

DAMPAK PENCEMARAN UDARA TERHADAP TUMBUHAN DI KEBUN BIBIT BRATANG SURABAYA

AIR POLLUTION EFFECT ON PLANT IN BRATANG PLANTATION SURABAYA

Nadhiar Rachmani¹⁾ dan Wahyono Hadi¹⁾
¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengukur dan menganalisis dampak pencemaran udara pada tumbuhan. Penelitian dilakukan di Kebun Bibit Bratang dan jalan Baratajaya XVII sebagai kontrol area. Untuk tumbuhan yang diamati adalah 14 jenis tumbuhan yang dominan dan dianalisis kerusakan anatomi daunnya. Rata-rata abnormalitas jaringan daun tertinggi yaitu *Manilkara kauki* (31,62%) dan terendah pada *Pterocarpus indiscus* dan *Eucalyptus papuana* (0%). Kandungan klorofil tertinggi pada daun *Acalypha auriculliformis* (1.576,32 ppm) dan terendah pada *Eucalyptus papuana* (413,66 ppm). Konsentrasi polutan di udara berpengaruh terhadap abnormalitas jaringan daun (penurunan lebar jaringan kecuali pada jaringan pagar) dan kandungan klorofil daun. Kandungan partikel Pb terserap daun tertinggi yaitu daun Bungur (*Lagerstromia speciosa*) sebesar 3,62 mg/m² dan terendah pada daun Angsana (*Pterocarpus indiscus*) sebesar 1,02 mg/m².

Kata kunci: daun, NOx, partikel Pb, pencemaran udara

Abstract

This research was intended to determine and analyze air pollution effect on plants. This research was carried out in two locations, in Kebun Bibit Bratang and on the street sides Baratajaya XVII Surabaya as control area. The observed plants were 14 species of dominant in Kebun Bibit Bratang. The highest average abnormality cell was *Manilkara kauki* (31,62%) and the lowest were *Pterocarpus indiscus* and *Eucalyptus papuana* (0%). The highest concentration of chlorophyll was *Acalypha auriculliformis* (1.576,32 ppm) and the lowest level was *Eucalyptus papuana* (413,66 ppm). Concentration pollutants in the air influenced on abnormality cell (derivation width cell, except palisade cell) and concentration of chlorophyll. The highest accumulated of Pb particles on the leaf was *Lagerstromia speciosa* (3,62 mg/m²) and the lowest was *Pterocarpus indiscus* (1,02 mg/m²).

Keywords: leaf, NOx, Pb particles, air pollution

1. PENDAHULUAN

Masalah pencemaran lingkungan terutama di daerah perkotaan adalah pencemaran udara. Sumber pencemaran udara umumnya berasal dari kendaraan bermotor, industri dan rumah tangga.

Peningkatan kendaraan bermotor dan sektor industri akan meningkatkan komposisi dan konsentrasi gas-gas dan partikel pencemar pada tanaman penghijauan kota. Jika faktor lingkungan mendukung, maka komposisi dan konsentrasi zat pencemar yang terserap oleh tanaman akan mempengaruhi tanaman dari tingkat proses-proses biokimia, sel, jaringan, individu dan komunitas. Tanaman koleksi yang ditanam di Kebun Bibit Bratang Surabaya memiliki potensi besar terkontaminasi zat pence-

mar dari buangan kendaraan bermotor di sekitar kawasan Kebun Bibit Bratang.

Keadaan tersebut dapat menyebabkan kerusakan makrokopis dan mikrokopis daun, terakumulasinya logam pada jaringan tumbuhan khususnya daun, serta akan menyebabkan pengguguran daun. Seberapa besar pengaruh zat pencemar akibat kegiatan transportasi terhadap tumbuhan koleksi Kebun Bibit Bratang Surabaya belum diketahui dengan pasti, sehingga diperlukan studi ini.

Menurut Fardiaz (1992), yang dimaksud dengan pencemaran udara (*air pollution*) adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia tertentu ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia (dapat diukur atau dihitung) serta dapat

memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi dan material.

Sumber pencemaran udara yang utama berasal dari transportasi, dimana hampir 60% pencemar yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon.

Jenis dan sumber pencemar udara yang lazim ditemui di kota-kota besar adalah, *pertama*, Nitrogen Oksida (NO_x), yaitu senyawa gas yang terdapat di udara bebas yang sebagian besar berupa gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO_2) serta berbagai jenis nitrogen oksida lainnya dalam jumlah yang tidak sedikit. *Kedua*, Belerang Oksida (SO_x), khususnya belerang dioksida (SO_2) dan belerang trioksida (SO_3) adalah senyawa gas berbau tidak sedap yang banyak ditemui pada kawasan industri yang menggunakan batubara dan kokas sebagai bahan bakar sumber energi utama. *Ketiga*, bahan partikulat, dapat berasal dari asap (terutama hasil pembakaran kayu, sampah, batubara, kokas) dan dapat pula berupa partikel-partikel debu halus dan agak kasar yang berasal dari berbagai kegiatan alami manusia (Kovacks, 1992).

Beberapa macam komponen pencemar udara tersebut yang bersumber pada kegiatan transportasi di Indonesia paling banyak berpengaruh dalam pencemaran udara disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Komponen Pencemar Udara yang Bersumber dari Kegiatan Transportasi

Jenis Pencemar	Prosentase
CO	70,50
NOx	8,89
SOx	0,88
HC	18,34
Partikel	1,33

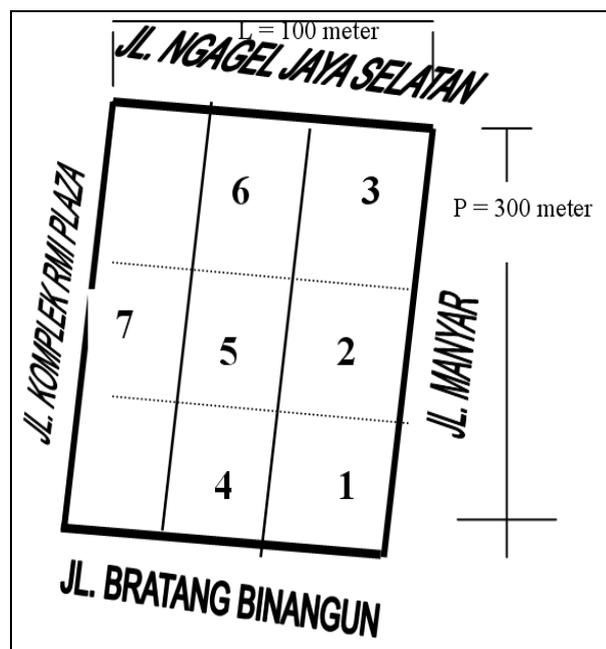
Daun adalah dapur pembuat makanan tumbuhan. Daun inilah yang merupakan pabrik fotosintesa. Permukaan atas daun tertutup oleh selapis sel tunggal yaitu epidermis atas. Sel-sel ini sedikit atau tidak memiliki kloroplas. Sel-sel tersebut juga mengeluarkan suatu zat transparan seperti lilin yang dinamakan kutin. Bahan ini berbentuk kutikula, yang berfungsi untuk mengurangi hilangnya air dari permukaan (Treshow dan Anderson, 1989).

Di bawah sel-sel epidermis atas tersusun satu atau lebih barisan sel yang membentuk lapisan pagar/lapisan palisade. Di bawah lapisan palisade terdapat

lapisan bunga karang. Terakhir, dibawah lapisan bunga karang terdapat lapisan palisade bawah dan jaringan epidermis bawah yang menyerupai lapisan epidermis atas (Fitter dan Hay, 1994).

2. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan mulai bulan September 2002 sampai November 2002. Penelitian dilakukan di Kebun Bibit Bratang Surabaya dengan tujuh lokasi pengamatan seperti terlihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Contoh Udara dan Jenis Tumbuhan di Kebun Bibit

Keterangan:

1,2,... : Lokasi pengambilan sampel

Penentuan lokasi pengamatan dilakukan dengan menggunakan metode acak berlapis yaitu penentuan lokasi pengambilan contoh dimulai sesuai arah angin dominan (timur, utara, selatan) menuju ke tengah. Tingkatan tumbuhan yang diambil untuk dianalisis adalah tumbuhan pada tingkatan pohon (individu pohon dengan diameter batang pada ketinggian 1,50 meter dari muka tanah lebih besar 35 cm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan yang menyebar pada tiap titik pengamatan adalah jenis Angsana (*Pterocarpus indicus*) dan Akasia (*Acalypha auriculiformis*).

Arah angin di lokasi penelitian merupakan hasil pemantauan Stasiun Klimatologi Perak Surabaya Contoh udara dianalisis di Laboratorium Balai

Teknik Kesehatan Lingkungan Surabaya. Contoh daun dianalisis di Laboratorium Biologi Dasar dan Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Jurusan Biologi Universitas Brawijaya Malang.

Contoh daun yang diambil dari satu pohon dibedakan ke dalam daun yang tidak terlalu tua dan daun yang tidak terlalu muda. Letak daun pada pohon diambil dari arah timur dan barat, masing-masing pada tajuk bawah, tengah dan atas (Unibraw, 1997). Preparat daun diamati dengan mikroskop monokuler untuk mengetahui struktur anatominya. Jaringan yang diamati adalah jaringan epidermis atas, jaringan bunga karang, jaringan palisade dan jaringan epidermis bawah.

Analisis data yang dilakukan menggunakan analisis ragam-rancangan tersarang, analisis regresi dilengkapi dengan analisis deskriptif serta dengan dibandingkan dengan literatur mengenai penelitian sejenis atau sesuai dengan standar yang berlaku (PP Nomor 51 Tahun 1993).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencemaran udara yang terjadi di dalam Kebun Bibit Bratang Surabaya oleh gas SO_2 pada saat pengukuran berada pada kisaran 0,0183–0,0341 ppm. Pencemaran udara akibat gas NO_x yang terjadi di dalam Kebun Bibit Bratang Surabaya pada saat pengukuran berada pada kisaran 0,0274–0,0338 ppm. Pencemaran udara oleh partikel Pb yang terjadi di dalam Kebun Bibit Bratang Surabaya pada saat pengukuran pada kisaran 0,0253–0,0388 mg/m^3 .

Kerusakan secara makrokopis disebut juga dengan kerusakan akut yang disebabkan oleh penyerapan gas pencemar udara yang cukup untuk membunuh jaringan dalam waktu yang relatif cepat.

Hasil pengamatan terhadap 14 tumbuhan dominan yang berada di Kebun Bibit Bratang Surabaya belum ada yang menunjukkan adanya klorosis maupun nekrosis pencemaran udara. Hal ini dikarenakan konsentrasi gas pencemar khususnya SO_2 dan NO_x masih rendah dan waktu pemaparannya masih kurang untuk merusak jaringan pada ke-14 tumbuhan tersebut, sehingga belum menimbulkan kerusakan yang terlihat. Sedangkan tumbuhan berkayu dalam tingkatan pohon harus memperoleh pemaparan pencemar dalam konsentrasi yang lebih tinggi.

Beberapa jenis daun mengalami kerusakan. Dengan demikian, menurut skala Kovaks (1992), kerusakan makrokopis daun termasuk ke dalam tingkat kerusakan 0 atau tidak ada kerusakan.

Identifikasi abnormalitas daun yang diduga akibat pencemaran udara dilakukan terutama pada jaringan bunga karang yang patah, menciut dan menggembung. Gas pencemar menyebabkan matinya sel-sel mesofil diikuti oleh stomata permukaan bawah yang berhubungan dengan jaringan epidermis. Rata-rata panjang sel daun pada semua jaringan meningkat seiring dengan menurunnya kandungan pencemar di udara, demikian juga dengan lebar sel tiap jaringan yang semakin bertambah dengan semakin menurunnya kandungan pencemar di udara.

Tabel 2. Lebar Jaringan Tumbuhan Di Jl. Baratajaya XVII

Lokasi	Pohon	EPA	P	BK	EPB	
1	<i>M. elengi</i>	4,3	9,2	12,6	an	2,6
	<i>L. speciosa</i>	3,7	8,2	15,4	an	3,2
2	<i>E. aquea</i>	3,8	7,0	16,2	an	2,3
	<i>M. kauki</i>	3,6	7,3	21	an	4,5
3	<i>P. indiscus</i>	3,6	6,2	11,6	n	2,8
	<i>C. odorata</i>	5,8	6,1	5,2	an	2,6
4	<i>A. blimbi</i>	4,6	10,3	13,1	an	3,4
	<i>P. fragrans</i>	2,5	5,2	11,2	n	2,2
5	<i>F. benjamina</i>	6	9,2	12,3	n	3,9
	<i>L. indica</i>	3,2	8,3	6,0	an	2,1
6	<i>C. alata</i>	6,2	13,4	10,8	n	4,2
	<i>E. papuana</i>	4,6	13,0	10,2	n	3,9
7	<i>D. regia</i>	3,8	11,	8,8	n	2,8
	<i>Acalypha s</i>	2,8	12,2	12,6	n	3

Tabel 3. Lebar Jaringan Tumbuhan Di Kebun Bibit Bratang

Lokasi	Pohon	EPA	P	BK	EPB	
1	<i>M. elengi</i>	3,2	9,2	12,2	an	2,4
	<i>L. speciosa</i>	3,1	8,2	15,3	an	3,2
2	<i>E. aquea</i>	3,2	7,0	16,0	an	2,3
	<i>M. kauki</i>	3,3	7,3	20,1	an	4,3
3	<i>P. indiscus</i>	3,0	6,2	11,2	n	2,2
	<i>C. odorata</i>	5,4	6,1	5,2	an	2,1
4	<i>A. blimbi</i>	4,3	10,3	13,1	an	3,4
	<i>P. fragrans</i>	2,3	5,2	11,2	n	2,2
5	<i>F. benjamina</i>	5,2	9,2	12,0	n	3,4
	<i>L. indica</i>	3,2	8,3	6,0	an	2,1
6	<i>C. alata</i>	5,2	13,4	10,2	n	3,2
	<i>E. papuana</i>	4,2	13,0	10,2	n	3,0
7	<i>D. regia</i>	3,2	11,3	8,3	an	2,4
	<i>Acalyphas</i>	2,2	12,2	11,3	n	2,3

Keterangan

EPA =Epidermis atas

EPB = Epidermis Bawah

BK = Bunga Karang

P = Lebar daun dalam μm

n = normal

an = abnormal

Abnormalitas jaringan tertinggi terdapat pada *M. Kauki* (31,62%) sedangkan terendah pada *P. Indisicus* dan *E. papuana* (0%). Abnormalitas jaringan di Kebun Bibit Bratang lebih tinggi dibanding di Baratajaya XVII. Disamping itu, tumbuhan Akasia (*Acalypha*) juga tidak mengalami kelainan, sehingga cukup tahan terhadap pencemar udara.

Pada Tabel 4 di bawah ini dapat dilihat analisis regresi abnormalitas sel dengan konsentrasi pencemar udara pada jaringan epidermis atas

Tabel 4. Analisis Regresi Abnormalitas Sel Dengan Konsentrasi Pencemar Udara Pada Jaringan Epidermis Atas

Variabel	db	Estimasi	t - Ho	Prob > F
Intersep	1	3,884	0,427	0,6710
SO ₂	1	277,83	- 0,269	0,0118 **
NO _x	1	- 111,13	2,599	0,7918 tn
Pb	1	- 1,24	- 1,010	0,3165 tn

Keterangan :

** berbeda nyata

tn = tidak berbeda nyata

Dari analisis regresi Tabel 4, abnormalitas jaringan epidermis atas daun dipengaruhi oleh kandungan SO₂ udara ($\alpha=1,18\%$). Dari analisis regresi Tabel 5, abnormalitas jaringan pagar daun dipengaruhi oleh konsentrasi SO₂ udara ($\alpha=0,8\%$), konsentrasi NO_x udara ($\alpha=6,27\%$), dan dipengaruhi partikel Pb udara ($\alpha=0,29\%$). Sedang analisis regresi yang disajikan pada Tabel 6, abnormalitas jaringan epidermis bawah daun dipengaruhi oleh konsentrasi SO₂ udara ($\alpha=2,62\%$) dan dipengaruhi partikel Pb udara ($\alpha=8,8\%$).

Tabel 5. Analisis Regresi Abnormalitas Sel Dengan Konsentrasi Pencemar Udara Pada Jaringan Pagar

Variabel	db	Estimasi	t - Ho	Prob > F
Intersep	1	-1,818	-0,200	0,8424
SO ₂	1	376,258	3,517	0,0008 **
NO _x	1	795,669	1,897	0,0627 *
Pb	1	- 3,834	-3,105	0,0029 **

Keterangan:

** berbeda nyata

tn = tidak berbeda nyata

Tabel 6. Analisis Regresi Abnormalitas Sel Dengan Konsentrasi Pencemar Udara pada Jaringan Epidermis Bawah

Variabel	db	Estimasi	t - Ho	Prob > F
Intersep	1	- 17,793	- 1,977	0,0527
SO ₂	1	- 65,567	- 0,620	0,0262 *
NO _x	1	945,318	2,280	0,5376
Pb	1	2,117	1,735	0,0880 *

Keterangan:

* berbeda nyata

Kandungan rata-rata klorofil daun tertinggi yaitu pada daun Akasia (*Acalypha auriculliformis*) sebesar 1.576,32 ppm dan terendah pada daun jenis Kayu Putih (*Eucalyptus papuana*) sebesar 413,66 ppm.

Tabel 7 memperlihatkan bahwa kandungan klorofil daun dipengaruhi oleh kandungan SO₂ udara ($\alpha=4\%$) dan kandungan partikel Pb udara ($\alpha=1\%$).

Tabel 7. Analisis Regresi Kandungan Klorofil Daun Dengan Kandungan Pencemar Di Udara

Variabel	dB	estimasi	t -Ho	T
Intersep	1	1134,76	9,156	0,0001
SO ₂	1	-1158,03	-0,795	0,0427*
NO _x	1	7645,6	1,339	0,1817 tn
Pb	1	-43,364	-2,58	0,0105 *

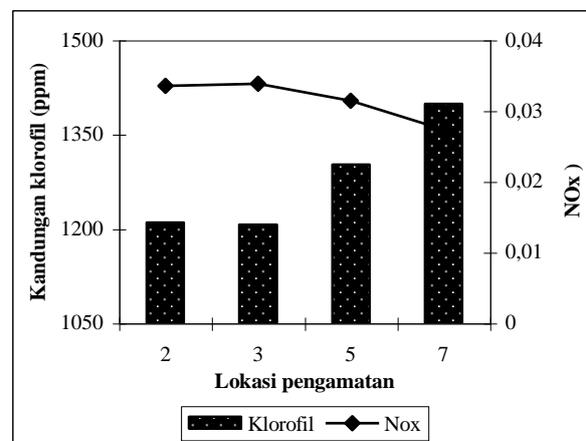
Keterangan :

* berbeda nyata

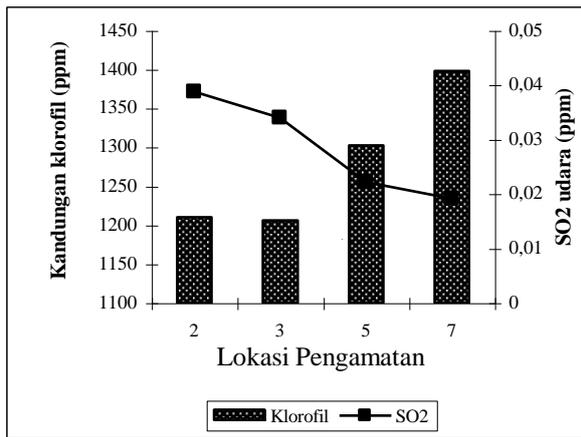
tn = tidak berbeda nyata

Menurut Welburn (1991), kedua jenis gas inidiketahui bersifat racun bagi tumbuhan dan pengaruh interaksi terhadap kedua gas pencemar udara tersebut dapat bersifat aditif dengan dicirikan oleh kerusakan daun pada banyak jenis tumbuhan, terhambatnya pertumbuhan serbuk, hasil panen dan aktifitas enzim.

Gambar 2 memperlihatkan kandungan klorofil pada tumbuhan Angsana akan semakin bertambah dengan berkurangnya kandungan NO_x di udara. Pada grafik tersebut menunjukkan kandungan klorofil yang berlainan antara Angsana yang ditanam antar lokasi.



Gambar 2. Hubungan Antara NO_x Udara Dengan Kandungan Klorofil Daun Angsana



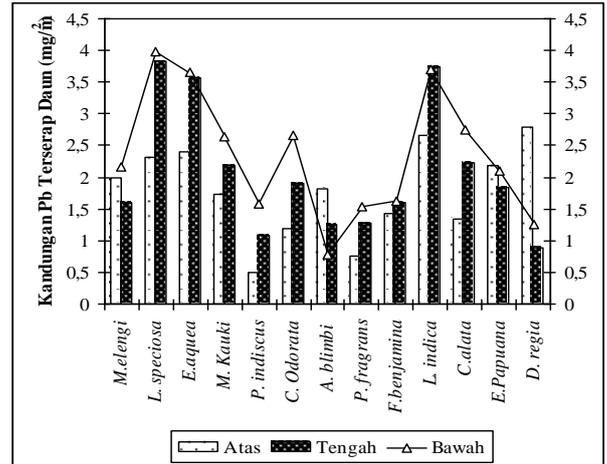
Gambar 3. Hubungan Antara SO₂ Udara Dengan Kandungan Klorofil Daun Angsana (Yang Ditanam Pada 4 Lokasi)

Kerusakan yang terjadi pada klorofil maupun kloroplas pada umumnya diawali oleh proses yang sama dengan penjelasan pada terjadinya abnormalitas sel. Pemaparan SO₂ mengakibatkan terjadinya konversi klorofil menjadi feofitin karena rendahnya pH akan menyebabkan penurunan Mg²⁺. Beberapa laporan tentang pertumbuhan tumbuhan akibat pengaruh pencemar SO₂ dan NO_x secara sendiri-sendiri ataupun gabungan dibawah konsentrasi 1,0 ppm mampu memberikan dampak terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dengan adanya pemaparan NO_x di udara, maka konsentrasi nitrit dan nitrat akan meningkat dalam kloroplas. Pengaruh racun terhadap tumbuhan dapat disebabkan oleh kelebihan nitrat atau nitrit seperti juga pengaruh asam-asam nitrat, amoniak dan ion-ion amonium.

Kandungan Pb yang terserap oleh daun ke-14 jenis tumbuhan di Kebun Bibit Bratang Surabaya nampak berbeda tiap tumbuhan. Kandungan partikel Pb pada daun untuk tiap jenis tumbuhan tidak memperlihatkan pola yang beraturan berkisar antara 0 - 5,43 mg/m².

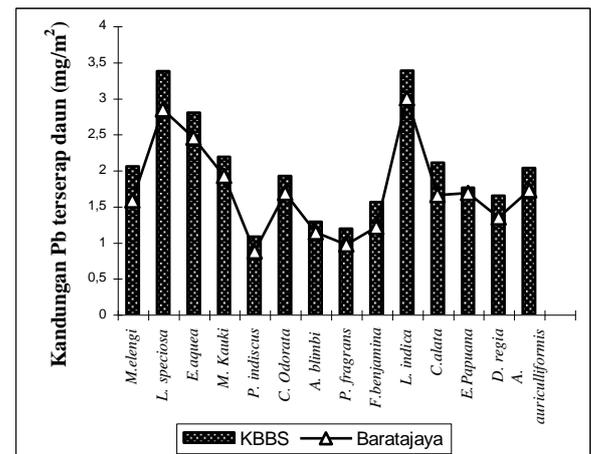
Kandungan partikel Pb terserap daun tertinggi terdapat pada daun Bungur (*Lagerstromia speciosa*) dengan rata-rata kandungan Pb yaitu 3,62 mg/m². Kandungan Pb terserap daun terendah terdapat pada daun Angsana (*Pterocarpus indiscus*) dengan rata-rata kandungan Pb sebesar 1,02 mg/m².

Gambar 4 memperlihatkan adanya perbedaan antara kandungan Pb terserap daun pada posisi tajuk atas, tajuk tengah dan tajuk bawah.



Gambar 4. Kandungan Pb Terserap Daun Ke-14 Tumbuhan Per Tajuk (Atas, Tengah, Bawah)

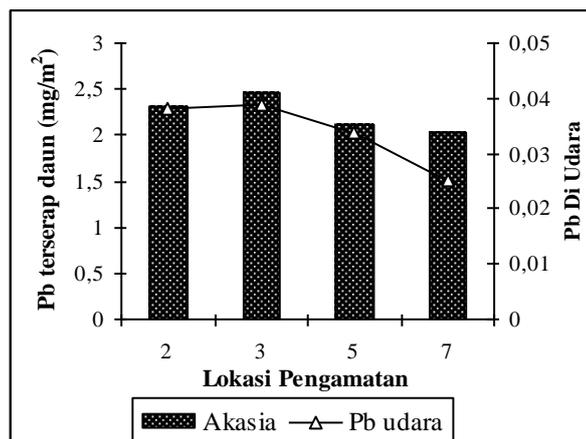
Sedangkan dari gambar 5 memperlihatkan adanya perbedaan yang nyata antara kandungan rata-rata Pb terserap daun di lokasi Kebun Bibit Bratang Surabaya.



Gambar 5. Perbandingan Kandungan Pb Terserap Daun di Baratajaya XVII Dengan Kebun Bibit Bratang Surabaya

Dari gambar 5 juga menunjukkan jika dibandingkan dengan tumbuhan lainnya, tumbuhan jenis *Lagerstromia speciosa* dan *Lagerstromia indica* kemampuannya lebih efektif dalam menyerap partikel Pb udara dibandingkan dengan lainnya.

Gambar 6 menunjukkan kandungan Pb yang terserap daun Akasia. Walaupun secara nyata berbeda antar lokasi, namun terlihat kecenderungan bahwa semakin tinggi kandungan Pb di udara akan meningkatkan kandungan Pb terserap daun.



Gambar 6. Hubungan antara Pd Udara dengan Pb Terserap Daun Akasia

Tabel 8. Tabel Hasil Analisis Ragam Kandungan Pb Terserap Daun

Sumber	db	JK	KT	F	Prob >F
Lokasi	5	107,75	21,5513	1,521	0,46 tn
Jenis (lokasi)	7	210,18	30,0268	10,82	0,0002 **
Posisi daun	14	105,38	7,5273	2,71	0,0002 **
Galat	168	610,49	3,6338		

Keterangan :

** berbeda nyata

Secara statistik yang ditunjukkan dengan tabel 8, kandungan Pb terserap daun antar lokasi pengamatan tidak berbeda nyata sedangkan antar jenis dalam lokasi pengamatan berbeda nyata dan antar posisi dalam tajuk berbeda nyata ($\alpha = 0,02\%$). Sedangkan Tabel 9 dengan analisis regresi menunjukkan bahwa kandungan Pb terserap daun pada ke-14 jenis tumbuhan yang diamati sangat dipengaruhi oleh kandungan Pb di udara ($\alpha=1\%$).

Tabel 9. Hasil Analisis Regresi Kandungan Pb Terserap Daun dan Pb Udara

Sumber	db	JK	KT	F	Prob >F
Model	1	26,360	26,360	6,541	0,011
Galat	190	1007,458	5,302		

Hal tersebut kemungkinan terjadi karena semakin besar kandungan Pb di udara akan semakin besar kemungkinan masuk ke daun melalui mulut stomata sehingga tersimpan dalam lapisan epidermis dan mesofil lebih besar.

4. KESIMPULAN

Pengaruh gas pencemar dari kegiatan transportasi terhadap tumbuhan di Kebun Bibit Bratang Sura-

baya ditunjukkan dari kerusakan makrokopis daun (klorosis/nekrosis), kerusakan mikrokopis daun (kerusakan jaringan/abnormalitas), kandungan klorofil daun dan kandungan Pb terserap daun. Terdapat pengaruh yang nyata pada lebar dan panjang sel serta abnormalitas jaringan daun (epidermis atas, pagar, bunga karang dan epidermis bawah) dari tumbuhan terhadap konsentrasi gas pencemar udara. Adanya peningkatan abnormalitas jaringan dan penurunan lebar jaringan daun di Kebun Bibit Bratang dibanding kontrol. Tumbuhan Angsana (*Pterocarpus indicus*), Akasia (*Acalypha auriculiformis*) dan Kayu putih (*Eucalyptus papuana*) cukup tahan terhadap gas pencemar udara yang ditunjukkan dengan tidak adanya kerusakan anatomi jaringan. Terdapat pengaruh nyata pada kandungan klorofil daun dari tumbuhan terhadap konsentrasi gas pencemar yaitu penurunan kandungan klorofil daun di Kebun Bibit Bratang dibanding kontrol. Terdapat pengaruh nyata pada konsentrasi Pb yang terserap daun dari tumbuhan terhadap konsentrasi Pb udara yaitu peningkatan konsentrasi Pb terserap daun di Kebun Bibit Bratang dibanding kontrol. Tumbuhan jenis Bungur memiliki kemampuan lebih efektif dalam menyerap partikel Pb udara (terserap lebih banyak) dibanding dengan tumbuhan lain, sehingga cukup efektif mengatasi gas pencemar udara terutama partikel Pb.

DAFTAR PUSTAKA

- Fardiaz, S. (1992). **Polusi Air dan Udara**. Kanius. Yogyakarta.
- Fitter, A.H. dan Hay, R.K. (1994). **Environmental Physiology of Plant**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kovacks, M. (1992). **Biological Indicator In Environmental Protection**. Ellis Horwood. Singapore.
- Treshow, M. dan Anderson, F. A. (1989). **Plant Stress from Air Pollution**. John Willey & Sons, Ltd. Chishester, New York.
- UNIBRAW. (1997). **Pedoman Biologi Dasar Praktikum Malang**. Jurusan Biologi, UNIBRAW. Malang.