

Korelasi Kondisi Daun Terhadap Kadar Pb, dan Klorofil daun *Hibiscus tiliaceus* dan *Swietenia macrophylla* King. di Kampus Universitas Hasanuddin Makassar

¹Sri Suhadiyah, ²Roland A Barkey, ¹Elis Tambaru

¹Dosen Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Hasanuddin

²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

Email: Suhadiyah.sri@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya aktivitas yang bersifat komersial diparkotaan berpotensi meningkatkan konsentrasi polutan di udara akibat padatnya lalu lintas kendaraan bermotor dan kegiatan industri. Penelitian analisis kadar klorofil, Konsentrasi Pb, jumlah stomata, jumlah trikomata dan luas daun waru (*Hibiscus tiliaceus* L.) dan mahoni (*Swietenia macrophylla* King.) di Kampus Universitas Hasanuddin Makassar telah dilakukan pada bulan juli-agustus 2014. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tanaman hutan kota dalam mereduksi polutan Pb diudara serta mengetahui pengaruh polutan Pb terhadap konsentrasi klorofil, jumlah stomata, trikomata dan luas daun. Analisis sampel daun dilakukan di laboratorium kualitas air jurusan perikanan, FIKP Universitas Hasanuddin menggunakan AAS dengan metode pengabuan basah untuk sampel Pb, sampel klorofil dengan metode manual digerus pada mortal kemudian dilakukan perlakuan, jumlah stomata dan trikomata diamati dengan menggunakan mikroskop dino AM 451. Hasil penelitian menunjukkan kadar Pb daun di unhas berkisar antara 4,0278-8,3335 ($\mu\text{g/g}$), kadar klorofil berkisar antara 0,224-0,247 (mg/gr), jumlah stomata berkisar antara 109-265 (cm^2), jumlah trikomata berkisar antara 3-1456 cm^2 , dan luas daun berkisar antara 57,2286-265,75 cm^2 . Terdapat hubungan konektivitas yang erat antara Pb dengan klorofil, stomata, trikomata dan luas daun.

Keyword: Pb, Klorofil, Stomata, Trikomata, Luas Daun, dan Unhas.

Corelation of Leaves condition to Lead and Chlorophyll content in Hibiscus tiliaceus L. And Swietenia macrophylla King in Campus of Hasanuddin University Makassar.

¹Sri Suhadiyah, ²Roland A. Barkey, ¹Elis Tambaru

¹Departement of Biology, Faculty of Mathematic and Natural Sciences Hasanuddin University

²Faculty of Forestry, Hasanuddin University

Abstract

Increased commercial, industry and transportation activities increased pollutant concentration in air. Research about anlysis of chrophyllcontent, Pb concentration, number of stomata and trichomata and also leaves dimension of Hibiscus tiliaceus L and Swietenia macrophylla King has been condusted in campus of Hasanuddin University on july-august 2014. The aim of this research was to know the influence of city garden/city forest to minimize Pb pollutant in the air. Result also want to know the influence of pollutant to chlorophyll concentration, number of stomata, trichomata and leaves dimension. Analysis of leaves sample were conducted in water quality laboratory, Depertement of Fisheries Hasanuddin University, using ASS. Pb concentration analyzed using wet ashing method, chrophyll sample analyzed with crushed leaves manually using mortar and specific treatment. Number of stomata and trichomata counted using Dino AM 451 microscope. Result showed that Pb concentration in leaves range between 4,0278-8,3335 ($\mu\text{g/g}$), chrophyll concentration 0,224-0,247 (mg/gr) number of stomata 109-265 cm^2 , number of trichomata 3-1456 cm^2 and leaves dimension range between 57,2286-265,75 cm^2 . It can be concluded that the number of stomata directy proportional with Pb absorption and decrease chrophyll concentration.

Keywords: Pb, chrophyll, stomata, trichomata, leave dimension and unhas campus.

Pendahuluan

Kampus Universitas Hasanuddin seluas 22 hektar adalah salah satu hutan kota yang terletak di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar yang merupakan kawasan perkotaan Mamminasata. Selayaknya kawasan perkotaan pada umumnya, fenomena peningkatan jumlah penduduk, meningkatnya aktivitas komersil, serta pembangunan diberbagai sektor juga terjadi di kawasan perkotaan ini. Meningkatnya jumlah penduduk, berbanding lurus dengan kebutuhan lahan untuk hunian sehingga terjadi konversi lahan hijau menjadi lahan terbangun. Juga mendorong peningkatan kebutuhan yang bersifat komersil. Aktivitas komersial yang ditandai dengan padatnya lalu lintas kendaraan bermotor berpotensi meningkatkan konsentrasi polutan di udara.

Jamhari (2014) mengemukakan berkaitan dengan pencemaran udara, kendaraan bermotor dikelompokkan sebagai sumber pencemar yang bergerak. Sehingga penyebaran bahan pencemar yang diemisikan dari kendaraan bermotor memiliki pola penyebaran spasial yang meluas. Dahlan (1992) menjelaskan bahwa kendaraan bermotor merupakan sumber utama Pb yang mencemari udara di daerah perkotaan. Diperkirakan sekitar 60% sampai 70 % partikel Pb di udara perkotaan berasal dari kendaraan bermotor dan kurang lebih 75% Pb yang ditambahkan pada bahan bakar minyak akan diemisikan kembali ke udara. Pb ditambahkan dalam bensin sebagai anti letup. Sunarya, dkk. (1991) menjelaskan bahwa Pb yang ditambahkan per 1 liter bensin di Indonesia adalah untuk premium sekitar 0,70 gram dan untuk bensin super sebesar 0,84 gram.

Emisi kendaraan yang terserap oleh daun melalui stomata secara bertahap akan menyebabkan kerusakan seperti berkurangnya jumlah stomata, kerusakan pada sel penjaga, peningkatan jumlah stomata yang tertutup, kerusakan pada kondisi helaian daun, laju fotosintesis terhambat, luas daun menyusut, penurunan kadar klorofil dan kematian pada daun (Mirshra, 1980; Mowli, 1989; Kovacs, 1992; Garty et al., 2001, Solihin, 2014).

Berbagai respon tanaman terhadap polutan telah banyak diteliti. Peningkatan jumlah epidermis dan stomata serta peningkatan indeks stomata merupakan salah satu respon tanaman terhadap polusi udara. Tanaman mampu mengabsorpsi beberapa jenis polutan dengan efektif, sehingga dapat berperan dalam membersihkan atmosfer dari polusi. Polutan terabsorpsi terikut dalam proses metabolisme. Namun demikian,

keefektivan tanaman dalam menyerap polutan akan semakin berkurang dengan peningkatan konsentrasi polutan. Dampak lanjutannya adalah terganggunya fungsi tanaman dalam lingkungan. Dengan demikian, ketahanan tanaman terhadap tingkat polutan menjadi faktor yang penting dalam pemilihan jenis tanaman pereduksi Pb di udara.

Pengaruh paparan emisi kendaraan terhadap daun tanaman berupa kerusakan morfologi daun, rendahnya kadar klorofil dan densitas stomata serta tingginya persentase menutupnya celah stomata (Solihin, 2014). Menurut Treshow et al. (1989), pertumbuhan tanaman terhambat karena terganggunya proses fotosintesis akibat kerusakan jaringan daun. Lebih lanjut Warsita (1994) mengemukakan bahwa pencemaran udara menyebabkan penurunan kandungan klorofil-a dan klorofil-b tanaman. Penurunan tersebut disebabkan zat pencemar merusak jaringan polisade dan bunga karang yang merupakan jaringan yang banyak mengandung klorofil-a dan klorofil-b. Klorofil sebagai pigmen hijau yang berfungsi sebagai penyerap cahaya dalam kegiatan fotosintesis dan berlangsung dalam jaringan mesofil daun akan menurun kadarnya sejalan dengan peningkatan pencemaran udara.

Selain perubahan pada kadar klorofil, emisi gas buang kendaraan bermotor juga dapat mempengaruhi stomata. Stomata terdapat hampir pada semua bagian permukaan tanaman terdiri dari lubang (*porus*) yang dikelilingi oleh 2 sel penutup. Pada daun, stomata terdapat pada permukaan atas maupun bawah, atau biasanya pada permukaan bawah saja. Fungsi utama stomata adalah sebagai tempat pertukaran gas seperti CO₂, yang diperlukan tumbuhan untuk melangsungkan proses fotosintesis. Selain sebagai pertukaran gas CO₂, stomata juga merupakan bagian tanaman tempat terjadinya penyerapan polutan (Duldulao & Gomez, 2008) dan secara langsung dapat berinteraksi dengan jaringan mesofil (Gostin, 2009).

Siregar (2005) Kerusakan pada daun oleh pencemaran udara dapat dihambat diantaranya dengan adanya lapisan lilin daun. Lilin pada permukaan daun secara fisiologis untuk menahan kehilangan uap air, mengontrol pertukaran gas, mengurangi pelepasan nutrisi dan metabolit, dan bertindak sebagai bahan pencemar yang reaktif seperti SO₂, NO₂ dan O₃. Lilin daun merupakan bagian daun yang penting yang dapat dipercepat rusaknya oleh angin, abrasi, gesekan dan interaksi kimia dengan polutan. Jadi kerusakan lilin daun

menyebabkan daun menjadi sensitif terhadap pencemar.

Berdasarkan uraian diatas, perlu diteliti sejauh mana pengaruh tanaman hutan kota dalam mereduksi polutan Pb diudara serta sejauhmana pengaruh polutan Pb terhadap konsentrasi klorofil, jumlah stomata, trikوماتa dan luas daun.

Metode Penelitian

Penentuan Lokasi Cuplikan

Sampel daun waru dan mahoni diambil di Universitas Hasanuddin tersebar diseluruh fakultas. Sebelum pengambilan sampel daun, terlebih dahulu dilakukan inventarisasi sebaran pohon peneduh waru dan mahoni guna menentukan stasiun pengambilan sampel daun yang representatif. Pengambilan sampel daun pada pohon tanaman peneduh dilakukan secara acak tanpa memperhatikan posisi cabang dan sumber polutan.

Penentuan lokasi cuplikan dilakukan secara purposive sampling yaitu teknik pengambilan sampel dengan pertimbangan tertentu. Kampus Universitas Hasanuddin dibagi menjadi 3 stasiun yaitu stasiun I sekitar Masjid Kampus, stasiun II sekitar fakultas Kehutanan serta stasiun III sekitar Fakultas Hukum. Masing-masing stasiun diambil sampel daun yang representatif untuk dijadikan sampel cuplikan.

Pengambilan Sampel Daun

Dari setiap pohon diambil sampel daun untuk dianalisis. Anak daun yang diambil adalah yang terletak pada lapisan tajuk paling bawah, tengah dan atas. Selain itu daun diambil dari cabang yang dekat pada batang utama, dan yang berwarna hijau tua.

Pengamatan Jumlah Stomata dan Trikوماتa Daun

Pada permukaan bawah daun diberi *cutex* bening untuk mendapatkan cetakan stomata, setelah mengering lapisan dibentuk berukuran 1x1 cm. Lapisan bening ini kemudian diamati dibawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 400x, untuk melihat jumlah cetakan stomata. Pengamatan trikوماتa dilakukan dengan menggunakan mikroskop digital Dino AM 451 dengan perbesaran 20.000x.

Pengukuran Konsentrasi Pb di Daun

Sampel daun dipanaskan dalam oven bersuhu 70 °C sampai mencapai berat kering yang konstan. Sampel daun hasil pengeringan diabukan dalam *furnace* bersuhu 600 °C selama 1 jam. Abu daun diberi HNO₃ pekat (65%) dan akuades masing-masing sebanyak 5 mL,

dipanaskan, dan ditambah air sampai tanda batas 25 mL. Larutan tersebut diukur kadar timbalnya dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Perhitungan kadar Pb daun :

$$Cy' = \frac{W}{Cy \times V}$$

Cy' = kandungan Pb pada jaringan daun (µg/g)

Cy = konsentrasi Pb terukur pada AAS (µg/mL)

V = volume pengenceran (mL)

W = berat kering daun (g)

Pengukuran Kadar Klorofil Daun

Sampel daun sebanyak satu gram diekstraksi menggunakan alkohol 95% dengan cara menggerusnya dalam mortar sampai seluruh klorofil terlarut. Larutan yang diperoleh ditambah alkohol sampai tanda batas 25 mL. Absorbansi diukur dengan menggunakan *optical density* 649 dan 665 nm pada Spectronis-20 Baush and Lamb. Kandungan klorofil total dihitung dengan rumus : Klorofil total (g/mL) = 20,0 OD₆₄₉ + 6.1 OD₆₆₅.

Pengamatan TEM

Pengamatan anatomi daun untuk melihat keberadaan timbal terabsorpsi dalam daun dilakukan dengan teknologi TEM dengan tahapan melakukan fiksasi dengan senyawa glutaraldehida atau osmium tetroksida dan dilakukan pengamatan dibawah mikroskop. Hasil pengamatan jaringan daun yang mengabsorpsi daun di foto kemudian untuk dianalisis.

Pengolahan Data

Untuk mengetahui kemampuan penyerapan Pb oleh *Hibiscus tiliaceus* dan *Swietenia macrophylla* maka dilakukan uji ANOVA (*Analyses of Variance*) (Walpole dan Meyers, 1986). Sedangkan untuk mengamati pengaruh Pb terhadap daun *S. macrophylla*, yang ditinjau dari kadar klorofil, luas permukaan dan jumlah stomatanya, maka dilakukan regresi liner dengan melihat nilai koefisien korelasi antara konsentrasi Pb pada daun dengan ketiga parameter tersebut. Uji ANOVA dilakukan dengan menggunakan statistik dengan perangkat program SPSS.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran konsentrasi Pb, kadar klorofil a, klorofil b, klorofil total, jumlah stomata, jumlah trikوماتa serta luas daun dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi Pb, Kadar Klorofil, Jumlah Stomata, Jumlah Trikomata, dan Luas Daun

| Sampel | Stasiun | Pb (µg/g) | Klorofil (mg/gr) | Stomata (cm ²) | Trikomata (cm ²) | Luas Daun (cm ²) |
|-----------------------|---------|-----------|------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <i>H. tiliaceus</i> | I | 7,6389 | 0,224 | 136 | 924 | 265,75 |
| | II | 6,5476 | 0,238 | 138 | 1456 | 172,01 |
| | III | 4,0278 | 0,240 | 109 | 642 | 172,84 |
| <i>S. macrophylla</i> | I | 6,2501 | 0,232 | 249 | 3 | 6,25 |
| | II | 8,3335 | 0,247 | 265 | 3 | 8,33 |
| | III | 4,8601 | 0,233 | 265 | 3 | 4,86 |

Berdasarkan hasil pengukuran Tabel 1 menunjukkan konsentrasi absorpsi daun *H. tiliaceus* tertinggi pada stasiun I yakni 7,6389 (µg/g) sedangkan pada daun *S. macrophylla* tertinggi pada stasiun II yakni 8,3335 (µg/g). Kadar klorofil total *S. macrophylla* lebih tinggi dibandingkan *H. tiliaceus* yakni pada *S. macrophylla* mencapai 0,247 (mg/gr) pada stasiun II. Sedangkan jumlah stomata, trikomata dan luas daun *H. tiliaceus* lebih banyak dibandingkan daun *S. macrophylla*. Hal ini dikarenakan perbedaan morfologi daun *H. tiliaceus* yang memiliki permukaan daun kasar sedangkan daun *S. macrophylla* memiliki permukaan daun halus.

Hasil analisis konsentrasi Pb, kadar klorofil, jumlah stomata, jumlah trikomata dan luas daun *H. tiliaceus* di kampus Unhas menunjukkan adanya korelasi negatif antara konsentrasi Pb dan kadar klorofil. Artinya, jika konsentrasi Pb di udara meningkat maka kadar klorofil pada daun menurun. Dan menunjukkan korelasi positif antara konsentrasi Pb dengan jumlah stomata, jumlah trikomata dan luas daun. Korelasi antara variabel menunjukkan adanya korelasi negatif antara kadar klorofil, jumlah stomata, dan luas daun.

Hasil analisis juga menunjukkan stasiun pengambilan sampel daun berkorelasi negatif dengan konsentrasi Pb, stomata, trikomata, dan luas daun serta stasiun pengambilan sampel berkorelasi positif dengan kadar klorofil. Artinya, jarak posisi sampel penelitian dengan sumber emisi mempengaruhi absorpsi Pb di daun, jumlah stomata, jumlah trikomata serta luas permukaan daun. Semakin jauh tanaman dari sumber emisi maka konsentrasi Pb di daun juga akan menurun.

Hasil analisis konsentrasi Pb, kadar klorofil, jumlah stomata, jumlah trikomata dan luas daun *S. mahagoni* di kampus Unhas menunjukkan adanya korelasi negatif antara konsentrasi Pb dengan kadar klorofil a dan jumlah stomata daun serta konsentrasi Pb berkorelasi positif

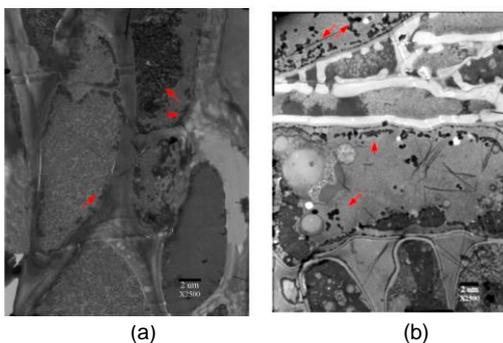
terhadap kadar klorofil b, klorofil total, jumlah trikomata serta luas permukaan daun. Hasil analisis juga menunjukkan konsentrasi Pb dalam daun dan luas permukaan daun berkorelasi negatif terhadap stasiun sampel penelitian. Hal ini menunjukkan kemampuan tanaman dalam menyerap polutan Pb di udara dipengaruhi oleh jarak tanaman tersebut dengan sumber emisi. Semakin dekat tanaman dengan sumber emisi maka Pb udara yang terabsorpsi semakin banyak.

Eka dan Arif (2006) berpendapat bahwa semakin tinggi tingkat pencemaran udara maka semakin tinggi tingkat kerusakan stomata daun glodogan. Disamping itu Wilmer (1983) dan penelitian Isvasta (2002) juga menyebutkan bahwa kerusakan stomata yang disebabkan oleh gas buang kendaraan bermotor ditunjukkan dengan rusaknya sel penutup, yang terletak terputus dan letak sel penutup bergeser dari tempat semula, sehingga sel penutup yang satu dengan sel penutup yang lain kedudukannya tidak sejajar.

Berdasarkan hasil analisis regresi diketahui terdapat korelasi sangat erat antar setiap variabel untuk daun *H. tiliaceus* dan *S. mahagoni* dengan koefisien korelasi 1.

Tabel 1 juga menunjukkan kadar klorofil total pada daun hanya berkisar antara 0,224-0,247 (mg/gr) sementara konsentrasi Pb pada kedua daun sampel tanaman tersebut berkisar antara 4,0278-8,3335 (µg/g). Beberapa referensi mengemukakan klorofil total akan mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya kadar Pb. Perubahan kandungan klorofil akibat meningkatnya konsentrasi Pb terkait dengan rusaknya struktur kloroplas. Pembentukan struktur kloroplas sangat dipengaruhi oleh nutrisi mineral seperti Mg dan Fe. Masuknya logam berat secara berlebihan pada tumbuhan, misalnya logam berat Pb akan mengurangi asupan Mg dan Fe sehingga menyebabkan perubahan pada volume dan jumlah kloroplas (Kovacs 1992, Sembiring 2005, Ewais, 1997; Xiong, 1997; Kastori et.al, 1998; Fargašová,

2001 dalam Olivares 2003). Nastiti (1999) menunjukkan adanya korelasi yang negatif antara tingkat pencemaran dengan kadar klorofil.



Gambar 1. Foto Anatomi TEM daun *H. tiliaceus*, Pb pada Vakuola daun (a), Anatomi TEM daun *S. mahagoni*, Pb pada Vakuola daun (Perbesaran 2 μm x 2500)

Hasil analisis TEM pada daun *H. tiliaceus* dan daun *S. mahagoni* menunjukkan sebaran Pb dalam jaringan daun seperti yang di tunjukkan oleh tanda panah pada Gambar 1. Hasil analisis menunjukkan Pb relatif lebih banyak pada vakuola daun *H. tiliaceus*, dibandingkan Pb yang menempel di dinding sel daun *S. mahagoni*.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan *H. tiliaceus* dan *S. mahagoni* merupakan tanaman peneduh di hutan Kota Unhas yang berperan dalam mereduksi polutan serta terdapat hubungan konektivitas yang erat antara Pb dengan klorofil, stomata, trikomata dan luas daun. Diharapkan pada para peneliti yang berminat meneliti topik yang sama agar memperhatikan kondisi morfologi dan anatomi daun sampel yang akan digunakan sehingga diperoleh konsentrasi yang tidak signifikan bias. Dari hasil penelitian yang dilakukan diharapkan kepada pihak Unhas maupun universitas lainnya, kantor pemerintah, kantor swasta maupun permukiman agar meningkatkan tutupan hijau guna membantu mereduksi konsentrasi polutan di udara.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu terutama pada DIKTI atas Dana Hibah BOPTN SKIM POSDOK UNIVERSITAS HASANUDDIN yang telah membantu secara finansial penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Duldulao MCG, and Gomez R. A. 2008. Effects of vehicular on morphological characteristics of young and mature leaves of Sunflower (*Tithonia diversifolia*) and Napier Grass (*Pennisetum purpureum*). Vol. 16: 142-151.
- Dahlan, E.N. 1992. Hutan Kota Untuk Pengelolaan dan Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup. PT Enka Parahiyangan, Jakarta.
- Eka K. I. dan Arief Husin, 2006. Interaksi Kadar Pb Dalam Daun Dengan Persentase Kerusakan Stomata Tanaman Glodogan (*Garcinia dulcis*). Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Perwokerto.
- Ewais EA (1997) Effects of cadmium, nickel and lead on growth, chlorophyll content and proteins of weeds. Biol. Plant. 39:403-410.
- Fargašová A (2001) Phytotoxic effects of Cd, Zn, Pb, Cu and Fe on *Sinapis alba* L. seedlings and their accumulation in roots and shoots. Biol. Plant. 44:471-473.
- Garty, J. 2001. Photosynthesis, Chlorophyll Integrity, and Spectral Reflectance in Lichens Exposed to Air Pollution, *J. Environ. Qual.* 30:884–893, 2001.
- Gostin I.N. 2009. Air pollution effect on the leaf structure of some Fabaceae species. Not Bot Hort Agrobot Cluj 37: 57-63.
- Isvasta Eka, 2002, *Tingkat kerusakan Stomata Daun Zea mays di daerah Lalu Lintas Padat*, Jurnal MIPA, UMS, Surakarta
- Jamhari, M., 2014. Hubungan Kandungan Timbal (Pb) Di Udara Dengan Pb Dalam Talus Lichen *Xanthoparmelia xanthofarinoso*. Seminar nasional biologi VIII Pendidikan Biologi. Biologi, Sains, Lingkungan, dan Pembelajaran Menuju Pembangunan Karakter.
- Kastori R, Plesnicar M, Sakac Z, Pancovic D, Arsenijevic Maksimovic I (1998) Effect of excess lead on sunflower growth and photosynthesis. *J. Plant Nutr.* 21:75-85.
- Kovacs, M. 1992. Biological Indicators of Environmental Pollution. In M. Kovacs (ed). Biological Indicators in Environmental Protection, Ellis Harwood, New York.
- Mishra, L. C. 1980. Effect of Sulphur dioxide fumigation on groundnut *Arachis hypogaeae* Environmental and Experimental Botany.

- Mowli, P. P., Subbaya, N. V., Rao, B. S., and Kumar, R. 1989. Relation Between Particulate Air Pollution due to traffic and Concentration of Plant Chrophyll. Asean Environment 4th Quarter.
- Nastiti, W.K. 1999. Klorofil daun angšana dan mahoni sebagai bioindikator pencemaran udara. *Dalam: Lingkungan dan Pembangunan*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Olivares, E. 2003. The Effect of Lead on Phytochemistry of *Tithonia diversifolia* Exposed to Roadside Automotive Pollution or Grown in Pots of Pb-supplemented Soil. *Brazilian Journal Plant Physiology* 15 (3) : 149-158.
- Solihin, A., 2014. Morfologi Daun, Kadar Klorofil dan Stomata Glodogan (*Polyalthia longifolia*) Pada Daerah Dengan Tingkat Paparan Emisi Kendaraan yang Berbeda di Yogyakarta. Tidak diterbitkan. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Siregar, E. B. M., 2005. Pencemaran Udara, Respon Tanaman dan Pengaruhnya Pada Manusia. Fakultas Pertanian, Program Studi Kehutanan. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Sunarya, W.L.R. Kusmadji, A. Djalil, E. Nardin, W. Wardana dan I.M. Idil. 1991. Tumbuhan sebagai Bioindikator Pencemaran Udara oleh Timbal Prosiding dari Seminar Hasil penelitian Perguruan Tinggi. Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat. Depdikbud Jakarta.
- Sembiring, E. dan Endah S., 2005. Akumulasi Pb dan pengaruhnya pada kondisi daun *Swietenia macrophylla* King. Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Penelitian Lingkungan di Perguruan Tinggi 2006, di Kampus Institut Teknologi Bandung, 17-18 Juli 2006.
- Treshow, et al. 1989. Plant stress from air pollution. John Willey & Sons, Ltd. Chichester, New York.
- Widagdo, S., 2005. Tanaman Elemen Lanskap sebagai biofiter untuk mereduksi polusi timbal (Pb) di Udara. IPB. Pascasarjana.
- Warsita, F.H., Dahlan, E.N., Agus, P. 1995. Kandungan Klorofil-a dan Klorofil-b pada Daun Beberapa Jenis Anakan Pohon di Tepi Jalan Tol Jagorawi dan Balitra Kotamadya Bogor. *Media Konservasi* Vol. IV (4).
- Wilmer, C. M. 1983. Stomata dan Klorofil. Longman. London.
- Xiong ZT (1997) Bioaccumulation and physiological effects of excess lead in a roadside pioneer species *Sonchus oleraceus* L. *Environ. Pollut.* 97:275-279.