

PENGARUH JUMLAH BARIS TANAMAN JALUR HIJAU JALAN DALAM MEREDUKSI PARTIKEL TIMBAL (Pb) DARI EMISI KENDARAAN BERMOTOR (STUDI KASUS JALUR HIJAU ACACIA MANGIUM JALAN TOL JAGORAWI)

[The Effects of the Plant Row Number of Roadside Vegetation in Reducing Lead (Pb) Particles Emitted by Motor Vehicle (Case Study of Acacia mangium Greenbelt, Jagorawi Highway)]

RACHMAD HERMAWAN¹, CECEP KUSMANA², NIZAR NASRULLAH³ DAN LILIK BUDI PRASETYO⁴

¹ Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan, Sekolah Pascasarjana IPB

² Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan IPB

³ Departemen Lansekap Fakultas Pertanian IPB

⁴ Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata
Fakultas Kehutanan IPB

Diterima 26 Juli 2011/Disetujui 4 Agustus 2011

ABSTRACT

Structure of roadside vegetation was assumed to have effects in reducing lead concentration in the ambient air. One of the structure factors was number of rows. The objectives of the research were: (a) to determine the effects of different number of plant rows in reducing lead concentration; (b) to determine the decreasing pattern of Pb particle concentration in the ambient air surrounding the roadside vegetation. Air sample to analyze the concentration of Pb particles in the ambient air was collected on 4 collection point: point emission (roadside), 5 m, 15 m and 30 m behind the roadside vegetation; air samples was also collected from an openspace plot. The results showed that differences of tree row number affected the decrease of Pb particle concentration; the more the number of tree rows, the greater the decrease of Pb particle concentration. Two plant rows of roadside vegetation had same capability with more two plant rows of roadside vegetation in reducing Pb particle concentration. There was a trend that the increasing distance of the roadside would decrease the level of Pb concentration.

Keywords: Pb particle, roadside vegetation, plant row

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kualitas lingkungan udara di perkotaan cenderung mengalami penurunan terutama disebabkan oleh aktivitas transportasi. Kendaraan bermotor memberikan kontribusi 60-70% dari total zat pencemar di udara (Krisnaya & Bedi, 1986). Salah satu polutan yang diemisikan dari kendaraan bermotor berbahan bakar bensin adalah timbal (Pb). Timbal yang masuk ke dalam tubuh manusia mempunyai efek negatif terhadap kesehatan. Efek timbal pada anak-anak dapat menyebabkan penurunan tingkat kecerdasan (IQ points) dan penurunan kemampuan belajar; sedangkan pada orang dewasa pencemaran timbal dapat menyebabkan tekanan darah tinggi, serangan jantung, kemandulan dan pada level yang sangat tinggi dapat menyebabkan kematian (Lestari 2006).

Salah satu upaya untuk mengatasi partikel timbal di udara ambien adalah dengan membangun hutan kota. Oleh karena sumber utama polutan timbal udara di kawasan perkotaan adalah kendaraan bermotor, maka kawasan-kawasan yang berada di sekitar jalan raya merupakan kawasan yang menjadi penerima utama

polutan udara. Untuk mengurangi permasalahan tersebut, pemerintah telah melakukan kegiatan penanaman di sepanjang tepi jalan raya dalam bentuk jalur hijau jalan. Jalur hijau ini merupakan agen pertama yang berfungsi sebagai penyaring polutan udara dari emisi kendaraan bermotor dan penyanga untuk daerah di belakangnya.

Kefektifan jalur hijau jalan dalam mereduksi konsentrasi partikel timbal udara ambien diduga dipengaruhi oleh strukturnya. Struktur jalur hijau dapat dibedakan menurut berbagai karakteristik tanaman yang mencakup komposisi jenis, umur, dimensi jalur hijau, kondisi kesehatan dan kepadatan tanaman (Sanders 1984). Penelitian peranan vegetasi perkotaan dalam mereduksi partikulat telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Cavanagh *et al.* 2009; Irwan 1997; Nowak *et al.* 2002.), tetapi belum mengkaji perbedaan struktur jalur hijau secara sistematis dan bersamaan terhadap keefektifannya dalam mereduksi emisi partikel timbal. Penelitian ini tidak mendisain faktor-faktor struktur jalur hijau, tetapi memanfaatkan jalur hijau yang sudah ada, maka dilakukan pembatasan pada faktor yang dikaji. Kajian difokuskan pada perbedaan jumlah baris jalur hijau jalan.

2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) untuk mengetahui pengaruh perbedaan jumlah baris tanaman jalur hijau jalan dalam mereduksi konsentrasi partikel timbal dari emisi kendaraan bermotor; (2) mengkaji pola penurunan konsentrasi partikel timbal udara ambien pada jalur hijau jalan.

METODE PENELITIAN

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian adalah jalur hijau *Acacia mangium* di Jalan Tol Jagorawi arah dari Bogor ke Jakarta. Penelitian dilaksanakan dari Bulan Oktober 2010 sampai dengan Juni 2011. Analisis konsentrasi Pb udara ambien dilakukan di Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) IPB.

2. Pelaksanaan Penelitian

Ciri struktur utama yang digunakan untuk menguji perbedaan keefektifan dalam mereduksi konsentrasi partikel timbal di udara adalah jumlah baris jalur hijau. Oleh karena itu perlu mencari plot-plot penelitian yang mewakili perbedaan jumlah baris jalur hijau. Pada penelitian ini dibatasi pada tiga (3) jumlah baris jalur hijau yaitu: 1) satu baris tanaman; 2) dua baris tanaman; 3) lebih dari dua baris tanaman. Disamping itu, juga ditambah satu jalur berupa jalur terbuka (tanpa vegetasi).

Kriteria plot penelitian yang dipilih adalah: (a) ketiga jalur hijau yang dijadikan plot-plot penelitian merupakan satu jenis (spesies) tanaman dengan dimensi (tinggi total, tinggi bebas cabang dan diameter batang) dan kerapatan kurang lebih sama dengan panjang jalur 50-100 m; (b) letak jalur hijau dengan jalan mempunyai ketinggian yang relatif sama; (c) jarak plot-plot penelitian dengan jalan raya kurang lebih sama; (d) pola jalan relatif sama; dan (e) mempunyai strata tajuk yang sama.

2.2. Inventariasi Struktur Jalur Hijau

Plot-plot jalur hijau yang dipilih sebagai plot-plot penelitian diukur azimuthnya dengan menggunakan

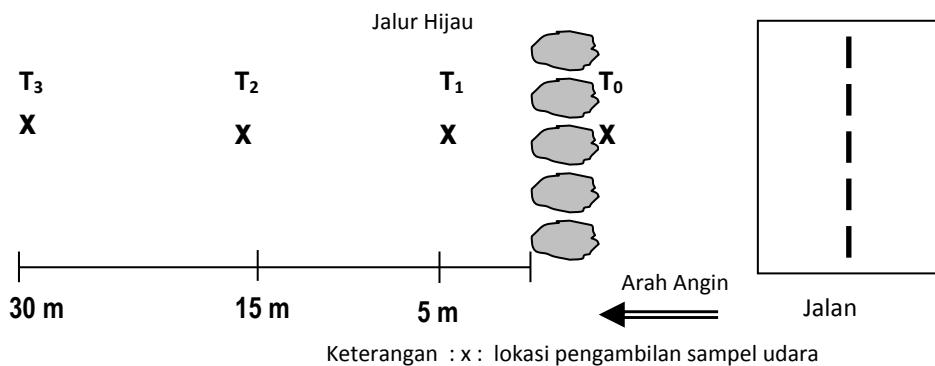
kompas. Selanjutnya, dilakukan pengukuran terhadap struktur jalur hijau yaitu tinggi pohon, tinggi bebas cabang dan diameter pohon. Alat yang digunakan untuk keperluan ini adalah pita ukur, meteran gulung, tambang, pita dan haga hypsometer. Selain itu, diukur juga indeks luas daun. Untuk pengukuran indeks luas daun (ILD) digunakan alat *HemisphericalView Canopy Analyzer (Hemi View)* yang diolah dengan menggunakan *HemiView2.1. Canopy Analysis Software*.

2.3. Pengukuran Konsentrasi Timbal di Udara Ambien

Partikel timbal ditangkap melalui pengambilan sampel udara dengan metode gravimetri. Pengambilan sampel udara dilakukan dengan menggunakan alat *Low Volume Air Sampler* dengan kecepatan aliran udara 41 liter per menit pada ketinggian 1,5 meter. Dalam pengambilan sampel, partikulat di udara ambien dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara masuk dan kemiringan inlet pada alat sampling dan bentuk serta ukuran inlet (Soedomo, 2001). Untuk mendapatkan hasil sampling yang representatif, sampling partikulat harus dilakukan pada kondisi isokinetik yaitu kondisi dimana kecepatan aliran di dalam saluran penghisap sampel sama dengan kecepatan aliran rata-rata di dalam saluran (cerobong).

Durasi pengambilan sampel setiap titik adalah 3 jam. Waktu pengambilan sampel adalah pada hari kerja yaitu pada hari Senin-Jumat, dengan kondisi cuaca terang, antara Pukul 08.00-17.00. Oleh karena keterbatasan alat, maka pengambilan sampel udara tidak dilakukan secara serempak, dengan asumsi bahwa kondisi iklim sebelum pengambilan sampel udara sama.

Pada setiap plot penelitian dilakukan pengambilan sampel pada empat titik dengan letak seperti pada Gambar 1. Selain jalur hijau, juga dilakukan pengambilan sampel udara pada jalur terbuka. Pada setiap titik dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali, kecuali untuk jalur terbuka dan jalur dengan satu baris tanaman dilakukan dua kali pengulangan. Dengan demikian terdapat empat puluh sampel udara.



Gambar 1. Sketsa lokasi pengambilan sampel udara untuk pengukuran konsentrasi timbal udara ambien di sekitar jalur hijau.

Sebelum melakukan analisis terhadap konsentrasi partikel Pb, konsentrasi debu dianalisis terlebih dahulu. Debu atau *Total Suspended Particulate* (TSP) merupakan total konsentrasi dari berbagai jenis partikulat yang ditangkap oleh kertas saring pada alat *dust collector*.

Kertas saring yang mengandung debu dibagi menjadi empat bagian, dimasukkan ke dalam oven dan dipanaskan pada suhu 105°C selama 2 jam, kemudian didinginkan dan ditimbang. Sebagai kontrol digunakan kertas saring tanpa debu yang dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam, kemudian didinginkan dan ditimbang (berat kertas saring dianggap tetap).

Konsentrasi debu dihitung, dengan persamaan:

$$C = \frac{W_1 - W_0}{V_r}$$

Keterangan:

C = konsentrasi debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

W_0 = berat kertas saring sebelum pengambilan contoh udara

W_1 = berat kertas saring sesudah pengambilan contoh udara

V_r = volume contoh udara yang sudah dikoreksi

V_r (volume contoh udara yang sudah dikoreksi), diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$V_r = V \times \frac{P}{760} \times \frac{298}{t + 273}$$

Keterangan:

V_r = volume contoh udara yang sudah dikoreksi (m^3)

V = volume contoh udara

P = tekanan atmosfer (mm/Hg) selama pengambilan contoh udara

t = suhu udara ($^{\circ}\text{C}$) selama pengambilan contoh udara

Setelah dilakukan analisis konsentrasi debu, selanjutnya konsentrasi partikel timbal (Pb) sampel dianalisis. Analisis partikel timbal dilakukan dengan cara meletakkan kertas saring di cawan petri dan dipanaskan dalam *muffle furnace* pada suhu 105°C selama 6 jam,

kemudian didinginkan. Kertas saring dimasukkan ke dalam gelas beaker dan dilarutkan ke dalam aqua regia (campuran HCl dan HNO_3 pekat, 3 : 1), kemudian dipanaskan di *hot plate* selama 30 menit sambil diaduk sampai kertas saring menjadi putih. Larutan disaring dan diencerkan dengan aquades menjadi 100 ml. Dari larutan ini dilakukan pengukuran kandungan timbal menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* pada panjang gelombang 217,0 nm. Hasil perhitungan dikonversi terhadap volume contoh udara yang sudah dikoreksi yaitu μg timbal per m^3 volume contoh udara yang sudah dikoreksi.

2.4. Pengukuran Faktor-faktor Iklim

Faktor-faktor iklim yang diukur adalah suhu udara, kelembaban udara, arah dan kecepatan angin. Lokasi-lokasi pengukuran faktor-faktor tersebut sesuai dengan titik pengambilan sampel udara.

3. Analisis Data

Untuk melihat hubungan antara kondisi jalur hijau dengan konsentrasi Pb di udara ambien pada setiap titik contoh ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik, nilai rata-rata, selisih nilai konsentrasi dan persentase penurunan konsentrasi. Selanjutnya, untuk melihat perbedaan kemampuan jalur hijau dalam mereduksi konsentrasi partikel Pb pada berbagai jarak di belakang jalur hijau, maka digunakan Rancangan Acak Kelompok dan jika berbeda nyata maka dilakukan pengujian dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf $\alpha = 5\%$. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan Program SPSS Versi 15.00.

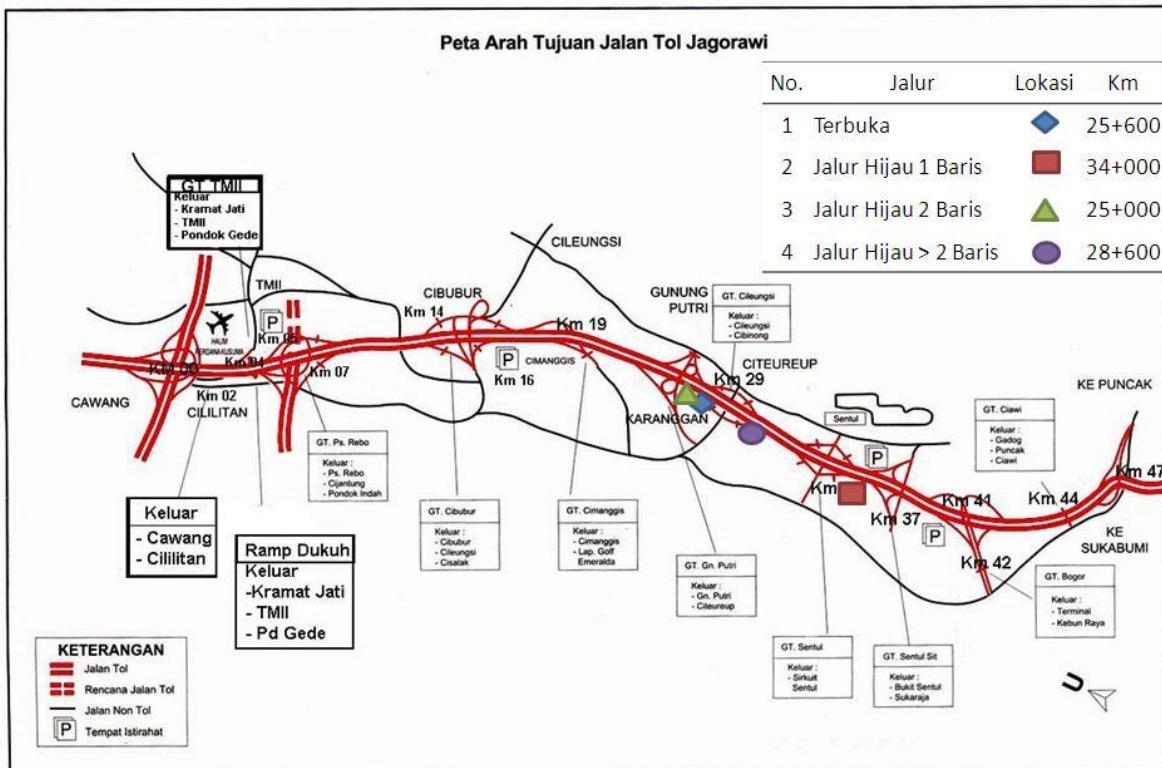
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Plot-plot Penelitian

Berdasarkan kriteria yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka lokasi plot jalur hijau jalan yang ditentukan sebagai plot-plot penelitian seperti disajikan pada Tabel 1 dengan letak seperti terlihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Lokasi plot sampel penelitian

No.	Jalur	Lokasi (km)	Azimuth (°)
1.	Jalur Terbuka	25+600	30
2.	Jalur 1 Baris	34+000	0
3.	Jalur 2 Baris	25+000	30
4.	Jalur Lebih 2 Baris	28+600	20



Gambar 2. Lokasi plot-plot penelitian.

Jalur hijau yang memenuhi kriteria adalah tegakan *Acacia mangium* yang terletak di sepanjang jalan Tol

Jagorawi arah dari Bogor-Jakarta. Adapun ciri struktur dari tegakan tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ciri struktur jalur hijau yang digunakan sebagai plot penelitian

No.	Jalur	Jarak Jalur Hijau dari Jalan (m)	Lebar Jalur Hijau (m)	Diameter Pohon (cm)	Tinggi Pohon (m)	Tinggi Bebas Cabang (m)	Indeks Luas Daun
1.	Jalur 1 Baris	5	6	21 ± 7	$18,0 \pm 2,7$	$5,3 \pm 2,5$	$0,746 \pm 1,550$
2.	Jalur 2 Baris	3	9	19 ± 9	$13,9 \pm 2,6$	$2,7 \pm 0,8$	$0,890 \pm 1,140$
3.	Jalur Lebih 2 Baris	3	17	17 ± 4	$13,4 \pm 1,1$	$8,1 \pm 3,0$	$1,023 \pm 0,112$

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa diameter pohon, tinggi total dan tinggi bebas cabang mempunyai nilai yang bervariasi. Indeks luas daun (ILD) mempunyai kecenderungan bahwa dengan semakin lebar jalur hijau, maka semakin tinggi nilai ILD, artinya bahwa tingkat kerimbunannya semakin tinggi dengan bertambahnya baris tanaman. Hal ini diduga disebabkan oleh semakin banyaknya tajuk tanaman yang *overlapping* (tumpang

tindih) antar baris sehingga jumlah total luas daun semakin besar.

Jalur lebih dua baris, mempunyai jumlah baris 4-5 dengan penataan yang tidak teratur. Artinya bahwa penataan baris tidak teratur rapi pada setiap barisnya, tetapi ditanam secara acak dengan jarak tanam 3-4 meter.

2. Kondisi Iklim Mikro di Sekitar Plot-plot Penelitian

Kondisi iklim yang diukur di sekitar plot-plot penelitian adalah suhu, kelembaban, kecepatan angin dan arah angin. Pengukuran dilakukan pada saat pengam-

ilan sampel udara ambien. Adapun kondisi iklim mikro rata-rata di sekitar plot-plot penelitian disajikan pada Tabel 3.

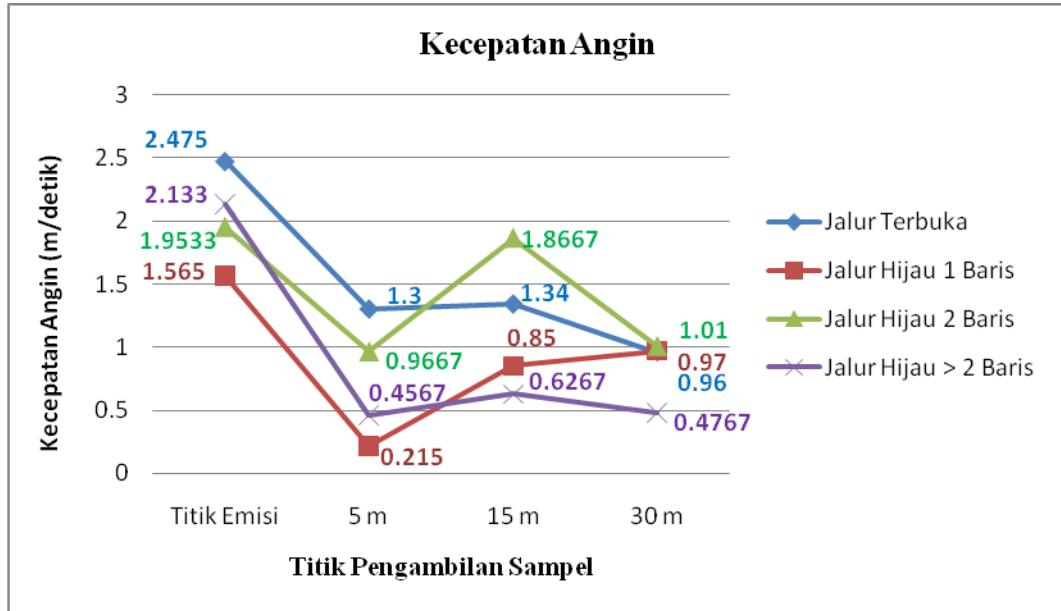
Tabel 3. Kondisi iklim mikro di sekitar plot-plot penelitian

Jalur/Titik	Iklim Mikro			
	Suhu Udara Rata-rata (°C)	Kelembaban Udara Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (m. detik ⁻¹)	Arah Angin (°)
Jalur Terbuka				
T ₀	36,45	50,85	2,48	190-210
T ₁	37,90	50,20	1,30	190-210
T ₂	36,50	55,70	1,34	200-220
T ₃	34,65	55,85	0,96	210-230
Jalur 1 Baris				
T ₀	33,90	57,80	1,57	170-180
T ₁	36,90	49,40	0,22	90-120
T ₂	34,15	55,45	0,85	90-110
T ₃	36,50	50,00	0,97	90-150
Jalur 2 Baris				
T ₀	33,33	62,02	1,95	190-210
T ₁	35,70	54,82	0,97	180-210
T ₂	34,80	55,68	1,87	210-230
T ₃	35,73	54,98	1,01	210-230
Jalur Lebih 2 Baris				
T ₀	34,10	53,33	2,31	180-200
T ₁	38,47	46,67	0,46	200-220
T ₂	33,77	55,33	0,63	180-230
T ₃	35,80	49,20	0,48	170-220

Keterangan : T₀ = titik emisi; T₁, T₂, T₃ untuk jalur hijau adalah secara berurutan 5 m, 15 m dan 30 m di belakang jalur hijau; T₁, T₂, T₃ untuk jalur terbuka adalah secara berurutan 5 m, 15 m dan 30 m dibelakang T₀ (titik emisi)

Suhu dan kelembaban relatif di sekitar plot-plot penelitian mempunyai kondisi yang bervariasi, tidak mempunyai pola tertentu. Hal ini berbeda dengan kecepatan angin. Kecepatan angin pada T₀ yang relatif dekat dengan jalan mempunyai kecepatan angin yang paling tinggi, hal ini diduga dipengaruhi oleh angin yang ditimbulkan akibat gerakan kendaraan bermotor yang melaju dengan cepat. Kecepatan angin pada titik ini antara 1,57-2,48 m.detik⁻¹. Arah angin lokal berubah-ubah, tetapi secara umum didominasi dari arah selatan menuju ke utara. Kecepatan angin mengalami penurunan pada T₁, T₂ dan T₃, walaupun tidak menunjukkan

kecenderungan, karena di beberapa titik justru kecepatan angin mengalami peningkatan, tetapi masih rendah dibandingkan dengan kecepatan angin pada T₀. Fungsi jalur hijau sebagai *windbreak* (pemecah angin) diduga belum memberikan efek yang berarti, karena nilai penurunan kecepatan tidak terlalu jauh dibandingkan dengan jalur terbuka. Pada jalur dengan jumlah baris lebih dari dua mempunyai tingkat penurunan yang paling besar yaitu 1,68 m. detik⁻¹. Untuk lebih jelasnya, mengenai kecepatan angin yang pada plot-plot penelitian seperti terlihat pada Gambar 3.

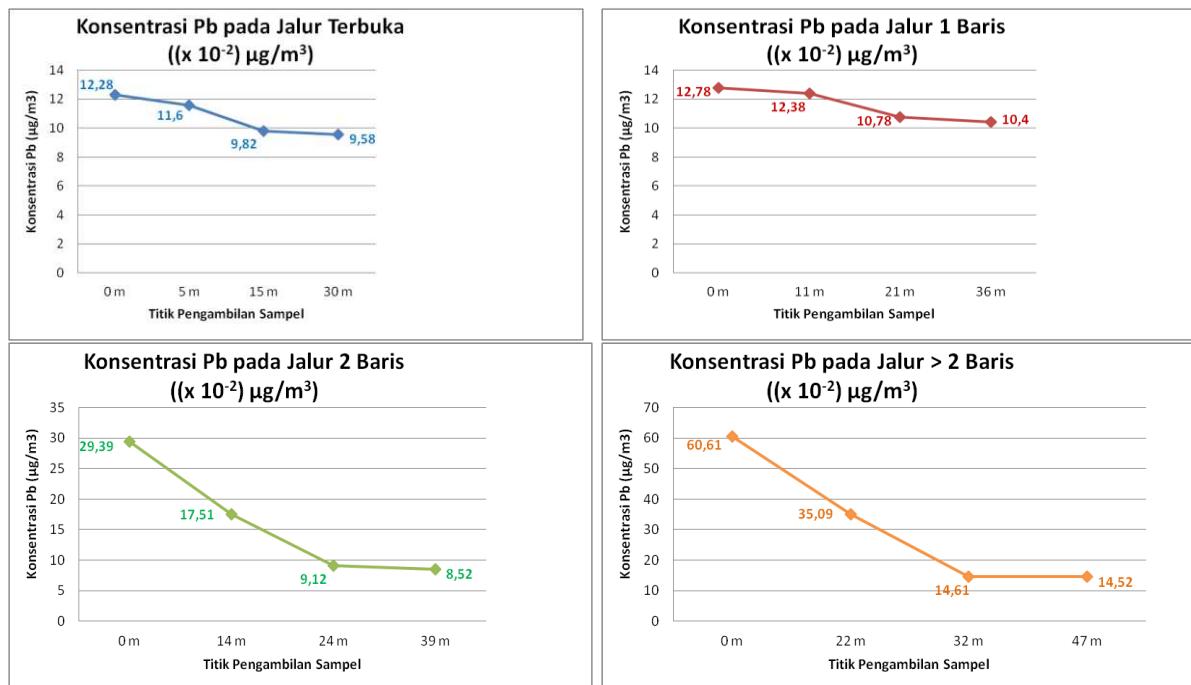


Gambar 3. Kecepatan angin rata-rata pada plot-plot penelitian

3. Konsentrasi Pb di Udara Ambien di Titik Pengamatan

Hasil pengukuran konsentrasi partikel timbal di udara ambien di plot-plot penelitian menunjukkan nilai rata-rata yang bervariasi untuk setiap titik pengukuran. Rata-rata nilai konsentrasi partikel timbal yang paling tinggi adalah pada titik T_0 (sumber emisi) pada jalur

lebih dua baris yaitu $0,6061 \mu\text{g.m}^{-3}$, sedangkan yang paling rendah adalah 30 m dari sumber emisi yaitu $0,0958 \mu\text{g.m}^{-3}$. Untuk lebih jelasnya konsentrasi partikel timbal rata-rata pada setiap titik pengukuran sampel udara di masing-masing jalur seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rata-rata konsentrasi partikel timbal pada berbagai titik pengukuran di plot-plot penelitian

Gambar 4 secara umum menunjukkan bahwa konsentrasi partikel timbal ada kecenderungan menurun dari sumber emisi (0 m) ke lokasi yang lebih jauh dari pinggir jalan. Pada jalur terbuka dan jalur satu baris terlihat bahwa grafik kecenderungannya relatif landai. Hal ini berarti bahwa konsentrasi partikel timbal dari titik emisi ke titik yang berada di belakangnya tidak mengalami penurunan yang besar. Kondisi ini berbeda dengan jalur dua baris dan jalur lebih dua baris, grafiknya menunjukkan penurunan yang relatif tajam yaitu pada jarak 14 m dan 22 m. Jarak 14 m merupakan titik yang terletak pada jarak 5 m di belakang jalur dua

baris, sedangkan jarak 22 m merupakan titik yang terletak pada jarak 5 m di belakang jalur lebih dua baris. Penurunan konsentrasi yang relatif tajam diduga dipengaruhi oleh keberadaan jalur hijau jalan.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi partikel timbal di udara ambien pada plot-plot penelitian berbeda pada taraf nyata 5%, demikian juga halnya dengan faktor jarak titik pengukuran sampel udara ambien. Untuk mengetahui perbedaan antar jalur, maka dilakukan uji BNT dengan hasil seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata konsentrasi Pb pada jalur-jalur penelitian

Jalur	Rata-rata Konsentrasi Pb ($\mu\text{g. m}^{-3}$)
Jalur Terbuka	0,1082 a
Jalur 1 Baris	0,1159 a
Jalur 2 Baris	0,1613 ab
Jalur Lebih 2 Baris	0,3120 b

Keterangan : angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan Uji BNT pada taraf $\alpha=5\%$

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa rata-rata konsentrasi Pb yang paling rendah adalah pada jalur terbuka, sedangkan rata-rata konsentrasi Pb tertinggi adalah pada jalur lebih dari dua baris. Konsentrasi Pb

pada jalur terbuka dan jalur satu baris berbeda nyata dengan jalur lebih dua baris. Hasil uji lanjut untuk faktor jarak titik pengukuran sampel udara ambien dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata konsentrasi Pb pada berbagai jarak titik pengukuran sampel udara

Titik Pengukuran Sampel	Rata-rata Konsentrasi Pb ($\mu\text{g. m}^{-3}$)
T_0	0,2876 a
T_1	0,1914 ab
T_2	0,1108 bc
T_3	0,1075 bc

Keterangan : angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan Uji BNT pada taraf $\alpha=5\%$; T_0 = titik emisi; T_1 , T_2 , T_3 untuk jalur hijau adalah secara berurutan 5 m, 15 m dan 30 m di belakang jalur hijau; T_1 , T_2 , T_3 untuk jalur terbuka adalah secara berurutan 5 m, 15 m dan 30 m dibelakang T_0 (titik emisi)

Tabel 4 menunjukkan adanya perbedaan rata-rata konsentrasi partikel timbal pada berbagai titik pengukuran. Titik emisi (T_0) mempunyai nilai rata-rata paling tinggi dibandingkan dengan titik-tik lainnya yaitu sebesar $0,2876 \mu\text{g. m}^{-3}$. Hal ini dapat terjadi karena titik ini merupakan titik yang paling dekat dengan jalan raya. Selain itu, terlihat bahwa adanya kecenderungan

menurun dengan semakin jauh jaraknya dari jalan raya yaitu pada titik T_1 , T_2 dan T_3 . Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya bahwa semakin jauh jarak dari pinggir jalan, maka konsentrasi partikel akan semakin rendah (El-Gamal, 2000). Kecenderungan penurunan rata-rata konsentrasi partikel timbal dapat dilihat pada Gambar 5.



Keterangan : T_0 = titik emisi; T_1, T_2, T_3 untuk jalur hijau adalah secara berurutan 5 m, 15 m dan 30 m di belakang jalur hijau; T_1, T_2, T_3 untuk jalur terbuka adalah secara berurutan 5 m, 15 m dan 30 m dibelakang T_0 (titik emisi)

Gambar 5. Rata-rata konsentrasi partikel timbal pada berbagai titik pengukuran

4. Penurunan Konsentrasi Pb Setelah Melalui Jalur Hijau

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa faktor jalur memberikan pengaruh pada taraf nyata 5% terhadap besarnya nilai penurunan konsentrasi partikel Pb sebelum dan sesudah melewati jalur hijau. Nilai penurunan diperoleh dari pengurangan konsentrasi

partikel timbal pada T_0 dengan rata-rata T_1, T_2 dan T_3 . Secara rinci hasil uji BNT pengaruh faktor jalur terhadap rata-rata penurunan konsentrasi partikel timbal disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata penurunan konsentrasi partikel timbal sebelum dan sesudah melewati jalur hijau

Jalur	Rata-rata Penurunan Konsentrasi ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)
Terbuka	0,0195a
Jalur 1 Baris	0,0158a
Jalur 2 Baris	0,1767b
Jalur Lebih 2 Baris	0,3920 b

Keterangan : angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan Uji BNT pada taraf $\alpha=5\%$

Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa jalur lebih dari dua baris mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi yang paling besar yaitu sebesar $0,3920 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, tetapi tidak berbeda nyata dengan jalur dua baris. Jalur satu baris mempunyai nilai penurunan paling rendah

yaitu sebesar $0,0158 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ yang tidak berbeda nyata dengan jalur terbuka. Nilai penurunan konsentrasi partikel Pb pada berbagai titik di belakang jalur seperti disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Penurunan konsentrasi Pb ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) pada berbagai titik pengukuran

Penurunan Konsentrasi	Jalur			
	Jalur Terbuka	Jalur 1 Baris	Jalur 2 Baris	Jalur Lebih 2 Baris
T_0-T_1	0,0068	0,0039	0,1188	0,2551
T_0-T_2	0,0246	0,0198	0,2027	0,4600
T_0-T_3	0,0421	0,0238	0,2087	0,4609

Keterangan : T_0 = titik emisi; T_1, T_2, T_3 untuk jalur hijau adalah secara berurutan 5 m, 15 m dan 30 m di belakang jalur hijau; T_1, T_2, T_3 untuk jalur terbuka adalah secara berurutan 5 m, 15 m dan 30 m dibelakang T_0 (titik emisi)

Dari Tabel 6 terlihat bahwa penurunan konsentrasi partikel timbal semakin besar dengan semakin jauh jaraknya dari titik emisi. Jalur yang mempunyai kemampuan paling tinggi dalam menurunkan konsentrasi adalah jalur lebih dua baris, sedangkan yang paling rendah adalah jalur satu baris. Oleh karena titik emisi

tidak mempunyai nilai yang sama, maka untuk melihat keefektifan masing-masing jalur digunakan persentase penurunannya. Adapun persentase penurunan konsentrasi partikel timbal dari masing-masing jalur seperti disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Persentase (%) penurunan konsentrasi partikel timbal pada berbagai titik pengambilan sampel udara di plot-plot penelitian

Jalur	Indeks Luas Daun	Percentase (%) Penurunan		
		T ₀ -T ₁	T ₀ -T ₂	T ₀ -T ₃
Jalur Terbuka	0,000	5,59a	19,68a	34,64a
Jalur 1 Baris	0,746	3,15a	15,29a	19,07a
Jalur 2 Baris	0,890	40,58b	64,17a	66,21a
Jalur Lebih 2 baris	1,023	41,15b	64,33a	64,43a
Rata-rata		22,62	40,87	46,09

Keterangan : angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan Uji BNT pada taraf $\alpha=5\%$; T₀ = titik emisi; T₁, T₂, T₃ untuk jalur hijau adalah secara berurutan 5 m, 15 m dan 30 m di belakang jalur hijau; T₁, T₂, T₃ untuk jalur terbuka adalah secara berurutan 5 m, 15 m dan 30 m dibelakang T₀ (titik emisi)

Berdasarkan Tabel 7 terlihat bahwa dengan semakin jauh dari titik emisi, persentase penurunan konsentrasi partikel timbal semakin besar. Jalur dua baris dan jalur lebih dari dua baris mempunyai kemampuan penurunan konsentrasi partikel timbal yang paling besar yaitu 40,58% dan 41,15% untuk T₀-T₁, 64,17% dan 64,33% untuk T₀-T₂, dan 66,21% dan 64,43% untuk T₀-T₃.

Persentase penurunan pada titik 5 m di belakang jalur hijau dan 5 m di belakang titik emisi (T₀) untuk jalur terbuka menunjukkan adanya pengaruh yang berbeda pada taraf nyata 5%, tetapi persentase penurunan tidak berbeda pada taraf nyata 5 % pada titik 15 m dan 30 m di belakang jalur hijau maupun di belakang titik emisi pada jalur terbuka. Jalur dua baris mempunyai kemampuan yang sama dengan jalur lebih dari dua baris dalam mereduksi konsentrasi partikel timbal, tetapi mempunyai kemampuan yang lebih tinggi dan berbeda dengan jalur satu baris dan jalur terbuka.

Kemampuan kedua jalur dalam menurunkan konsentrasi partikel timbal yang relatif tinggi diduga dipengaruhi oleh kerapatan tajuk yang relatif rimbun sehingga mempunyai kemampuan yang lebih besar dalam menangkap partikel. Kerimbunan dapat ditunjukkan dengan nilai Indeks Luas daun (ILD). ILD merupakan luas total daun dibagi dengan luas proyeksi tajuknya. Semakin tinggi nilai ILD suatu jalur hijau, maka semakin rimbun jalur hijau tersebut. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa ILD antara 0,890-1,023 sudah cukup efektif untuk mengatasi emisi partikel timbal dari kendaraan bermotor. Ada kecenderungan bahwa dengan semakin tinggi ILD, maka akan semakin besar nilai penurunan konsentrasi partikel timbal. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilaksanakan oleh Septiyani (2010) yang menjelaskan bahwa parameter vegetasi yang berpengaruh secara signifikan dalam menurunkan konsentrasi partikel debu di udara ambien adalah ILD.

Selain faktor ILD, lebar jalur hijau juga diduga mempengaruhi besarnya penurunan konsentrasi partikel timbal. Hal ini dapat terjadi apabila jalur hijau yang ada mempunyai kerapatan yang cukup sehingga mampu menangkap partikel-partikel yang dibawa oleh angin.

Jalur hijau yang kurang rapat menyebabkan lolosnya partikel-partikel timbal sehingga kurang memberikan fungsi sebagai penjerap.

Efektivitas Penurunan Konsentrasi Partikel Timbal

Untuk menentukan efektivitas jalur hijau jalan dalam menurunkan konsentrasi partikel timbal di udara ambien, maka harus ada pembanding yang berfungsi sebagai kontrol. Dalam penelitian ini, tidak setiap plot penelitian jalur hijau mempunyai satu kontrol berupa jalur terbuka yang mempunyai jarak pengukuran titik sampel yang sama dengan plot penelitian jalur hijau. Sebagai kontrol dalam penelitian ini hanya ada satu jalur terbuka dengan pengukuran konsentrasi partikel timbal pada titik emisi (0 m), kemudian titik sampel udara berturut-turut pada jarak 5 m, 15 m dan 30 m dari titik emisi. Oleh karena itu, untuk melihat efektivitasnya didasarkan pada kecenderungan dari besarnya penurunan atau persentase penurunan pada jarak yang sama antara plot penelitian jalur hijau dengan jalur terbuka.

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa jalur satu baris mempunyai kecenderungan yang relatif sama dengan jalur terbuka, dan menurut Tabel 8, jalur satu baris tidak berbeda dengan jalur terbuka dalam menurunkan konsentrasi partikel timbal di udara ambien. Hal ini menunjukkan bahwa jalur satu baris dengan ciri strukturnya belum efektif dalam mereduksi timbal dari udara ambien. Hal tersebut berbeda dengan jalur dua baris dan jalur lebih dua baris. Pada Gambar 4 terlihat bahwa ada penurunan yang signifikan pada titik 5 m di belakang jalur hijau dan menurut Tabel 8 berbeda nyata pada taraf 5% dengan jalur terbuka. Kondisi ini menunjukkan bahwa jalur hijau dua baris dan jalur hijau lebih dua baris efektif dalam menurunkan konsentrasi partikel timbal udara ambien.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan seperti berikut ini:

- 1) Perbedaan jumlah baris tanaman jalur hijau jalan mempengaruhi besarnya tingkat penurunan konsentrasi partikel Pb.
- 2) Jalur hijau dua baris mempunyai kemampuan yang sama dengan jalur hijau lebih dari dua baris dalam menurunkan konsentrasi partikel Pb di udara ambien.
- 3) Semakin banyak jumlah baris jalur hijau ada kecenderungan semakin besar dalam menurunkan konsentrasi partikel Pb di udara ambien.
- 4) Terdapat kecenderungan bahwa semakin jauh jarak dari pinggir jalan raya akan semakin besar tingkat penurunan konsentrasi partikel Pb di udara ambien.

DAFTAR PUSTAKA

- Cavanagh, JE. P.Z. Reza, J. Wilson. 2009. Spatial Attenuation of Ambient Particulate Matter Air Pollution with an Urbanised Native Forest Patch. *Urban Forestry & Urban Regreening*. 8 : 21-30.
- El-Gamal, I. M. 2000. Distribution pattern of some heavy metals in soil and plants along El-Moukattam highway. Ain Shams University, Institute of Environmental Studies and Research. Abassia, Cairo, Egypt.
- Irwan, Z. D. 1997. Tantangan lingkungan dan lansekap hutan kota. PT Pustaka CIDESINDO, Jakarta.
- Krisnaya, N.S.R. & S.J. Bedi. 1986. An effects of automobile lead pollution on *Cassia tora* and *Cassia occidentalis*. *Environ. Pollut. Ser. A*. 40: 221 – 226.
- Lestari, P. 2006. Penelitian kadar timbel dalam darah anak sekolah di Kota Bandung. Departemen Teknik Lingkungan ITB.
- Nowak, D. J., D. E. Crane, J.C. Stevens & M. Ibarra. 2002. Brooklyn's urban forest. United States Department of Agriculture.
- Sanders. 1984. Urban forest structure. <http://www.utoronto.com/forest/com> (12 Oktober 2005).
- Septiyani, M. 2010. Nilai fisik dan sosial vegetasi pekarangan dalam penurunan konsentrasi debu di Desa Gunung Putri Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten Bogor [skripsi]. Bogor: Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan IPB.
- Soedomo M. 2001. Pencemaran Udara (Kumpulan Karya Ilmiah). Bandung: Penerbit ITB.