWh)	FE N <sub>2</sub> O (kg N <sub>2</sub> O/kWh)
0,774388897	0,00001594341	0,00000876813

Sumber: Ecometrica, 2011

### 3. Lingkup Tiga

Data yang termasuk dalam lingkup tiga meliputi aktivitas transportasi oleh dosen, staf, dan mahasiswa ke dan dari kampus FT Unnes, penggunaan kertas oleh FT Unnes dan mahasiswa, serta pembuangan sampah.

Perhitungan jejak karbon dari aktivitas transportasi oleh dosen, staf, dan mahasiswa dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3 pada lingkup satu. Jejak karbon dari aktivitas penggunaan kertas dihitung dengan menggunakan Persamaan 5. Total jejak karbon dari aktivitas penggunaan kertas tidak perlu dikali dengan nilai GWP karena faktor emisi sudah dalam satuan kgCO<sub>2</sub>-eq/kg kertas.

$$\text{Emisi} = \sum_p (\text{pemakaian kertas}_p \times FE_p) \quad (\dots 5)$$

**Tabel 5** Faktor Emisi Penggunaan Kertas

FE CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> - eq/ kg kertas)	FE CH <sub>4</sub> (kg CO <sub>2</sub> - eq/ kg kertas)	FE N <sub>2</sub> O (kg CO <sub>2</sub> - eq/ kg kertas)
1,22	0,046	0,028

Sumber: EPA Victoria, 2013

Perhitungan jejak karbon dari aktivitas pembuangan sampah dilakukan dengan menghitung emisi CO<sub>2</sub> pada pembakaran terbuka (KemenLH, 2012)). Jejak karbon dihitung berdasarkan Persamaan 6 dan Persamaan 7.

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum_j (\text{timbulan sampah}_j \times WF_j \times dm_j \times CF_j \times FCF_j \times OF_j) \times \frac{44}{12} \quad (\dots 6)$$

**Tabel 6** Komposisi Sampah sebagai % Berat Basah

Komponen Sampah	Komposisi Sampah (%)
Organik	61,95

Kertas	12,26
Kain	1,55
Karet dan kulit	0,5
Plastik	13,39
Logam	1,8
Gelas	1,72
Lain-lain	6,83

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Semarang, 2011

**Tabel 7** Data Angka Kandungan Zat Kering, Fraksi Karbon dalam Bahan Kering, dan Fraksi Fosil Karbon dalam Total Karbon

Komponen Sampah	Dm (%)	CF (%)	FCF (%)
Sisa makanan	40	38	-
Kertas + karton + nappies	90	44	1
Kayu	85	50	-
Kain + produk tekstil	80	30	20
Karet dan kulit	84	39	20
Plastik	100	-	100
Logam	100	-	-
Gelas	100	-	-
Lain-lain	90	-	100

Sumber: KemenLH, 2012

$$\text{Emisi} = \text{timbulan sampah} \times FE \times GWP \quad (\dots 7)$$

**Tabel 8** Faktor Emisi Timbulan Sampah

FE CH <sub>4</sub> (kgCH <sub>4</sub> / kg sampah basah)	FE N <sub>2</sub> O (kgN <sub>2</sub> O/ kg sampah basah)
0,0065	0,00015

Sumber: KemenLH, 2012

### Minimalisasi Jejak Karbon

Upaya minimalisasi jejak karbon dilakukan melalui beberapa alternatif yang dipilih dari kuesioner. Data yang diperoleh tersebut kemudian dianalisis secara statistik menggunakan program SPSS

(Statistical Package for the Social Sciences) Statistics 17.0. Uji yang dilakukan adalah berupa uji validitas dan reliabilitas. Alternatif solusi berupa kebijakan dan perubahan dalam minimalisasi jejak karbon dipilih dari rata-rata nilai tertinggi berdasarkan skala Likert untuk aktivitas pembelanjaan listrik dan penggunaan transportasi oleh dosen, staf, dan mahasiswa. Kebijakan dan perubahan perilaku yang terpilih ini selanjutnya akan dihitung nilai pengurangan emisi jejak karbon sehingga dapat diketahui jumlah emisi yang dapat direduksi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gambaran Umum Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

FT Unnes memiliki 4 jurusan dan 1 program studi, yaitu Jurusan Teknik Sipil, Jurusan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Elektro, Jurusan Pendidikan Kesejahteraan Keluarga, dan Program Studi Teknik Kimia. FT Unnes memiliki jumlah dosen sebanyak 173 orang, staf 64 orang, dan mahasiswa 3.705 pada tahun 2015. Kampus FT Unnes menempati luas 29.459,6 m<sup>2</sup> dengan luas terbangun sebesar 24.500,82 m<sup>2</sup>.

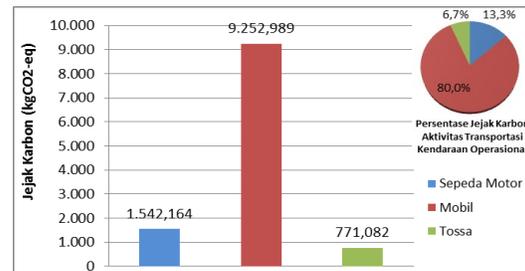


**Gambar 1** Peta Kampus Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

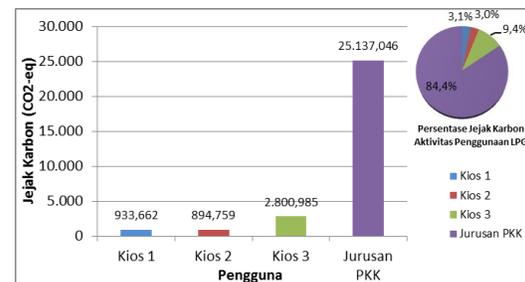
## Perhitungan Jejak Karbon

### 1. Lingkup Satu

Jejak karbon lingkup satu dihitung melalui aktivitas transportasi dari kendaraan operasional dan penggunaan LPG. Penggunaan LPG dilakukan di kantin FT Unnes dan Jurusan Pendidikan Kesejahteraan Keluarga (PKK) untuk kegiatan praktikum. Jejak karbon yang dihasilkan dari lingkup satu sebesar 41,333 tonCO<sub>2</sub>-eq.



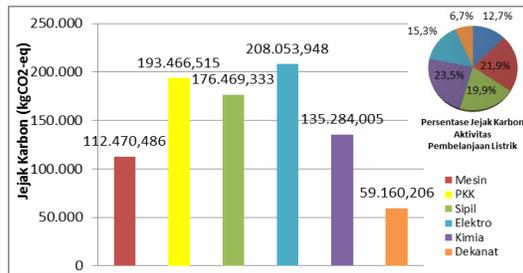
**Gambar 2** Total Jejak Karbon Lingkup Satu Aktivitas Kendaraan Operasional



**Gambar 3** Total Jejak Karbon Lingkup Satu Aktivitas Penggunaan LPG

### 2. Lingkup Dua

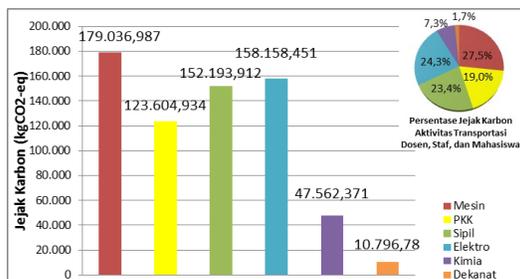
Jejak karbon lingkup dua sebesar 884,904 tonCO<sub>2</sub>-eq yang berasal dari aktivitas pembelanjaan listrik. Unnes hanya memiliki satu nomor rekening pelanggan di Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang mencakup pemakaian listrik seluruh fakultas. Data penggunaan listrik oleh FT Unnes diperoleh melalui perbandingan luas bangunan FT Unnes dan luas keseluruhan bangunan fakultas Unnes (Artadi, 2013).



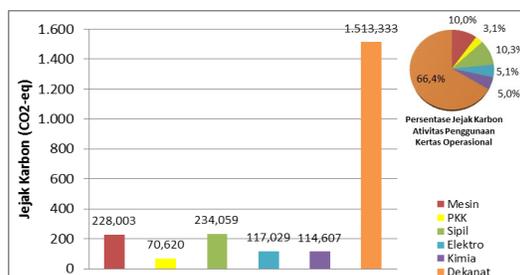
**Gambar 4** Total Jejak Karbon Lingkup Dua Aktivitas Pembelian Listrik

### 3. Lingkup Tiga

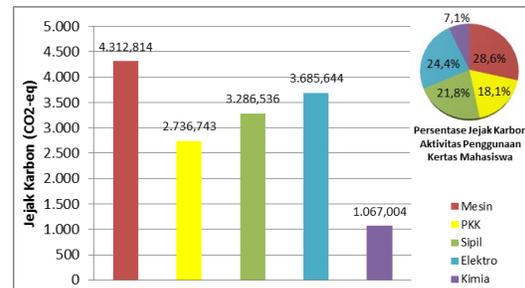
Perhitungan jejak karbon dari lingkup tiga meliputi aktivitas transportasi oleh dosen, sraf, dan mahasiswa, penggunaan kertas oleh FT Unnes dan mahasiswa, serta pembuangan sampah. Data aktivitas transportasi diperoleh melalui pembagian kepada 202 sampel. Aktivitas pemakaian kertas oleh mahasiswa juga diketahui melalui kuesioner. Data jumlah timbulan sampah FT Unnes diperoleh melalui studi literatur. Berdasarkan Damanhuri (2010), besar timbulan sampah di sekolah sebesar 0,015 kg/orang/hari. Jejak karbon dari lingkup tiga adalah sebesar 691,764 tonCO<sub>2</sub>-eq.



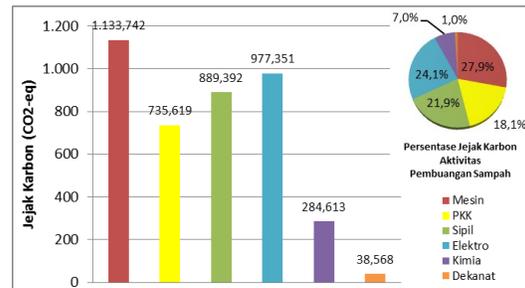
**Gambar 5** Total Jejak Karbon Lingkup Tiga Aktivitas Transportasi



**Gambar 6** Hasil Perhitungan Jejak Karbon Aktivitas Penggunaan Kertas Operasional

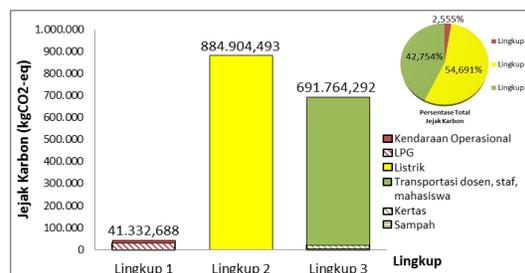


**Gambar 7** Total Jejak Karbon Lingkup Tiga Aktivitas Penggunaan Kertas Mahasiswa



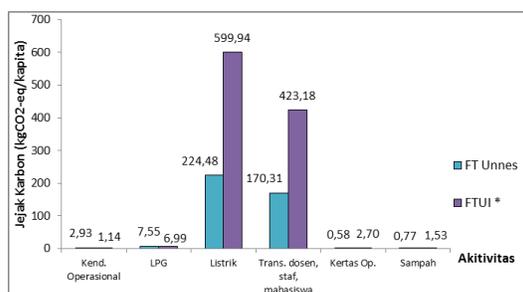
**Gambar 8** Total Jejak Karbon Lingkup Tiga Aktivitas Pembuangan Sampah

Total jejak karbon dari dari lingkup satu, lingkup dua, dan lingkup tiga sebesar 1.618,001 tonCO<sub>2</sub>-eq. Emisi terbesar dihasilkan dari lingkup dua sebesar 54,691%. Jejak karbon dari aktivitas kampus di FT Unnes dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9** Jejak Karbon dari Aktivitas Kampus di FT Unnes

Penelitian jejak karbon di kampus Universiti Teknologi Malaysia (UTM) juga menunjukkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> tertinggi dihasilkan dari konsumsi energi listrik sebesar 1,89 MtCO<sub>2</sub> (Azeez dan Ho, 2015). Universidad de Talca yang juga melakukan evaluasi emisi GRK di Kampus Curico menunjukkan emisi GRK terbesar dihasilkan oleh aktivitas transportasi mahasiswa (di luar penggunaan bis universitas) dalam melakukan perjalanan ke kampus yaitu sebesar 88% dari total jejak karbon (Vasquez, dkk., 2015). Perhitungan jejak karbon di FT Unnes dibandingkan dengan Fakultas Teknik Universitas Indonesia (FTUI) yang juga melakukan perhitungan jejak karbon (Artadi, 2013). Gambar 10 menunjukkan jejak karbon tertinggi per kapita dari FT Unnes dan FTUI dihasilkan dari aktivitas penggunaan listrik sedangkan yang terendah dihasilkan oleh aktivitas pembuangan sampah. Total jejak karbon di FTUI lebih besar dibandingkan dengan FT Unnes, yaitu 1.035,473 kgCO<sub>2</sub>-eq/kapita, sedangkan total jejak karbon FT Unnes 406,624 kgCO<sub>2</sub>-eq/kapita.



**Gambar 10** Perbandingan Jejak Karbon per Kapita dari Aktivitas Kampus di Universitas

Sumber : \*Artadi, 2013

### Minimalisasi Jejak Karbon

Minimalisasi jejak karbon dari aktivitas kampus di FT Unnes dilakukan dengan memberikan alternatif berupa kebijakan dan perubahan perilaku. Alternatif ini dipilih melalui pembagian

kuesioner kepada dosen, staf, dan mahasiswa berdasarkan skala Likert. Data yang diperoleh dari kuesioner selanjutnya diuji validitas dan reliabilitasnya dengan menggunakan program SPSS *Statistics* 17.0. Berdasarkan hasil kuesioner, maka terpilih dua skenario pengurangan jejak karbon.

1. Mematikan komputer ketika ditinggalkan selama 60 menit

Penerapan skenario satu dilakukan pada jam istirahat mulai pukul 12.00 – 13.00. Dengan jumlah komputer sebanyak 318 unit, estimasi jejak karbon yang dapat diminimalisasi adalah sebesar 1,068 tonCO<sub>2</sub>-eq. Skenario satu dapat mereduksi 0,066% dari total jejak karbon.

**Tabel 9** Hasil Perhitungan Minimalisasi Jejak Karbon Skenario Satu

Penghematan Pembelanjaan Listrik (kWh/tahun)	Jejak Karbon (kgCO <sub>2</sub> -eq)
1.373,76	1.067,630

2. Menerapkan sistem *car free day* di area kampus

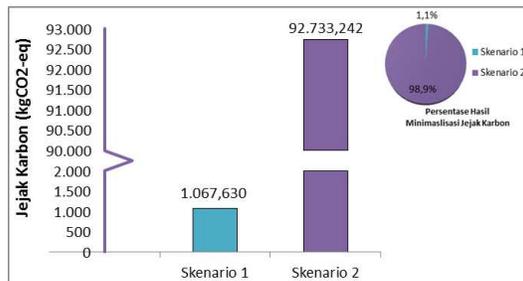
Dosen, staf, dan mahasiswa yang bertempat tinggal ≤2 km akan berjalan kaki ke kampus FT Unnes. Bagi dosen, staf, dan mahasiswa yang bertempat tinggal >2 km akan menggunakan kendaraan umum *Bus Rapid Transit* (BRT) Semarang berkapasitas 42 penumpang (Saputri, 2014). Melalui penerapan skenario dua, estimasi jejak karbon yang dapat diminimalisasi sebesar 92,733 tonCO<sub>2</sub>-eq (5,731% dari total jejak karbon).

**Tabel 10** Hasil Perhitungan Minimalisasi Jejak Karbon Skenario Dua

Moda Transportasi	Jejak Karbon (kgCO <sub>2</sub> -eq)
Jejak Karbon	134.270,687

Sebelum	
Jejak Karbon Setelah	41.537,445
<b>Hasil Minimalisasi Jejak Karbon</b>	<b>92.733,242</b>

Jejak karbon karbon dari aktivitas kampus di FT Unnes yang dapat diminimalisasi melalui penerapan skenario satu dan dua adalah sebesar 93,801 tonCO<sub>2</sub>-eq (5,797% dari total jejak karbon). Hasil reduksi tertinggi diperoleh dari penerapan skenario dua sebesar 98,862% dan diikuti dengan skenario satu sebesar 1,138%.



**Gambar 11** Minimalisasi Jejak Karbon dari Aktivitas Kampus di FT Unnes

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut.

1. Jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas kampus di FT Unnes pada tahun 2015 adalah sebesar 1.618.001,473 kgCO<sub>2</sub>-eq. Total jejak karbon ini terdiri dari lingkup satu berupa aktivitas transportasi oleh kendaraan operasional dan penggunaan LPG sebesar 41.332,688 kgCO<sub>2</sub>-eq, lingkup dua dari aktivitas pembelanjaan listrik sebesar 884.904,493 kgCO<sub>2</sub>-eq, serta lingkup tiga berupa aktivitas transportasi oleh dosen, staf, dan mahasiswa, penggunaan kertas, dan pembuangan sampah sebesar 691.764,292 kgCO<sub>2</sub>-eq.

2. Minimalisasi jejak karbon dari aktivitas kampus di FT Unnes dilakukan dengan menerapkan dua skenario, yaitu dengan mematikan komputer ketika ditinggalkan selama 60 menit (1.067,63 kgCO<sub>2</sub>-eq/tahun) dan menerapkan sistem *car free day* di area kampus (92.733,242 kgCO<sub>2</sub>-eq/tahun). Estimasi jejak karbon yang dapat diminimalisasi melalui penerapan skenario ini sebesar 93.800,872 kgCO<sub>2</sub>-eq/tahun (5,797% dari total jejak karbon).

## DAFTAR PUSTAKA

- Artadi, F. 2013. *Studi Jejak Karbon dari Aktivitas di Kampus Fakultas Teknik Universitas Indonesia*. Depok: UI Press.
- Azeez, I. dan Ho, S.C. 2015. *Realizing Low Carbon Emission in the University Campus towards Energy Sustainability*, *Open Journal of Energy Efficiency*, 4, 15-27. Scientific Research Publishing Inc.
- Damanhuri dan Padmi. 2010. *Diktat Kuliah TL-3104 Pengelolaan Sampah*. FTSL ITB.
- Ecometrica. 2011. *Technical Paper, Electricity - Specific Emission Factors for Grid Electricity*.
- EPA Victoria. 2013. *Information Bulletin. Greenhouse Gas Emission Factors for Office Copy Paper*.
- Grisebach, M. 2003. *How Much Power does You PC Consume?.* IST-System: University of Waterloo.
- IPCC. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume II: Energy*. Japan: IGES.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on*



- Climate Change*, XXX pp. Cambridge, United Kingdom, and New York: Cambridge University Press.
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 151 pp. Geneva, Switzerland: IPCC.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II – Volume 1 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi*.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II – Volume 4 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Pengelolaan Limbah*. Kementerian Lingkungan Hidup.
- Praditya, Oktyan. 2012. *Studi Kualitatif Manajemen Pengelolaan Sampah di Kelurahan Sekaran Kota Semarang*. Universitas Negeri Semarang.
- Saputri, MD. 2014. *Evaluasi Lokasi Eksisting Shelter dan Karakteristik Pengguna Bus Rapid Transit (BRT) Trans - Semarang pada Dua Koridor Pelayanan di Kota Semarang Intisari*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Universitas Negeri Semarang. 2016. Sub Bagian Akademik dan Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Universitas Negeri Semarang. 2016. Sub Bagian Umum dan Kepegawaian Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Universitas Negeri Semarang. 2016. Sub Bagian Rumah Tangga Universitas Negeri Semarang.
- Vasquez, L., Iriarte, A., Almeida, M., Villalobos, P. 2015. *Evaluation of Greenhouse Gas Emissions and Proposals for Their Reduction at a University Campus in Chile*. Elsevier 924-930.
- Wiedmann, T. & Minx, J. 2008. *A Definition of 'Carbon Footprint'*. C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends. Chapter 1*, pp. 1-11., Hauppauge NY: Nova Science Publishers.
- WMO. 2014. *Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse in the Atmosphere Based on Global Observations through 2013*. Geneva. No. 10. ISSN 2078-0796.
- WRI dan WBSCD. 2004. *A Corporate Accounting and Reporting Standard Revised Edition*. ISBN 1-56973-568-9. USA.