

Efektivitas Jalur Hijau Jalan dalam Mengurangi Polutan Gas CO (The Effectivity of Roadside Green Belt in Reducing the Concentration of CO Gas Pollutant)

Anisah Nur Izzah¹, Nizar Nasrullah², Bambang Sulistyantara²

(Diterima Juli 2018/Disetujui Juli 2019)

ABSTRAK

Polusi udara merupakan masalah serius yang meningkat dan terjadi di hampir semua negara, termasuk di negara-negara maju. Polusi udara yang meningkat umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti transportasi. Salah satu zat polutan berbahaya yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor ialah polutan CO (karbon monoksida). Salah satu upaya dalam mengendalikan polusi udara ialah pemanfaatan dengan ruang terbuka hijau di area pinggir jalan. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran tentang pengaruh area vegetasi dan area terbuka dalam mengurangi penyebaran polutan gas CO yang dihasilkan oleh kegiatan transportasi. Penelitian ini dilakukan di jalur hijau jalan Tol Cikampek. Pengambilan sampel udara dilakukan untuk mengukur konsentrasi CO dalam jarak 0, 10, dan 30 m dari tepi jalan jalur hijau. Untuk menentukan konsentrasi CO digunakan analisis dengan metode spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor vegetasi dan jarak dari jalur hijau secara signifikan memengaruhi distribusi konsentrasi gas CO. Area jalur hijau mengurangi distribusi polutan CO di sekitar jalan Tol Cikampek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa plot area vegetasi secara efektif dapat mengurangi konsentrasi gas CO sebesar 8,5% dibandingkan dengan plot terbuka. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa konsentrasi gas CO pada plot area vegetasi dalam jarak 10 dan 30 m secara berturut-turut menurun sebesar 14,5 dan 23,55%. Sementara itu, di area plot terbuka dalam jarak 10 dan 30 m konsentrasi gas CO menurun sebesar 7,17 dan 15,05%.

Kata kunci: jalur hijau, karbon monoksida, polusi, Tol Cikampek

ABSTRACT

Air pollution is a serious problem that increase in almost all countries, including in developed countries. Increasing in air pollution is generally caused by human activity such as transportation. One of dangerous pollutant substances generated by motor vehicles is CO (carbon monoxide) gas. One effort in controlling air pollution is the utilization of green open space in the roadside area. The purpose of this study is to determine the distribution of CO in road side vegetation area and open area. The research was conducted in roadside green belt of Cikampek Highway. Air sampling was conducted to measure the concentration of CO in the distances of 0, 10, and 30 m from green belt area. Concentration of CO was analyzed using a spectrophotometry method. The result showed that vegetation and distance factors significantly affected the distribution of CO gas concentrations. The existence green belt area reduced the distribution of CO pollutant in the vicinity of Cikampek highway. As a result, the plot of vegetation area can effectively reduce the concentration of CO gas by 8.5% compare to open plot area. In this study, the plot of vegetation area at 10 and 30 m distances decreased CO concentrations about 14.5 and 23.55%, respectively. In the open plot area, the 10 and 30 m distances from the open plot area decreased CO concentrations by 7.17 and 15.05%, respectively.

Keywords: carbon monoxide, Cikampek highway, green belt, pollutant

PENDAHULUAN

Pencemaran udara di Indonesia disumbangkan oleh gas buangan kendaraan bermotor sebesar 60–70%, oleh industri sebesar 10–15%, dan sisanya berasal dari rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan lain-lain (Ismiyati *et al.* 2014). Penyebab utama pencemaran udara terbesar adalah gas dan partikel yang diemisikan oleh kendaraan

bermotor (Saepudin *et al.* 2005). Kendaraan bermotor memberikan kontribusi dalam meningkatkan konsentrasi polutan udara, terutama di kota-kota yang tinggi aktivitas trasportasinya di Indonesia. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor menjadi faktor utama penyebab penurunan kualitas udara (Maulana 2012).

Data rekapitulasi pencemaran udara dari sumber emisi gas bergerak dari bahan bakar yang solar semakin meningkat setiap tahunnya. Emisi gas yang paling berpengaruh adalah emisi gas karbon monoksida (CO), nitrik oksida (NO), dan oksida nitrogen (NOx) (Tiarani *et al.* 2016). Kadar emisi gas CO adalah sekitar 69,1 juta ton/tahun (Irawan 2006). Karbon monoksida (CO) merupakan salah satu penyumbang pencemaran udara yang berasal dari sektor transportasi akibat dari buangan pembakaran mesin

¹ Sekolah Pascasarjana, Program Studi Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

² Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jalan Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

* Penulis Korespondensi: Email: amyzzah@gmail.com

yang kurang sempurna. Gas CO sebagian besar berasal dari kendaraan bermotor (Sengkey *et al.* 2011). Menurut Blakemore & Jennett (2001) bahwa CO merupakan gas yang paling berbahaya karena dapat mengganggu kesehatan manusia.

Jumlah kendaraan bermotor yang melewati jalur Jakarta dan jalan Tol Cikampek pada tahun 2015 mencapai sebanyak 215 juta. Kualitas udara menurun seiring dengan peningkatan aktivitas manusia yang disebabkan oleh penambahan kendaraan bermotor (Permatayakti & Purnomo 2015). Salah satu upaya dalam pengendalian pencemaran udara ialah dengan pemantauan kualitas udara. Jalur hijau merupakan unsur penting bagi suatu sistem perkotaan sebagai kontrol polusi dan menjaga kualitas hidup masyarakat perkotaan (Basri 2009).

Tanaman mempunyai kemampuan dalam meningkatkan kualitas udara dengan mereduksi polutan udara (Feng Li *et al.* 2010) melalui mekanisme penyerapan maupun penjerapan polutan (Papuangan *et al.* 2014). Prasetyo (2016) menjelaskan bahwa jalur hijau jalan mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi NO₂ yang lebih besar dibandingkan dengan area terbuka dengan rata-rata penurunan pada jarak 10 dan 30 m secara berturut-turut adalah sebesar 52,11 dan 84,78% dan pada area terbuka pada jarak 10 dan 30 m, penurunan secara berturut-turut adalah sebesar 49,4 dan 43,3%. Hasil penelitian Dwica (2017) menunjukkan bahwa konsentrasi CO ditemukan lebih tinggi pada area terbuka dibandingkan dengan area vegetasi. Tujuan penelitian ialah untuk menentukan efektivitas jalur hijau jalan dalam menurunkan konsentrasi CO yang disebabkan oleh aktivitas transportasi di jalan Tol Cikampek.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di daerah Km 35–37 jalan Tol Cikampek dengan menggunakan dua kategori plot, yaitu jalur hijau tanaman mahoni daun besar (*Swietenia macrophylla King*) dan area terbuka. Untuk plot jalur hijau dipilih plot yang memiliki lebar jalur hijau minimal 30 m dengan tinggi pohon rata-rata adalah 3–4 m, serta topografi tidak curam. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret–April 2018 dengan waktu pengambilan sampel udara dari pagi hingga sore hari (Tabel 1).

Rancangan Penelitian

Untuk melihat efek jalur hijau dalam mengontrol sebaran polutan CO, penelitian ini menggunakan rancangan percobaan faktorial dengan 2 faktor dan dua ulangan. Faktor I adalah keberadaan jalur hijau dengan 2 plot, yaitu plot vegetasi dan area terbuka atau plot tanpa jalur hijau. Plot jalur hijau dipilih dengan kriteria lebar minimal 30 m, kondisi lahan datar, dan berupa tegakan pohon dengan jenis yang sama. Pada plot vegetasi dan area terbuka masing-masing dibuat 2 transek sebagai ulangan. Faktor II adalah jarak dari jalan yang terdiri atas 3 level atau pada masing-masing transek titik pengamatan dilakukan pada 3 jarak yaitu, 0, 10, dan 30 m. Jarak 0 m diambil dari titik pohon pertama, yaitu sekitar 5 m dari pinggir jalan dan ketinggian 1,5 m (Gambar 1).

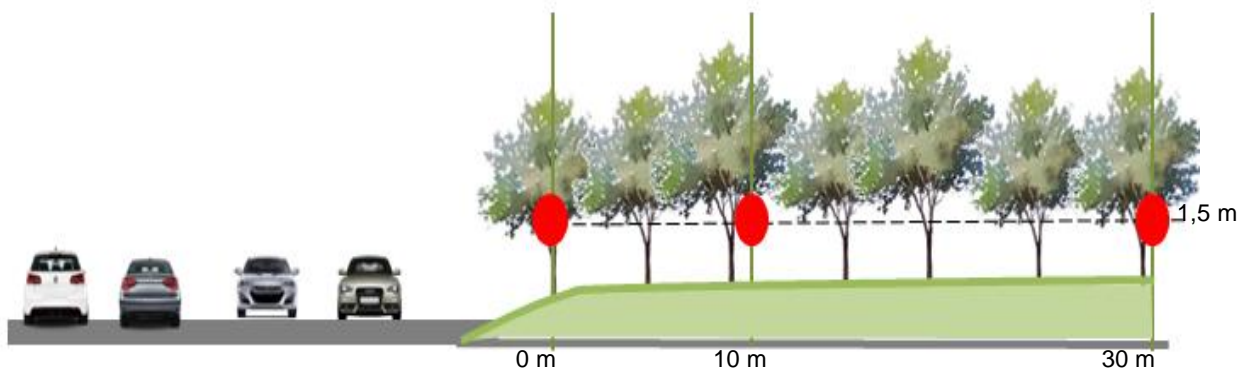
Pelaksanaan Penelitian

- **Pengukuran konsentrasi gas CO**

Alat dan bahan yang digunakan untuk pengambilan sampel dan analisis udara adalah *impinger air sampler*, *spektrofotometer* (seri UV-1800), dan larutan penjerap

Tabel 1 Posisi titik lokasi plot dan waktu sampling dengan dua kali ulangan

Area	Posisi (km)	Waktu sampling (WIB)
Vegetasi I	35,300	10:00–11:00, 12:00–13:00, 14:00–15:00
Vegetasi II	35,400	10:00–11:00, 12:00–13:00, 14:00–15:00
Terbuka (kontrol) I	37,000	10:00–11:00, 12:00–13:00, 14:00–15:00
Terbuka (kontrol) II	37,200	10:00–11:00, 12:00–13:00, 14:00–15:00



Gambar 1 Jarak pada tiap plot pengambilan sampel karbon monoksida.

iodida. Pengukuran kualitas udara dilakukan pada ketinggian 1,5 m.

Pengambilan sampel udara dilakukan menggunakan metode spektrofotometri, yaitu menggunakan cairan penyerap (absorber) berupa iodida lalu dianalisis dengan alat spektrofotometer. Pengukuran kadar CO dilakukan mengikuti metode iodometri di laboratorium Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) LPPM IPB.

• **Menghitung total emisi**

Total emisi dihitung dengan menggunakan formula Zhongan *et al.* (2005) sebagai berikut:

$$E_p = \sum_{i=1}^n L \times N_i \times F_{pi}$$

Keterangan:

- E_p = Intensitas emisi dari suatu ruas jalan (g/hari atau g/jam)
- L = Panjang jalan yang dilalui kendaraan (km)
- N_i = Jumlah kendaraan bermotor tipe i yang melintasi ruas jalan (unit/hari atau unit/jam)
- F_{pi} = Faktor emisi kendaraan bermotor dari suatu ruas jalan (g/km)
- P = Jenis polutan

• **Analisis arah dan kecepatan angin**

Untuk mengetahui arah dan kecepatan angin pada masing-masing titik transek, pengukuran dilakukan menggunakan alat *weather meters anemometer wind vane* sesuai dengan pengambilan sampel udara pada tiap titik transeknya untuk mengetahui seberapa besar kecepatan angin pada masing-masing titik transek plot tersebut.

Analisis Data

Pengurangan konsentrasi gas CO oleh masing-masing transek diperoleh dengan membandingkan kualitas udara dari hasil pengukuran pada jalur hijau area vegetasi dengan kualitas udara pada plot kontrol, yaitu area terbuka. Untuk mengetahui pengaruh jalur hijau pada pengurangan konsentrasi gas CO dilakukan penelitian menggunakan rancangan percobaan

dengan dua faktor, yaitu keberadaan jalur hijau dan jarak dari jalan.

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan faktorial acak lengkap dengan model linear sebagai berikut (Sulistiyorini 2009).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \delta_k + (\alpha\delta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Keterangan:

- Y_{ij} = Nilai pengamatan
- M = Rataan
- A_i = Pengaruh faktor jarak pengamatan taraf ke- i
- Δ_j = Pengaruh faktor keberadaan jalur hijau
- $(\alpha\delta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi lokasi ke- i dan faktor j
- ϵ_{ijk} = Galat percobaan

Selanjutnya, data konsentrasi gas CO dan pengukuran gas CO oleh vegetasi diolah dengan uji ANOVA. Apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan nyata, selanjutnya dilakukan uji selang berganda Duncan pada taraf $\alpha = 5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Kendaraan dan Estimasi Emisi Gas CO

Pada saat pengambilan sampel gas CO di jalan Tol Cikampek, volume kendaraan mencapai 13190–15624 unit/jam. Estimasi emisi kendaraan menurun pada siang hari dan meningkat pada sore hari (Tabel 2).

Konsentrasi CO pada Setiap Plot

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa interaksi jarak tidak berpengaruh nyata dan interaksi plot berpengaruh nyata pada sebaran konsentrasi CO (Tabel 3). Konsentrasi CO pada plot vegetasi lebih rendah dibandingkan dengan pada plot area terbuka. Pada plot area vegetasi kondisi konsentrasi CO semakin menurun dengan bertambahnya jarak. Pada plot vegetasi jarak 0, 10, dan 30 m, konsentrasi CO secara berturut-turut adalah sebesar 1572,11;

Tabel 2 Waktu pengambilan sampel udara, jumlah kendaraan, dan estimasi gas karbon monoksida yang dihasilkan oleh kendaraan

Waktu sampling	Jumlah kendaraan	Total emisi CO (g/km)	Kecepatan angin (m/s)	
			Area vegetasi	Area terbuka
10:00–11:00	14508	1038,77	0,26–1,75	0,10–1,85
12:00–13:00	13190	944,40	0,24–0,75	0,60–2,35
14:00–15:00	15624	1118,67	0,00–0,80	0,10–1,90

Tabel 3 Rata-rata konsentrasi karbon monoksida dalam plot pada pengambilan sampel udara di beberapa jarak dari jalan

Jarak (m)	Plot		Rata-rata
	Area vegetasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Area terbuka ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
0	1572,11	2123,69	1847,90
10	1426,19	2051,95	1739,00
30	1336,60	1973,11	1654,86
Rata-rata	1444,96 ^a	2049,58 ^b	

Keterangan: *Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris plot menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%.

1426,19; dan 1336,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada plot area terbuka dengan jarak 0, 10, dan 30 m, konsentrasi CO adalah sebesar 2123,69; 2051,95; dan 1973,115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hasil uji lanjut rata-rata konsentrasi CO berdasarkan waktu menunjukkan bahwa hasil konsentrasi CO pada pagi dan siang hari berbeda nyata. Selain itu, hasil pengukuran pada sore berbeda nyata dari pengukuran pada pagi dan siang hari (Tabel 4). Pada pukul 10:00–11:00 WIB, jumlah konsentrasi CO adalah sebesar 1647,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sementara itu pada pukul 12:00–13:00 WIB jumlah kendaraan menurun dan bersamaan dengan jumlah konsentrasi CO menurun, yaitu sebesar 1614,39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan pada pukul 14:00–15:00 jumlah kendaraan meningkat dan konsentrasi CO meningkat menjadi sebesar 1980,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Perubahan Konsentrasi Gas CO

Dalam hasil penelitian ini, konsentrasi gas CO pada plot vegetasi lebih rendah dibandingkan dengan pada plot terbuka. Interaksi jarak plot dari sumber emisi gas CO pada jarak 0 m memiliki kadar gas CO paling tinggi dan pada jarak 30 m yang jauh dari sumber emisi memiliki konsentrasi gas CO paling rendah.

Konsentrasi gas CO plot area vegetasi pada jarak 0 m adalah 1572,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan konsentrasi CO menurun pada jarak 10 m sebesar 14,5% dengan jumlah gas CO sebesar 1426,19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan menurun kembali pada jarak 30 m sebesar 23,55% dengan jumlah gas CO sebesar 1336,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada plot area terbuka jarak 0 m, konsentrasi CO adalah 2123,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kemudian konsentrasi CO menurun pada jarak 10 m sebesar 7,1% dengan jumlah gas CO sebesar 2051,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan pada jarak 30 m menurun hingga 15,05% dengan jumlah gas CO sebesar 1973,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabel 5).

Pada plot area bervegetasi, rata-rata polutan gas CO berkurang sebesar 23,55%, sementara itu pada area terbuka, kadar konsentrasi CO menurun sebesar 15,05%. Plot area vegetasi secara efektif dapat menurunkan gas CO sebesar 8,5% dibandingkan dengan area terbuka. Plot area terbuka memiliki konsentrasi gas CO yang lebih tinggi dibandingkan dengan area vegetasi. Perbedaan ini disebabkan oleh ketidakadaan vegetasi pada plot terbuka sehingga

tidak terdapat penyerapan CO oleh pada tanaman yang dapat membantu menyerap dan mengurangi konsentrasi CO dalam jalur hijau area terbuka. Sesuai dengan penelitian Zhong *et al.* (2017), bahwa kondisi sebaran polutan yang memiliki kanopi tanaman memiliki efek yang berbeda, di mana yang memiliki tanaman kualitas udara lebih baik dibandingkan dengan yang tidak memiliki kanopi tanaman.

Korelasi Konsentrasi Gas CO, Jumlah Kendaraan, dan Kecepatan Angin

Dari hasil uji regresi linear sederhana konsentrasi CO pada jumlah kendaraan area plot vegetasi menghasilkan persamaan regresi linear $Y = 0,2203X - 1735,8$ (Gambar 2), yang menunjukkan bahwa korelasi antara CO dengan volume kendaraan adalah signifikan. Hal ini didukung dalam penelitian yang sebelumnya (Sugiarta 2008) bahwa besar gas CO kendaraan bermotor menunjukkan korelasi yang positif dengan kepadatan lalu lintas sebagai penyumbang gas CO.

Pada grafik persamaan CO dengan kecepatan angin pada plot vegetasi, menghasilkan persamaan regresi, yaitu $Y = 709,6X + 1029,8$ (Gambar 3). Dari hasil uji regresi linear sederhana menunjukkan bahwa korelasi antara CO dengan variabel kecepatan angin adalah signifikan.

Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang dikemukakan oleh Dwica (2017) bahwa penurunan konsentrasi CO dapat dipengaruhi oleh kecepatan angin. Dalam penelitian Sulistyantara *et al.* (2016) ditemukan bahwa kecepatan angin dapat memengaruhi distribusi polutan.

Implikasi Hasil Penelitian pada Penataan Hijau Jalur Jalan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi gas CO pada plot vegetasi lebih sedikit dibandingkan dengan pada plot terbuka. Area vegetasi sangat efektif dalam mengurangi konsentrasi polutan gas CO. Dalam penataan jalur hijau dapat ditanami tanaman pohon, perdu, dan semak secara rapat agar efektif dalam mengurangi gas CO. Dalam penelitian ini, korelasi CO dan angin dalam plot vegetasi hasilnya signifikan. Hal

Tabel 4 Rata-rata konsentrasi karbon monoksida pada tiga waktu dalam plot pada pengambilan sampel udara

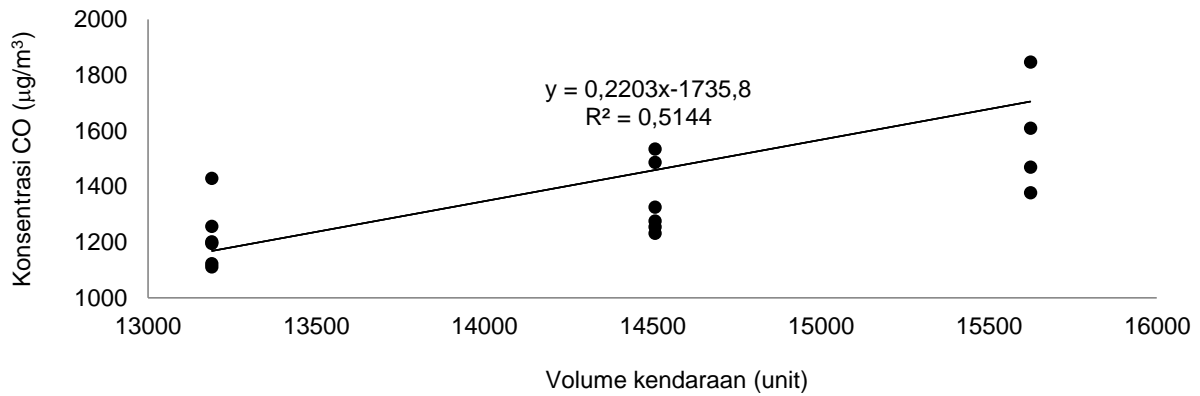
Waktu	Jumlah kendaraan	Plot		Rata-rata
		Area vegetasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Area terbuka ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
10:00–11:00	14508	1351,21	1943,32	1647,26 ^b
12:00–13:00	13190	1219,26	2009,51	1614,39 ^b
14:00–15:00	15624	1764,40	2195,91	1980,15 ^a

Keterangan: *Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris plot menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%.

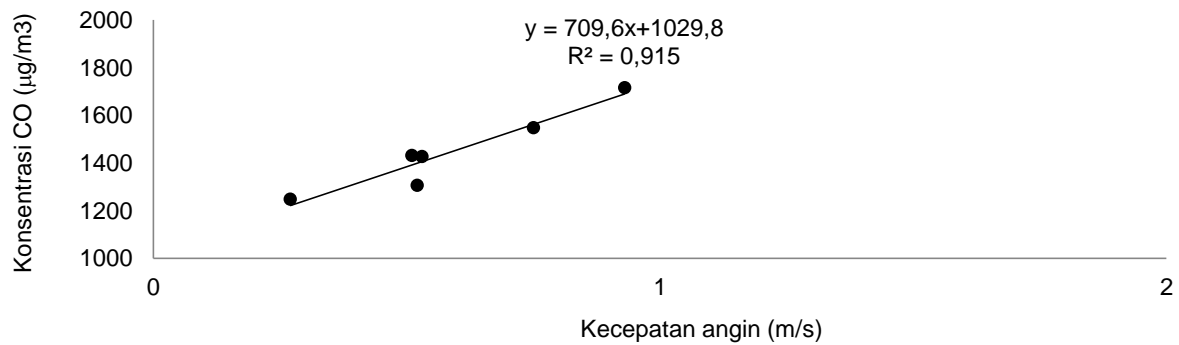
Tabel 5 Perubahan konsentrasi karbon monoksida pada jarak 0, 10, dan 30 m

Jarak (m)	Konsentrasi gas CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	Area vegetasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(%)	Area terbuka ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(%)
0	1572,11	100,00	2123,69	100,00
10	1426,19	14,50	2051,95	7,10
30	1336,60	23,55	1973,12	15,05

Keterangan: Jarak 0 m digunakan sebagai referensi masing-masing plot sampling.



Gambar 2 Grafik persamaan antara jumlah kendaraan dengan konsentrasi karbon monoksida area vegetasi.



Gambar 3 Grafik persamaan antara kecepatan angin dengan konsentrasi karbon monoksida area vegetasi.

ini dapat menahan pergerakan angin sehingga vegetasi dapat menyerap dan menyerap polusi. Sesuai penelitian Dwica (2017) bahwa penanaman pohon secara rapat dapat menahan pergerakan angin yang membawa polutan CO sehingga lebih banyak polutan yang dapat dikurangi dengan cara adsorpsi oleh daun.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan alur hijau memengaruhi konsentrasi CO. Lokasi ber-vegetasi CO di lokasi terbuka dan konsentrasi gas CO pada kedua lokasi memiliki kecenderungan menurun dari sumber emisi (0 m) ke jarak yang lebih jauh. Vegetasi jalur hijau jalan dapat menurunkan sebaran konsentrasi CO secara efektif sebesar 8,5% dibandingkan dengan jalur hijau yang terbuka. Pada plot area vegetasi, jumlah konsentrasi CO lebih sedikit dibandingkan dengan pada area terbuka. Oleh karena itu, jalur hijau pada area jalan tol sebaiknya merupakan area tegakan vegetasi untuk mengurangi polutan gas CO. Semakin lebar area jalur hijau pada tepi jalan raya maka semakin tinggi kemampuan mengurangi tingkat konsentrasi gas CO.

DAFTAR PUSTAKA

Basri IS. 2009. Jalur hijau sebagai kontrol polusi udara hubungannya dengan kualitas hidup di perkotaan. *Jurnal Smartek*. 7(2): 113–120.

Blakemore C, Jennett S. 2001. Carbon Monoxide. *The Oxford Companion to the Body*. 32: 123–130. <https://doi.org/10.1093/acref/9780198524038.001.0001>

Dwica. 2017. Kajian efektivitas tipe tajuk pohon dalam mengurangi sebaran polutan NO₂ dan CO secara vertikal. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Feng Li, Wai, Zhan. 2010. Effect of green roof on ambient CO₂ concentration. *Building and Environment*. 45(12): 2644–2651. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.05.025>

Irawan RM. 2006. Pengaruh Catalytic Converter Kuningan Terhadap Keluaran Emisi Gas Carbon Monoksida dan Hidro Carbon Motor Bensin: Majalah Traksi.

Ismiyati, Marlita, Saidah. 2014. Pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. *Jurnal*

- Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*. 1(3): 241–248.
- Kurniawan H, Alfian. 2010. Konsep pemilihan vegetasi lansekap pada taman ligkungan di Bunderan Waru Surabaya. *Buana Sains*. 10(2): 181–188.
- Ma X, Zhong W, Feng W, Li Gang. 2017. Modelling of pollutant dispersion with atmospheric instabilities in an industrial park. *Powder Technology*. 314(1): 577–588. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.08.062>
- Maulana AZ. 2012. Analisis beban pencemar udara SO₂, NO₂ dan HC dengan pendekatan *line source modeling*. *Widyariset*. 15(3): 499–508.
- Papuangan, Nurhasanah, Djurumudi. 2014. Jumlah dan distribusi stomata pada tanaman penghijauan di Kota Ternate. *Jurnal Bioedukasi*. 3(1): 287–292.
- Prasetyo. 2016. Efektivitas jalur hijau jalan dalam mengurangi polutan gas NO₂ di Jalan Tol Jagorawi. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Permatayakti R, Purnomo H. 2015. Model simulasi emisi dan penyerapan CO₂ di Kota Bogor. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 20(1): 47–52.
- Qonita FI, Pangesti N, Sukartinungrum. 2016. Toleransi beberapa spesies tanaman lanskap terhadap pencemaran udara di Taman Pelangi Surabaya. *Plumula*. 5(2): 188–202.
- Saepudi T, Admono A. 2005. Kajian Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta. *Jurnal Teknologi Indonesia*. 29–30.
- Sengkey, Jansen, Wallah. 2011. Tingkat pencemaran udara CO akibat lalu lintas dengan model prediksi polusi udara skala mikro. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. 1(2): 119–126.
- Sugiarta AAG. 2008. Dampak bising dan kualitas udara pada lingkungan Kota Denpasar. *Jurnal Bumi Lestari*. 8(2): 162–167.
- Sulistijorini. 2009. Keefektifan dan toleransi jenis tanaman jalur hijau jalan dalam mereduksi pencemar NO₂ akibat aktivitas transportasi. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sulistiyantara B, Nasrullah N, Fatimah IS, Prita IP. 2016. Study of the Effectivity of Several Tree Canopy Types on Roadside Green Belt in Influencing The Distribution Vertically and Horizontally of CO gas Emitted from Transportation Activities to Vicinity of The Road. *Earth and Environmental Science* : 31. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/31/1/012031>
- Tiarani VL, Sutrisno, Huboyo. 2016. Kajian beban emisi pencemar udara (TSP, NO_x, SO₂, HC, CO) dan gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) sektor transportasi darat Kota Yogyakarta dengan metode tier 1 dan tier 2. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 5(1):1–10.
- Zhongan M, Slanina S, Spaargaren G, Yuanhang Z. 2005. Traffic and urban air pollution, the case of Xi'an city, P.R China. (Online, http://cleanairasia.org/portal/system/files/articles37335_t_p_15C_maozho.ngan.pdf).
- Zhong BQ, Wang LQ, Liang T, Xing BS. 2017. Pollution level and inhalation exposure of ambient aerosol fluoride as affected by polymetallic rare earth mining and smelting in Baotou, north China. *Atmospheric Environment*. 167(2017): 40–48.