

JERAPAN DEBU DAN PARTIKEL TIMBAL (Pb) OLEH DAUN BERDASARKAN LETAK POHON DAN POSISI TAJUK: STUDI KASUS JALUR HIJAU *Acacia mangium*, JALAN TOL JAGORAWI

(Adsorption of Dust and Pb Particles By Leaves Based on Location of Trees and Position of Crowns: Case Study of Acacia mangium Greenbelt, Jagorawi Highway)

RACHMAD HERMAWAN^{1,4}, CECEP KUSMANA², NIZAR NASRULLAH³, LILIK BUDI PRASETYO⁴

¹Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan, Sekolah Pascasarjana IPB, Kampus Darmaga, Bogor 1600, Indonesia

²Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan IPB, Kampus Darmaga, Bogor 1600, Indonesia

³Departemen Lansekap Fakultas Pertanian IPB, Kampus Darmaga, Bogor 1600, Indonesia

⁴Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan IPB, Kampus Darmaga, Bogor 1600, Indonesia

Diterima 10 November 2011/Disetujui 28 November 2011

ABSTRACT

Tree locations and crown positions was assumed to have effects on adsorption of dust and Pb particles by leaves. The objectives of the research were: (a) to determine the effects of tree locations and crown positions on adsorption of dust and Pb particles of leaves in roadside vegetation; (b) to determine the pattern of dust and Pb particle adsorption of leaves in roadside vegetation; (c) to determine correlation between dust and Pb concentration. Leaves samples was taken from the front and back part of the crown of three trees from each of the first three rows of the roadside vegetation. The samples were used to analysis dust and Pb concentration. The results showed that tree locations and crown positions affected adsorption of dust and Pb concentration of leaves. There was no interaction between tree locations and crown positions, but there was a decreasing trend from front part of the crown of trees1 until back part of the crowns of tress3. There was a correlation ($R^2= 0,755$) between dust concentrations and Pb concentrations with equation of $Y= 0,1403X-41,686$ ($Y=$ Pb concentration ; $X=$ dust concentration).

Keywords: roadside vegetation, Pb, dust, concentration, adsorption

PENDAHULUAN

Peran suatu jalur hijau jalan sebagai penghalang penyebaran polutan udara terutama partikulat dipengaruhi oleh struktur dan karakteristik tanaman penyusunnya serta kondisi lingkungan. Tanaman mempunyai kemampuan dalam menjerap partikulat, sehingga dapat mengurangi konsentrasi partikulat yang ada di udara ambien. Faktor tanaman yang diduga mempengaruhi besarnya penjerapan partikulat adalah sifat permukaan daun, bentuk percabangan dan kerapatan tajuk tanaman. Faktor lingkungan yang mempengaruhi besarnya jerapan oleh tanaman adalah arah dan kecepatan angin, konsentrasi emisi dari kendaraan bermotor dan jarak dari sumber emisi, serta lamanya pemaparan daun terhadap polutan.

Taihuttu (2001) melakukan pengujian berbagai karakteristik daun tanaman dalam menjerap partikulat. Tanaman berdaun jarum mempunyai kemampuan jerapan partikulat yang sangat tinggi, sedangkan tanaman berdaun kecil dan permukaannya licin mempunyai jerapan yang paling rendah. Bentuk percabangan diduga berpengaruh terhadap besarnya jerapan partikulat oleh tanaman, percabangan yang mendatar atau berbentuk huruf V mempunyai jerapan yang relatif tinggi dibandingkan dengan bentuk percabangan yang ke bawah, karena peluang tertangkapnya partikulat akan lebih besar (Purnomohadi 1995). Sifat daun dan bentuk

percabangan saja tidak cukup mempengaruhi besarnya jerapan oleh suatu komunitas tanaman, tetapi juga dipengaruhi oleh kerimbunan tajuknya.

Penelitian ini membatasi pada jerapan debu dan partikel timbal oleh daun. Jerapan debu dan partikel timbal dalam suatu komunitas jalur hijau jalan diduga dipengaruhi oleh letak pohon dan posisi tajuk karena faktor jarak dari sumber emisi dan ada tidaknya agen sebagai penjerap partikulat. Berbagai penelitian kemampuan jerapan partikel timbal oleh daun tanaman telah dilakukan (Dahlan 1989; Sukarsono 1998; Arifudin 2000; Taihuttu 2001; Setiadi 2002; Aydinalp & Marinova 2004; Rachmawati 2005; Gendaresmi 2005; Rini 2005; Munifah 2008; Adiputra 2007; Wawo 2010), tetapi penelitian ini belum menguji perbedaan konsentrasi jerapan partikel debu dan timbal oleh daun berdasarkan letak pohon dan posisi tajuk secara sistematis pada suatu komunitas jalur hijau jalan.

Berdasarkan pemikiran tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk: (1) mengetahui pengaruh perbedaan jerapan debu dan partikel timbal oleh daun berdasarkan letak pohon dan posisi tajuk tanaman jalur hijau jalan; (2) mengetahui pola jerapan debu dan partikel timbal berdasarkan letak pohon dan posisi tajuk; dan (3) mengetahui hubungan antara konsentrasi debu dengan konsentrasi timbal.

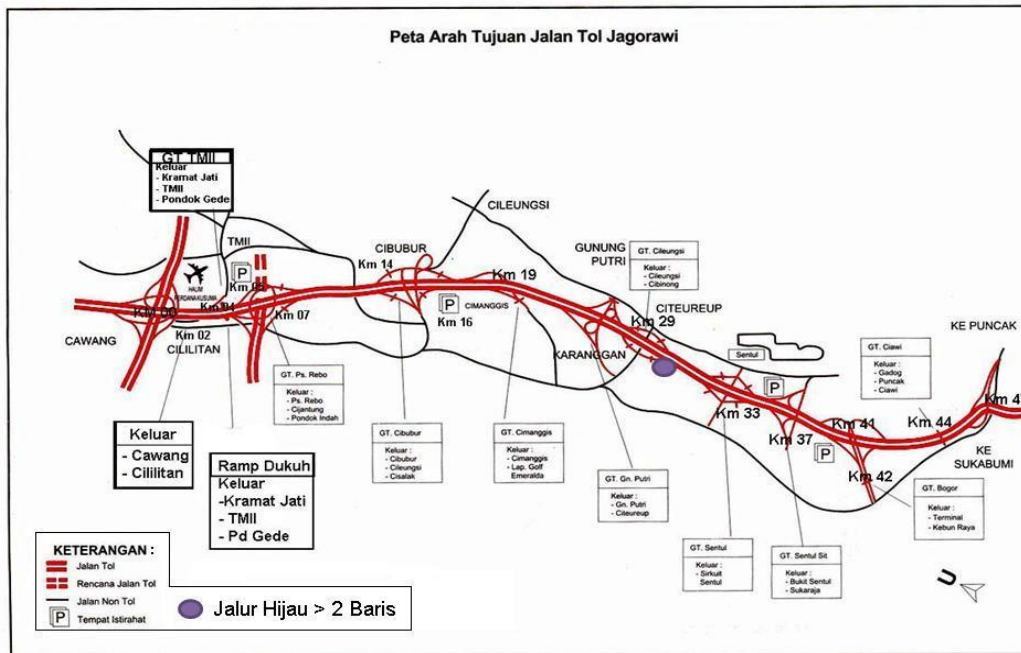
METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah Jalur Hijau *Acacia mangium* di Jalan Tol Jagorawi. Penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 3 bulan (Agustus -Oktober 2011), mulai dari persiapan sampai dengan analisis di laboratorium. Analisis konsentrasi jerapan Pb pada daun dilaksanakan di Laboratorium Biokimia FMIPA IPB.

Pelaksanaan Penelitian

Penentuan Plot Penelitian

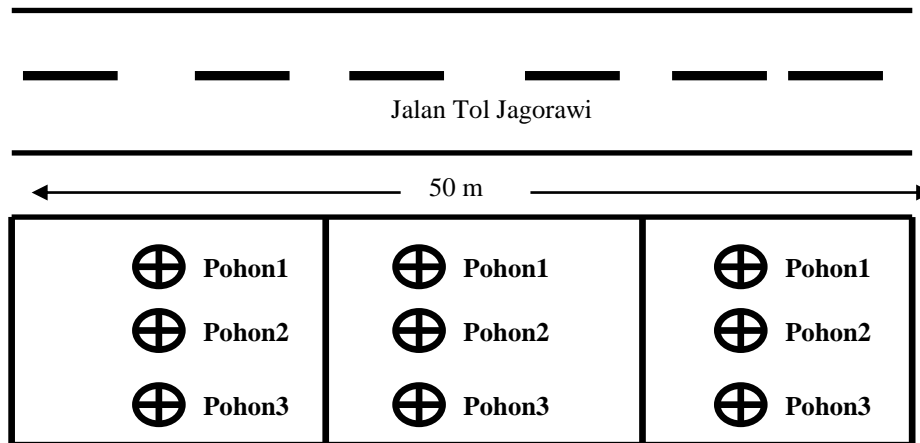
Lokasi pengambilan sampel daun dilakukan pada plot jalur hijau jalan dengan jumlah lebih dari dua baris yang terletak pada km 28+600 di Jalan Tol Jagorawi arah dari Bogor ke Jakarta. Jalur hijau ini mempunyai azimuth 20° dengan letak seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa lokasi plot penelitian.

Plot jalur hijau mempunyai panjang 50 meter, dengan jumlah pohon yang digunakan dalam penelitian sebanyak sembilan pohon, terdiri dari 3 pohon di baris pertama, 3 pohon di baris kedua dan 3 pohon di baris ketiga. Pohon contoh dipilih secara *purposive sampling*. Jarak antar pohon yang dipilih pada baris kurang lebih 17 meter; sedangkan jarak antar baris pertama dengan baris

kedua kurang lebih 3,5 meter, demikian juga halnya antara baris kedua dengan baris ketiga. Jarak antara proyeksi tajuk terluar pohon baris pertama dengan Jalan Tol Jagorawi adalah 3 meter. Untuk lebih jelasnya, letak pohon pada plot penelitian seperti terlihat pada Gambar 2.

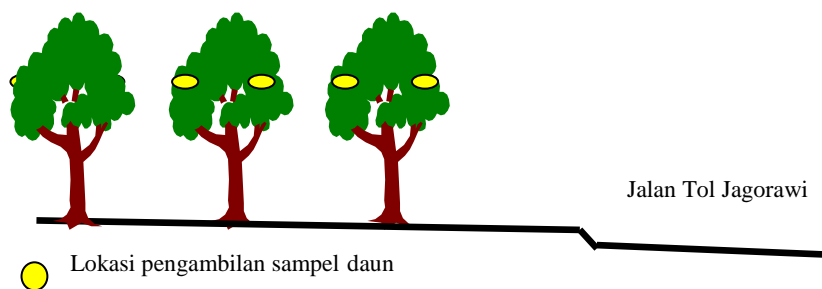


Gambar 2. Sketsa plot penelitian

Pengambilan Contoh Daun

Contoh daun diambil pada tajuk depan dan tajuk belakang pohon contoh. Tajuk depan merupakan bagian

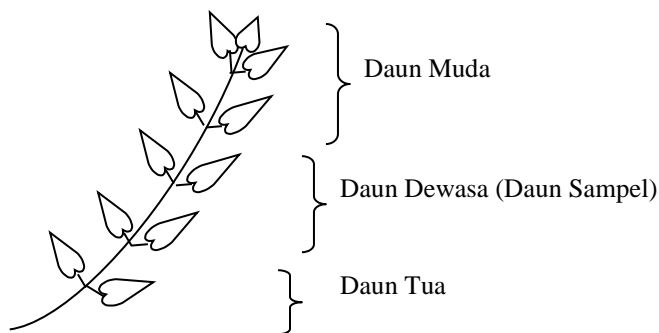
tajuk yang menghadap ke jalan. Lokasi pengambilan daun kurang lebih terletak pada bagian tengah tajuk dengan ketinggian berkisar antara 5-8 meter (Gambar 3).



Gambar 3 Sketsa lokasi pengambilan daun sampel pada tajuk.

Pengambilan daun dilakukan secara serempak dalam hari yang sama. Letak daun yang diambil adalah daun yang telah membuka sempurna, berwarna hijau, menempati posisi kedua atau ketiga dari ujung dan pangkal ranting pohon (Sukarsono 1998) seperti pada Gambar 4. Contoh daun yang diambil juga tidak

mengalami kerusakan akibat hama dan penyakit. Jumlah daun yang diambil untuk setiap ulangan sebanyak 15 helai daun. Pengambilan daun dilakukan dengan cara memanjat dan digunting dengan menggunakan gunting stek. Selanjutnya daun dimasukkan ke dalam kantong plastik.



Gambar 4. Bagian daun yang digunakan untuk analisis kandungan partikel Pb.

Analisis Jerapan Debu dan Partikel Pb

Sebelum melakukan analisis konsentrasi partikel Pb, terlebih dahulu menentukan konsentrasi debu. Daun-daun contoh yang ada di dalam kantong plastik masing-masing dicuci dengan 100 ml *aquades* sebanyak empat sampai lima kali (sampai air cucian jernih/tidak mengandung debu). Air cucian ditampung dalam gelas *beaker*, selanjutnya disentrifuse sampai debu terpisah dari air pelarut. Debu dibilas ke dalam cawan petri yang sudah diketahui beratnya dan diuapkan pada suhu 105°C selama 2 jam, kemudian didinginkan dan ditimbang beratnya. Daun-daun contoh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105⁰ selama 2 jam, kemudian didinginkan dan dihitung beratnya.

Jumlah jerapan debu dihitung dengan persamaan:

$$\text{Jerapan debu} = \frac{\text{Berat debu } (\mu\text{g})}{\text{Berat kering daun } (\text{g})}$$

Untuk menentukan konsentrasi partikel dilakukan dengan cara melarutkan debu ke dalam cawan Petri dengan 2 ml HCl 25 persen dan 0,5 ml HNO₃ pekat,

diaduk sampai larut dan diencerkan menjadi 10 ml. Pipet 1 ml larutan dan diencerkan menjadi 10 ml. Dari larutan ini dilakukan pengukuran timbal dengan menggunakan *atomic absorbtion spechtrphotometer*. Kandungan partikel dihitung terhadap berat kering daun yaitu μg partikel per g berat kering daun.

Analisis Data Jerapan Debu dan Partikel Timbal

Data jerapan konsentrasi partikel Pb oleh daun ditampilkan dalam bentuk tabel, histogram, grafik, nilai rata-rata, selisih nilai konsentrasi, persentase penurunan konsentrasi. Selanjutnya, untuk mengetahui perbedaan konsentrasi jerapan partikel Pb berdasarkan letak pohon dan posisi tajuk, maka digunakan pola faktorial dalam Rancangan Acak Lengkap dan jika berbeda nyata maka dilakukan pengujian dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf $\alpha = 5\%$. Pengolahan data dengan menggunakan Program SPSS Versi 15.00. Untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi debu dengan

konsentrasi partikel timbal digunakan regresi linier sederhana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Letak Pohon terhadap Jerapan Debu dan Partikel Pb

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa faktor letak pohon memberikan pengaruh yang berbeda pada taraf nyata 5%, baik terhadap jerapan konsentrasi debu maupun partikel Pb. Rata-rata jerapan debu yang

paling tinggi adalah pada Pohon 1 yaitu sebesar 1102,50 ppm, sedangkan yang paling rendah adalah pada Pohon 3 sebesar 747,00 ppm. Pola ini sama dengan nilai konsentrasi jerapan Pb; rata-rata jerapan partikel Pb yang paling tinggi adalah pada Pohon1 yaitu sebesar 110,64 ppm, kemudian diikuti oleh Pohon2 dan Pohon3 dengan konsentrasi jerapan berturut-turut 78,07 ppm dan 60,16 ppm. Selanjutnya untuk mengetahui letak pohon mana yang berbeda nyata, maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Uji BNT dengan hasil seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata konsentrasi jerapan debu dan partikel Pb berdasarkan letak pohon

Letak Pohon	Rata-rata Konsentrasi Jerapan (ppm)	
	Debu	Pb
Pohon1	1102,50a	110,64a
Pohon2	821,00b	78,81b
Pohon3	747,00c	50,16c

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

Tabel 1 menunjukkan bahwa Pohon1 mempunyai konsentrasi jerapan yang berbeda dengan Pohon2 dan Pohon3. Demikian juga halnya bahwa Pohon2 berbeda dengan Pohon3. Hal ini dapat dipahami bahwa Pohon1 merupakan pohon yang jaraknya paling dekat dengan sumber emisi yaitu hanya 3 m dari pinggir Jalan Tol Jagorawi. Konsentrasi jerapan partikel semakin menurun dengan semakin jauh jaraknya dari sumber emisi. Hal ini karena tajuk Pohon1 mendapatkan paparan partikel dalam konsentrasi yang lebih besar karena letaknya lebih dekat dengan sumber emisi. Selanjutnya partikel yang tidak tertangkap oleh Pohon1, akan dijerap oleh Pohon2. Demikian juga halnya, partikel yang tidak tertangkap oleh Pohon2, akan dijerap oleh Pohon3. Pergerakan partikel dari satu tajuk pohon ke tajuk pohon dibawa oleh

angin. Diduga bahwa jalur hijau yang digunakan untuk pengambilan sampel daun bersifat *permeabel* artinya angin dapat menembus, sehingga dua aliran angin yang menyebabkan jatuhnya partikel ke daun, yaitu angin yang melewati sela-sela tajuk pohon dan angin yang bergerak di atas tajuk.

Pengaruh Posisi Tajuk Pohon terhadap Jerapan Debu dan Partikel Pb

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa faktor posisi tajuk pohon memberikan pengaruh yang berbeda pada taraf nyata 5%. Rata-rata jerapan debu dan partikel Pb yang paling besar adalah pada tajuk bagian depan seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata konsentrasi jerapan debu dan partikel Pb berdasarkan posisi tajuk pohon

Posisi Tajuk	Rata-rata Konsentrasi Jerapan (ppm)	
	Debu	Pb
Depan	940,33a	98,49a
Belakang	840,00b	67,92b

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

Tabel 2 menunjukkan bahwa tajuk bagian depan mempunyai jerapan debu maupun partikel Pb lebih besar daripada tajuk bagian belakang dan secara statistik berbeda nyata. Hal ini dapat dipahami karena tajuk depan merupakan bagian yang terlebih dahulu terkena jatuhnya partikel. Selanjutnya apabila ada partikel yang tidak terjerap, diduga baru akan dijerap oleh tajuk bagian belakang. Selain itu, dimungkinkan adanya jatuhnya partikel yang dibawa oleh angin yang melewati bagian atas tajuk.

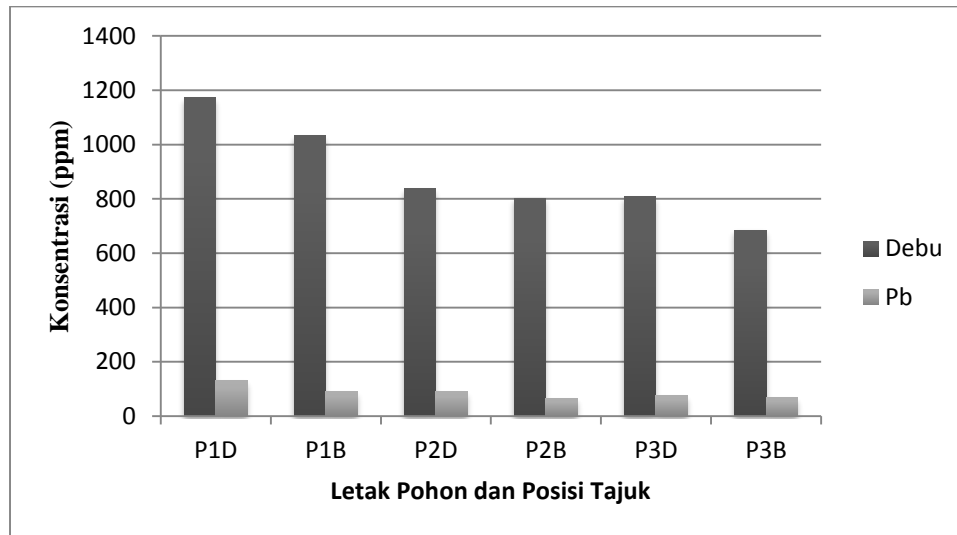
Menurut Gidding (1973) yang diacu dalam Harahap (2004) bahwa kendaraan bermotor mengemisikan partikel timbal dengan ukuran antara 0,004-1,0 μm . Oleh karena ukuran partikel timbal kecil, maka sebelum proses jatuh ke permukaan vegetasi, terlebih dahulu melayang-melayang di udara bebas. Proses jatuhnya timbal ke permukaan vegetasi melalui dua mekanisme yaitu: (1) sedimentasi akibat gaya gravitasi dan (2) pengendapan yang berhubungan dengan hujan. Hal ini diperkuat oleh beberapa pendapat yang mendasarkan proses jatuhnya menurut diameter partikel. Melihat rentang ukuran

partikel timbal yang cukup lebar, maka menurut Cavanagh (2006) bahwa jatuhnya partikel timbal dapat melalui beberapa cara yaitu : (1) difusi Brownian; (2) impaksi dan intersepsi dan (3) sedimentasi.

Pengaruh Interaksi antara Letak Pohon dan Posisi Tajuk terhadap Jerapan Debu dan Partikel Timbal

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antara faktor letak pohon dan posisi tajuk pohon tidak memberikan pengaruh yang berbeda pada

taraf nyata 5% baik terhadap jerapan debu maupun partikel Pb. Rata-rata jerapan debu yang paling besar adalah pada tajuk bagian depan Pohon1 yaitu sebesar 1173 ppm, sedangkan yang paling rendah adalah tajuk bagian belakang Pohon3 yaitu sebesar 685 ppm. Pola ini sama dengan penurunan konsentrasi jerapan partikel timbal. Secara umum terlihat bahwa ada kecenderungan penurunan dari tajuk depan Pohon1 sampai dengan tajuk belakang Pohon3 seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Keterangan: P1D = daun pada tajuk depan pohon1; P1B= daun pada tajuk belakang pohon1
 P2D = daun pada tajuk depan pohon2; P2B= daun pada tajuk belakang pohon2
 P3D = daun pada tajuk depan pohon3; P3B= daun pada tajuk belakang pohon3

Gambar 5. Jerapan debu dan partikel timbal oleh daun berdasarkan letak pohon dan posisi tajuk.

Hasil penelitian ini sesuai dengan Setiadi (2002) dan Rachmawati (2005) yang melakukan penelitian di Jalan Tol Jagorawi yaitu daun tanaman yang terletak kurang dari 10 meter dari pinggir jalan mempunyai jerapan yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman yang terletak antara 10-20 meter dari pinggir jalan. Harahap (2004) yang melakukan penelitian di tanaman teh, menjelaskan bahwa kandungan timbal yang paling tinggi konsentrasinya adalah pada daun tanaman teh dengan jarak 10 m dari sumber emisi, sedangkan yang terendah pada jarak 80 m. Hal ini juga didukung oleh penelitian Freer-Smith *et al.* (1997) yang menjelaskan bahwa debu banyak terakumulasi pada daun tanaman yang dekat dengan jalan mobil.

Penurunan Konsentrasi Jerapan Debu dan Partikel Timbal

Penurunan konsentrasi debu dan timbal menurut letak pohon dan posisi tajuk seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 memperlihatkan ada kecenderungan penurunan konsentrasi debu dan timbal dari Pohon1, Pohon2 dan Pohon 3. Demikian juga halnya dengan posisi tajuk, menunjukkan tajuk belakang mempunyai nilai konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan tajuk depan dengan persentase penurunan 10,64% untuk debu dan 30,61% untuk Pb. Secara umum persentase penurunan jerapan Pb lebih besar dibandingkan dengan jerapan debu.

Tabel 3. Penurunan konsentrasi jerapan debu dan partikel timbal oleh daun

Letak dan Posisi	Selisih Konsentrasi (ppm)		Persentase Penurunan (%)	
	Debu	Pb	Debu	Pb
Letak Pohon				
P2-P1	282,00	31,84	25,60	28,78
P3-P1	356,00	50,50	32,30	45,64
Posisi Tajuk				
B-D	100,00	30,00	10,64	30,61
Letak Pohon dan Posisi Tajuk				
P1B-P1D	141,00	37,00	12,02	28,68
P2D-P1D	334,00	38,00	28,47	29,46
P2B-P1D	370,00	63,00	31,54	48,84
P3D-P1D	364,00	54,00	31,03	41,06
P3B-P1D	388,00	61,00	33,08	47,29

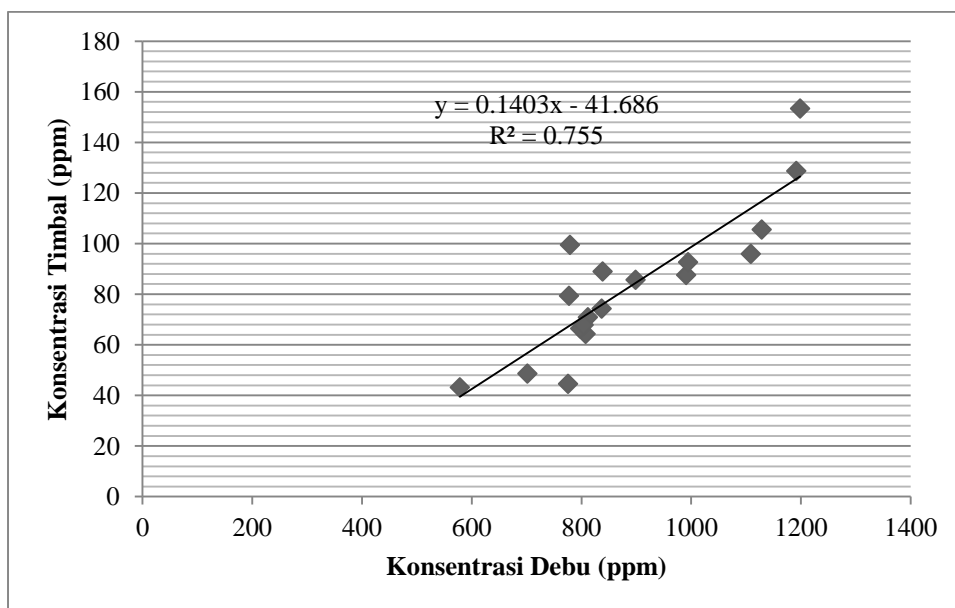
Keterangan : P1 = Pohon1; P2=Pohon2; P3 = Pohon3; D = tajuk bagian depan; B = tajuk bagian belakang; P1D = daun pada tajuk depan pohon1; P1B = daun pada tajuk belakang pohon1; P2D = daun pada tajuk depan pohon2; P2B = daun pada tajuk belakang pohon2; P3D = daun pada tajuk depan pohon3; P3B = daun pada tajuk belakang pohon3

Hubungan Konsentrasi Debu dan Partikel Timbal yang Dijerap oleh Daun

Debu merupakan kumpulan partikel-partikel yang terjep oleh daun. Debu yang diakibatkan oleh aktivitas transportasi terdiri dari berbagai komponen logam antara lain Pb, Ca, Zn, Cu dan Ni (Taihuttu 2001). Dalam proses analisis konsentrasi partikulat, tahap awal sebelum menentukan konsentrasi partikel Pb, terlebih dahulu menentukan konsentrasi debu. Partikel Pb merupakan bagian dari debu yang dijerap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi partikel Pb mempunyai korelasi dengan konsentrasi debu dengan hubungan linier $Y = 0,1403X - 41,686$ (Y = konsentrasi timbal; X = konsentrasi debu) dengan nilai korelasi ($R^2 = 0,755$) yang relatif tinggi. Grafik pola hubungan tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

KESIMPULAN

1. Letak pohon dan posisi tajuk pada jalur hijau memberikan pengaruh yang berbeda terhadap konsentrasi jerapan debu dan partikel Pb oleh daun
2. Tidak ada interaksi antara letak pohon dan posisi tajuk, tetapi ada kecenderungan penurunan konsentrasi jerapan debu dan partikel Pb dari tajuk depan Pohon1 (terletak dekat jalan) sampai dengan tajuk belakang Pohon3.
3. Terdapat korelasi ($R^2 = 0,755$) antara konsentrasi debu dengan konsentrasi Pb dengan persamaan $Y = 0,1403X - 41,686$ (Y = konsentrasi timbal; X = konsentrasi debu).



Gambar 6. Hubungan antara konsentrasi debu dengan konsentrasi Pb

DAFTAR PUSTAKA

- Arifudin. 2000. Pola penyebaran timbal (pb) pada tanaman di Kebun Raya Bogor [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Aydinalp C, Marinova S. 2004. Lead in particulate deposits and in leaves of roadside plants. Polish Journal of Environmental Studies 13: 233-235.
- Cavanagh JE. 2006. Potential of Vegetation to Mitigate Road-Generated Air Pollution. [terhubung berkala]. http://niwa.co.nz/default/files/import/attachments/co1x0405_p05.pdf [26 Nov 2011].
- Dahlan EN. 1989. Studi kemampuan tanaman dalam menyerap dan menyerap timbal emisi dari kendaraan bermotor [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Freer-Smith PH, Holloway S, Goodman A. 1997. The uptake of particulates by an urban woodland: site description and particulate composition. Environ Pollut 95: 27 - 35.
- Gendaresmi S. 2005. Distribusi jerapan partikel timbal (Pb) pada daun kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) berdasarkan posisi daun pada tajuk (studi kasus di *interchange* Jalan Tol Jagorawi Bogor) [tugas akhir]. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Harahap H. 2004. Pengaruh pencemaran timbal dari kendaraan bermotor dan tanah terhadap tanaman dan mutu teh [disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Munifah I. 2008. Perbedaan konsentrasi jerapan timbal (Pb) pada daun glodokan (*Polyalthia longifolia* (Sonn.) Thwait) berdasarkan ketinggian posisi tajuk pohon dan lokasi yang berbeda (studi kasus di Jalur Hijau Jalan A.Yani dan Jalan Prof. Moh. Yamin, Slawi, Kabupaten Tegal) [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Purnomohadi S. 1995. Peran ruang terbuka hijau dalam pengendalian kualitas udara di DKI Jakarta [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Rachmawati DS. 2005. Peranan hutan kota dalam menyerap dan menyerap timbal (Pb) di udara ambien (studi kasus di Jalan Tol Jagorawi Bogor) [Skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Rini WIS. 2005. Distribusi jerapan timbal pada daun akasia (*Acacia mangium*) berdasarkan jarak dan ketinggian tajuk pohon (studi kasus jalan Tol Jagorawi) [tugas akhir]. Bogor: Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Setiadi SSR. 2002. Kemampuan berbagai jenis tanaman penghijauan dalam mereduksi pencemaran Pb [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Sukarsono. 1998. Dampak pencemaran udara terhadap tumbuhan di Kebun Raya Bogor [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Taihuttu, HN. 2001. Studi kemampuan tanaman jalur hijau sebagai penyerap partikulat hasil emisi kendaraan bermotor [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Wawo MFC. 2010. Kemampuan tiga jenis tanaman dalam menyerap debu (studi Kasus: Desa Gunung Putri, Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten Bogor). [tugas akhir]. Bogor: Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.