

REDUKSI CO₂ OLEH RUANG TERBUKA HIJAU DI KAWASAN INDUSTRI

CO₂ REDUCTION BY GREEN OPEN SPACE IN INDUSTRIAL AREA

Aisyah Ahmad

Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana

Email: aisyah.ahmad@staf.undana.ac.id

Abstrak

Karbon dioksida merupakan salah satu pencemar di udara ambien yang berbahaya bagi ekosistem. Vegetasi diketahui dapat mengurangi konsentrasi pencemar di udara. Penelitian ini menjelaskan tentang fungsi vegetasi pada ruang terbuka hijau (RTH) dalam mereduksi karbon dioksida (CO₂) di udara ambien. Lokasi penelitian dilakukan pada kawasan industri karena diketahui bahwa industri merupakan sektor energi yang paling banyak menghasilkan emisi. Variabel penggunaan lahan digunakan untuk menentukan besaran luasan wilayah yang mempengaruhi penyerapan dan pelepasan emisi udara ambien. Data pengukuran konsentrasi karbon dioksida seri waktu dilakukan selama 12 jam dengan selang waktu 1 jam untuk mendapatkan nilai Net_CO₂. Hasil dari penelitian ini adalah lahan vegetasi dominan berpengaruh negatif, yang menggambarkan bahwa proses reduksi CO₂ lebih besar daripada emisi, sementara lahan tanpa vegetasi berpengaruh positif, yang menggambarkan bahwa proses emisi CO₂ terjadi lebih besar daripada emisi. Indikator pohon berpengaruh negatif terhadap Net_CO₂ yang berarti semakin besar proporsi luasan pohon, maka semakin kecil konsentrasi CO₂ di udara ambien.

Kata kunci: karbon dioksida; pencemaran udara; ruang terbuka hijau; box model; udara ambien

Abstract

Carbon dioxide is one of the pollutants in the ambient air that is harmful to the ecosystem. Vegetation is known to reduce the concentration of pollutants in the air. This study presented the function of vegetation in green open space (RTH) in reducing carbon dioxide (CO₂) in ambient air. The location of the research was carried out in industrial areas because it is known that industry is the energy sector that produces the most emissions. The land use variable is used to determine the size of the area that affects the absorption and release of ambient air emissions. The time series carbon dioxide concentration measurement data was carried out for 12 hours with an interval of 1 hour to obtain the Net_CO₂ value. The result of this study is that the dominant vegetation land has a negative effect, which indicates that the CO₂ emission process occurs greater than emissions, while land without vegetation has a positive effect, which indicates that the CO₂ emission process occurs greater than emissions. The tree indicator has a negative effect on Net_CO₂, which means that the larger the proportion of tree area, the smaller the CO₂ concentration in the ambient air.

Keywords: carbon dioxide; air pollution; green open space; box model; ambient air

PENDAHULUAN

Peningkatan emisi gas CO₂ merupakan salah satu isu global yang menyebabkan terjadinya perubahan iklim dunia. Kenaikan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) di udara akan mengakibatkan kenaikan temperatur di bumi sehingga akan menyebabkan perubahan iklim (IPCC, 2005). Kegiatan industri selalu dikaitkan dengan penyebab sumber pencemar udara karena kegiatannya dalam pembebasan berbagai senyawa kimia ke lingkungan, termasuk di dalamnya adalah CO₂. Hal ini sejalan dengan penelitian Nemerow, dkk., 2008 tentang kegiatan industrialisasi yang telah menimbulkan lebih dari 20% gas emisi rumah kaca. Jumlah ini adalah tiga

kali lipat dari pada jumlah emisi yang dikeluarkan oleh semua mobil yang ada di dunia dan merupakan nomor dua dari sektor energi yang menghasilkan paling banyak jumlah emisi.

Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan lahan dengan vegetasi yang dalam perspektif lingkungan sangat penting untuk menyerap konsentrasi pencemar udara, khususnya karbon dioksida (CO₂). Penelitian Omar, 2010 menyajikan bahwa lahan tanpa vegetasi menunjukkan nilai Net_CO₂ sebesar 245 ppm atau bernilai positif (+) yang artinya pada lahan tersebut terjadi proses emisi CO₂ yang lebih besar daripada reduksi CO₂. Pada lahan dengan jarak vegetasi jarang menunjukkan nilai Net_CO₂

sebesar 80 ppm atau bernilai positif (+) yang artinya pada lahan tersebut terjadi proses emisi CO₂ yang lebih besar daripada reduksi CO₂, namun tidak sebesar emisi pada lahan tanpa vegetasi. Sementara ada lahan dengan vegetasi *single layer* (rumput) menunjukkan nilai Net_CO₂ sebesar -176 ppm atau bernilai negatif (-) yang artinya pada lahan tersebut terjadi proses reduksi CO₂ yang lebih besar daripada emisi CO₂. Serta pada lahan dengan vegetasi *multi layer* (rumput dan tanaman) menunjukkan nilai Net_CO₂ sebesar -256 ppm atau bernilai negatif (-) yang artinya pada lahan tersebut terjadi proses reduksi CO₂ yang lebih besar daripada emisi CO₂.

Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh RTH dalam mereduksi konsentrasi CO₂ di kawasan industri dengan melibatkan variabel penggunaan lahan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada salah satu kawasan industri di Jawa Timur. Waktu penelitian dilakukan di hari kerja dengan data seri waktu pukul 06.00 – 18.00. Digunakan konsep *box model* sebagai dasar untuk menentukan luas ruang. Arah dan kecepatan angin mempengaruhi unit analisis. Ukuran *box* ditentukan oleh rata-rata kecepatan angin (Vr) dan perubahan konsentrasi dalam satu waktu (t). Sementara arah *box* ditentukan berdasarkan arah angin dominan. Luas unit analisis setiap waktu akan berubah, dimana luas unit akan ditentukan oleh kecepatan angin rata-rata dan arah unit analisis ditentukan oleh arah angin. Titik pusat unit analisis adalah titik lokasi sampling yang telah ditentukan koordinatnya.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah konsentrasi CO₂ yang diambil menggunakan CO₂ meter merk Lutron tipe GCH-2018, data koordinat yang diambil menggunakan GPS garmin tipe 76CSx, citra *google earth* untuk menghitung luasan RTH dan penggunaan lahan, serta penggunaan *software* berupa AutoCAD, dan Arc GIS 10.3 untuk mengolah data.

Menentukan ukuran *box* dari kecepatan angin dan selang waktu (t) menurut Santoso dan Otok (2014) menggunakan persamaan:

$$V_r = V_{t1} + V_{t2} + V_{t3} + \dots + V_{tm} \dots \dots \dots (1)$$

$$L = V_r \times t \dots \dots \dots (2)$$

$$A_i = L^2 \dots \dots \dots (3)$$

dimana,

L = panjang unit analisis (panjang *box*) (m)

Ai = luas unit analisis (m²)

Vr = kecepatan angin rata-rata (m/s)

t = waktu pengambilan sampel (60 s)

Lokasi penelitian memiliki luas area sebesar 450 ha dengan data pengukuran kecepatan angin rata-rata sebesar 0,5 m/s dan arah angin dominan 270° atau dari barat. Data meteorologi berupa kecepatan angin dapat digunakan untuk menentukan jumlah lokasi pengambilan sampel pada suatu area. Sehingga dapat dilakukan perhitungan lokasi sampling sebagai berikut:

$$N = A/A_i = A/L^2 = A/(V_r \times t)^2$$

$$N = \frac{4 \text{ m}^2}{(0,5 \text{ m/s} \times 60 \text{ s})^2}$$

$$N = 5000 \text{ box}$$

Dengan tingkat signifikansi (p) sebesar 90%, tingkat kesalahan ukuran sampel (d) 0,10 dan nilai distribusi normal standar (Z_{1/2}) 1,645 maka didapatkan ukuran sampel sebagai berikut:

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 P(1-P)N}{d^2(N-1) + (Z_{\alpha/2})^2 P(1-P)}$$

$$n = \frac{(1,645)^2 0,5(1-0,5)5}{0,1^2(5-1) + (1,645)^2 0,5(1-0,5)}$$

$$n = 24,24$$

= 25 lokasi sampling

Penentuan ke-25 lokasi untuk membangun dibagi menjadi 5 (lima) *cluster* dengan masing-masing *cluster* diambil 5 titik sampling, yaitu sebagai berikut:

Cluster I : 5 lokasi pada perumahan karyawan

Cluster II : 5 lokasi pada dan Sarana olahraga

Cluster III : 5 lokasi pada *plant* I

Cluster IV : 5 lokasi pada *plant* II

Cluster V : 5 lokasi pada *plant* III

Variabel yang menjadi objek pada penelitian ini adalah (1) Variabel teramati: nilai reduksi karbon dioksida udara ambien; (2) Variabel laten: Variabel fraksi ruang terbuka hijau yang terdiri dari terdiri dari: proporsi luas pohon (P), proporsi luas perdu (D), dan proporsi luas rumput (R). Serta variabel penggunaan lahan yang terdiri dari: proporsi lahan non RTH (Ln_{rth}), proporsi perumahan (L_r), proporsi pabrik (L_p), dan proporsi perkantoran (L_k).

Pengukuran untuk waktu perubahan (t) selama 1 menit terdiri dari sepuluh kali *scanning* tiap 6 detik. Konsentrasi CO₂ pada saat t menit adalah rata-rata konsentrasi per 6 detik sebanyak sepuluh kali.

$$C_t = \frac{(C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + C_{10})}{10} \dots \dots (4)$$

Observasi konstruksi model dilakukan pada 25 lokasi sampling selama lima hari kerja. Pengambilan data udara ambien CO₂

menggunakan alat CO₂ Meter merk Lutron yang diukur pada ketinggian ±2 meter, mewakili tinggi rata-rata manusia karena mayoritas kegiatan manusia dilakukan pada ketinggian tersebut (Buns dan Kuttler, 2012). Delineasi unit analisis dilakukan untuk mengetahui proporsi penggunaan lahan ruang terbuka hijau dan penggunaan lahan non ruang terbuka hijau. Perhitungan proporsi penggunaan lahan dilakukan menggunakan software ArcGIS 10.3.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Fokus utama penelitian ini adalah untuk mengkaji kemampuan vegetasi dalam mereduksi karbon dioksida udara ambien di ruang terbuka hijau di kawasan industri. Lokasi pengambilan sampel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Koordinat Lokasi Pengambilan Data CO₂

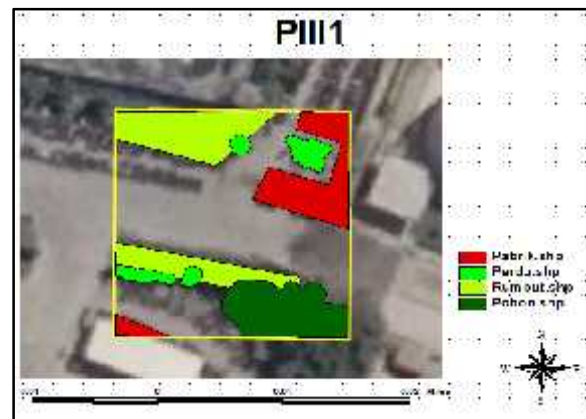
Lokasi	Posisi		
	x	y	
Cluster I (Perumahan Karyawan)	1	681691.37	9208663.38
	2	681702.01	9208366.50
	3	681555.86	9208573.93
	4	681846.92	9208516.00
	5	681396.04	9208426.88
Cluster II (Sarana olahraga)	1	680925.35	9208422.79
	2	681093.49	9208484.94
	3	681224.73	9208339.04
	4	681075.51	9208334.18
	5	681077.77	9208199.09
Cluster III (Pabrik I)	1	680953.88	9208723.62
	2	681137.90	9208845.23
	3	681190.71	9209235.77
	4	680649.54	9209080.79
	5	680595.49	9208817.13
Cluster IV (Pabrik II)	1	681250.30	9209464.10
	2	681405.01	9209671.13
	3	681733.82	9209745.85
	4	681969.70	9209654.04
	5	681608.64	9209563.73
Cluster V (Pabrik III)	1	680777.39	9209798.04
	2	680986.44	9209484.83
	3	681254.08	9209921.36
	4	681071.36	9209837.52
	5	680891.38	9210010.83

Hasil dari pengambilan data konsentrasi CO₂ menunjukkan bahwa pada lokasi cluster I dan II (perumahan karyawan dan Sarana olahraga), memiliki konsentrasi CO₂ tertinggi saat tidak terdapat sinar matahari yaitu pada pagi hari (06.00) dan sore hari (18.00). Sedangkan konsentrasi CO₂ terendah terjadi dalam rentang waktu siang hingga sore hari.

Sementara untuk lokasi cluster III, IV, dan V (pabrik I, II, dan III), konsentrasi CO₂ tertinggi terjadi pada siang hari. Dikarenakan pada waktu siang hari temperatur udara yang tinggi akan menyebabkan kelembaban udara rendah. Ketika kelembaban udara relatif rendah, maka keadaan

udara akan kering yang menyebabkan emisi udara ambien mudah terangkat dan melayang di udara bebas sehingga akan meningkatkan nilai konsentrasi CO₂.

Delineasi unit analisis dilakukan untuk mengetahui proporsi penggunaan lahan ruang terbuka hijau dan penggunaan lahan non ruang terbuka hijau. Hasil delineasi unit analisis dapat menunjukkan lokasi yang memiliki vegetasi dominan maupun lokasi yang tidak memiliki vegetasi. Contoh delineasi salah satu unit analisis disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Delineasi Lokasi 1 Cluster Pabrik III

Penetapan nilai Net_CO₂ data seri waktu didapatkan dari persamaan (4). Karakteristik ke-25 lokasi pengambilan sampel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik 25 Unit Analisis

Variabel-Parameter	Min	Max	Avg	Range	
Konsentrasi CO₂ (C)					
Cmin	ppm	291	522	376	231
Cmax	ppm	545	1442	882	897
Cave	ppm	392	839	582	447
Fraksi Ruang Terbuka Hijau (GS)					
Proporsi pohon (P)	%	0,0	100,0	38,5	100
Proporsi perdu (D)	%	0,0	41,8	5,5	42
Proporsi rumput (R)	%	0,0	42,3	6,4	42
Penggunaan Lahan (LU)					
Proporsi non RTH (Lnrth)	%	0,0	69,6	30,4	70
Proporsi perumahan (Lr)	%	0,0	29,4	1,2	29
Proporsi pabrik (Lp)	%	0,0	75,3	16,3	75
Proporsi perkantoran (Lk)	%	0,0	24,2	1,7	24
Net_CO₂ Concentration		-410	757	13	1167

Nilai rata-rata reduksi tertinggi terjadi di lokasi 1 *cluster* II (sarana olahraga) yaitu sebesar -410, sedangkan nilai rata-rata emisi tertinggi terjadi di lokasi 5 *cluster* IV (pabrik II) yaitu sebesar 757. Nilai Net_CO₂ data seri waktu ke-25 lokasi secara lengkap disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Rata-rata Net_CO₂ data seri waktu

Lokasi	Posisi		Rata-Rata	
	x	y		
Cluster I (Perumahan Karyawan)	1	681691.37	9208663.38	-279
	2	681702.01	9208366.50	-322
	3	681555.86	9208573.93	-231
	4	681846.92	9208516.00	-237
	5	681396.04	9208426.88	-347
Cluster II (Sarana Olahraga)	1	680925.35	9208422.79	-410
	2	681093.49	9208484.94	-389
	3	681224.73	9208339.04	-364
	4	681075.51	9208334.18	-347
	5	681077.77	9208199.09	-279
Cluster III (Pabrik I)	1	680953.88	9208723.62	285
	2	681137.90	9208845.23	312
	3	681190.71	9209235.77	295
	4	680649.54	9209080.79	352
	5	680595.49	9208817.13	365
Lokasi	Posisi		Rata-Rata	
	x	y		
Cluster IV (Pabrik II)	1	681250.30	9209464.10	632
	2	681405.01	9209671.13	562
	3	681733.82	9209745.85	637
	4	681969.70	9209654.04	652
	5	681608.64	9209563.73	757
Cluster V (Pabrik III)	1	680777.39	9209798.04	732
	2	680986.44	9209484.83	640
	3	681254.08	9209921.36	713
	4	681071.36	9209837.52	699
	5	680891.38	9210010.83	562

PEMBAHASAN

Dari perhitungan delineasi ke-25 unit analisis didapatkan bahwa **lokasi yang dominan vegetasi** adalah *cluster* I (perumahan karyawan) dan *cluster* II (sarana olahraga) dengan nilai proporsi RTH terbesar adalah 100%. Sedangkan **lokasi yang tidak dominan vegetasi** adalah *cluster* III, IV, dan V atau pabrik I, II, dan III dengan nilai proporsi RTH terbesar adalah 66,9%.

Berdasarkan data seri waktu Net_CO₂ pada Tabel 3, lokasi perumahan karyawan (*cluster* I) dan Sarana olahraga (*cluster* II) memiliki nilai rata-rata Net_CO₂ bertanda **negatif (-)** yang memiliki arti bahwa **proses reduksi CO₂ lebih besar daripada emisi CO₂**. Sementara untuk lokasi pabrik I, II, dan III (*cluster* III, IV, dan V) menunjukkan nilai rata-rata Net_CO₂ bertanda **positif (+)** yang berarti **proses emisi CO₂ lebih besar dari proses reduksi CO₂**. Nilai tersebut menunjukkan bahwa lokasi yang dominan vegetasi memiliki kemampuan untuk mereduksi emisi CO₂ di udara ambien.

Hal ini sesuai dengan penelitian Shan, dkk (2011); Hidayati, dkk (2013); Nowak, dkk., (2006); Escobedo dan Nowak, (2009); dan Tallis, dkk., (2011); yang menyatakan bahwa semakin luas proporsi tumbuhan pada suatu area, maka semakin besar pula serapan emisi CO₂ dari udara ambien.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Lahan dengan vegetasi dominan berpengaruh negatif, yang menggambarkan bahwa proses reduksi CO₂ lebih besar, dengan nilai reduksi terbesar adalah -410 pada lokasi 1 *cluster* II. Sementara lahan tanpa vegetasi berpengaruh positif, yang menggambarkan bahwa proses emisi CO₂ terjadi lebih besar, dengan nilai emisi terbesar adalah 757 pada lokasi 5 *cluster* IV. Indikator pohon berpengaruh negatif terhadap Net_CO₂ yang berarti semakin besar proporsi luasan pohon, maka semakin kecil konsentrasi CO₂.

Saran

Perlunya penambahan vegetasi jenis pohon pada RTH di kawasan industri untuk mereduksi konsentrasi CO₂ lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Buns, C., dan Kuttler, W. (2012). *Path-integrated measurements of carbon dioxide in the urban canopy layer*. Atmospheric Environment 46: 237-247.
- Escobedo, F.J., Nowak, D.J. (2009). Spatial Heterogeneity and Air Pollution Removal by An Urban Forest. *Journal of Landscape and Urban Planning* 90: 102-110.
- Hidayati, N., Mansur, M., Juhaeti, T. (2013). Variasi Serapan Karbondioksida (CO₂) Jenis-Jenis Pohon di Ecopark, Cibinong dan Kaitanya dengan Potensi Mitigasi Gas Rumah Kaca. *Buletin Kebun Raya*. Vol. 16 No. 01: 38-51.
- Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. (2005). *Carbon Dioxide Capture and Storage*.
- Nemerow, Agardy, J., Sullivan, P., Salvato, J. (2008). *Environmental health and safety for municipal infrastructure, landuse an planning, and industry: sixth edition*. Wiley.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C. (2006). Air Pollution Removal by Urban Trees and Shrubs in the United States. *Journal of*

- Urban Forestry & Urban Greening 4 (2006) 115–123.
- Omar, S.R. (2010). *Plant volume as a factor affecting outdoor ambient air and thermal condition*. UTM
- Santoso, I.B., Otok, B.W. (2014). Determination of Sample Size for Evaluation Greenspace Using the Cumulative Concentration Levels of Carbon Dioxide in Ambient Air. *International Journal of Academic Research. Part A*; 2014; 6(1), 161-165.
- Shan, Y., Shen, Z., Zhou, X., Zou, X., Che, S., Wang, W. (2011). Quantifying Air Pollution Attenuation within Urban Parks: An Experimental Approach in Shanghai, China. *Journal of Environmental Pollution* 159 (2011) 2155-2163.
- Tallis, M., Taylor, G., Sinnett, D., Freer-Smith, P. (2011). Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments. *Journal of Landscape and Urban Planning* 103 (2011) 129– 138.