
**PENENTUAN NILAI JEJAK KARBON (CO₂, CH₄, N₂O) DARI
AKTIVITAS KAMPUS FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

Elfebri Pasca Wardani^{*)}, Endro Sutrisno^{)}, Budi P. Samadikun^{**)}**
Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H Tembalang Semarang, Indonesia 50275
email : elfebripasca@yahoo.com

Abstrak

Aktivitas kampus merupakan salah satu dari penghasil jejak karbon. Jejak karbon adalah ukuran jumlah total dari hasil emisi karbon dioksida secara langsung maupun tidak langsung yang disebabkan aktivitas atau akumulasi dari penggunaan prosuk sehari-hari. Belum diketahuinya besar nilai jejak karbon dari aktivitas kampus dan cara reduksi jejak karbon di Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro mendorong untuk melakukan penelitian ini. Emisi jejak karbon yang dihitung adalah CO₂, CH₄, dan N₂O yang dinyatakan dalam tonCO₂eq. Penentuan nilai jejak karbon di FSM Undip dilakukan dalam 3 lingkup. Perhitungan jejak karbon lingkup satu dari aktivitas pemakaian LPG dan aktivitas transportasi kendaraan operasional, lingkup dua dari aktivitas pembelian dan pemakaian listrik, dan lingkup tiga dari aktivitas transportasi mahasiswa, dosen dan staf kependidikan, pemakaian kertas, dan timbulan sampah. Nilai jejak karbon dihitung berdasarkan metode dari International Panel on Climate Change (IPCC). Nilai jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas kampus di Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro adalah sebesar 468,059 tonCO₂eq. Alternatif reduksi dari aktivitas kampus di Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro dilakukan dengan menerapkan tiga skenario. Skenario yang diperkirakan dapat mereduksi jejak karbon adalah beralih menggunakan angkutan umum dan melakukan penghematan listrik dengan besar reduksi yang dihasilkan 53,5% dan 7,7% dari total jejak karbon yang dihasilkan.

Kata kunci: jejak karbon, aktivitas kampus, IPCC, lingkup aktivitas, reduksi jejak karbon

Abstract

[The Determination of Value of Carbon Footprint (CO₂, CH₄, and N₂O) from Campus Activity in Faculty of Science and Mathematics, University of Diponegoro]. Campus activity is one of the carbon footprint producers. The carbon footprint is a measure from the total amount of carbon dioxide emissions result directly or indirectly, that is caused by the activity or the accumulation of daily products. The amount of value of carbon footprint from campus activity and the way to reduce carbon footprint in Faculty of Science and Mathematics, University of Diponegoro have not known yet. Thus, the writer is encouraged to conduct this study. The emissions of carbon footprint, that are calculated, are CO₂, CH₄, and N₂O. It is then stated in tonCO₂eq. The determination value of the carbon footprint in the FSM Undip is done by 3 scopes. In the first scope, the calculation of the carbon footprint comes from the activity of LPG usage and the activity of operational transportation. In the second scope, it comes from the activity of purchasing and consuming electricity. In the third scope, it comes from the activity of students, teachers and educational staff transportation, paper consumption, and waste. The value of carbon footprint is calculated based on International Panel on Climate Change (IPCC) method. The value of carbon footprint that is produced by campus activity in Faculty of Science and Mathematics, University of Diponegoro is 468.059 tonCO₂eq. The alternative reduction from campus activity in Faculty of Science and

Mathematics, University of Diponegoro is done by implementing three scenarios. These scenarios are expected to reduce the carbon footprint is to switch to using public transportation and to save electricity produced by a large reduction by 53.5% and 7.7% of the total carbon footprint.

Keyword: carbon footprint, campus activity, IPCC, scope activity, carbon footprint reduction

PENDAHULUAN

Latar belakang

Konsentrasi karbon di atmosfer terus naik seiring berjalan waktu. Fakta dan hasil-hasil penelitian para ahli dalam *World Meteorological Organization* (2014) menunjukkan bahwa ada kecenderungan jumlah kadar gas rumah kaca seperti CO₂, CH₄ dan N₂O mencapai tertinggi pada tahun 2013, dengan CO₂ di 396,0 ± 0,1 ppm, CH₄ di 1824 ± 2 ppb dan N₂O di 325,9 ± 0,1 ppb. Emisi gas rumah kaca ini semakin hari jumlah dan konsentrasinya terus naik dan ternyata sangat berkorelasi positif dengan semakin tingginya aktivitas manusia yang dihasilkan dari berbagai kegiatan.

Jejak karbon (*Carbon Footprint*) merupakan suatu ukuran jumlah total dari hasil emisi karbon dioksida yang secara langsung maupun tidak langsung yang disebabkan oleh aktifitas atau akumulasi yang berlebih dari penggunaan produk dalam kehidupan sehari-hari. (Wiedmann dan Minx, 2008). Jejak karbon ada dua macam, yaitu jejak karbon primer dan jejak karbon sekunder. Jejak karbon primer adalah tolak ukur untuk emisi langsung CO₂ dari pembakaran bahan bakar, termasuk konsumsi energi domestik dan transportasi (mobil dan pesawat terbang). Sedangkan jejak karbon sekunder adalah tolak ukur emisi tidak langsung CO₂ dari lifecycle produk-produk yang kita gunakan, dari pembuatan sampai ke penguraian (Walser, 2010).

Universitas bisa dikategorikan sebagai kota kecil dilihat dari ukurannya yang luas, populasi, dan berbagai aktivitas kompleks yang terjadi di kampus yang memiliki beberapa dampak langsung dan tidak langsung yang serius terhadap lingkungan (Abubakar & Alshuwaikhat, 2008). Gas karbon dioksida (CO₂) merupakan pengemisi gas rumah kaca

yang jumlah dan konsentrasinya meningkat seiring meningkatnya aktivitas manusia dari berbagai kegiatan diantaranya kegiatan domestik yang berasal dari rumah, kantor, institusi, rumah sakit, sekolah, dan kampus, kegiatan industri, serta kegiatan transportasi. Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro adalah salah satu dari sekian banyak penyumbang jejak karbon, karena di dalam fakultas tersebut terdapat berbagai kegiatan seperti kegiatan perkuliahan, kegiatan perkantoran, kegiatan kantin, dan kegiatan penunjang lainnya. Emisi karbon dihasilkan dari penggunaan listrik, pemakaian kertas dan transportasi, jumlah timbulan sampah, serta pemakaian LPG di kantin.

Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro mempunyai 3 program, yaitu program Pasca Sarjana (S2), program Sarjana (S1), dan program Diploma III (D III). Program Pasca Sarjana (S2) FSM Undip memiliki 4 Program Magister, yaitu : program Magister Biologi, program Magister Ilmu Fisika, program Magister Matematika, dan program Magister Kimia. Program Sarjana (S1) FSM Undip memiliki 6 Departemen, yaitu : Departemen Matematika, Departemen Biologi, Departemen Kimia, Departemen Fisika, Departemen Statistika, dan Departemen Ilmu Komputer/Informatika. Program Diploma III (D III) FSM Undip memiliki 1 program yaitu Diploma III Instrumentasi dan Elektronika. Dalam menunjang pendidikannya, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro mempunyai banyak laboratorium. Jurusan Matematika memiliki 3 laboratorium, Jurusan Fisika memiliki 9 laboratorium, Jurusan Biologi memiliki 6 laborotorium, dan Jurusan Kimia memiliki 6 laboratorium. Jumlah populasi FSM Undip

yang lebih dari 3.000 orang, menyebabkan jejak karbon perlu dihitung untuk mengetahui seberapa besar penyebab aktivitas kampus terhadap emisi yang dihasilkan. Maka berdasarkan hal itu, dilakukan penelitian dengan judul “Penentuan Nilai Jejak Karbon (CO₂, CH₄, N₂O) dari Aktivitas Kampus di Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro”.

Tujuan Penelitian

1. Menganalisis berapa besar nilai jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas di lingkungan kampus Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.
2. Mengetahui cara mereduksi jejak karbon yang dihasilkan di lingkungan kampus Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.

METODOLOGI

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Dilaksanakan pada bulan Mei–Oktober 2016 dengan lokasi penelitian di Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Kota Semarang.

2. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan metode *probability sampling* yang digunakan apabila populasi mempunyai anggota atau unsur yang tidak homogen dan berstrata secara proposional. Dengan menggunakan metode penarikan sampel acak maka tidak keseluruhan populasi yang akan diuji melainkan hanya sejumlah tertentu yang jumlahnya ditentukan dengan menggunakan rumus Slovin :

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

Keterangan :

- n : Jumlah sampel wilayah studi
N : Jumlah total dari keseluruhan mahasiswa aktif FSM UNDIP pada tahun 2015/2016
 α : Derajat kesalahan yang digunakan (10%)

Dari rumus didapatkan jumlah sampel untuk mahasiswa adalah 100 responden, Sedangkan untuk dosen 65 responden dan untuk staf kependidikan 48 responden. Total sampel adalah 213 responden.

3. Teknik Pengumpulan Data

1. Pengumpulan Data Primer

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data primer pada penelitian ini adalah observasi (pengamatan), interview (wawancara) dan kuesioner. Pada penelitian ini, pengumpulan data primer dilakukan dengan cara observasi, interview, serta memberikan kuesioner ke pengguna LPG serta mahasiswa dan staf FSM Undip sebagai responden.

2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung dan tanpa melakukan pengamatan sendiri melainkan didapatkan dari literatur maupun instansi-instansi yang terkait dalam penelitian ini dalam melakukan analisis. Data yang diambil berupa data pemakaian listrik, data pembelian bahan bakar kendaraan operasional, data pemakaian kertas, dan timbulan sampah yang dihasilkan.

4. Teknik Analisis Data

Data-data yang diperoleh dianalisis menggunakan *software Microsoft Office Excel 2013* dan *software SPSS Statistics Version 16.0 For Windows*. Untuk menentukan besar nilai jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas kampus di FSM Undip dibagi menjadi 3 lingkup. Lingkup 1 terdiri dari konsumsi LPG dan besar konsumsi bahan bakar dari kendaraan operasional. Lingkup 2 dari pembelian dan pemakaian listrik di FSM Undip. Lingkup 3 terdiri dari kendaraan mahasiswa, dosen serta staf di kampus FSM Undip, konsumsi kertas dan timbulan sampah yang dihasilkan di FSM Undip. Setelah itu, mengkonversikan data yang didapat menjadi CO₂-eq dengan mengalikannya faktor emisi masing-masing emisi karbon.

Alternatif reduksi didapatkan dari pembagian kuesioner, dimana disitu ditanyakan pendapat, opini dan sikap

responden terhadap rekomendasi alternatif reduksi. Setelah itu data di masukan ke *software SPSS Statistics Version 16.0* untuk di uji validitas dan reliabilitasnya. Setelah data yang di dapat dinyatakan valid dan reliabel, maka langkah selanjutnya menentukan alternatif reduksi berdasarkan pemilihan terbanyak dari responden dan kondisi lahan yang mendukung untuk dilaksanakannya alternatif reduksi tersebut. Langkah selanjutnya menghitung nilai jejak karbon setelah dilakukan reduksi. Sehingga didapatkan reduksi jejak karbon mana yang paling efektif untuk diterapkan di kampus FSM Undip.

HASIL dan PEMBAHASAN

Perhitungan lingkup berdasarkan IPCC, 2007 dalam KLH, 2012

1. Lingkup Satu

Lingkup satu terdiri dari data pemakaian LPG di kantin dan laboratorium FSM Undip serta data pemakaian bahan bakar oleh kendaraan operasional FSM Undip.

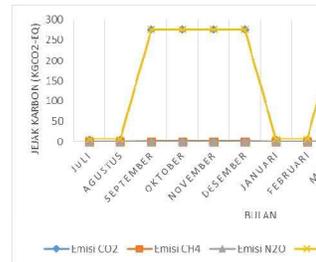
- Liquefied Petroleum Gas

Data pemakaian LPG di FSM Undip didapatkan dengan cara membagikan kuesioner kepada 3 pedagang di kantin FSM Undip dan 1 kepada mahasiswa FSM Undip yang menggunakan LPG untuk keperluan penelitian di laboratorium FSM Undip.

Tabel 1. Pemakaian LPG

No. Responden	Pemakaian LPG (Kg/hari)	Masa Aktif Perkuliahan (Kg/Bulan)	Masa Libur Semester (Kg/Bulan)
1	0,6	4,8	2,4
2	1	22	0
3	1,5	33	0
4	1,5	33	0
Total Pemakaian Rata-rata		92,8	2,4

Hasil perhitungan jejak karbon dari pemakaian LPG di FSM Undip selama satu tahun mulai dari bulan Juli 2015 sampai Juni 2016 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Total Jejak Karbon Pemakaian LPG

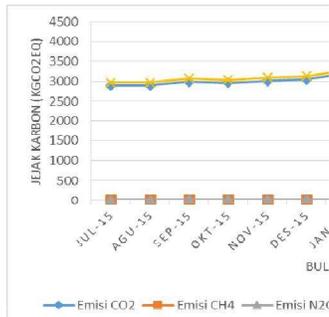
Pada masa libur semester yaitu pada libur semester ganjil bulan Juli – Agustus 2015 dan libur semester genap bulan Januari – Februari 2016, nilai jejak karbon dari pemakaian LPG yang dihasilkan adalah 7,18 kgCO₂eq. Sedangkan pada masa aktif perkuliahan yaitu bulan September – Desember 2015 dan bulan Maret – Juni 2016, nilai jejak karbon dari pemakaian LPG adalah 277,65 kgCO₂eq. Sehingga nilai total jejak karbon dari pemakaian LPG selama 1 tahun dari bulan Juli 2015 sampai Juni 2016 adalah sebesar 2249,95 kgCO₂eq atau 2,25 tonCO₂eq.

- Kendaraan Operasional

Kendaraan operasional FSM UNDIP terdiri dari 5 unit mobil dinas, 7 unit mobil pejabat, dan sisanya untuk operasional. Data yang diperoleh dari bulan juli 2015 hingga juni 2016 dalam satuan rupiah/bulan yang kemudian di konversikan dalam liter bahan bakar dengan konversi harga pertamax per liter per bulannya.

Tabel 2. Pamakaian BBM Kendaraan Operasioal

No.	Bulan	L/Bulan
1	Juli 2015	1266,7
2	Agustus 2015	1266,7
3	September 2015	1308,9
4	Oktober 2015	1294,5
5	November 2015	1316,2
6	Desember 2015	1331,1
7	Januari 2016	1394,1
8	Februari 2016	1427,9
9	Maret 2016	1539,9
10	April 2016	1581,2
11	Mei 2016	1624,8
12	Juni 2016	1602,7
Total		16954,6



Gambar 2. Total Jejak Karbon Kendaraan Operasional

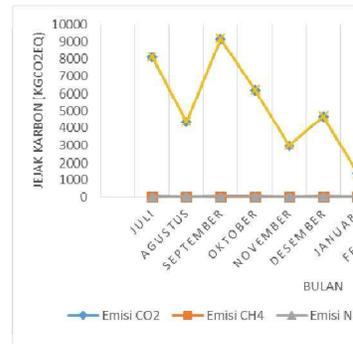
Total nilai jejak karbon selama 1 tahun dari Juli 2015 sampai Juni 2016 dari pemakaian bahan bakar kendaraan operasional adalah sebesar 39768,58 kgCO₂eq atau sebesar 39,77 tonCO₂eq. Nilai jejak karbon dari pemakaian bahan bakar kendaraan operasional tiap bulan mengalami peningkatan dikarenakan harga pertamax pada bulan Juli 2015 sampai Juni 2016 mengalami penurunan stabil sehingga bahan bakar yang dikonsumsi meningkat.

2. Lingkup Dua

Data lingkup dua berupa data pembelian dan pemakaian listrik untuk FSM Undip.

Tabel 3. Pemakaian Listrik FSM Undip

No.	Bulan	kWh/Bulan
1	Juli 2015	8.240,00
2	Agustus 2015	4.440,00
3	September 2015	9.316,00
4	Oktober 2015	6.328,00
5	November 2015	3.044,00
6	Desember 2015	4.744,00
7	Januari 2016	1.416,00
8	Februari 2016	3.792,00
9	Maret 2016	3.560,00
10	April 2016	4.288,00
11	Mei 2016	5.488,00
12	Juni 2016	2.820,00
	Total	57.476,00



Gambar 3. Total Emisi Pemakaian Listrik

Total nilai jejak karbon dari pembelian dan pemakaian listrik di FSM Undip selama 1 tahun dari bulan Juli 2015 sampai bulan Juni 2016 adalah sebesar 56.649,141 kgCO₂eq atau 56,649 tonCO₂eq. Dapat dilihat bahwa nilai jejak karbon dari pembelian dan pemakaian listrik di FSM Undip paling kecil adalah pada bulan Januari 2016 yaitu sebesar 1395,629 kgCO₂eq atau 1,395 tonCO₂eq. Sedangkan nilai jejak karbon dari pembelian dan pemakaian listrik di FSM Undip yang paling besar terdapat pada bulan September 2015 yaitu sebesar 9181,978 kgCO₂eq atau 9,181 tonCO₂eq.

3. Lingkup Tiga

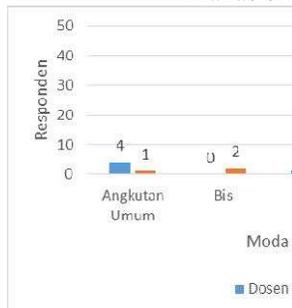
Data lingkup tiga terdiri dari data pemakaian bahan bakar kendaraan mahasiswa, dosen dan staf kependidikan pulang-pergi dari tempat tinggal ke kampus, pemakaian kertas di FSM Undip, serta timbulan sampah.

- Pemakaian BBM Kendaraan Mahasiswa, Dosen, Staf Kependidikan

Data pemakaian bahan bakar diperoleh dengan membagikan kuesioner kepada 100 responden mahasiswa, 65 responden dosen, dan 48 responden staf kependidikan untuk mengetahui pemilihan jenis moda transportasi yang paling sering digunakan dari tempat tinggal ke kampus FSM Undip.

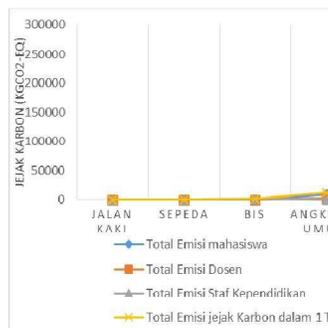


Gambar 4. Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa

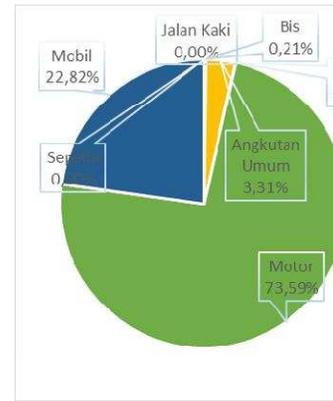


Gambar 5. Pemilihan Moda Transportasi Dosen dan Staf Kependidikan

Total jejak karbon dari keseluruhan populasi mahasiswa, dosen, dan staf kependidikan didapatkan dengan mencari rata-rata emisi jejak karbon masing-masing jenis kendaraan kemudian dikalikan dengan presentase pemilihan moda transportasi dan jumlah mahasiswa dosen, dan staf kependidikan setiap jurusan. Hasil perhitungan emisi jejak karbon dari pemakaian bahan bakar mahasiswa, dosen, dan staf kependidikan FSM Undip selama satu tahun mulai dari bulan Juli 2015 sampai Juni 2016 dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Total Jejak Karbon Pemakaian BBM Populasi FSM Undip

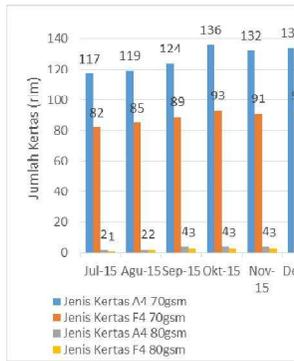


Gambar 7. Persentase Jejak Karbon Pemakaian BBM Populasi FSM Undip

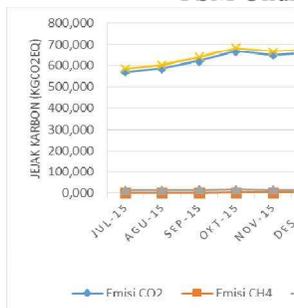
Nilai jejak karbon lingkup tiga dari pemakaian bahan bakar kendaraan terbesar dihasilkan oleh mahasiswa FSM Undip karena populasinya yang paling banyak yaitu sebesar 238.756,296 kgCO₂eq atau sebesar 238,76 tonCO₂eq. Total nilai jejak karbon lingkup tiga dari pemakaian bahan bakar kendaraan populasi di FSM Undip selama 1 tahun adalah sebesar 357.476,967 kgCO₂eq atau sebesar 357,48 tonCO₂eq. Pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa jenis moda transportasi yang paling banyak digunakan di FSM Undip adalah sepeda motor sebesar 73,59%, lalu mobil sebesar 22,82%, selanjutnya angkutan umum sebesar 3,31%. Sedangkan jenis moda transportasi yang paling sedikit digunakan adalah bis, sepeda dan berjalan kaki yang nilainya kurang dari 1%.

- Pemakaian Kertas

Data yang di dapatkan adalah jenis kertas A4 70 gsm, kertas F4 70 gsm, kertas A4 80 gsm, dan kertas F4 80 gsm yang dihasilkan rata-rata perbulan selama satu tahun. Data pemakaian kertas dapat dinyatakan dalam satuan rim/bulan.



Gambar 8. Jumlah Pemakaian Kertas FSM Undip

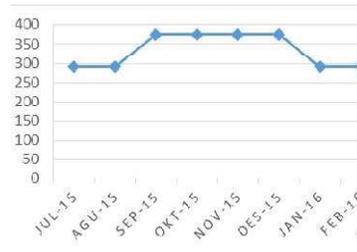


Gambar 9. Total Jejak Karbon Pemakaian Kertas FSM Undip

Total nilai jejak karbon lingkup tiga dari pemakaian kertas selama 1 tahun dari bulan Juli 2015 sampai bulan Juni 2016 adalah sebesar 7.747,381 kgCO₂eq atau sebesar 7,747 tonCO₂eq. Pada bulan Juli 2015, Agustus 2015, dan bulan Februari 2016 nilai jejak karbon dari pemakaian kertas merupakan yang paling kecil. Hal ini karena pada bulan-bulan tersebut adalah masa-masa libur semester. Sedangkan yang paling tinggi adalah pada bulan September 2015 dan bulan Juni 2016 karena pada bulan tersebut merupakan masa UTS dan UAS.

- Timbulan Sampah

Data timbulan sampah FSM Undip dapat diperoleh dari sampling sampah selama 8 hari yang dilakukan oleh penelitian terdahulu (Cyntia, 2016). Sampling sampah dilakukan pada kuliah-kantor dan jalan-kebun. Dari data tersebut dapat diambil jumlah timbulan sampah dalam satuan kg/orang/hari yang akan dijadikan dasar untuk mengetahui jumlah timbulan sampah di FSM Undip. Timbulan sampah yang dihasilkan perkuliahan-perkantoran adalah 0,013 kg/orang/hari.

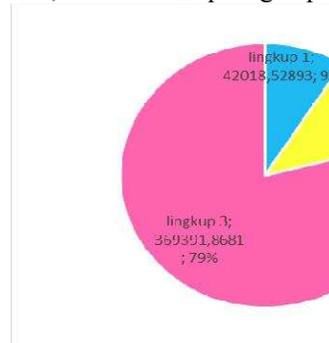


Gambar 10. Jejak Karbon dari Sampah

Nilai jejak karbon dari timbulan sampah adalah sebesar 4.168,67 kgCO₂eq atau 4,17 tonCO₂eq. Nilai jejak karbon pada masa aktif perkuliahan sebesar 375,94 kgCO₂eq dan pada masa libur semester sebesar 290,28 kgCO₂eq.

4. Nilai Total Jejak Karbon di FSM Undip

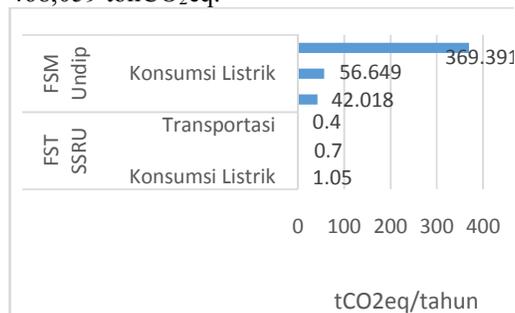
Total nilai jejak karbon dari aktivitas kampus di FSM Undip merupakan jumlah keseluruhan jejak karbon dari lingkup satu, lingkup dua, dan lingkup tiga. Jejak karbon dari lingkup satu adalah sebesar 9% dengan nilai 42,018 tonCO₂eq yang berasal dari aktivitas pemakaian LPG dan aktivitas pemakaian bahan bakar kendaraan operasional. Jumlah jejak karbon dari lingkup dua aktivitas pembelian dan pemakaian listrik sebesar 12% dengan nilai 56,649 tonCO₂eq. Jejak karbon dari lingkup tiga berasal dari aktivitas transportasi mahasiswa, dosen, dan staf kependidikan, aktivitas pemakaian kertas, serta timbulan sampah dengan jumlah 369,391 tonCO₂eq dengan persentase 79%.



Gambar 11. Total Nilai Jejak Karbon dari Aktivitas Kampus FSM Undip

Dari Gambar 11 diketahui jejak karbon dari aktivitas di FSM Undip terbesar dihasilkan oleh lingkup tiga, yaitu

aktivitas pemakaian bahan bakar kendaraan populasi FSM Undip sebesar 357,48 tonCO₂eq. Hal ini sesuai dengan penelitian jejak karbon di Jurusan Rekayasa Kehutanan Universitas Madrid yang menunjukkan nilai jejak karbon terbesar dihasilkan oleh lingkup tiga yaitu 59% dari total jejak karbon yang dihasilkan di Jurusan Rekayasa Kehutanan Universitas Madrid (Alvarez dkk, 2014). Total nilai jejak karbon dari aktivitas kampus di FSM Undip adalah sebesar 468,059 tonCO₂eq.



Gambar 12. Nilai Per Kapita

Nilai per kapita jejak karbon Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro dibandingkan dengan jejak karbon Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Suan Sunandha Rajabhat, Thailand menurut penelitian Utaraskul (2015). Pada gambar dapat dilihat nilai jejak karbon di FST SSRU jauh lebih kecil dari nilai jejak karbon di FSM Undip. Hal ini dikarenakan jumlah populasi yang dihitung. Pada FST SSRU yang dihitung hanya jejak karbon di Program Studi Ilmu Lingkungan tahun ke-2 yaitu sebanyak 35 orang. Sedangkan di FSM Undip yang dihitung semua populasi, yaitu mahasiswa, dosen, serta staf kependidikan tahun akademik 2015/2016 yang berjumlah 3384 orang. Dari hasil juga dapat dilihat, nilai jejak karbon di FST SSRU paling tinggi adalah konsumsi listrik dengan nilai 1,05 tCO₂eq/tahun dan paling rendah adalah transportasi dengan nilai 0,4 tCO₂eq/tahun. Nilai transportasi rendah disebabkan karena gaya hidup mahasiswanya. Sebagian besar mahasiswa yang tinggal di dekat universitas ke kampus dengan jalan kaki dan

menggunakan transportasi umum. Berbeda dengan nilai jejak karbon di FSM Undip, nilai paling tinggi adalah transportasi pada emisi tidak langsung. Ini disebabkan kebanyakan mahasiswa di FSM Undip menggunakan kendaraan bermotor ke kampus.

5. Reduksi Jejak Karbon dari Aktivitas Kampus FSM Undip

Mereduksi jejak karbon dari aktivitas kampus di FSM Undip dilakukan dengan memberikan alternatif berupa kebijakan dan perubahan perilaku. Alternatif ini dipilih melalui pembagian kuesioner kepada mahasiswa, dosen, dan staf kependidikan sebanyak 213 responden berdasarkan skala Likert.

Dari semua aktivitas tersebut, aktivitas transportasi oleh populasi FSM Undip dan pemakaian listrik merupakan penghasil jejak karbon terbesar yaitu 357,48 tonCO₂eq untuk transportasi oleh mahasiswa, dosen dan staf kependidikan di FSM Undip dan 56,649 tonCO₂eq untuk pemakaian listrik. Sehingga untuk alternatif reduksinya hanya untuk aktivitas transportasi dan aktivitas pemakaian listrik.

Dipilih 3 rekomendasi skenario dalam upaya mereduksi jejak karbon, yaitu yaitu dalam 1 hari seminggu ke kampus dengan berjalan kaki, dalam 1 hari seminggu ke kampus dengan menggunakan kendaraan umum, dan mengusulkan untuk mengatur suhu ruangan pada 24° C – 27° C.

1. Skenario satu

Skenario satu mengusulkan kepada mahasiswa, dosen, dan staf kependidikan untuk mengganti penggunaan kendaraan bermotor dengan berjalan kaki dalam 1 hari dalam seminggu. Berdasarkan jawaban responden, 10,8% sangat setuju untuk berjalan kaki dalam sehari seminggu ke kampus FSM Undip. Rata-rata yang setuju untuk berjalan kaki ke kampus adalah mereka yang bertempat tinggal dengan rata-rata jarak 2 km dari kampus FSM Undip. Skenario satu mereduksi jejak karbon sebesar 54,87 tonCO₂eq dari total jejak karbon sebesar 508,21 tonCO₂eq yang dihasilkan selama satu tahun.

2. Skenario dua

Skenario dua menyusulkan kepada mahasiswa, dosen, dan staf kependidikan untuk mengganti penggunaan kendaraan bermotor dengan menggunakan angkutan umum dalam 1 hari dalam seminggu. Berdasarkan jawaban dari 213 responden, 114 responden atau 53,5% setuju dan sangat setuju untuk beralih menggunakan angkutan umum dalam 1 hari seminggu ke kampus FSM Undip. Satu angkutan umum (angkot) kuning rute Ngesrep-Undip memiliki kapasitas penumpang 12 orang, karena itu dibutuhkan 10 angkutan umum. Jarak tempuh rata-rata angkot kuning adalah 5,5 km.

Perhitungan reduksi jejak karbonnya adalah sebagai berikut.

1. Konsumsi bahan bakar

$$= ((\text{jarak} \times 11,79) / 100 \text{ km})$$

$$= ((5,5 \text{ km} \times 11,79) / 100 \text{ km})$$

$$= 0,64845 \text{ liter}$$

2. Konsumsi bahan bakar 10 angkot

$$= 0,64845 \times 10 = 6,48 \text{ liter}$$

3. Konversi energi = 33 MJ/L

4. Faktor emisi bahan bakar :

$$\text{CO}_2 = 0,0693 \text{ kg/MJ} ; \text{CH}_4 = 0,000033 \text{ kg/MJ} ; \text{N}_2\text{O} = 0,0000032 \text{ kg/MJ}$$

5. Nilai GWP : $\text{CO}_2 = 1$; $\text{CH}_4 = 25$; $\text{N}_2\text{O} = 298$

6. a merupakan jenis bahan bakar, yaitu bensin

$$7. \text{TE CO}_2 = 6,48 \text{ L} \times 33 \text{ MJ/L} \times 0,0693 \text{ kg/MJ} \times 1 = 14,81 \text{ kgCO}_2\text{eq}$$

$$\text{TE CH}_4 = 6,48 \text{ L} \times 33 \text{ MJ/L} \times 0,000033 \text{ kg/MJ} \times 25 = 0,18 \text{ kgCO}_2\text{eq}$$

$$\text{TE N}_2\text{O} = 6,48 \text{ L} \times 33 \text{ MJ/L} \times 0,0000032 \text{ kg/MJ} \times 298 = 0,2 \text{ kgCO}_2\text{eq}$$

8. Total jejak karbon menggunakan angkot 1 hari seminggu

$$= 14,81 \text{ kgCO}_2\text{eq} + 0,18 \text{ kgCO}_2\text{eq} + 0,2 \text{ kgCO}_2\text{eq} = 15,19 \text{ kgCO}_2\text{eq}$$

9. Total jejak karbon menggunakan angkot 1 hari seminggu selama 1 tahun

$$= 15,19 \text{ kgCO}_2\text{eq} \times 32 = 486,08$$

$$\text{kgCO}_2\text{eq}$$

Dari 53,5% populasi FSM Undip yang beralih menggunakan angkutan umum 1 hari seminggu selama 1 tahun

menghasilkan jejak karbon sebesar 486,08 kgCO₂eq atau 0,486 tonCO₂eq. Hal ini dengan asumsi pada masa aktif perkuliahan dalam sehari seminggu menggunakan angkutan umum selama 1 tahun. Sedangkan sisanya menghasilkan jejak karbon sebesar 217,647 tonCO₂eq. Total jejak karbon setelah di reduksi adalah sebesar 218,133 tonCO₂eq. Sehingga hasil skenario dua dengan beralih menggunakan angkutan umum dalam 1 hari dalam seminggu dapat mereduksi jejak karbon sebesar 249,926 tonCO₂eq dari total jejak karbon sebesar 468,059 tonCO₂eq yang dihasilkan selama satu tahun.

3. Skenario tiga

Skenario tiga menyusulkan untuk mengatur suhu ruangan sebesar 24° C - 27° C. Menurut Panduan Penghematan Energi di Gedung Pemerintah sesuai amanat Peraturan Menteri ESDM No. 13 tahun 2012 tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik menyebutkan bahwa mengatur suhu ruangan sebesar 24° C - 27° C merupakan rekomendasi kegiatan penghematan energi untuk pembenahan sistem perawatan AC yang menghasilkan penghematan energi sebesar 5%. Setiap perbedaan 1° C dalam suhu rata-rata ruangan berdampak pada biaya energi hingga 6%. Berikut adalah perhitungan reduksi jejak karbonnya:

1. Diketahui: nilai FE untuk CO₂, CH₄, N₂O adalah 96.100 kg/TJ; 1 kg/TJ; dan 1,5 kg/TJ. Nilai GWP untuk CO₂, CH₄, N₂O adalah 1, 25, dan 298. Nilai SFC = 0,54 ton/MWh dan nilai kalor = 0,0189 TJ/ton

2. Konsumsi listrik FSM selama satu tahun sebesar 57.476,00 kWh = 57,476 MWh

3. Total nilai jejak karbon selama satu tahun sebesar 468,059 tonCO₂eq

4. Mengatur suhu AC sebesar 24° C - 27° C menghasilkan penghematan energi sebesar 5% = 0,05

5. Konsumsi listrik setelah reduksi = 57,476 - (5% x 57,476) = 54,602 MWh

6. Konsumsi Energi (TJ) = Konsumsi listrik setelah reduksi x SFC x Nilai kalor

$$\begin{aligned} &= 54,602 \text{ MWh} \times 0,54 \text{ ton/MWh} \times \\ &0,0189 \text{ TJ/ton} \\ &= 0,557 \text{ TJ} \end{aligned}$$

7. Total nilai jejak karbon reduksi
= Konsumsi energi x FE x GWP
= (0,557 TJ x 96.100 kg/TJ x 1) +
(0,557 TJ x 1 kg/TJ x 25) + (0,557 TJ x
1,5 kg/TJ x 298)
= 53.527,7 kgCO₂eq + 13,93 kgCO₂eq
+ 248,979 kgCO₂eq
= 53.790,609 kgCO₂eq = 53,79
tonCO₂eq

8. Total nilai jejak karbon setelah reduksi
= 468,059 tonCO₂eq - 53,79 tonCO₂eq
= 414,269 tonCO₂eq

9. % reduksi
= (Total nilai jejak karbon setelah
reduksi / Total nilai jejak karbon
reduksi) x 100%
= (414,269 tonCO₂eq / 53,79
tonCO₂eq) x 100% = 7,7%

Berdasarkan perhitungan di atas, skenario tiga dapat mereduksi jejak karbon sebesar 53,79 tonCO₂eq dari total jejak karbon sebelum reduksi yaitu sebesar 468,059 tonCO₂eq dengan persentase reduksi sebesar 7,7%.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Total nilai jejak karbon yang dihasilkan pada bulan Juli 2015 sampai Juni 2016 dari aktivitas kampus di Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro adalah sebesar 468,059 tonCO₂eq. Nilai jejak karbon dari aktivitas di kampus Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro berdasarkan 3 lingkup :
 - a. Nilai jejak karbon lingkup satu dari pemakaian LPG sebesar 2,249 tonCO₂eq dan dari pemakaian bahan bakar kendaraan operasional sebesar 39,768 tonCO₂eq;
 - b. Nilai jejak karbon lingkup dua dari pemakaian listrik sebesar 56,649 tonCO₂eq; dan
 - c. Nilai jejak karbon lingkup tiga dari pemakaian bahan bakar kendaraan mahasiswa, dosen, dan staf kependidikan sebesar 357,476 tonCO₂eq, dari pemakaian kertas 7,747

tonCO₂eq, dan dari timbulan sampah sebesar 4,17 tonCO₂eq.

Nilai jejak karbon yang paling besar disebabkan oleh pemakaian bahan bakar kendaraan mahasiswa, dosen, dan staf kependidikan di FSM Undip dengan nilai 357,476 tonCO₂eq.

2. Alternatif reduksi yang paling efektif untuk mengurangi jejak karbon di FSM Undip, yaitu skenario satu: dalam 1 hari seminggu ke kampus dengan berjalan kaki, skenario dua: dalam 1 hari seminggu ke kampus dengan menggunakan kendaraan umum, dan skenario tiga: mengusulkan untuk mengatur suhu ruangan pada 24° C – 27° C. Skenario yang dipilih adalah skenario 2 dan 3. Skenario dua mereduksi 53,5% atau 249,926 tonCO₂eq dari total nilai jejak karbon. Sedangkan skenario tiga mereduksi 7,7% atau 53,79 tonCO₂eq dari total nilai jejak karbon.

Saran

1. Nilai jejak karbon dari aktivitas pemakaian bahan bakar kendaraan populasi FSM Undip ke kampus menjadi sektor pengemisi jejak karbon tertinggi sehingga diharapkan perlu menerapkan alternatif reduksi yang diberikan peneliti untuk mengurangi jejak karbon di FSM Undip;
2. Fakultas Sains dan Matematika perlu membuat regulasi untuk mengurangi jejak karbon akibat aktivitas kampus berdasarkan alternatif reduksi yang peneliti berikan;
3. Membuat regulasi berupa penghematan pemakaian bahan bakar transportasi dengan sekali seminggu ke kampus dengan berjalan kaki atau menggunakan angkutan umum serta penghematan listrik;
4. Untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan studi jejak karbon di kampus, dapat dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut : perhitungan dari sumber-sumber emisi jejak karbon lain seperti emisi dari air buangan, pemakaian kertas folio, pemakaian kertas buram dan lainnya;

5. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dari fakultas lain di Universitas Diponegoro untuk dapat mengetahui besar nilai jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas kampus di Universitas Diponegoro.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, I. & Alshuwaikhat, H. M. 2008. *An integrated approach to achieving campus sustainability: Assessment of the current campus environmental management practices. Journal of Cleaner Production*, 16 : 1777-1785
- Alvarez, S. Blanquer, M. & Rubio, A. 2014. *Carbon Footprint using the Compound Method based on Financial Accounts. The case of the School of Forestry Engineering, Thechnical University of Madrid. Journal of Cleaner Production* 66 (2014) 224 - 232
- Anonim. 2016. *Data Mahasiswa Registrasi FSM Semester Gasal 2015/2016*. Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro. Semarang
- Anonim. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II – Volume 1 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi*. Kemeterian Lingkungan Hidup
- Anonim. 2015. *Buku Pedoman Fakultas Sains dan Matematika Tahun Adakemik 2015/2016*. Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro. Semarang
- Astari, R. G. 2012. *Studi Jejak Karbon dari Aktivitas Permukiman di Kecamatan Pademangan Kotamadya Jakarta Utara*. Skripsi Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Jakarta
- Cyntia. 2016. *Studi Timbulan, Komposisi, dan Karakteristik dalam Perencanaan Teknik Operasional Pengelolaan Sampah di Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro*. Skripsi Sarjana Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. *Draft 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volume 2, Energy.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Geneva. ISBN
- Puri, R. A. 2011. *Kajian Emisi CO₂ Berdasarkan Tapak Karbon Sekunder dari Kegiatan Non Akademik di ITS Surabaya*. Skripsi Sarjana Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Universitas Diponegoro
- Utaraskul, Tatsanawalai. 2015. *Carbon Footprint of Environmental Science Students in Suan Sunandha Rajabhat University, Thailand*. Procedia – Social and Behavioral Sciences 197 (2015) 1156 - 1160
- Walser, M. L. 2010. *Carbon Footprint. Articles of Encilopedia of Earth*
- WMO. 2014. *Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse in the Atmosphere Based on Global Observations through 2013*. Geneva. No. 10. ISSN 2078-0796.
- Wiedmann, T. & Minx, J. 2008. *A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends. Chapter 1, Hal. 1-11, Hauppauge NY, USA: Nova Science Publishers*