

# Analisis Timbulan Emisi Karbon Dioksida Area Kampus UPN “Veteran” Jawa Timur

Firza Ramadhan, Yayok Suryo Purnomo\*, M.A.S. Jawwad

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

\*Koresponden email: yayoksp.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 28 November 2024

Disetujui: 02 Desember 2024

## Abstract

The green space in the UPN Veteran campus area in East Java is a campus effort to control carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions generated by campus activities. Green spaces can absorb and store CO<sub>2</sub> and convert it into energy and O<sub>2</sub> through photosynthesis. The results showed that the CO<sub>2</sub> emissions generated by the use of motorised vehicles, human respiration activities and the use of LPG energy at the research site amounted to 7,317,565.6 kgCO<sub>2</sub>/year. The total carbon uptake of the study area was 13,422,291 kgCO<sub>2</sub>/year. From the comparison between the total carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) absorption and the generation of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions at the research site, it is known that Green Space can absorb or reduce CO<sub>2</sub> emissions as a whole.

**Keywords:** *green spaces, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) absorption, global warming*

## Abstrak

Ruang Terbuka Hijau (RTH) pada area kampus UPN “Veteran” Jawa Timur merupakan upaya kampus untuk melakukan pengendalian emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan oleh aktivitas kampus. RTH dapat menyerap serta menyimpan CO<sub>2</sub> dan diproses melalui fotosintesis menjadi energi dan O<sub>2</sub>. Hasil penelitian menunjukkan timbulan emisi CO<sub>2</sub> dihasilkan dari penggunaan kendaraan bermotor, aktivitas respirasi manusia, dan penggunaan energi LPG di lokasi penelitian sebesar 7.317.565,6 kg/tahun. Total serapan karbon dari area Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang diteliti adalah sebesar 13.422.291 kgCO<sub>2</sub>/tahun. Dari perbandingan antara total serapan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan timbulan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di lokasi penelitian, diketahui bahwa Ruang Terbuka Hijau (RTH) dapat menyerap atau mereduksi emisi CO<sub>2</sub> secara keseluruhan.

**Kata Kunci:** *ruang terbuka hijau (rth), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), serapan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), pemanasan global*

## 1. Pendahuluan

*Global warming* atau pemanasan global hasil dari efek Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan fenomena serius yang sedang dihadapi oleh seluruh belahan dunia. Dampak dari *global warming* dan GRK sangat mempengaruhi kondisi iklim di bumi. Menurut Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), terjadi kenaikan suhu di bumi antara 0,15°C-0,3°C yang terjadi dalam waktu 15 tahun atau pada tahun 1990 - 2005 [1]. Peningkatan suhu ini terjadi secara signifikan pada daerah – daerah perkotaan dikarenakan tidak terkendalinya polusi udara disebabkan oleh emisi kendaraan dan perubahan penggunaan lahan dari Ruang Terbuka Hijau (RTH) menjadi pemukiman penduduk menimbulkan berbagai ketidakseimbangan ekosistem di alam.

Ruang Terbuka Hijau (RTH) berperan penting untuk wilayah metropolitan, terutama untuk menjamin kelestarian ekologi kawasan perkotaan dan sebagai perlindungan dari perubahan iklim [2]. Pengembangan area ruang terbuka hijau dinilai sebagai salah satu alternatif untuk menjaga stabilitas iklim, karena ruang terbuka hijau ditumbuhi berbagai jenis pohon yang mampu menyerap polusi serta radiasi yang dihasilkan oleh matahari sehingga dapat menurunkan suhu pada area sekitar. Pohon dengan berbagai karakteristik akan menentukan apakah fungsi ekologisnya telah sesuai dengan kondisi lingkungan sekitarnya [3].

Tumbuhan memainkan peran yang krusial dalam menjaga iklim karena kemampuan mereka dalam menyimpan karbon sebagai biomassa melalui proses fotosintesis, yang kemudian diubah menjadi nutrisi untuk mendukung pertumbuhan tanaman, mulai dari akar, batang, hingga daun [4]. Fotosintesis menghasilkan jenis simpanan berupa biomassa yang nantinya akan berkontribusi dalam pertumbuhan

vegetasi tanaman. [5]. Seluruh bagian tumbuhan seperti akar, batang, dan daun dapat menyimpan biomassa, oleh karena itu pepohonan memiliki peran penting dalam melakukan penyerapan yang sebagian besar terjadi di bagian atas permukaan tanah [6]. Estimasi biomassa dan karbon di atas permukaan tanah dapat dilakukan menggunakan persamaan alometrik. Persamaan tersebut membutuhkan data berupa diameter dan tinggi vegetasi pohon. Persamaan alometrik dilakukan dengan tujuan memperkirakan jumlah biomassa tiap pohon pada suatu area hutan tropis dan subtropis [7].

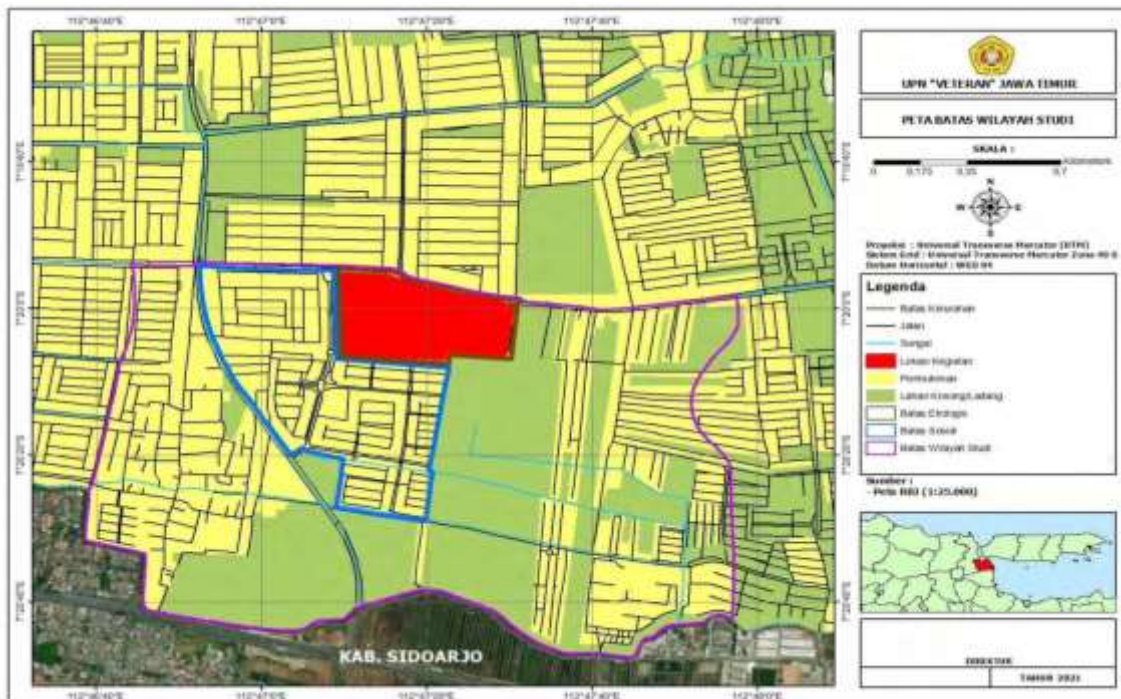
Saat ini Indonesia terus mengalami perkembangan pesat terutama di beberapa kota besar. Perkembangan tersebut disebabkan karena wilayah perkotaan yang padat penduduk dan menjadi pusat aktivitas manusia, hal tersebut mengakibatkan wilayah perkotaan semakin didominasi oleh bangunan untuk memenuhi kebutuhan manusia dibandingkan di wilayah perdesaan yang masih memiliki ruang terbuka hijau yang layak [8]. Kota Surabaya merupakan pusat perekonomian dan sebagai ibu kota dari provinsi Jawa Timur yang termasuk kota metropolitan. Maka dari itu, seiring dengan perkembangan infrastruktur dan kepadatan penduduk kota Surabaya diharuskan untuk pemerintah kota dan ahli lingkungan melakukan analisa dan mitigasi terkait timbulan emisi karbon. Beberapa fasilitas utama di Kota Surabaya menjadi penyumbang utama emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

Kota Surabaya memiliki lebih dari 10 perguruan tinggi menjadi salah satu faktor peningkatan emisi karbon. Aktivitas transportasi dari setiap kegiatan yang dilakukan oleh seluruh mahasiswa dan civitas akademik dapat menimbulkan emisi karbondioksida. Kampus UPN “Veteran” Jawa Timur merupakan salah satu kampus yang berlokasi di kota Surabaya dan terus melakukan pengembangan hingga saat ini.

## 2. Metode Penelitian

### *Waktu dan Lokasi Penelitian*

Penelitian ini berlokasi di kampus UPN “Veteran” Jawa Timur, Kecamatan Gunung Anyar, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur yang dimulai pada bulan Agustus 2024 hingga Oktober 2024. Penelitian dilakukan pada waktu jam kerja kampus UPN “Veteran” Jawa Timur atau pada jam 07.00 hingga 17.00 WIB.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian  
 Sumber: Dokumen ANDAL (2021)

### *Metode Penelitian*

Pada penelitian ini diperlukan beberapa data yang didapatkan dengan pengukuran langsung, perhitungan, wawancara, maupun data yang didapatkan dari beberapa pihak berwenang. Metode pengumpulan data terlampir pada tabel dibawah ini.

**Tabel 1.** Data yang diperlukan

No.	Data	Kegunaan	Jenis Data	Sumber Data
1	Data identifikasi sumber emisi CO <sub>2</sub>	Data sumber timbulan emisi CO <sub>2</sub>	Data Primer	Pengamatan Langsung
2	Jumlah kadar karbon dioksida pada kondisi eksisting	Data emisi karbon dioksida (CO <sub>2</sub> ) kondisi eksisting	Data Primer	Pengukuran langsung
3	Jumlah dan jenis penggunaan bahan bakar kendaraan	Data timbulan emisi karbon dioksida (CO <sub>2</sub> ) kendaraan bermotor	Data Sekunder	Wawancara
4	Jumlah penggunaan bahan bakar energi (LPG)	Data timbulan emisi karbon dioksida (CO <sub>2</sub> ) penggunaan energi LPG	Data Primer	Wawancara
5	Jumlah mahasiswa, dosen, dan civitas akademik	Data timbulan emisi karbon dioksida (CO <sub>2</sub> ) aktivitas respirasi manusia	Data Sekunder	UPN “Veteran” Jawa Timur

### **Analisis Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

#### **- Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Kondisi Eksisting**

Pengambilan sampel dilakukan dengan melakukan pengukuran secara langsung kadar karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada kondisi eksisting dengan menggunakan alat CO<sub>2</sub> Meter berjenis “SNDWAY SW-723 CO<sub>2</sub> detector Karbon Dioksida Tester Portable”. Pengambilan sampel dilakukan selama 5 hari dengan 3 periode waktu (07.00 – 08.00, 12.00 – 13.00, 16.00 – 17.00 WIB), yang berbeda pada 8 titik sampling yang telah ditentukan. Periode pengambilan sampel dilakukan selama 1 menit selama jam kerja kampus dari pagi hari hingga sore hari atau pada pukul 07.00 – 17.00 WIB.

#### **- Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Kendaraan Bermotor**

Data tersebut didapatkan dengan melakukan permintaan data kepada pihak kampus UPN “Veteran” Jawa Timur terkait jumlah kendaraan yang masuk pada pintu masuk 1, 2, dan 5 yang dilakukan selama 5 hari pada pukul 07.00 – 17.00 WIB. Waktu tersebut dianggap telah sesuai pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah pada pengukuran parameter CO<sub>2</sub>. Rumus perhitungan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) kendaraan bermotor yaitu:

$$ECO_2 = Ni \times Fe \times Ki \times L$$

Dimana:

- ECO<sub>2</sub> : Emisi CO<sub>2</sub> Penggunaan BBM (Kg CO<sub>2</sub>/Tahun)
- Ni : Banyaknya Kendaraan (Kend/Tahun)
- Fe : Faktor Emisi Bahan Bakar (kg/km)
- Ki : Penggunaan BBM (l/km)
- L : Jarak (km)

#### **- Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Aktivitas Respirasi Manusia**

Data jumlah mahasiswa didapatkan dengan melakukan rekap pada website Pangkalan Data Pendidikan Tinggi (PDDikti) yang dibuat oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi terkait kampus UPN “Veteran” Jawa Timur. Sedangkan data jumlah civitas akademik melakukan permintaan data kepada pihak kampus UPN “Veteran” Jawa Timur bidang kepegawaian dan staff. Setelah data jumlah seluruh civitas akademik dan mahasiswa didapatkan, maka akan dikonversi menjadi emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan melakukan perhitungan sesuai rumus yang telah ditentukan. Rumus perhitungan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) aktivitas respirasi manusia:

$$ECO_2 = n \times Fe$$

Dimana:

- N : Jumlah populasi (orang)
- Fe : Faktor emisi (3.2 kgCO<sub>2</sub>/orang.hari)

- **Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Penggunaan Energi LPG**

Data tersebut didapatkan dengan melakukan wawancara kepada pihak kantin kampus UPN “Veteran” Jawa Timur. Setelah data penggunaan LPG didapatkan, maka akan dikonversikan selama 1 tahun, kemudian dilakukan konversi emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) penggunaan energi LPG dengan melakukan perhitungan sesuai rumus yang telah ditentukan. Rumus perhitungan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) penggunaan energi LPG:

$$ECO_2 = \text{Konsumsi LPG} \times Fe \times NCV$$

Dimana:

- Fe : Faktor emisi (g CO<sub>2</sub>/MJ)
- NCV : Net Calorific Volume (energy content)

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1 Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Kondisi Eksisting**

Pengukuran pada kondisi eksisting menggunakan alat pengukur kadar karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang berjenis “SNDWAY SW-723 CO<sub>2</sub> detector Karbon Dioksida Tester Portable”. Alat ini dapat mendeteksi kadar karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan satuan part per million (ppm), Humidity atau kelembapan dengan satuan %RH, dan Suhu dengan satuan (°C).

Pengambilan sampel kondisi eksisting dilakukan selama 5 hari yaitu hari senin, selasa, rabu, kamis, dan jumat yang dimulai pada tanggal 23 September 2024 hingga 27 September 2024. Waktu pengambilan sampel pada hari tersebut dilakukan selama 3 periode waktu yaitu pada pukul 07.00 - 08.00 WIB, 12.00 - 13.00 WIB, dan 16.00 - 17.00 WIB. Penentuan waktu tersebut berdasarkan hari kerja pada kampus UPN “Veteran” Jawa Timur agar didapatkan hasil yang akurat dan optimal. Penentuan waktu spesifik pengambilan sampel berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah pada pengukuran parameter CO<sub>2</sub>.

Titik sampling yang digunakan untuk mengetahui jumlah emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada kondisi eksisting yaitu: Titik 1 atau pintu masuk 1 kendaraan mobil; Titik 2 atau pintu masuk 2 kendaraan motor; Titik 3 atau persimpangan antara FEB, FTS, dan FAD; Titik 4 atau persimpangan antara FH, FIK, dan LP3M; Titik 5 atau persimpangan antara rektorat, BAKPK, dan giri Pustaka; Titik 6 atau Persimpangan antara kantin, Gedung twin tower, dan Gedung Fisip 2; Titik 7 atau persimpangan antara masjid dan Faperta; dan Titik 8 atau pintu masuk motor 5.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) kondisi eksisting

Hasil Pengukuran Emisi CO <sub>2</sub> di kampus UPN “Veteran” Jawa Timur									
Waktu Sampling	Total (ppm)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 7	Titik 8
		CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)
Senin, 23 September 2024									
Pukul 07.00 - 08.00	3924	490	500	502	485	485	500	480	484
Pukul 12.00 - 13.00	4034	500	509	523	500	501	513	492	496
Pukul 16.00 - 17.00	4024	505	530	521	500	502	491	485	490
Rata - Rata		498	513	515	494	496	501	486	490
Selasa, 24 September 2024									
Pukul 07.00 - 08.00	4028	505	519	514	490	492	523	490	495
Pukul 12.00 - 13.00	4032	492	509	516	522	501	533	493	466
Pukul 16.00 - 17.00	3942	515	523	489	487	481	495	486	466
Rata - Rata		504	517	506	500	491	517	490	476
Rabu, 25 September 2024									

Hasil Pengukuran Emisi CO <sub>2</sub> di kampus UPN “Veteran” Jawa Timur									
Waktu Sampling	Total (ppm)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 7	Titik 8
		CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)
Pukul 07.00 - 08.00	4057	501	521	524	500	506	510	496	499
Pukul 12.00 - 13.00	4077	500	525	526	503	508	519	490	506
Pukul 16.00 - 17.00	4048	503	550	513	488	504	490	492	508
Rata - Rata		501	532	521	497	506	506	493	504
Kamis, 26 September 2024									
Pukul 07.00 - 08.00	4017	496	512	510	501	490	515	495	498
Pukul 12.00 - 13.00	4053	499	515	517	506	502	521	491	502
Pukul 16.00 - 17.00	4026	504	536	514	500	485	498	487	502
Rata - Rata		500	521	514	502	492	511	491	501
Jumat, 27 September 2024									
Pukul 07.00 - 08.00	4025	503	523	509	501	497	512	492	488
Pukul 12.00 - 13.00	4051	500	519	518	499	507	523	490	495
Pukul 16.00 - 17.00	4025	501	531	512	493	503	507	488	490
Rata - Rata		501	524	513	498	502	514	490	491

Sumber : Hasil Penelitian, 2024.

Berdasarkan hasil pengukuran emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada kondisi eksisting didapatkan hasil bahwa titik 2 atau pintu masuk 2 kendaraan motor menjadi titik dengan hasil pengukuran emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) tertinggi. Hal tersebut dikarenakan titik 2 merupakan titik dengan aktivitas keluar masuk kendaraan tertinggi di kampus UPN “Veteran” Jawa Timur. Sebanyak kurang lebih 17.000 kendaraan motor masuk dan melintasi area tersebut pada pukul 7.00 hingga 17.00 WIB dan seringkali terdapat antrian kendaraan baik yang masuk ataupun keluar kampus, sehingga emisi yang terdeteksi menjadi lebih tinggi dari titik pengukuran lainnya.

### 3.2 Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Kendaraan Bermotor

Transportasi merupakan kebutuhan mendasar bagi masyarakat perkotaan, namun juga berdampak pada emisi karbon dioksida di atmosfer [9]. Kendaraan bermotor yang digunakan oleh mahasiswa beragam, seperti sepeda, sepeda motor, mobil, dan lainnya. Kampus UPN “Veteran” Jawa Timur memiliki 3 pintu masuk yang setiap harinya dilalui oleh kurang lebih 20.000 orang dengan menggunakan kendaraan bermotor. Menurut data yang didapatkan, sebanyak kurang lebih 17.000 kendaraan masuk dan keluar kampus selama satu hari pada jam kerja yang dimulai pukul 7.00 sampai 17.00 WIB. Dengan data tersebut, kendaraan menjadi penyumbang emisi karbon dikarenakan penggunaan BBM kendaraan menghasilkan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) ke udara dan nantinya akan memberikan dampak pada atmosfer bumi dengan peristiwa Gas Rumah Kaca (GRK). Penggunaan bahan bakar pada mesin menghasilkan gas buang sisa hasil pembakaran yang dihasilkan selama proses pembakaran mesin kendaraan bermotor [10].

Untuk mengetahui timbulan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan oleh kendaraan baik motor maupun mobil, maka dilakukan perhitungan timbulan emisi dengan menggunakan data jumlah kendaraan bermotor yang dihitung pada setiap pintu masuk baik motor, mobil, dan kendaraan lainnya. Pengambilan data dilakukan pada hari kerja yaitu hari senin hingga jumat selama 1 minggu yang nantinya akan dikonversikan menjadi data tahunan. Data yang didapatkan berupa jumlah kendaraan yang masuk pada masing-masing pintu masuk (1, 2, dan 8). Didapatkan jumlah kendaraan yang masuk melalui pintu masuk 1 sebanyak 93 bendel atau 9.300 kendaraan, pintu masuk 2 sebanyak 559 bendel atau 55.900 kendaraan,

dan pintu masuk 8 sebanyak 171 bendel atau 17.100 kendaraan. Pintu masuk 2 kendaraan motor menjadi pintu masuk dengan jumlah kendaraan tertinggi atau sebanyak 68% kendaraan masuk melalui pintu masuk 2. Hasil tersebut dapat berubah baik meningkat ataupun menurun menyesuaikan dari kendaraan bermotor yang masuk atau keluar di kampus UPN “Veteran” Jawa Timur.

**Tabel 2.** Jumlah kendaraan bermotor kampus UPN “Veteran” Jawa Timur

Hari	Satuan	Data Jumlah Kendaraan			Total (Bendel)
		Titik 1	Titik 2	Titik 8	
Senin	Bendel	27	113	31	171
Selasa	Bendel	22	118	39	179
Rabu	Bendel	17	120	33	170
Kamis	Bendel	13	119	38	170
Jumat	Bendel	14	89	30	133
Total	Bendel	93	559	171	823
Total	Unit	9.300	55.900	17.100	82.300

Sumber: Data Olahan (2024)

Hasil emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor selama 1 tahun dapat dihitung dengan menggunakan rata-rata jarak 0,72 km atau 720 meter dan dengan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) energi spesifik kendaraan motor sebesar 0,0266 liter/km dan kendaraan mobil sebesar 0,1179 liter/km [11]. Total konsumsi bahan bakar selama 1 minggu kendaraan bermotor di kampus UPN “Veteran” Jawa Timur sebesar 2.187,5 liter/minggu atau 113.752,8 liter/tahun. Setiap 1 liter yang digunakan akan dikonversi menjadi 0,000033 TJ/liter serta dikalikan dengan FE sebesar 69.300 kg/TJ, sehingga didapatkan total emisi CO<sub>2</sub> kendaraan bermotor UPN “Veteran” Jawa Timur sebesar 260.141,3 kgCO<sub>2</sub>/Tahun.

### 3.3 Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Aktivitas Respirasi Manusia

Jumlah Mahasiswa terbanyak dimiliki oleh Fakultas Ilmu Sosial dan Politik dengan jumlah 4.463 orang dikarenakan memiliki 7 program studi. Sedangkan jumlah mahasiswa paling sedikit dimiliki oleh Fakultas Kedokteran dengan jumlah 82 orang dikarenakan hanya memiliki 2 jurusan dan baru terbentuk pada semester ganjil tahun ajaran 2023/2024. Data tersebut bersumber dari website Pangkalan Data Pendidikan Tinggi (PDDikti) yang dibuat oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

**Tabel 3.** Data jumlah populasi kampus UPN “Veteran” Jawa Timur

Data	Jumlah (orang)
Civitas Akademik	
Dosen	689
Tenaga Kependidikan	282
Mahasiswa	
Fakultas Kedokteran (FK)	82
Fakultas Ekonomi dan Bisnis (FEB)	4.179
Fakultas Teknik (FT)	3.798
Fakultas Ilmu Komputer (FIK)	2.677
Fakultas Ilmu Sosial & Politik (Fisip)	4.463
Fakultas Arsitektur & Desain (FAD)	1.184
Fakultas Pertanian (Faperta)	2.003
Fakultas Hukum (FH)	1.303
<b>Total</b>	<b>20.660</b>

Sumber : Data Olahan (2024)

Respirasi manusia menghasilkan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebesar 3,2 kgCO<sub>2</sub>/hari atau 0,13 kgCO<sub>2</sub>/jam [12]. Diperlukan data jumlah seluruh civitas akademik dan mahasiswa di kampus UPN

“Veteran” Jawa Timur yang telah diperoleh dari badan kepegawaian untuk jumlah dosen dan tenaga kependidikan dan PDDikti untuk jumlah mahasiswa setiap program studi. Keseluruhan civitas akademik berjumlah 971 orang dan mahasiswa berjumlah 19.689 orang. Emisi CO<sub>2</sub> respirasi manusia dihitung berdasarkan jumlah hari kerja selama 1 tahun yaitu sebanyak 260 hari dimana 1 hari dihitung 10 jam operasional dan dengan factor emisi sebesar 0,13 kgCO<sub>2</sub>/jam, sehingga didapatkan total emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebesar 6.982.928 kgCO<sub>2</sub>/Tahun.

### 3.4 Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Penggunaan Energi LPG

Kampus UPN “Veteran” Jawa Timur memiliki 2 kantin yang berada pada area kampus dengan total luas bangunan sebesar 1.199,23 m<sup>2</sup> yang didalamnya memiliki jumlah stand sebanyak 80 unit. Kantin tersebut memiliki kapasitas 1000 orang dengan jumlah 200 kursi yang disediakan. Setiap stand menjual beragam jenis makanan baik makanan ringan, makanan berat, snack, serta minuman. Untuk memenuhi kegiatan penjualan diperlukan sumber energi portable yang dapat memenuhi kebutuhan penjual untuk melakukan kegiatan memasak, menggoreng, merebus, dan lainnya. Sumber energi yang digunakan oleh para penjual di kantin kampus UPN “Veteran” Jawa Timur yaitu Liquefied Petroleum Gas (LPG).

**Tabel 4.** Jumlah penggunaan energi LPG di kantin kampus UPN “Veteran” Jawa Timur

Data	Kapasitas LPG (kg)	Jumlah Penggunaan (pcs/minggu)	Jumlah Stand (Unit)	Waktu (minggu)	Total penggunaan LPG (kg/Tahun)
Penggunaan LPG	3	2	80	52	24.960

Sumber: Data Olahan (2024)

Pembakaran hasil penggunaan energi LPG menghasilkan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihitung berdasarkan kapasitas LPG yang digunakan dan intensitas atau banyaknya tabung yang digunakan. Sebanyak 80 stand yang terbagi menjadi 2 kantin di kampus UPN “Veteran” Jawa Timur melakukan proses memasak menggunakan tabung gas LPG berkapasitas 3 kg. Total penggunaan LPG di kantin kampus sebesar 24.960 kg/tahun dan menghasilkan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebesar 74.496,3 kgCO<sub>2</sub>/tahun.

### 3.4 Analisis Biomassa, Cadangan Karbon, dan Serapan Karbon

RTH kampus UPN “Veteran” Jawa Timur direncanakan sebesar 3,3 Ha dengan berbagai jenis tanaman, seperti pohon trembesi (*Samanea Saman*), pohon buah sawo (*Manilkara Kaiki*), pohon glodokan tiang (*Polyathia Longifolia*), dan lainnya. Biomassa tanaman dihitung menggunakan persamaan alometrik untuk jenis tanaman dengan variable bebas berupa diameter setinggi dada dan massa jenis atau berat jenis kayu. Persamaan alometrik adalah rumus yang banyak digunakan oleh para peneliti untuk mengestimasi dan menghitung biomassa karbon tersimpan pada spesies pohon atau kawasan hutan tertentu [13]. Pengukuran biomassa vegetasi tingkat pancang, tiang, dan pohon didasarkan pada SNI 7724:2019 yang dilakukan dengan identifikasi jenis dan pengukuran diameter setinggi dada. Persamaan alometrik yang digunakan menggunakan persamaan alometrik [14].

**Tabel 5.** Persentase Penyerapan Timbulan CO<sub>2</sub>

No	Parameter Analisis	Timbulan Emisi CO <sub>2</sub> (kg/Tahun)	Serapan CO <sub>2</sub> (kg/Tahun)	Persentase Penyerapan Emisi CO <sub>2</sub> (kg/Tahun)
1	Kendaraan Bermotor	260.141,34	13.422.291	183%
2	Aktivitas Respirasi Manusia	6.982.927,90		
3	Penggunaan Energi (LPG)	74.496,36		
Total		7.317.565,6	13.422.291	183%

Sumber: Data Olahan (2024)

Total biomassa tanaman Ruang Terbuka Hijau (RTH) kampus UPN “Veteran” Jawa Timur sebesar 7.781.489 kg/tahun atau 7.781 ton/tahun. Jumlah biomassa dipengaruhi oleh ukuran DBH pohon, sehingga semakin besar ukuran DBH, semakin tinggi pula nilai biomassa yang dimiliki oleh pohon tersebut. Total biomassa yang didapatkan digunakan untuk menghitung cadangan karbon atau stok karbon dari masing-masing jenis tanaman atau pohon. Cadangan karbon dari suatu pohon dipengaruhi oleh biomassa dari pohon tersebut [15]. Selain berpengaruh terhadap Cadangan karbon, biomassa juga mempengaruhi jumlah besaran

serapan karbon. Jumlah serapan karbon yang diserap oleh Ruang Terbuka Hijau (RTH) kampus UPN “Veteran” Jawa Timur sebesar 13.422.291 kg/tahun. Besaran serapan dipengaruhi oleh diameter, massa jenis, biomassa, dan jumlah individu tanaman.

### 3.5 Rekomendasi

#### - Penggantian jenis tanaman pada area Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Dalam perencanaan ini, penggantian jenis tanaman difokuskan pada area Ruang Terbuka Hijau (RTH) untuk meningkatkan efektivitas penyerapan emisi CO<sub>2</sub>, terutama dari sektor respirasi manusia, yang menyumbang emisi CO<sub>2</sub> terbesar dibandingkan dengan sektor penggunaan kendaraan bermotor dan energi (LPG).

#### - Inovasi Ruang Terbuka Hijau (RTH) pada lahan terbatas

Pengembangan RTH dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu intensifikasi dan ekstensifikasi. Intensifikasi RTH adalah upaya untuk mengembangkan, memanfaatkan, dan memperbaiki RTH yang sudah ada dengan cara mengoptimalkan ruang terbuka hijau yang eksisting tanpa perlu menambah RTH baru. Contohnya termasuk penggantian vegetasi, penggunaan pot untuk menanam tanaman, dan penerapan sistem roof garden di area permukiman padat. Sementara itu, ekstensifikasi RTH melibatkan pengembangan RTH dengan melakukan perluasan lahan terbuka hijau pada wilayah tersebut..

## 4. Kesimpulan

Pengukuran kondisi eksisting Kampus UPN “Veteran” Jawa Timur memperlihatkan kadar karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) tertinggi terletak pada titik 2 (pintu masuk 2 kendaraan motor), titik 3 (persimpangan antara gedung GKB FEB, FAD, dan FTS), dan titik 6 (persimpangan antara Gedung Twin Tower, Fisip 2, dan kantin). Emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dihasilkan oleh penggunaan BBM pada kendaraan bermotor, penggunaan energi LPG, dan aktivitas respirasi manusia. Hal tersebut dikarenakan respirasi manusia menghasilkan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) secara terus menerus dibandingkan dengan penggunaan BBM kendaraan yang dihitung berdasarkan jarak tempuhnya. Total emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan kampus UPN “Veteran” Jawa Timur yaitu sebesar 7.317 tonCO<sub>2</sub>/tahun. Aktivitas respirasi manusia menjadi contributor penghasil karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) tertinggi dengan 6.983 tonCO<sub>2</sub>/tahun.

## 5. Referensi

- [1] A. S. Mulyani, “Antisipasi terjadinya pemanasan global dengan deteksi dini suhu permukaan air menggunakan data satelit,” *e-Journal CENTECH 2020*, vol. 2, no. 1, pp. 22–29, 2021.
- [2] S. Sapariyanto, S. Budi Yuwono, and M. Riniarti, “Kajian Iklim Mikro Di Bawah Tegakan Ruang Terbuka Hijau Universitas Lampung,” *J. Sylva Lestari*, vol. 4, no. 3, p. 114, 2016, doi: 10.23960/jsl34114-123.
- [3] A. Erdianto, S. N. Rofiqo Irwan, and D. Kastono, “Fungsi Ekologis Vegetasi Taman Deggung Sleman sebagai Pengendali Iklim Mikro dan Peredam Kebisingan,” *Vegetalika*, vol. 8, no. 3, p. 139, 2019, doi: 10.22146/veg.41374.
- [4] D. Irundu, M. A. Beddu, and N. Najmawati, “Potensi Biomassa Dan Karbon Tersimpan Tegakan di Ruang Terbuka Hijau Kota Polewali, Sulawesi Barat,” *J. Hutan dan Masy.*, vol. 12, no. 1, p. 49, 2020, doi: 10.24259/jhm.v12i1.9675.
- [5] H. PURWITASARI, “Model Persamaan Alometrik Biomassa Dan Massa Karbon Pohon Akasia Mangium (*Acacia mangium* Willd.),” 2011.
- [6] Irawan and Purwanto, “Panduan Pengukuran dan Pendugaan Cadangan Karbon pada Ekosistem Hutan Gambut dan Mineral,” *Tropenbos Indones.*, pp. 1–128, 2020.
- [7] M. Hossain, M. Siddique, S. Abdullah, I. Smz, and M. Akhter, “Semidestructive biomass models for the village zone of Bangladesh,” *J. Trop. For. Sci.*, vol. 32, no. 3, pp. 246–256, 2020.
- [8] R. D. Kusuma, E. P. Purnomo, and A. N. Kasiwi, “Analisis Upaya Kota Surabaya Untuk Mewujudkan Kota Hijau (Green City),” *Din. J. Ilm. Ilmu Adm. Negara*, vol. 7, no. 1, pp. 13–27, 2020.
- [9] F. D. Permatasari, S. Hadisusanto, and E. Haryono, “Emisi CO<sub>2</sub> kendaraan bermotor periode kebijakan pembatasan sosial berskala besar (studi kasus: ruas jalan di Jakarta Pusat),” *Ecolab*, vol. 15, no. 1, pp. 31–44, 2021.
- [10] S. Sudarti, Y. Yushardi, and N. Kasanah, “Analisis Potensi Emisi CO<sub>2</sub> Oleh Berbagai Jenis Kendaraan Bermotor di Jalan Raya Kemantren Kabupaten Sidoarjo,” *J. Sumberd. Alam dan*

- 
- Lingkungan.*, vol. 9, no. 2, pp. 70–75, 2022, doi: 10.21776/ub.jsal.2022.009.02.4.
- [11] C. F. Rawung, “Efektivitas Ruang Terbuka Hijau ( RTH ) Dalam Mereduksi Emisi Gas Rumah Kaca ( GRK ),” *J. Media Matrasain*, vol. 12, no. 2, pp. 17–32, 2015.
- [12] L. Rachmayanti and S. Mangkoedihardjo, “Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) di Zona Tenggara Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus),” *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.54854.
- [13] I. N. Surasana, “Research Article Biomass, Carbon Stock and Oxygen Produced by Mangrove Vegetation in Tropical Forest in Central Kalimantan, Indonesia,” 2020.
- [14] D. Sutaryo, “Penghitungan Biomassa,” *Wetl. Int. Indones. Program. Bogor*, vol. 39, 2009.
- [15] Z. Uthbah, E. Sudiana, and E. Yani, “Analisis Biomasa Dan Cadangan Karbon Pada Berbagai Umur Tegakan Damar (<em>Agathis dammara</em> (Lamb.) Rich.) di KPH Banyumas Timur,” *Scr. Biol.*, vol. 4, no. 2, p. 119, 2017, doi: 10.20884/1.sb.2017.4.2.404.