

Perhitungan Emisi Karbon dan Kecukupan Ruang Terbuka Hijau di Lingkungan Kampus (Studi Kasus: Kampus Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya)

Ahmad Erlan Afiuddin^{1*}, dan Ulvi Priastuti²

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*erlan.ahmad@gmail.com

Abstrak

Kegiatan-kegiatan di kampus sangat beragam, mulai dari pembelajaran di kelas hingga praktek di bengkel. Kegiatan-kegiatan tersebut tentunya tidak hanya memberikan dampak positif saja, tetapi juga akan menghasilkan efek samping negative bagi lingkungan yaitu limbah. Limbah banyak sekali jenisnya, salah satunya limbah dominan dari hasil kegiatan kampus adalah limbah gas berupa karbon dioksida (CO₂) yang timbul dari penggunaan-penggunaan alat yang mengkonsumsi energi. CO₂ merupakan gas rumah kaca yang kontribusinya terhadap pemanasan global mencapai lebih dari 60% dari total gas rumah kaca yang ada. Salah satu upaya alami yang paling efektif untuk mengurangi CO₂ adalah dengan keberadaan ruang terbuka hijau (RTH). Penelitian ini bertujuan untuk menghitung emisi karbon dari kegiatan perbengkelan serta menganalisis kecukupan RTH, penelitian ini diawali dengan melakukan inventarisasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yaitu dengan cara identifikasi sumber-sumber penghasil emisi dan melakukan perhitungan besarnya masing-masing emisi tersebut. Selanjutnya dilakukan analisis kemampuan dan kecukupan RTH eksisting dalam menyerap emisi CO₂ berdasarkan data kemampuan penyerapan emisi CO₂ oleh tiap jenis pohon, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rumus dan perhitungan emisi CO₂ sesuai rumus dan ketentuan faktor emisi pada IPCC, (2006). Berdasarkan hasil penelitian, CO₂ primer dan sekunder dari kegiatan perbengkelan PPNS sebesar 1129,806 ton CO₂/tahun dan kebutuhan RTH sebesar 12,87 m².

Kata kunci: PPNS, RTH dan CO₂

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk, kemajuan teknologi dan keinginan masyarakat Indonesia untuk terus memperbaiki taraf hidupnya sehingga banyak pertumbuhan kegiatan-kegiatan yang dilakukan, salah satunya adalah kegiatan perkuliahan di dalam sebuah kampus sebagai wadah untuk berbagi ilmu. Kegiatan-kegiatan di dalam kampus sangat beragam, di dalam kegiatan tersebut tidak akan bisa lepas dari hasil sampingan yaitu berupa limbah dalam hal ini adalah emisi GRK, aktifitas-aktifitas tersebut tentunya tidak hanya memberikan dampak positif saja, tetapi juga akan menghasilkan efek negatif berupa limbah yang dapat menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan dan juga penurunan kesehatan jika tidak dikelola dengan tepat.

Emisi GRK ini yang bisa menyebabkan pemanasan global, pemanasan global (*global warming*) telah menjadi isu penting yang semakin diperbincangkan baik di tingkat nasional maupun internasional, karena telah diketahui berbagai dampak negatif yang ditimbulkan bagi kelangsungan hidup manusia (Setiawan *et al*, 2011). Salah satu contoh dari akibat CO₂ yang tidak terkendali yaitu suhu udara naik yang bisa menyebabkan tenggelamnya pulau-pulau kecil dikarenakan mencairnya gunung-gunung es di kutub (Samiaji, 2007).

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang yang sudah meratifikasi Protokol Kyoto melalui UU no. 17 Tahun 2004. Salah satu kelanjutannya adalah dengan secara sukarela melakukan upaya terkait untuk mengurangi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan baik dari sektor energi maupun non-energi. Berdasarkan Pernyataan Presiden RI di Pittsburgh dan Copenhagen, bahwa: "Indonesia akan menurunkan emisi secara sukarela sampai 26% (41%)", Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan area yang ditumbuhi oleh tanaman/tumbuhan, tumbuhan merupakan media paling efektif untuk mengurangi emisi CO₂ melalui proses fotosintesis.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan skala kampus, perhitungan karbondioksida (CO₂) dilakukan dari kegiatan di dalam kelas dan juga kegiatan di dalam bengkel. Langkah pertama adalah melakukan inventarisasi CO₂ primer dan sekunder dari kelas dan bengkel, yaitu melakukan pendataan terhadap alat-alat yang mengkonsumsi energi atau menggunakan alat yang mengkonsumsi energi listrik, kemudian berdasarkan data CO₂ tersebut maka akan dihitung kebutuhan luas ruang terbuka hijau (RTH) yang harus dipenuhi, detail metode yang digunakan sebagai berikut:

A. Perhitungan Karbon Dioksida (CO₂) Primer

Faktor emisi bahan bakar yang digunakan adalah dengan menggunakan pendekatan melalui faktor emisi dan *Net Calorific Volume* (NCV) bahan bakar LPG, minyak tanah dan solar dari IPCC (2006) sebagai berikut ini

Tabel 1. Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar LPG

Bahan Bakar	Faktor Emisi	NCV
LPG	63,1	47,3

Dengan rumus perhitungan yang digunakan yaitu:

$$\text{Emisi CO}_2 = a \times \text{EF}_{\text{CO}_2} \times \text{NCV}_{\text{LPG}}$$

dimana:

- Emisi CO₂ = total emisi CO₂ (g karbon)
- a = konsumsi LPG (kg)
- EF_{CO₂} = faktor emisi LPG 63,1 g Carbon/MJ
- NCV = berat bersih LPG 47,3 MJ/kg

Berikut ini adalah persamaan yang digunakan oleh IPCC (2006) untuk menghitung emisi CO₂ primer:

Tabel 2. Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar Solar

Bahan Bakar	NCV	CEF
	(TJ/kiloton Fuel)	(ton CO ₂ /TJ)
Solar	43	74.1

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum \text{FC} \times \text{CEF} \times \text{NCV}$$

dimana :

- ∑ FC = jumlah bahan baker fosil yang digunakan (massa/volume)
- NCV = nilai Net Calorific Volume per unit massa atau volume bahan bakar (TJ/ kiloton fuel)
- CEF = Carbon Emission Factor (ton CO₂/TJ)

B. Perhitungan Karbon Dioksida (CO₂) Sekunder

Rumus perhitungan CO₂ yang digunakan oleh IPCC (2006) untuk menghitung emisi CO₂ sekunder:

Tabel 3. Faktor Emisi Listrik

Bahan Bakar	CEF
	(Kg CO ₂ /Kwh)
Listrik	0,59

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum \text{FC} \times \text{CEF}$$

dimana :

- ∑ FC = jumlah listrik yang dikonsumsi (Kwh)
- CEF = Carbon Emission Factor (Kg CO₂/Kwh)

C. Perhitungan Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau

Hubungan antara laju serapan dan luas ruang terbuka hijau dimodelkan dengan formulasi matematika seperti pada persamaan berikut ini.

$$S = 0,2278 e^{(0,0048 \times I)}$$

dimana:

- S = laju serapan CO₂ per satuan luas
- I = intensitas cahaya, watt/m² (1 kal/cm²/hari = 0,485 watt/m²)
- e = bilangan pokok logaritma natural
- 0,0048 = koefisien intensitas cahaya
- 0,2278 = konstanta penjumlahan

Setelah didapatkan nilai total emisi dan laju serapan karbondioksida (CO₂), selanjutnya bisa dilakukan perhitungan luas ruang terbuka hijau (RTH), yaitu sebagai berikut:

$$Luas\ RTH = \frac{\text{emisi CO}_2}{\text{daya serap CO}_2}$$

dimana:

RTH = RTH (m²)

Emisi CO₂ = Total emisi yang dihasilkan dari (grCO₂/detik)

Daya serap = kemampuan serap CO₂ (grCO₂/m²/detik)

3. HASIL ADAN PEMBAHASAN

Inventarisasi karbondioksida (CO₂) dilakukan di area perbengkelan kampus Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, meliputi CO₂ primer dan CO₂ sekunder serta perhitungan kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan CO₂ total yang dihasilkan, berikut adalah bengkel-bengkel yang dilakukan inventarisasi CO₂.

Tabel 4. Lokasi Inventarisasi Karbondioksida

No.	Nama bengkel	No.	Nama bengkel
1	Bengkel Las	9	Laboratorium Pneumatik
2	Bengkel Mesin	10	MRC
3	Bengkel Listrik	11	Laboratorium Kimia
4	Bengkel Konstruksi	12	Laboratorium Fisika
5	Laboratorium Uji Bahan	13	Laboratorium Ergonomi
6	Laboratorium Otomasi	14	Studio Gambar 1, 2 & 3
7	Bengkel Perkakas	15	CNC
8	Bengkel NDT/ Motor bakar	16	Laboratorium CAD 1, 2 & 3

A. Perhitungan Karbon Dioksida (CO₂) Primer

Perhitungan karbondioksida (CO₂) primer dilakukan dengan cara melakukan inventarisasi penggunaan energy seperti minyak tanah, solar, LPG dsb, kemudian dikalikan dengan faktor emisi CO₂ untuk bahan bakar tersebut.

- Konsumsi LPG 12 kg (selama 1 tahun) ditemukan di lab. Kimia, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= 12\text{ kg} \times 63,1\text{ gCO}_2/\text{MJ} \times 47,3\text{ MJ/kg} \\ &= 0,036\text{ ton CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Konsumsi solar 300 liter/tahun ditemukan di lab. boiler, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= 1,02\text{ Kiloton fuel/tahun} \times 43\text{ TJ/Kiloton fuel} \times 74,1\text{ ton CO}_2/\text{TJ} \\ &= 812,50\text{ ton CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2\text{ Total} &= 0,036\text{ ton CO}_2/\text{tahun} + 812,50\text{ ton CO}_2/\text{tahun} \\ &= 812,536\text{ ton CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

B. 3.2 Perhitungan Karbon Dioksida (CO₂) Sekunder

Perhitungan karbondioksida (CO₂) sekunder dilakukan dengan cara melakukan inventarisasi alat-alat yang menggunakan listrik, kemudian dikalikan dengan factor emisi CO₂ untuk listrik. Contoh perhitungan CO₂ untuk alat mesin las SMAW pada bengkel las, sebagai berikut:

- Jumlah alat = 10 alat
- Jam operasi = 480 jam/tahun
- Daya = 0,4 kWh

Maka, total konsumsi listriknya adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{jumlah alat} \times \text{jam operasi} \times \text{daya} \\ &= 10 \times 480\text{ jam/tahun} \times 0,4\text{ kWh} \\ &= 1920\text{ kWh/tahun} \end{aligned}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum FC \times CEF$$

$$= 1920 \text{ kWh/tahun} \times 0,59 \text{ Kg CO}_2/\text{kWh}$$

$$= 1,25 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

Tabel 5. Pehitungan CO₂ di Bengkel Las

No	Nama Alat	Jumlah Unit	Jam Operasi		Daya (kWh)	Faktor Emisi (kg CO ₂ /Kwh)	Emisi (ton CO ₂ /tahun)
			Jam/hari	Jam/tahun			
1	Mesin Las SMAW	11	2	480	0,4	0,59	1,25
2	Mesin Las SMAW	10	2	480	0,9	0,59	2,55
3	Mesin Las GTAW	5	2	480	1,3	0,59	1,84
4	Mesin GCAW	1	2	480	1,5	0,59	0,42
5	Mesin Gerinda	10	2	480	0,72	0,59	2,04
6	Mesin Gerinda	3	2	480	0,35	0,59	0,30
7	Kipas	5	8	1920	0,065	0,59	0,37
8	Lampu	30	12	2880	0,05	0,59	2,55
9	Lampu TL	3	12	2880	0,04	0,59	0,20
10	AC 1/2 PK	1	8	1920	0,33	0,59	0,37
11	Printer	1	4	960	0,011	0,59	0,01
Total Emisi Bengkel Las (ton CO₂/tahun)							11,90

Dengan perhitungan seperti diatas, maka didapatkan nilai karbondioksida (CO₂) dari kegiatan berbengkelan di PPNS, yaitu:

Tabel 6. Pehitungan CO₂ Sekunder

No	Nama Bengkel	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	No	Nama Bengkel	Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Bengkel Las	11,9	9	Lab. Pneumatic	13,63
2	Bengkel Mesin	8,6	10	MRC	2,13
3	Bengkel Listrik	60,35	11	Lab. Kimia	1,25
4	Bengkel Kosntruksi	41,82	12	Lab. Fisika	8,7
5	Lab Uji Bahan	13,79	13	Lab. Ergonomi	5,35
6	Lab. Otomasi	13,56	14	Studio Gambar	19,46
7	Bengkel Perkakas	60	15	Lab. CNC	26,66
8	Bengkel Boiler	8,46	16	Lab. CAD	21,61
Total CO₂ sekunder 317,27 ton CO₂/tahun					

Berdasarkan hasil penelitian, total CO₂ sekunder dari kegiatan perbengkelan PPNS sebesar 317,27 ton CO₂/tahun

C. Perhitungan Karbondioksida (CO₂) Total

Perhitungan karbondioksida (CO₂) total didapatkan dari penjumlahan antara CO₂ primer dan CO₂ sekunder yang telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya, sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut:

- CO₂ Total = CO₂ Primer + CO₂ Sekunder
 = 812,536 ton CO₂/tahun + 317,270 ton CO₂/tahun
 = 1129,806 ton CO₂/tahun

D. Perhitungan Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Untuk menghitung laju serapan ini dibutuhkan data intensitas cahaya yang berlaku di wilayah studi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Adiastrari, (2010), maka dapat dihitung laju serapan CO₂ oleh tumbuhan seperti contoh perhitungan berikut ini.

perhitungan laju serapan rata-rata selama satu tahun:

$$\begin{aligned} \clubsuit I &= 413,786 \text{ watt/m}^2 \\ \clubsuit S &= 0,2278 \times e^{(0,0048 \times 413,786)} \\ &= 1,670 \text{ } \mu\text{g/cm}^2/\text{menit} \\ &= 2,7834 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2/\text{detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh hasil rata-rata serapan CO₂ oleh RTH yaitu sebesar 2,783 x 10⁻⁸ g/cm²/detik. Angka ini nantinya akan digunakan sebagai faktor pengali untuk menghitung laju serapan CO₂ oleh RTH. Perhitungan kebutuhan RTH sebagai berikut:

- CO₂ total yang dihasilkan = 1129,806 ton CO₂/tahun
= 35,828 gr CO₂/detik
- Serapan CO₂ = 2,783 x 10⁻⁸ g/cm²/detik
- Maka luas RTH yang dibutuhkan =
= 35,828 grCO₂/detik : 2,783 grCO₂/m²/detik
= 12,87 m²

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini, sesuai dengan rumusulan masalah antara lain:

- a. Kegiatan perbengkelan di 16 bengkel PPNS menghasilkan karbon dioksida (CO₂) sebesar 1129,806 ton CO₂/tahun
- b. Berdasarkan karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dan kemampuan penyerapan CO₂ sesuai nilai intensitas cahaya rata-rata di Kota Surabaya, luas ruang terbuka hijau yang dibutuhkan sebesar 12,87 m²

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada P3M PPNS yang telah mendanai penelitian ini dan pihak-pihak terkait, sehingga penelitian yang berjudul perhitungan emisi karbon dan kecukupan ruang terbuka hijau di lingkungan kampus (studi kasus: kampus politeknik perkapalan negeri surabaya) terlaksana dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah. 2006. *Taman dan Hutan Kota*. Azka Mulia Media, Jakarta
- Adiastari, R. 2009. *Kajian Mengenai Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Dalam Menyerap Emisi Karbon Di Kota Surabaya*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan – FTSP ITS, Surabaya
- Cho, S.H, Poudyal, N.C, dan Roberts, R.K. 2008. *Spatial Analysis of The Amenity Value of Green Open Space: International Journal of Ecological Economics*, Vol. 66, 409-416. Department of Agricultural Economics - The University of Tennessee, USA
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories –Workbook (Volume 2)*. <http://www.ipcc.ch>
- Kalff.J. 2002. *Limnology*. Prentice Hall In, New Jersey.
- Mangkoedihardjo, S. 2008. *Fitoteknologi Infrastruktur Lingkungan*. Kontruksi Indonesia Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta
- Mara, D. 2003. *Domestic Wastewater Treatment In Developing Countries*. UK : Cromwell Press, Trowbridge
- Pentury, T. 2003. Disertasi : *Konstruksi Model Matematika Tangkapan CO₂ pada Tanaman Hutan Kota*. Universitas Airlangga, Surabaya
- Reynolds, C. 2006. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, First Edition
- Samiaji, T. 2007. *Emisi CO₂ dari Penggunaan Energi*. Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Bandung
- Setiawan, A., Kardono, Darmawan, R.A., Santoso, Stami, A.H., Prasetyadi, Panggabean, L., Radini, D., dan Sapulete, S. 2008. *Teknologi Penyerapan Karbondioksida dengan Kultur Fitoplankton pada Fotobioreaktor*. Pusat Teknologi Lingkungan , Jakarta
- Shuler, M L dan Kargi, F. 2002. " *Bioprocess Engineering : Basic Concepts*" *Second Edition*. Preintce Hall International Series, Upper Saddle River,NJ 07458.
- Siregar, A. 2010. *Anabolisme (Fotosintesis & Kemosintesis)* <URL:http://http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/biologi-pertanian/metabolisme-sel/anabolisme-fotosintesis-dan-kemosintesis/>