

BIOSORPSI BOGENVIL (*Bougainvillea spectabilis* Wild) TERHADAP EMISI TIMBAL (Pb) PADA KENDARAAN BERMOTOR

Andi Nurhikmah, Syamsidar HS, Kurnia Ramadani
Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar

***Abstract:** The motorized vehicle activities could result air pollution. One of the pollutant emitted from fuel process is lead which might be reduced by using Bogenvil plants (*Bougainvillea spectabilis* Wild). Bogenvil were planted in a 1 x 1,5 meter square sized green house where there is a particular hole to flow exhaust fume of motorized vehicle for an hour in each 3, 6, 9 and 12 day after the first exposure. The result shows that Bogenvil leaves have ability to absorb Pb metal emitted from vehicle in response to the exposure time. The highest accumulation of Pb in the leave is 0,469 mg/Kg with exposure time of 12 days. For this reason, the Bogenvil plant can be used as bio-accumulator of timbale metal in the air.*

***Keyword:** bioaccumulator, biosorption, Bogenvil, exposure time, lead*

1. PENDAHULUAN

Saat ini lingkungan hidup dipenuhi dengan bahan pencemar. Komponen lingkungan seperti air, tanah dan udara telah terkontaminasi bahan pencemar pada tingkat yang mengkhawatirkan. Pencemaran lingkungan terutama berasal dari pembuangan senyawa kimia tertentu yang semakin meningkat akibat kegiatan industri dan transportasi. Dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor tanpa didukung oleh pertumbuhan jalan raya yang memadai maka kemacetan akan terjadi terutama di perkotaan. Akibatnya kualitas udara pun akan menurun dengan meningkatnya emisi kendaraan gas buangan.

Pembakaran bensin dalam kendaraan bermotor merupakan separuh penyebab polusi udara. Telah lama diketahui bahwa setiap bensin yang dijual untuk digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor diberi campuran suatu zat aditif. Zat aditif tersebut merupakan senyawa *tetraetil-Pb* atau *tetrametil-Pb* atau merupakan perpaduan dari kedua senyawa tersebut. Pencampuran dari senyawa-senyawa tersebut sebagai bahan anti-ketuk pada mesin-mesin kendaraan bermotor. Disamping itu, ke dalam bensin (bahan bakar

kendaraan) juga ditambahkan senyawa *1,2 dibromo etana* ($C_2H_4Br_2$) dan *etilen klorida* ($C_2H_2Cl_2$), sehingga selama proses pembakaran terjadi di dalam mesin kendaraan bermotor, terbentuklah hasil samping berupa senyawa timah hitam (Pb) dengan bromida (Br) dan khlor (Cl). Senyawa $PbBrCl$ dan senyawa $PbBrCl.PbO$ yang terbentuk merupakan senyawa paling banyak dihasilkan dan dibuang ke udara bersama asap kendaraan bermotor.

Udara yang tercemar partikel dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang berbeda tingkat dan jenisnya, tergantung macam, ukuran dan komposisi kimianya. Konsentrasi timbal (Pb) yang tinggi di udara dapat mengganggu pembentukan sel darah merah. Gejala keracunan dini dimulai ditunjukkan dengan terganggunya fungsi enzim untuk pembentukan sel darah merah, pada akhirnya dapat mengganggu kesehatan lainnya seperti anemia dan kerusakan ginjal.

Upaya menanggulangi pencemaran logam berat dapat dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan tumbuhan sebagai penyerap logam. Biosorpsi dan akumulasi zat polutan oleh tumbuhan dapat terjadi melalui tiga proses yaitu biosorpsi logam oleh akar, translokasi zat pencemar dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi zat tersebut pada bagian sel tertentu misalnya batang atau daun untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan.

Kemampuan menyerap (absorpsi) partikel timbal (Pb) di udara dipengaruhi oleh adanya kerapatan dan ukuran stomata. Selain itu, kemampuan tumbuhan dalam menyerap timbal (Pb) sangat dipengaruhi keadaan permukaan daun tumbuhan. Daun yang mempunyai bulu (*pubescent*) atau daun yang permukaannya kasar (berkerut) mempunyai kemampuan yang lebih tinggi menyerap timbal (Pb), dari pada daun yang mempunyai permukaan lebih licin dan rata.

Disamping pohon-pohon yang mampu menyerap polutan, tanaman *Bogenvil* juga direkomendasikan sebagai elemen taman kota karena toleran terhadap polutan. Hasil penelitian Pangesti dan Sukartiningrum (2008) terhadap indeks toleransi polusi udara / *Air Pollution Tolerance Index* (APTI) menggunakan tanaman hias di kota Surabaya memperoleh hasil bahwa dari 8 tanaman yang diteliti, *Bogenvil* merupakan tanaman yang memiliki adaptasi yang lebih tinggi terhadap polusi udara. Dimana nilai APTI penyerapan *Bogenvil* mencapai 28,2 yang artinya cukup toleran dan termasuk tanaman yang mampu bertahan hidup pada kondisi relatif terpolusi.

Selain itu, *Bogenvil* sebagai bagian dari taman kota memiliki fungsi sosial yaitu sebagai stabilisator dan pemelihara lingkungan hidup dari pencemaran karena berbagai kegiatan manusia. Keberadaan tanaman ini dapat

menyaring debu, meredam getaran suara, menyerap gas-gas beracun hasil pembakaran, memelihara keadaan lingkungan seperti suhu, kelembaban dan angin dalam batas-batas yang nyaman untuk didiami.

Berdasarkan pemaparan tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengurangi dampak polusi kendaraan khususnya partikel timbal di udara yang memanfaatkan tanaman hias *Bogenvil* sebagai biosorben.

Tujuan

Untuk mengetahui penyerapan logam timbal akibat emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan dengan menggunakan tanaman *Bogenvil* sebagai adsorben.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai Maret 2014. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik, Laboratorium Kimia Analitik, Laboratorium Biokimia dan Laboratorium Riset, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merk Varian, oven, penangas listrik, alat-alat gelas yang umum digunakan dalam Laboratorium Kimia dan neraca analitik.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun *Bogenvil*, larutan induk timbal nitrat $(\text{Pb}(\text{NO}_3))_2$ 1000 ppm erck kGaA, asam nitrat (HNO_3) pekat, asam peklorat (HClO_4) pekat, aqua bidestilat steril (H_2O), aquades (H_2O) dan kertas saring Whatman no. 42.

Prosedur Kerja

Proses akumulasi oleh tanaman Bogenvil

Sebanyak 6 tanaman *Bogenvil* ditanam dalam *greenhouse*. Sebelum dilakukan pengasapan secara langsung terlebih dahulu dilakukan isolasi pada tanaman selama ± 2 bulan. Selain itu dilakukan pula penentuan konsentrasi awal timbal (Pb) pada daun sebagai pengontrol dengan metode spektrofotometer serapan atom (SSA). Setelah itu, dilakukan pengasapan selama 1 jam setiap hari pukul 07.00 WITA menggunakan sepeda motor Suzuki Satria. Selanjutnya sampel diambil pada hari ke-3, 6, 9 dan setiap pukul 06.40 WITA.

Pengambilan sampel

Daun Bogenvil dipetik sebanyak 5-10 lembar pada setiap tanaman menggunakan pinset dan gunting. Kemudian, daun ditempatkan di dalam kantong plastik yang kemudian akan di teliti pada Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Makassar. Pengambilan sampel dilakukan tiap 3, 6, 9 dan 12 hari pada pagi hari pukul 06.40 WITA.

Preparasi sampel

Setelah dipetik daun Bogenvil dipotong kecil-kecil dan ditempatkan dalam aluminium foil kemudian ditimbang dan dikeringkan dalam oven suhu 105°C selama 2 jam. Sampel daun \pm 5 gram yang telah kering didestruksi basah dengan menambahkan 20 mL aqua bidestilat steril dan 20 mL asam nitrat (HNO₃) pekat. Kelebihan asam nitrat diuapkan dengan memanaskan sampel dalam lemari asam sampai menghasilkan gas NO₂ yang berwarna kecoklatan. Selanjutnya gelas kimia tersebut didinginkan dan ditambahkan 3 mL asam perklorat (HClO₄) pekat hingga volume berkurang menjadi setengah volume awal dan menghasilkan asap putih. Sampel kemudian disaring dengan kertas saring Whatman no. 42 dan filtratnya dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan diencerkan dengan aqua bidestilat steril hingga tanda batas. Sampel siap diukur kadar logam timbalnya menggunakan Spektorofotometer Serapan Atom (SSA) menggunakan *hallow cathode lamp* Pb pada gelombang maksimal 217,0 nm.

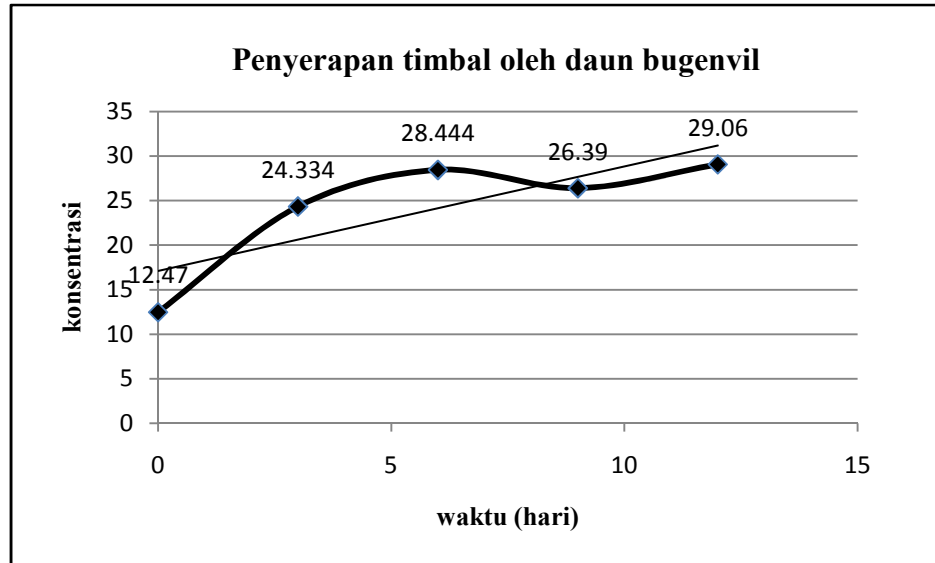
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi timbal dalam daun Bogenvil selama 11 hari pengasapan dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Kandungan Pb daun Bogenvil setelah pengasapan

Hari	Konsentrasi (mg/L)		Konsentrasi rata-rata (mg/L)	Konsentrasi (mg/Kg)
	1	2		
3	1,2278	1,2056	1,2167	24,334
6	1,4611	1,3833	1,4222	28,444
9	1,3111	1,3278	1,3195	26,390
12	1,4333	1,4722	1,4530	29,060

Berdasarkan data di atas dapat terlihat adanya kenaikan konsentrasi timbal pada daun jika dibandingkan dengan sebelum pengasapan. Penyerapan konsentrasi timbal terbesar terjadi pada hari ke 12, yaitu 29,060 mg/Kg (1,4530 ppm). Konsentrasi timbal dapat terlihat pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Grafik penyerapan Pb emisi kendaraan oleh daun Bogenvil

Mekanisme Timbal (Pb) asap kendaraan terakumulasi oleh daun Bogenvil

Logam timbal di udara pada umumnya berasal dari transportasi. Partikel timbal yang diemisikan oleh kendaraan bermotor mempunyai diameter antara 0,004 – 4 µm. Partikel yang besar akan cepat jatuh ke bawah, sedangkan partikel yang lebih kecil akan lama melayang–layang di udara dan akan jatuh ke bumi kemudian menempel pada permukaan daun. Partikel timbal yang menempel pada permukaan daun berasal dari proses sedimentasi akibat gaya gravitasi yang menyebabkan menumpuknya partikel pada permukaan daun bagian atas.

Timbal di udara masuk melalui daun kemudian akan diikat oleh membran-membran sel, mitokondria dan kloroplas. Pengasapan menyebabkan partikel berukuran kecil seperti timbal dapat masuk ketika stomata terbuka sehingga mengganggu masuknya CO₂. Partikel timbal dapat masuk dengan mudah ke dalam jaringan daun karena ukuran stomata daun yang cukup besar dibandingkan ukuran partikel timbal yang relatif lebih kecil.

Kemampuan tanaman dalam beradaptasi pada lingkungan tercemar logam berat dan kemampuan dalam mengakumulasi logam berat tidak dimiliki oleh semua tumbuhan. Beberapa tumbuhan yang mengakumulasi logam berat

memiliki kemampuan yang berbeda-beda. Seperti halnya kandungan logam timbal pada daun Bogenvil sangat dipengaruhi oleh jumlah partikel yang terjerat pada daun dan struktur daun yang memiliki bulu-bulu halus. Logam timbal akan terikat pada partikel sehingga semakin banyak partikel yang terjerat maka semakin banyak pula logam yang ikut tertangkap.

Pengaruh timbal (Pb) asap kendaraan terhadap klorofil daun

Konsentrasi timbal yang semakin meningkat dapat mengurangi kemampuan detoksifikasi sehingga tanaman mengalami gangguan pertumbuhan. Hasil pengamatan pada hari ketiga pengasapan memperlihatkan adanya perubahan warna daun Bogenvil dari hijau segar menjadi hijau yang didominasi bintik kuning baik pada daun tua dan pucuk daun. Setelah pengasapan hingga 8 hari, daun Bogenvil menjadi lebih mudah gugur dan menguning dibandingkan daun selama isolasi. Frekuensi pengguguran daunnya adalah setiap 3 minggu sebanyak 2-3 helai. Pengguguran daun yang lebih cepat setelah pengasapan disebabkan oleh timbal yang telah masuk ke dalam daun Bogenvil disertai panas yang dihasilkan oleh kendaraan.

Semakin meningkatnya konsentrasi timbal yang terakumulasi oleh daun dapat menyebabkan pertumbuhan daun Bogenvil menjadi terhambat dan menimbulkan gejala fitotoksisitas yang menjadikan daun menjadi kuning dan mengering. Penurunan laju pertumbuhan tanaman terjadi karena timbal masuk dalam sel dan berikatan dengan enzim, sehingga reaksi sel kimia dalam tanaman terganggu. Kerusakan tersebut ditandai dengan nekrosis dan klorosis.

Nekrosis merupakan gejala kerusakan pada daun akibat semakin besarnya polutan yang diserap sehingga daun menguning hingga akhirnya memutih bahkan terbentuk lubang-lubang kecil kecoklatan. Klorosis merupakan suatu kemungkinan gejala yang ditimbulkan akibat defisiensi fosfor atau adanya pengurangan transport terhadap unsur Mn. Hasil penelitian Noor Annisa Rachma (2014) menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar klorofil total pada tumbuhan tapak dara air yang terpapar logam kadmium pada media tanam. Penurunan terbesar terjadi pada perlakuan konsentrasi kadmium sebesar 10 ppm dalam waktu detensi 10 hari, dengan jumlah kadar klorofil total perlakuan sebesar 5,45 mg/L. Kadar klorofil total pada tanaman akan mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya kadar logam kadmium.

Kehadiran timbal pada jaringan daun menyebabkan pertumbuhan daun Bogenvil terhambat dan menimbulkan gejala fitotoksisitas. Penurunan laju pertumbuhan karena terganggunya proses fotosintesis mengganggu kerja enzim yang berperan terhadap biosintesis klorofil. Enzim tersebut adalah asam *aminolevulinic* (ALAD) yang mengkatalisis pembentukan porphobilinogen.

Hasil penelitian Arysandi (2012) menunjukkan bahwa kerusakan jaringan daun *Avicennia marina* disebabkan karena daun mempunyai kandungan protein yang cukup banyak sehingga terjadi pertukaran ion pada gugus fungsionalnya yang digantikan oleh ion Pb. Hal ini menyebabkan perubahan struktur protein, akibatnya terjadi kerusakan pada struktur daunnya.

Endang (2007, 281) menyatakan bahwa parameter tanaman berdasarkan paparan gas buang kendaraan secara terus menerus menunjukkan bahwa semakin dekat jarak tanaman dengan sumber gas buang maka klorofil lebih besar terdegradasi, sehingga kadarnya semakin rendah dalam daun. Selain itu, penelitian Agrawal (2002) pada tanaman *Vicia faba* menunjukkan terjadinya penurunan kadar klorofil yang sejalan dengan menurunnya laju fotosintesis. Hal ini disebabkan karena kandungan klorofil berkorelasi positif dengan kandungan Nitrogen (N) daun sehingga dapat dijadikan indikator laju fotosintesis.

Pengaruh waktu kontak pengasapan terhadap penyerapan logam timbal (Pb) pada daun Bogenvil

Setelah mengukur kadar awal timbal sebelum pemaparan menggunakan SSA diketahui bahwa pada daun Bogenvil masih terdapat kandungan timbal sebesar 12,47 mg/Kg. Pada Tabel 1 setelah pengasapan terjadi kenaikan konsentrasi timbal yakni pada hari ke-3 sebesar 24,334 mg/Kg dan hari ke 6 sebesar 28,444 mg/Kg. Kemampuan tanaman menyerap timbal di udara ini dipengaruhi oleh bentuk kimiawi timbal. Senyawa timbal dapat diserap melalui proses adsorpsi maupun absorpsi.

Penyerapan timbal oleh daun Bogenvil kemudian mengalami penurunan pada hari ke 9 yaitu 26,39 mg/Kg. Hal ini terjadi karena laju pertumbuhan daun Bogenvil terlalu rendah atau tidak stabil sehingga proses fisiologis berjalan kurang baik. Menurut Prasetyo (2001) yang dikutip oleh Devy Dian Sentriyana (2011), ion logam tidak sepenuhnya akan terakumulasi oleh tanaman atau dapat berpindah dari daun melalui penguapan, dimana ion tersebut akan berikatan dengan oksigen membentuk ion-ion baru. Pengaruh dari pengasapan secara langsung oleh kendaraan setiap hari yang menyebabkan tingginya suhu yang berpengaruh pada kadar oksigen tanaman. Semakin tinggi suhu maka oksigen akan semakin kurang. Oksigen akan ikut berikatan dengan ion logam dan akan keluar melalui proses penguapan.

Akumulasi timbal tertinggi pada daun Bogenvil terjadi pada hari ke 12 yaitu sebesar 29,060 mg/Kg (1,4530 ppm). Hasil penyerapan tersebut lebih besar dibandingkan dengan kandungan timbal pada daun *Euphorbia milii* sebesar 1,1875 mg/Kg. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan permukaan kedua daun, dimana permukaan daun Bogenvil lebih kasar dibandingkan daun *E. Milii*

lebih licin. Diketahui jika kemampuan tanaman dalam menyerap timbal ini sangat dipengaruhi oleh keadaan permukaan daun tanaman. Daun yang mempunyai bulu atau permukaan berkerut memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam menyerap timbal, daripada daun yang memiliki permukaan lebih licin dan rata.

Selain itu salah satu faktor yang mempengaruhi proses penyerapan adalah waktu kontak. Waktu kontak optimum menunjukkan waktu yang digunakan oleh daun *Bogenvil* untuk mengakumulasi dalam jumlah maksimum logam timbal yang dianalisis. Dari hasil analisis terhadap akumulasi timbal diketahui jika *Bogenvil* dapat digunakan sebagai tanaman yang dapat mengakumulasi polutan timbal akibat pemaparan emisi kendaraan bermotor. Akan tetapi kemampuan akumulasi timbal oleh tanaman *Bogenvil* belum termasuk dalam tanaman hiperkumulator yaitu tanaman yang mampu mengakumulasi polutan dalam konsentrasi tinggi pada tajuknya dan dapat digunakan sebagai fitoekstraksi. Tanaman termasuk dalam kategori hiperakumulator terhadap logam timbal jika mampu mengakumulasi timbal dengan konsentrasi minimum 100 mg/Kg.

Mekanisme penyerapan timbal oleh daun Bogenvil

Kemampuan tanaman dalam mengakumulasi logam berat yang berbeda-beda. Tumbuhan dapat menyerap dan mengakumulasi logam berat dengan melokalisasi logam pada sel jaringan misalnya dengan menimbun logam dalam organ tertentu seperti akar, daun dan vakuola. Umumnya tanaman mengeluarkan kelompok tiol sebagai pengkhelat.

Kandungan timbal yang masuk ke dalam daun, membuat protein regulator dalam tanaman membentuk senyawa pengikat disebut fitokhelatin. Fitokhelatin dibentuk di dalam nukleus yang kemudian melewati retikulum endoplasma (RE), aparatus golgi, vakuola sekretori untuk sampai ke permukaan sel. Fitokhelatin ini paling banyak terdapat pada akar dan daun tanaman yang merupakan bentuk adaptasi tumbuhan terhadap cekaman logam berat di lingkungannya.

Pada lingkungan yang banyak mengandung logam berat tumbuhan membuat protein regulator dan tumbuhan tersebut menggunakan eksperimen gen untuk membentuk senyawa pengikat fitokhelatin. Fitokhelatin banyak mengandung gugus SH, S⁺ dan RS⁻, ketika bertemu dengan timbal akan membentuk ikatan sulfida di ujung belerang pada sistein dan membentuk senyawa kompleks, sehingga timbal akan terbawa menuju jaringan tumbuhan.

Jika tumbuhan gagal untuk mensintesis fitokhelatin maka pertumbuhannya akan terhambat. Gangguan pertumbuhan dapat terjadi pada

jaringan epidermis, sponsa dan polisade. Oleh karena itu, penghilangan logam timbal dalam tubuh tanaman akan dieksresikan dengan cara menggugurkan daunnya yang telah tua sehingga nantinya dapat mengurangi kadar timbal dalam daun Bogenvil.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan:

- a. Tanaman Bogenvil (*Bougainvillea spectabilis* W.) termasuk dalam tanaman akumulator karena hanya mampu mengakumulasi timbal sebesar 29,060 mg/Kg.
- b. Waktu optimasi penyerapan timbal oleh tanaman Bogenvil (*bougainvillae spectabilis* W.) dengan metode pengasapan secara langsung terjadi pada hari ke 12 yaitu sebesar 29,060 mg/Kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Adita, Bovi Rahadiyan dan Naniek Ratni J.A.R. "Tingkat Kemampuan Penyerap Tanaman Hias Dalam Menurunkan Polutan Karbon Monoksida." *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, vol. 4 no. 1 (2012).
- Anggarwulan, Endang dan Solichatun. "Kajian klorofil dan Karotenoid *Plantago major* L. Dan *Phaseolus Vulgaris* L. sebagai Bioindikator Kualitas Udara". *Biodiversitas*, Vol 8 No. 4 (Oktober 2007).
- Ariprayogo, Nugrohojati. "Penurunan Konsentrasi Partikel Timbal (Pb) dan Debu Setelah Melalui Jalur Hijau Akasia (*Acacia mangium Willd.*) di Jalan Tol Jagorawi". *Skripsi*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, 2011.
- Dewi, Yusriani Septa dan Inri Haspari. "Kajian Efektivitas Daun Puring (*Codiaeum variegatum*) dan Lidah Mertua (*Sansevieria trispasciata*) dalam Menyerap Timbal di Udara Ambien." *jurnal ilmiah Universitas Satya Negara Indonesia*, vol. 5 no. 2 (2 Desember 2012).
- Eka, Karma Iswasta dan Arief Husin. "Interaksi Kadar Pb dalam Daun dengan Persentase Kerusakan Stomata Tanaman Glondongan (*Granicia dulcis*)". *Artikel Publikasi Ilmiah*, 2009.
- Fardiaz, Srikandi. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius, 1992.
- Martutu, Nana Kariada Tri. "Peranan Tanaman Terhadap Pencemaran Udara Di Jalan Protokol Kota Semarang." *Biosaintifika*, vol. 5 no. 1 (2013).
- Suhendrayatna, dkk. "Pengaruh Waktu Tinggal dan Umur Tanaman pada Biosorpsi Ammonia oleh Tanaman Air Enceng Gondok (*Eichhornia*

- Grassipes*)." *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, vol. 7 no. 2 (2009).
- Suryaningtyas, Gita Anggraini. "Penetapan Kadar Logam Pb dan Cd pada Daun Bogenvil (*Bougainvillea spectabilis* Wild) Akibat Pemaparan Asap Kendaraan Bermotor secara Spektrofotometer Serapan Atom." *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Farmasi Universitas Ahmad Dahlan, 2010).
- Widyawati, Enny. "Potensi Tumbuhan Bawah Sebagai Akumulator Logam Berat Untuk Membantu Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang." *Mitra Hutan Tanaman*, vol. 6 no. 2 (Agustus 2011).