

## JEJAK KARBON PADA TAHAP OPERASIONAL AGRO-EDUWISATA KOTA MATARAM MENGGUNAKAN PENDEKATAN PENILAIAN DAUR HIDUP

### CARBON FOOTPRINT IN THE OPERATIONAL STAGE OF MATARAM CITY AGRO- EDUTOURISM USING A LIFE CYCLE ASSESSMENT APPROACH

*Joni Safaat Adiansyah\**

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram

Submitted:03-05-2020; Revised:19-11-2021; Accepted:19-11-2021

#### ABSTRACT

*Climate change is one of the global issues that require the participation of all stakeholders for handling. In addition, the climate change issue is listed as one of the sustainable development goals (SDGs). The Government of Mataram city, as one of the stakeholders, has committed to involve the climate change consideration into its planned program, including the development of agro-edutourism facility. This study aims to calculate a carbon footprint of agro-edutourism facility during the operational stage in order to implement the Greenhouse Gas (GHG) emission reduction strategy. The method used is a life cycle assessment approach with ReCiPe analysis, and the functional unit is an annual carbon footprint per m<sup>2</sup> area of agro-edutourism. The study showed that the total carbon footprint per m<sup>2</sup> was 2.88 KgCO<sub>2</sub>-e per annum with the primary environmental hotspot was fossil fuel utilization in energy source of agro-edutourism facility (Electricity State-own Company) and visitor vehicles. Therefore, some strategies could be applied for reducing the carbon footprint, such as increasing the utilization percentage of renewable energy (solar panel), using energy-saving bulbs, preparing the facilities for zero-emission vehicles, and applying the green building concept or design. Further research is required to assess the energy management concept from the technical feasibility aspect and economic aspect for complimenting this study.*

**Keywords:** *Carbon footprint; Life cycle assessment; Climate change; Agro-edutourism; Sustainable development.*

#### ABSTRAK

Perubahan iklim adalah salah satu isu global yang memerlukan partisipasi semua pemangku kepentingan dalam menanganinya. Selain itu isu perubahan iklim juga menjadi salah satu target dalam pembangunan berkelanjutan (SDGs). Pemerintah Kota Mataram sebagai salah satu pemangku kepentingan memiliki komitmen untuk memasukkan pertimbangan perubahan ke dalam program yang disusun termasuk pembangunan fasilitas agro-eduwisata. Tujuan dari studi ini adalah menghitung jejak karbon dari tahap operasional fasilitas agro-eduwisata agar dapat menerapkan strategi pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Metode yang digunakan adalah pendekatan penilaian daur hidup dengan analisa ReCiPe dan unit fungsi yang digunakan adalah jejak karbon per m<sup>2</sup> area pada fasilitas agro-eduwisata selama setahun. Dari hasil analisa didapatkan bahwa total jejak karbon setiap m<sup>2</sup> area adalah 2,88 KgCO<sub>2</sub>-e per tahun dengan kontributor utama yaitu penggunaan bahan bakar fosil pada sumber energi fasilitas

\* Corresponding author: [joni.adiansyah@ummat.ac.id](mailto:joni.adiansyah@ummat.ac.id)

Copyright ©2022 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license. Jurnal Teknosains is published by the Graduate School of Universitas Gadjah Mada.

agro-eduwisata (Perusahaan Listrik Negara) dan kendaraan pengunjung. Oleh karena itu, beberapa strategi dapat dilakukan untuk mengurangi jejak karbon yaitu antara lain meningkatkan prosentase penggunaan energi terbarukan (panel surya), penggunaan lampu hemat energi, mempersiapkan fasilitas untuk kendaraan zero-emission, dan menggunakan desain atau konsep bangunan hijau. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menguji konsep pengelolaan energi efisiensi baik dari sisi kelayakan teknis maupun ekonomi diperlukan untuk melengkapi kajian ini.

**Kata Kunci:** jejak karbon; penilaian daur hidup; perubahan iklim; agro-eduwisata; pembangunan berkelanjutan.

## PENGANTAR

Perubahan iklim menjadi salah satu isu dunia yang memerlukan keterlibatan semua pemangku kepentingan termasuk pemerintah, masyarakat, maupun dunia industri [1], [2]. Selain itu berbagai kesepakatan internasional telah ditandatangani berkaitan dengan perubahan iklim antara lain *Kyoto Protocol*, *Paris Agreement* [3] yang bertujuan untuk menekan jumlah emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Hal ini menunjukkan perhatian seluruh dunia terhadap isu perubahan iklim. Kegiatan manusia (*anthropogenic*) diprediksi akan menaikkan temperatur bumi antara 0,8° C - 1,2° C dan kenaikan temperatur akan mencapai 1,5° C antara tahun 2030 sampai 2050 untuk skenario *business as usual* [4]. Badan Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) yang memiliki tugas dalam mengkoordinasikan penanganan perubahan iklim adalah *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) di mana secara rutin dilakukan pertemuan antar negara melalui skema *Conference of the Parties* (COP) yang tahun ini merupakan COP 26 dan mengambil tempat di Glasgow Inggris. Strategi dan kesepakatan dalam penurunan emisi GRK (adaptasi dan mitigasi) yang tertuang dalam COP akan menjadi kewajiban setiap negara termasuk Indonesia untuk melaksanakannya.

Upaya penurunan emisi GRK juga menjadi salah satu pertimbangan yang dimasukkan oleh Pemerintah Kota Mataram dalam merancang program pembangunan termasuk pembangunan fasilitas agro-eduwisata. Adopsi penurunan

emisi GRK ke dalam program pembangunan juga bertujuan untuk mendukung pencapaian target pembangunan berkelanjutan (SDGs) khususnya target ke 13 (*Climate Action*). Adapun target *climate action* pada SDGs dituangkan ke dalam tiga rumusan yaitu pertama, meningkatkan resistensi terhadap dampak perubahan iklim, kedua, menciptakan perencanaan dan kebijakan pembangunan yang berorientasi perubahan iklim, dan meningkatkan kapasitas manusia dan kelembagaan terkait adaptasi dan mitigasi perubahan iklim[5].

Studi tentang cara mendesain sebuah kota yang berkelanjutan dan berkontribusi terhadap perubahan iklim dapat dilakukan dengan melakukan analisa terhadap jejak karbon yang dihasilkan dari sebuah program Pemerintah Kota. Dengan mengetahui besaran jejak karbon serta sumber penyumbang terhadap jejak karbon maka dapat dilakukan upaya-upaya dan strategi untuk mengurangi jejak karbon untuk mewujudkan kota yang berkelanjutan (*sustainable city*).

Penilaian daur hidup adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui jejak karbon dari sebuah proses atau kegiatan mulai dari penggunaan bahan dasar (*raw material*), produksi, penggunaan, distribusi hingga pembuangan akhir (*disposal*). Tujuan dari penilaian daur hidup adalah untuk memandu pengambil keputusan baik itu konsumen, industri, pemerintah pembuat kebijakan dalam memilih skenario yang paling rendah dampak lingkungannya. Berbagai studi terhadap penggunaan penilaian daur hidup dapat ditemui dalam berbagai hal antara lain jejak karbon dan konsumsi energi dari pembangunan jalan dan gedung [6], [7], jejak karbon dari proses produksi pupuk urea [8].

Penilaian daur hidup tidak saja terbatas pada kategori dampak jejak karbon, namun juga melingkupi kategori dampak lainnya sesuai jenis kegiatan misalnya kegiatan pengelolaan limbah pertambangan yang mengambil sembilan kategori dampak: pemanasan global, eutropikasi, penggunaan lahan, penggunaan air, dan penggunaan energi [9], [10], [11], [12]. Dalam berbagai kajian yang disebutkan tersebut ditemukan

tahapan atau kegiatan yang menyumbang dampak paling besar (*environmental hotspot*) dari siklus sebuah proses, seperti yang Biswas (2014) katakan bahwa tahapan operasi sebuah gedung menimbulkan jejak karbon paling besar dibandingkan dengan tahapan persiapan, dan tahapan pembangunan [7], Adiansyah (2019) mengungkap jika proses produksi pupuk urea menjadi tahapan penyumbang jejak karbon terbesar dibandingkan dengan tahapan pengadaan material dasar dan tahapan distribusi pupuk urea [8].

Berdasarkan dari studi yang saat ini belum pernah ada dilakukan penilaian daur hidup terhadap fasilitas agro-eduwisata, namun demikian ditemukan beberapa studi terkait dengan penilaian daur hidup pada sektor pariwisata dan perkotaan di beberapa negara luar Indonesia. Beberapa di antaranya ditunjukkan pada Kitamura dkk (2020) yang memperlihatkan jejak karbon yang dihasilkan dari kegiatan pariwisata di Jepang sebesar 136 Juta ton CO<sub>2</sub> per tahun di mana kontribusi terbesar (56,3%) dihasilkan dari tahapan transportasi para wisatawan [13], Cremer dkk (2021) menunjukkan bagaimana penilaian daur hidup digunakan di Kota Vienna sehingga terindikasi bahwa 47% dari total emisi GRK adalah di luar batas tanggung jawab langsung pemerintah Kota Vienna [14]. Selain itu beberapa publikasi yang ditemukan menampilkan kerangka kajian penilaian daur hidup terkait dengan pariwisata berkelanjutan [15],[16],[17], dan proyek perkotaan [18]. Berdasarkan ulasan sebelumnya maka belum pernah dilakukan studi penilaian daur hidup pada sebuah fasilitas agro-eduwisata sehingga studi ini perlu dilakukan untuk mengisi celah (*filling the gap*) dari studi penilaian daur hidup yang ada saat ini.

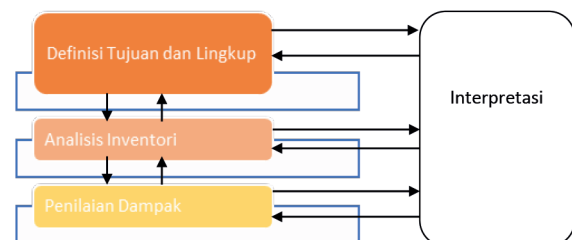
Penelitian ini memiliki beberapa tujuan, pertama, mengetahui jejak karbon pada tahap operasional fasilitas agro-eduwisata Kota Mataram dan kedua memberikan usulan terhadap strategi untuk pengurangan jejak karbon pada fasilitas agro-eduwisata. Kedua tujuan tersebut selaras dengan peta jalan (*road map*) dari *National Determined Contribution* (NDC) Indonesia yang ditetapkan oleh Kementerian

Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Dalam strategi NDC ditetapkan beberapa metode yang akan dilakukan untuk mencapai target penurunan emisi GRK di Indonesia di mana antara lain adalah peningkatan partisipasi pemangku kepentingan [19]. Dalam kaitannya dengan hal tersebut Pemerintah Kota Mataram sebagai salah satu pemangku kepentingan dimaksud ikut berpartisipasi di dalam proses rencana strategis penurunan emisi GRK. Keterlibatan Pemerintah Kota Mataram dalam penurunan emisi GRK salah satunya dengan melakukan identifikasi emisi GRK yang dihasilkan oleh kegiatan atau proyek yang dilakukan di mana salah satunya adalah terkait dengan fasilitas agro-eduwisata.

Alur pembahasan studi ini meliputi metode penilaian daur hidup, inventori data, dan penilaian dampak daur hidup. Selain itu, limitasi studi juga dipaparkan untuk memberikan gambaran keterbatasan dari studi ini dan ditutup dengan kesimpulan yang mencakup rekomendasi lanjut berkaitan dengan studi.

## METODE

Kajian ini menggunakan metode penilaian daur hidup atau dikenal juga dengan *life cycle assessment*, di mana penilaian dampak dihitung dari sisi daur hidup sebuah proses atau kegiatan atau produk. Berdasarkan ISO 14040 (2006) maka tahapan dalam melakukan penilaian daur hidup dibagi menjadi empat tahapan utama yaitu penentuan definisi tujuan dan lingkup, melakukan analisa data inventori, penilaian dampak daur hidup, dan interpretasi hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.**

Diagram alir penilaian daur hidup  
Sumber: Adopsi ISO 14040 [20]

Pada tahapan definisi dan lingkup adalah menentukan tujuan dan batasan kajian dari penilaian daur hidup yang akan dilakukan. Pada studi ini tujuan penilaian daur hidup adalah melakukan estimasi jejak karbon pada fasilitas agro-eduwisata di Kota Mataram sedangkan batasan kajian adalah berupa *gate to gate* di mana hanya memfokuskan pada kegiatan yang ada di fasilitas edu-agrowisata. Pada tahapan kedua adalah melakukan inventarisasi aliran material (*material flow*) berupa *input* dan *output* pada fasilitas agro-eduwisata. Fasilitas-fasilitas yang ada di agro-eduwisata Kota Mataram berupa area parkir, musholla, toilet, bangunan kantor, balai pertunjukan, kolam renang, *outlet* cinderamata, *cafe* dan *restaurant*, kantin pengelola, aula terbuka, dan pos informasi. Dari Berdasarkan hasil identifikasi yang dituangkan ke dalam tabel 1 terlihat bahwa material utama mencakup listrik, bahan bakar, bahan kimia, dan gas. Tahapan selanjutnya dalam proses penilaian daur hidup adalah penilaian dampak daur hidup di mana pada studi ini terfokus pada jumlah emisi karbon yang dihasilkan dari pengoperasian fasilitas agro-eduwisata Kota Mataram. Tahapan interpretasi pada sebuah penilaian daur hidup adalah berupa gambaran terhadap hasil penilaian dampak yang dituangkan ke dalam narasi berupa antara lain identifikasi fasilitas penyumbang emisi karbon terbesar.

Data yang digunakan dalam studi ini adalah gabungan antara data primer, sekunder, dan data pendekatan (*proxy*) antara lain dokumen perencanaan kawasan agro-eduwisata, laporan Badan Pusat Statistik, dan beberapa sumber lain terkait dengan pendekatan (asumsi) yang digunakan. Semua data yang dihasilkan dirangkum ke dalam inventori data seperti ditampilkan pada Tabel 1. Proses pengolahan dan analisa data menggunakan bantuan *software* SimaPro versi 9.0 [21] seperti yang dijelaskan pada penilaian dampak. Hasil penilaian dampak akan memberikan gambaran tahapan yang paling berkontribusi dalam jejak karbon fasilitas agro-eduwisata Kota Mataram.

Lebih lanjut, jejak karbon pada tahapan operasional dari fasilitas agro-eduwisata yang

direncanakan oleh Pemerintah Kota Mataram menggunakan konsep penilaian daur hidup '*streamline*' [7] dengan hanya melakukan analisa berdasarkan pemakaian setiap fasilitas tanpa mempertimbangkan penggunaan kembali atau pembuangan limbah yang dihasilkan. Adapun unit fungsi dari kajian ini adalah jejak karbon yang dihasilkan oleh setiap m<sup>2</sup> area dari fasilitas yang ada di agro-eduwisata. Analisa data inventori adalah salah satu tahapan yang paling kritical dalam sebuah penilaian daur hidup, di mana seluruh material seperti energi, bahan kimia, dan air di catat untuk mengetahui aliran masuk maupun aliran keluar dari material tersebut [8], [9]. Data inventori lengkap terhadap sebelas fasilitas yang ada di agro-eduwisata Kota Mataram ditampilkan pada Tabel 1.

Dalam hal proses analisis terhadap pengurangan jejak karbon yang dihasilkan dari fasilitas agro-eduwisata didasarkan pada analisa hasil penilaian dampak daur hidup dan data inventori yang kemudian dituangkan ke dalam bentuk rekomendasi strategi-strategi yang dapat dilakukan untuk mengurangi jejak karbon tersebut khususnya berkaitan dengan penggunaan energi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa data inventori

Pada tahapan untuk melakukan inventori data dilakukan pengumpulan data masukan (*input*) dan keluaran (*output*) dari setiap fasilitas yang ada dengan mengacu pada konsep penilaian daur hidup. Data yang dikumpulkan dalam proses inventori menunjukkan bahwa jenis material yang digunakan meliputi kendaraan, bahan bakar, air, listrik, bahan kimia (*chlorine*) dan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) seperti ditunjukkan pada tabel 1.

Dari hasil data inventori yang ditampilkan pada tabel 1 terlihat bahwa material masukan terbesar adalah berupa penggunaan listrik karena dibutuhkan untuk semua fasilitas yang ada baik untuk penerangan, pompa, pendingin ruangan, pengeras suara, maupun alat pendukung kantor (komputer). Dari data inventori pada tabel 1 juga terlihat bahwa kebutuhan listrik terbesar pada fasilitas agro-

**JONI SAFAAT ADIANSYAH ❖ JEJAK KARBON PADA TAHAP OPERASIONAL  
AGRO-EDUWISATA KOTA MATARAM MENGGUNAKAN PENDEKATAN PENILAIAN DAUR HIDUP**

eduwisata berkaitan dengan penerangan (lampu) adalah penerangan untuk area parkir dengan menggunakan 10 titik lampu dan total membutuhkan 600 Watt. Namun, jika mengacu pada fasilitas maka kebutuhan listrik terbesar adalah fasilitas kolam renang pada penggunaan pompa dan fasilitas bangunan kantor pada penggunaan lampu dan utilitas lainnya. Berdasarkan unit fungsi yang telah ditentukan pada sub-bab metode kajian

bahwa jejak karbon akan didasarkan pada luasan ( $m^2$ ) setiap fasilitas sehingga luasan area fasilitas diasumsikan sebagai luaran seperti di tunjukkan pada tabel 1, di mana total ada 11 (sebelas) fasilitas yang akan menunjang keberadaan agro-eduwisata Kota Mataram. Dengan demikian maka unit fungsi akan dijadikan referensi pada analisa penilaian dampak daur hidup dan interpretasi hasil.

**Tabel 1.**  
Data inventori setiap unit fasilitas

| No | Fasilitas                 | Input                        | Unit  | Output (Area)  | Keterangan         |   |
|----|---------------------------|------------------------------|-------|----------------|--------------------|---|
| 1  | Areal Parkir              | Motor                        | 500   | buah           | 500 m <sup>2</sup> | konsumsi bensin rata-rata 0,5 liter - Jarak rata-rata 10 km   |
|    |                           | Mobil                        | 100   | buah           |                    | Konsumsi bensin rata-rata 1 liter - Jarak rata-rata 10 Km   |
|    |                           | Lampu Penerang/ listrik      | 600   | Watt           |                    | 10 titik @ 60 watt, pemakaian 12 jam  |
| 2  | Musholla                  | PDAM (Air)                   | 1,5   | liter          | 100 m <sup>2</sup> | 50 orang/bulan  |
|    |                           | Lampu Penerang/listrik       | 100   | Watt           |                    | 4 titik @ 25 watt - 6 jam   |
| 3  | Toilet                    | PDAM (Air)                   | 8     | liter          | 10 m <sup>2</sup>  | 8 lt/org - pengguna 250 org/bulan   |
|    |                           | Lampu Penerang/ listrik      | 60    | Watt           |                    | 4 titik @ 15 watt - 12 jam  |
| 4  | Bangunan Kantor           | Lampu Penerang/ listrik      | 200   | Watt           | 100 m <sup>2</sup> | 8 titik @25 watt - 12 jam   |
|    |                           | AC/listrik                   | 600   | Watt           |                    | 1 unit 1/2 pk - 6 jam   |
|    |                           | Komputer/listrik             | 150   | Watt           |                    | 3 jam pemakaian/hari  |
|    |                           | PDAM (Air)                   | 40    | liter          |                    | 10 lt/pegawai/hari; 4 pegawai   |
| 5  | Balai Pertunjukan Terbuka | <i>Sound system</i> /listrik | 80    | Watt           | 200 m <sup>2</sup> | 3 jam pemakaian/hari  |
| 6  | Kolam Renang              | PDAM (Air)                   | 60    | m <sup>3</sup> | 60 m <sup>2</sup>  | p=10, l=4, d=1.5  |
|    |                           | Pompa                        | 1.491 | Watt           |                    | 2 HP; <i>flow rate</i> = 30 m <sup>3</sup> / jam; konversi dari <a href="https://www.rapidtables.com/convert/power/hp-to-watt.html">https://www.rapidtables.com/convert/power/hp-to-watt.html</a> |
|    |                           | Chlorine                     | 0,5   | Kg             |                    |   |
| 7  | Outlet Cinderamata        | Listrik                      | 150   | Watt           | 60 m <sup>2</sup>  | 10 outlet @ 15 Watt   |
| 8  | Café and Restaurant       | Lampu Penerang/ listrik      | 500   | Watt           | 200 m <sup>2</sup> | 6 jam operasi   |
|    |                           | LPG                          | 12    | Kg             |                    |   |
|    |                           | PDAM (Air)                   | 10    | liter          |                    | 10 lt/orang/hari  |

Lanjutan Tabel 1.

| No | Fasilitas        | Input                   | Unit | Output (Area) | Keterangan         |                  |
|----|------------------|-------------------------|------|---------------|--------------------|------------------|
| 9  | Kantin Pengelola | Lampu Penerang/ listrik | 15   | Watt          | 100 m <sup>2</sup> | 6 jam operasi    |
|    |                  | LPG                     | 3    | Kg            |                    |                  |
|    |                  | PDAM (Air)              | 10   | liter         |                    | 10 lt/orang/hari |
| 10 | Aula Terbuka     | Sound system/listrik    | 200  | Watt          | 100 m <sup>2</sup> |                  |
| 11 | Pos Informasi    | Sound system/listrik    | 100  | Watt          | 10 m <sup>2</sup>  | 8 jam operasi    |
|    |                  | Lampu Penerang/ listrik | 20   | Watt          |                    | 8 jam operasi    |
|    |                  | AC/listrik              | 600  | Watt          |                    | 8 jam operasi    |

Sumber: Analisa Data (2019)

### Limitasi

Dalam melakukan penilaian daur hidup umumnya ditemukan beberapa limitasi dari kajian yang harus disampaikan di mana hal ini sesuai dengan ketentuan yang tercantum pada panduan ISO 14040. Beberapa limitasi yang teridentifikasi dalam ISO 14040 adalah antara lain ketidakterediaan data inventori yang cukup, tidak terlingkupnya semua aliran material sehubungan adanya *gap* pada data [20].

Dalam studi ini, limitasi kajian terbagi ke dalam dua aspek yaitu database inventori, dan asumsi operasional. Beberapa pustaka *database* luar seperti *ecoinvent* digunakan sebagai pendekatan untuk beberapa material karena ketidakterediaan pustaka *database* Indonesia. Selain itu, beberapa asumsi dilakukan sehubungan dengan belum beroperasinya fasilitas agro-eduwisata untuk melengkapi ketersediaan data sesuai standar penilaian daur hidup. Beberapa asumsi tersebut adalah jumlah kunjungan selama sebulan untuk motor diperkirakan 500 buah dan mobil 100 buah, di mana asumsi rata-rata pemakaian bahan bakar minyak (BBM) untuk motor adalah 1:30 dan untuk mobil adalah 1:10.

### Penilaian dampak daur hidup

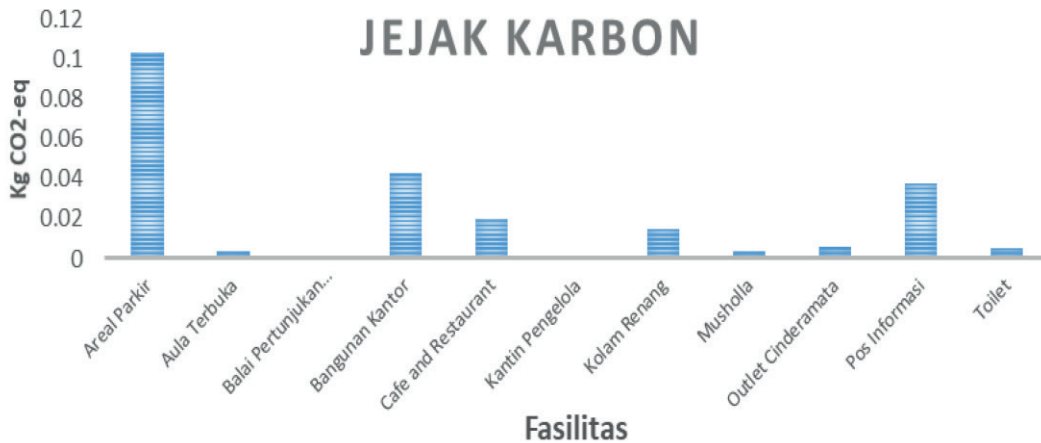
Untuk menghasilkan analisa dampak daur hidup terhadap parameter (dampak kategori) jejak karbon digunakan *software* SimaPro ver 9.0 [21] dan menggunakan metode analisa ReCiPe. Semua data yang dihasilkan pada tahapan data inventori (Tabel 1) selanjutnya diolah dengan bantuan *software* SimaPro, di

mana hasil analisa menunjukkan bahwa total jejak karbon yang nantinya dihasilkan pada tahapan pengoperasian agro-eduwisata Kota Mataram selama sebulan adalah sebesar 0,24 KgCO<sub>2</sub>-eq. Tiga fasilitas dengan penyumbang jejak karbon terbesar adalah dari fasilitas parkir (0,103 KgCO<sub>2</sub>-eq), bangunan kantor (0,042 KgCO<sub>2</sub>-eq), dan pos informasi (0,037 KgCO<sub>2</sub>-eq) seperti ditampilkan pada Gambar 2.

Fasilitas parkir memberikan jejak karbon terbesar disebabkan penggunaan lampu penerangan dengan durasi paling lama di antara fasilitas lain yaitu selama 12 jam. Penyumbangan jejak karbon terbesar kedua adalah operasional bangunan kantor yang membutuhkan total 950 Watt listrik atau 19,6 persen dari total kebutuhan listrik untuk penerangan, pendingin ruangan, dan penunjang. Dengan total pemakaian listrik 194 KWh menjadikan jejak karbon di operasional kantor lebih besar dari jejak karbon di pos informasi (172,8 KWh). Pengoperasian pendingin ruangan (AC) pada kedua fasilitas ini menjadi penyumbang utama terhadap konsumsi listrik dan jejak karbon.

Lebih lanjut jika memperhatikan hasil analisa jaringan (*networking analysis*) yang dihasilkan oleh SimaPro seperti ditunjukkan pada Gambar 3, maka penyumbang terbesar jejak karbon berdasarkan pendekatan penilaian daur hidup adalah berasal dari penggunaan listrik yang bersumber dari pembangkit listrik energi fosil. Pada kajian ini menggunakan asumsi sumber listrik terbesar adalah berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batu bara yang memberikan kontribusi sebesar

**JONI SAFAAT ADIANSYAH ❖ JEJAK KARBON PADA TAHAP OPERASIONAL AGRO-EDUWISATA KOTA MATARAM MENGGUNAKAN PENDEKATAN PENILAIAN DAUR HIDUP**

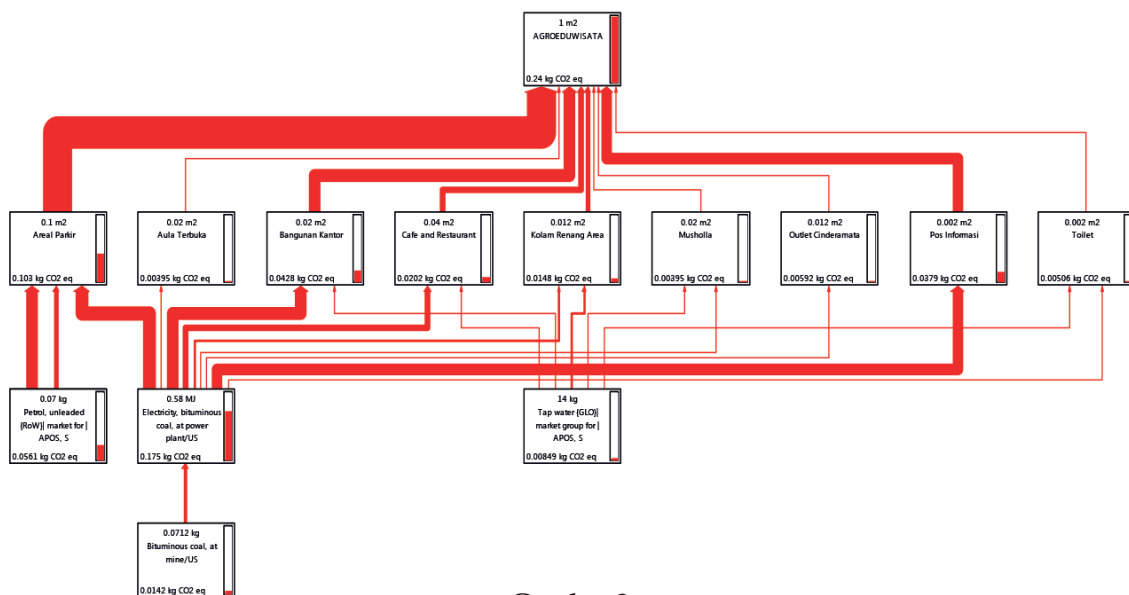


**Gambar 2.**  
Jejak karbon setiap fasilitas  
Sumber: Analisa Penulis (2020).

0,175 Kg CO<sub>2</sub>-eq per bulan per m<sup>2</sup> atau 2,1 Kg CO<sub>2</sub>-eq/tahun/m<sup>2</sup> seperti ditampilkan pada Gambar 3. Penggunaan PLTU sebagai sumber energi utama sesuai dengan bauran energi (*energy mix*) Indonesia yang masih didominasi oleh energi fosil (batu bara dan bahan bakar minyak), hal ini didukung oleh data produksi batu bara yang cukup tinggi mencapai 557 juta ton selama tahun 2018 [22].

Secara keseluruhan, hasil penilaian dampak daur hidup terhadap operasional

agro-eduwisata yang direncanakan oleh Pemerintah Kota Mataram akan menyumbang total jejak karbon setiap m<sup>2</sup> area adalah 2,88 Kg CO<sub>2</sub>-eq per tahun. Selain itu penggunaan bahan bakar fosil (batu bara) pada pembangkit listrik yang memasok energi ke fasilitas agro-eduwisata dan kendaraan pengunjung agro-eduwisata merupakan kontributor utama (*main environmental hotspot*) terhadap jejak karbon yang dihasilkan oleh operasional agro-eduwisata Kota Mataram.



**Gambar 3.**  
Distribusi sumber dampak terhadap jejak karbon  
Sumber: Analisa Penulis (2020).

Dengan mengetahui *environmental hotspot* dari operasional fasilitas agro-eduwisata Kota Mataram berupa sumber energi yang berasal dari pembangkit listrik berbahan fosil maka strategi yang dapat dilakukan untuk mengurangi jejak karbon adalah terkait dengan pengelolaan energi. Beberapa strategi dalam pengelolaan energi tersebut adalah antara lain sebagai berikut penggantian lampu penerangan lapangan parkir dengan lampu LED berpanel surya akan mengurangi penggunaan listrik sebesar 12 persen dari total kebutuhan listrik, dan perubahan penggunaan lampu dari pijar ke LED akan dapat menghemat penggunaan daya listrik sebesar 88% [23], sehingga total penggunaan listrik untuk semua fasilitas menurun menjadi hanya 115,8 Watt.

Selain itu, pengurangan jejak karbon akan lebih dari 50 persen jika fasilitas-fasilitas bangunan di area agro-eduwisata Kota Mataram seperti misalnya kantor pengelola, *café* dan *restaurant*, toko cinderamata, dan musholla menggunakan energi terbarukan (*renewable energy*) berupa panel surya. Kelebihan daya yang dihasilkan dari atap panel surya dapat digunakan sebagai pemasok grid Perusahaan Listrik Negara (PLN) [24] sehingga memiliki nilai tambah ekonomi tersendiri. Dukungan pemerintah terhadap penggunaan atap panel surya juga tercakup di dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (PLN).

## SIMPULAN

Pemanasan global (*global warming*) yang disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) mengharuskan semua pemangku kepentingan memberikan perhatian terhadap pengurangan GRK yang dihasilkan. Tidak mengherankan jika di dalam salah satu pencapaian target pembangunan berkelanjutan (SDGs 13) fokus pada penanganan GRK di mana salah satu penunjangnya adalah melalui COP (*Conference of the Parties*). Konsensus

negara-negara dunia terkait dengan strategi mitigasi dan adaptasi pemanasan global dicapai melalui COP 26 yang berlangsung di Glasgow dimana beberapa kesepakatan penting yang dihasilkan antara lain penghentian penggunaan pembangkit listrik batu bara (PLTU), dan peninjauan target NDC 2030 setiap negara akan ditinjau ulang pada tahun 2022.

Pengoperasian fasilitas agro-eduwisata berpotensi menghasilkan jejak karbon yang akan menyumbang pada konsentrasi GRK global. Dari hasil analisa menggunakan penilaian daur hidup menunjukkan bahwa total area agro-eduwisata (3.000 m<sup>2</sup>) akan menghasilkan jejak karbon per tahun sebesar 8,6 ton CO<sub>2</sub>-e, di mana kontributor terbesar adalah dari penggunaan energi fosil pada sumber listrik dan kendaraan pengunjung. Dengan teridentifikasi kontributor utama tersebut maka penurunan jejak karbon pada fasilitas edu-agrowisata Kota Mataram dapat dilakukan dengan mengganti sumber energi fosil (PLTU) dengan sumber energi terbarukan (panel surya). Pemanfaatan energi terbarukan seperti panel surya sebagai sumber energi pada fasilitas parkir, kantor, *café* dan *restaurant* serta fasilitas lainnya yang disertai dengan penggunaan lampu hemat energi (LED) akan memberikan kontribusi penurunan jejak karbon lebih dari 50 persen dari kondisi semula (*business as usual*). Melihat peluang pemanfaatan panel surya pada fasilitas edu-agrowisata Kota Mataram dan keberadaan regulasi terkait Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 13 Tahun 2019 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero), maka strategi pengurangan jejak karbon pada fasilitas agro-eduwisata Kota Mataram menjadi hal yang menguntungkan untuk diaplikasikan dari sisi aspek keberlanjutan (*sustainability*). Namun demikian, penelitian lebih lanjut terhadap konsep pengelolaan efisiensi energi baik dari sisi kelayakan teknis maupun ekonomi diperlukan untuk melengkapi kajian ini.



## UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Pemerintah Kota Mataram Provinsi Nusa Tenggara Barat yang telah menunjuk kami selaku tenaga ahli kajian dan mendanai penelitian melalui anggaran Balitbang Tahun 2019. Semoga hasil penelitian yang terpublikasi dapat menjadi referensi dalam membuat kebijakan dan strategi pembangunan di masa depan, khususnya berkaitan dengan penurunan emisi GRK.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. S. Adiansyah, "Pipeline Program CDM di Indonesia: Sebuah Peluang dan Tantangan untuk Industri Pertambangan," *Jurnal Teknosains*, vol. 1, pp. 7-15, 2011.
- [2] P. A. Mardika, "Permana Arief Mardika," *Jurnal Teknosains*, vol. 6, pp. 101-112, 2017.
- [3] J. A. Leggett, "The United Nations Framework Convention on Climate Change, the Kyoto Protocol, and the Paris Agreement: A Summary," Washington DC, 2020.
- [4] IPCC, "Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change," 2018.
- [5] A. Alisjahbana and E. Murniningtyas, *Tujuan Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia: Konsep, Target, dan Strategi Implementasi*. Bandung: Unpad Press, 2018.
- [6] G. Trunzo, L. Moretti, and A. D'Andrea, "Life Cycle Analysis of Road Construction and Use," *Sustainability*, vol. 11, no. 377, pp. 2-13, 2019.
- [7] W. Biswas, "Carbon footprint and embodied energy consumption assessment of building construction works in Western Australia," *International Journal of Sustainable Built Environment*, vol. 3, pp. 179-186, 2014.
- [8] J.S. Adiansyah, N. P. Ningrum, D. Pratiwi, and H. Hadiyanto, "Kajian Daur Hidup ( Life Cycle Assessment ) dalam Produksi Pupuk Urea : Studi Kasus PT Pupuk Kujang," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 17, no. 3, pp. 522-527, 2019.
- [9] J. S. Adiansyah, N. Haque, M. Rosano, and W. Biswas, "Application of a life cycle assessment to compare environmental performance in coal mine tailings management," *Journal of Environmental Management*, vol. 199, 2017.
- [10] T. Norgate and N. Haque, "Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations," *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, no. 3, pp. 266-274, 2010.
- [11] G. Santelices, R. Pascual, A. Lür-Villagra, A. Mac Cawley, and D. Galar, "Integrating mining loading and hauling equipment selection and replacement decisions using stochastic linear programming," *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, vol. 30, no. 6, pp. 1-14, 2015.
- [12] J.S. Adiansyah, W. Biswas, and N. Haque, "Life cycle based carbon footprint assessment of Indonesia's geothermal energy exploration project," *Chemical Engineering Transactions.*, vol. 83, pp. 61-66, 2021.
- [13] Y. Kitamura, Y. Ichisugi, S. Karkour, and N. Itsubo, "Carbon footprint evaluation based on tourist consumption toward sustainable tourism in japan," *Sustainability*, vol. 12, no. 6, pp. 1-23, 2020.

- [14] A. Cremer, M. Berger, K. Müller, and M. Finkbeiner, "The first city organizational LCA case study: Feasibility and lessons learned from vienna," *Sustainability*, vol. 13, no. 9, pp. 1-15, 2021.
- [15] C. De Camillis, A. Raggi, and L. Petti, "Life cycle assessment in the framework of sustainable tourism: A preliminary examination of its effectiveness and challenges," *Progress in Industrial Ecology*, vol. 7, no. 3, pp. 205-218, 2010.
- [16] G. Arcese, M. C. Lucchetti, and R. Merli, "Social life cycle assessment as a management tool: Methodology for application in tourism," *Sustainability*, vol. 5, no. 8, pp. 3275-3287, 2013.
- [17] G. Arcese, M. C. Lucchetti, and R. Merli, "Life Cycle Approach: A Critical Review in the Tourism Sector," *Sustainability*, no. November, 2013.
- [18] C. Roux, G. Herfray, P. Schalbart, and B. Peuportier, "LIFE CYCLE ASSESSMENT AS A DESIGN AID TOOL FOR URBAN PROJECTS," in *Sustainable Built Environment (SBE) Regional Conference -Expanding Boundaries : Systems Thinking for the Built Environment*, 2016, no. June, pp. 430-435.
- [19] KLHK, "Roadmap Nationally Determined Contribution (NDC) Adaptasi Perubahan Iklim," Jakarta, 2020.
- [20] ISO, "Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework ISO 14040." Geneva Switzerland, 2006.
- [21] G. Mark, M. Oele, and E. M. Jorrit Leijting, Tommie Ponsioen, "Introduction to LCA with SimaPro," Netherlands, 2016.
- [22] DEN, "Indonesia Energy Outlook 2019," Jakarta, 2019.
- [23] B. Winardi, "Penghematan Biaya Listrik Dengan Memanfaatkan Lampu LED Di Rumah Tangga," in *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*, 2018, pp. 381-385.
- [24] D. Hassan, "Memasang PLTS Atap Dengan Sistem On Grid, Apa Keuntungannya Buat Pelanggan PLN?," 2021. [Online]. Available: <https://www.ruangenergi.com/memasang-plts-atap-dengan-sistem-on-grid-apa-keuntungannya-buat-pelanggan-pln/>. [Accessed: 12-Nov-2021].