

POTENSI *Lepraria* sp. SEBAGAI BIOINDIKATOR PENCEMARAN TIMBAL (Pb)

Muhammad Fauzan Akbar^{1*}, Iyan Robiansyah², Rina Ratnasih Irwanto¹

¹Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesa No. 10 Bandung 40132

²Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor-LIPI, Jl. Ir. H. Juanda 13 Bogor 16003

*e-mail korespondensi:
akbar.mf05@gmail.com

Abstrak. Organisme bioindikator seperti lichen, yang merupakan simbiosis fungi dengan alga hijau atau cyanobacteria, dapat dimanfaatkan untuk memantau tingkat pencemaran udara di daerah perkotaan seperti Kota Bandung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi lichen *Lepraria* sp. sebagai bioindikator lingkungan dengan mengukur konsentrasi Pb pada tahun 2006 dan tahun 2020. Pengukuran tahun 2006 dilakukan di tiga lokasi di Kota Bandung, sedangkan pengukuran tahun 2020 hanya dilakukan di satu lokasi, yaitu Jl. W. R. Supratman. Dilakukan juga pengukuran volume kendaraan dan mikroklimat yaitu kelembapan, temperatur, dan intensitas cahaya. Hasil penelitian tahun 2006 menunjukkan konsentrasi Pb tertinggi terdapat di Jl. W. R. Supratman dan yang terendah di Taman Panatayuda. Faktor utama yang memengaruhi konsentrasi Pb ternyata adalah volume kendaraan bermotor ($P < 0,01$, $r = 0,823$), sedangkan faktor mikroklimat tidak berpengaruh terhadap konsentrasi Pb. Hasil pengukuran menunjukkan terjadi penurunan konsentrasi Pb dengan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$). Konsentrasi Pb menurun meskipun volume kendaraan bermotor di Kota Bandung meningkat pesat. Diduga penurunan konsentrasi Pb di udara terjadi setelah penggunaan bahan bakar bertimbal di Indonesia diberhentikan. Kemampuan *Lepraria* sp. untuk mengakumulasi Pb serta tingkat akumulasi yang mencerminkan perubahan tingkat pencemaran di udara menunjukkan bahwa *Lepraria* sp. berpotensi digunakan sebagai bioindikator pencemaran Pb. **Kata Kunci:** bioindikator, *Lepraria* sp., lichen, Pb, pencemaran udara

Abstract. Bioindicator organism, such as lichens, a symbiosis between fungi and green algae or cyanobacteria, can be used for monitoring air pollution level in urban areas, such as Bandung City. This research aims to assess the potential of lichen *Lepraria* sp. as bioindicator by measuring the concentration of Pb accumulated in *Lepraria* sp. on the years of 2006 and 2020. Measurements in 2006 were conducted in three locations in Bandung, while measurement in 2020 was conducted only in one location, Jl. W. R. Supratman. Traffic volumes and microclimate conditions (humidity, air temperature, and light intensity) were also measured. Our results showed that Pb concentration measured in 2006 were higher along Jl. W. R. Supratman than Jl. Nyland, and the lowest is in Panatayuda Park. Traffic volume was considered to be the highest factor affecting Pb concentrations ($P < 0,01$, $r = 0,823$), while microclimate was found to have no effect. Measurements in 2020, which focused on Jl. W. R. Supratman, displayed a significant decrease of Pb concentrations ($P < 0,05$). It was discovered that Pb concentrations decreased despite an

*increase of traffic volume. The decrease of airborne Pb concentrations, as the effect of leaded petrol ban in Indonesia, was presumed to be the cause of Pb concentration decrease in *Lepraria* sp. To conclude, the ability of *Lepraria* sp. to accumulate Pb and reflects change in airborne pollutant levels shows that *Lepraria* sp. has the potential to be utilized as a Pb pollution bioindicator.*

Keywords: air pollution, bioindicator, *Lepraria* sp., lichen, Pb

PENDAHULUAN

Asap kendaraan bermotor merupakan salah satu sumber pencemaran di Kota Bandung karena dapat menghasilkan timbal (Pb) yang merupakan salah satu pencemar di udara. Pb ditambahkan ke dalam bahan bakar kendaraan sebagai *tetraethyl lead* (TEL) untuk menambah nilai oktan bahan bakar (Gusnita, 2012). Hasil pembakaran TEL ke udara berdampak negatif pada kesehatan manusia, diantaranya menyebabkan berbagai gangguan pada sistem sistem saraf hingga sistem reproduksi serta perkembangan (Zhang *et al.*, 2015). Adanya dampak buruk tersebut mengharuskan dilaksanakannya pemantauan terhadap pencemaran udara, salah satunya dengan menggunakan makhluk hidup sebagai bioindikator.

Lichen atau lumut kerak merupakan organisme hasil simbiosis fotobion berupa alga hijau maupun cyanobacteria dengan mikobion berupa fungi. Lichen sudah lama digunakan sebagai bioindikator lingkungan karena memiliki kelebihan dibandingkan makhluk hidup bioindikator lainnya, yaitu tidak memiliki sistem pembuluh, stomata dan kutikula (Nash *et al.*, 2008). Lichen juga mampu mengakumulasi pencemar karena tidak memiliki struktur khusus untuk pertukaran air dan gas sehingga menyerap air, gas, dan semua partikel yang terlarut di dalamnya (Bačkor & Loppi, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi *Lepraria* sp. sebagai bioindikator pencemaran Pb dengan membandingkan konsentrasi Pb yang terakumulasi dalam *Lepraria* sp. pada kurun

waktu yang berbeda, yaitu tahun 2006 dan 2020.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif melalui pengukuran konsentrasi Pb dalam *Lepraria* sp. dan faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi konsentrasi Pb tersebut, yaitu volume kendaraan dan faktor iklim mikro berupa kelembapan, temperatur, serta intensitas cahaya. Pengukuran tahun 2006 dilakukan Jl. W. R. Supratman, Jl. Nyland, dan Taman Panatayuda, sedangkan pengukuran tahun 2020 difokuskan di satu lokasi, yaitu Jl. W. R. Supratman.

Sampel *Lepraria* sp. diambil dari 10 pohon mahoni (*Swietenia macrophylla* King.) di setiap lokasi penelitian lalu diidentifikasi menggunakan buku panduan dari Sipman (2003). Pengukuran konsentrasi Pb dilakukan dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Sampel *Lepraria* sp. terlebih dahulu didestruksi menggunakan HNO₃.

Penghitungan volume kendaraan pada tahun 2006 dilakukan berdasarkan metode Hobbs (1995) dengan modifikasi. Pada tahun 2020, pengambilan data secara langsung tidak memungkinkan untuk dilakukan karena kondisi pandemi COVID-19. Walaupun begitu, diperoleh data jumlah kendaraan per tahun dari Badan Pusat Statistik Kota Bandung (Badan Pusat Statistik Kota Bandung, 2020).

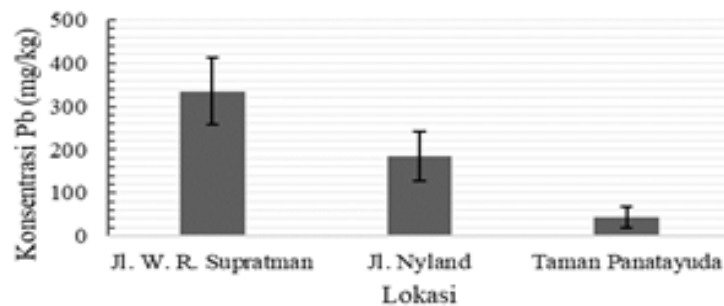
Kondisi iklim mikro pada tahun 2006 diukur secara simultan pada tiga lokasi penelitian sebanyak masing-masing tiga kali. Pada tahun 2020 tidak dilakukan pengukuran kondisi iklim mikro secara langsung, tetapi

merujuk data temperatur udara rata-rata harian dan kelembapan udara rata-rata harian tahun 2006 hingga Agustus 2020 dari Data Online Pusat Database BMKG (Pusat Database BMKG, 2020).

Pada penelitian ini dilakukan analisis secara statistik berupa uji ANOVA untuk melihat perbedaan konsentrasi Pb, volume kendaraan, dan faktor iklim di tiga lokasi pada tahun 2006; uji *independent t-test* untuk melihat perbedaan konsentrasi Pb tahun 2006 dan 2020; dan uji korelasi untuk melihat hubungan antara konsentrasi Pb dan faktor-faktor lingkungan di setiap lokasi pada tahun 2006.

HASIL DAN PEMBAHASAN

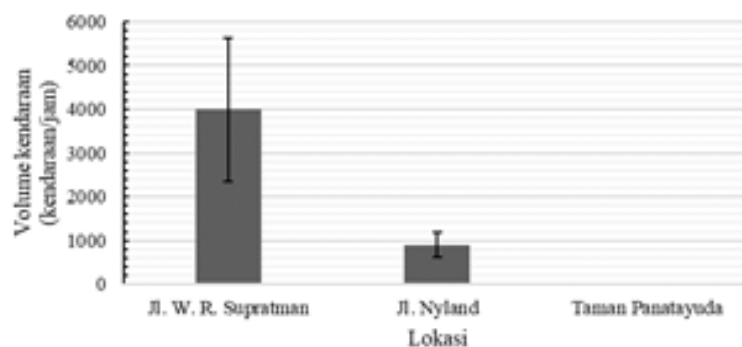
Hasil pengukuran pada tahun 2006 menunjukkan konsentrasi Pb tertinggi yang terakumulasi dalam *Lepraria* sp. terdapat di Jl. W. R. Supratman, yaitu sebesar 331,9 mg/kg (Gambar 1). Konsentrasi Pb di ketiga lokasi berbeda secara signifikan dengan nilai $P < 0,05$ berdasarkan uji ANOVA. Salah satu faktor yang memengaruhi konsentrasi Pb di ketiga lokasi tersebut adalah volume kendaraan yang melintas di setiap lokasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Konsentrasi Pb Dalam *Lepraria* sp. Di Tiga Lokasi Tahun 2006

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa volume kendaraan di ketiga lokasi menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$). Hasil uji korelasi menunjukkan adanya korelasi positif antara volume kendaraan dan konsentrasi Pb pada *Lepraria* sp. ($P < 0,01$; $r = 0,823$). Hal ini berarti konsentrasi Pb pada *Lepraria* sp. akan

semakin tinggi seiring dengan meningkatnya volume kendaraan yang melewati jalan yang diteliti. Pb merupakan pencemar yang berasal dari emisi kendaraan, sehingga akumulasi Pb dalam lichen akan meningkat seiring dengan meningkatnya volume kendaraan (Cuny *et al.*, 2001).

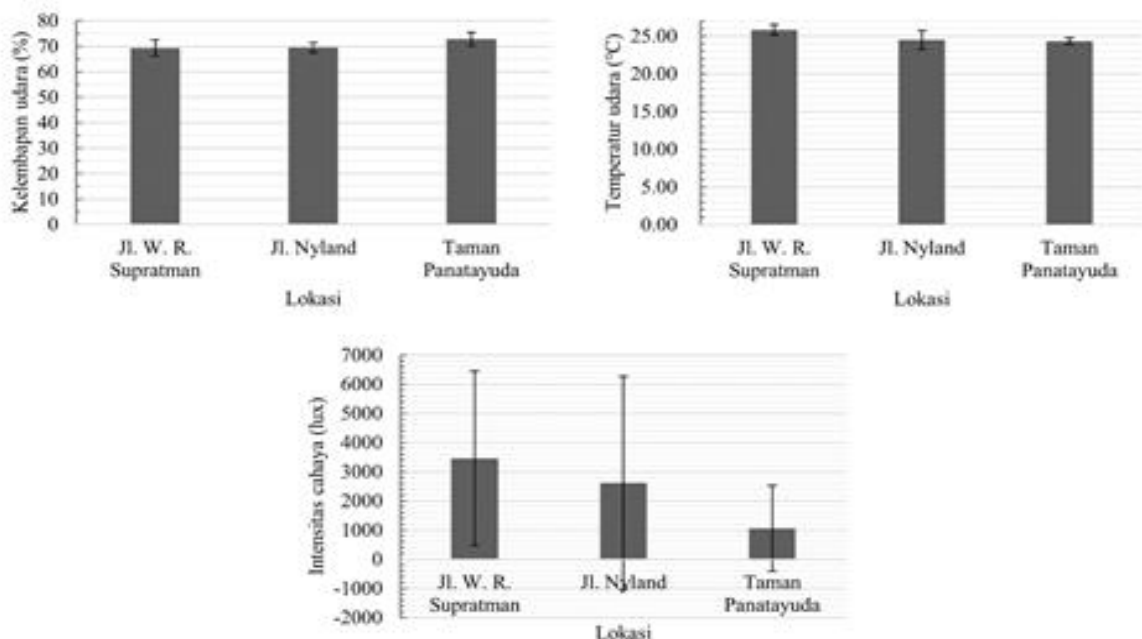


Gambar 2. Volume Kendaraan Di Tiga Lokasi Tahun 2006

Faktor selanjutnya yang diduga memengaruhi konsentrasi Pb dalam *Lepraria* sp. adalah kondisi iklim. Lichen dapat mengakumulasi logam berat di rongga antarsel dan permukaan talus melalui mekanisme penangkapan partikel, penyerapan intraseluler, serta pertukaran ion ekstraseluler (Richardson, 1995). Pada mekanisme pertukaran ion secara ekstraseluler, kandungan air dalam lichen haruslah cukup, supaya logam dapat berada dalam bentuk ionnya dan dapat berikatan dengan *binding site* ekstraseluler, seperti yang ada pada dinding sel (Hutchinson, *et al.* 1996). Kelembapan lichen ini dipengaruhi oleh kelembapan dan temperatur udara (Nash, *et al.*, 2008) serta intensitas cahaya (Coxson & Coyle, 2003).

Pada penelitian ini, kelembapan udara tertinggi terdapat di Taman Panatayuda, sedangkan temperatur udara dan intensitas cahaya tertinggi terukur di Jl. W. R.

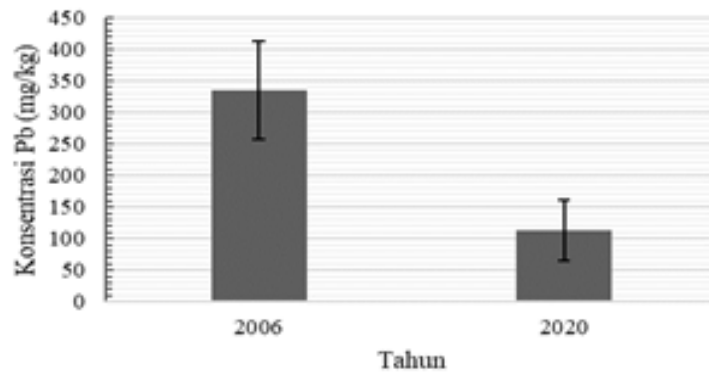
Supratman (Gambar 3). Kelembapan udara, temperatur udara, dan intensitas cahaya di ketiga lokasi berbeda secara signifikan ($P < 0,05$). Tingginya kelembapan udara di Taman Panatayuda seharusnya dapat meningkatkan ketersediaan ion logam berat sehingga meningkatkan akumulasi Pb dalam *Lepraria* sp. Namun, hasil pengukuran menunjukkan akumulasi Pb dalam *Lepraria* sp. di Taman Panatayuda jauh lebih rendah dibanding dua lokasi lainnya. Hal ini dapat dihubungkan dengan hasil pengukuran volume kendaraan di Taman Panatayuda (Gambar 2) yang juga jauh lebih rendah dibanding dua lokasi lainnya. Hal inilah yang menyebabkan rendahnya akumulasi Pb oleh *Lepraria* sp di Taman Panatayuda. Oleh karena itu, pada penelitian ini faktor iklim berupa kelembapan udara, temperatur udara, dan intensitas cahaya diperkirakan tidak berpengaruh terhadap akumulasi Pb dalam *Lepraria* sp.



Gambar 3. Kelembapan Udara, Temperatur Udara, Dan Intensitas Cahaya Di Tiga Lokasi Tahun 2006

Hasil pengukuran konsentrasi Pb pada *Lepraria* sp. di Jl. W. R. Supratman pada tahun 2020 menunjukkan adanya penurunan dibandingkan dengan hasil pengukuran tahun

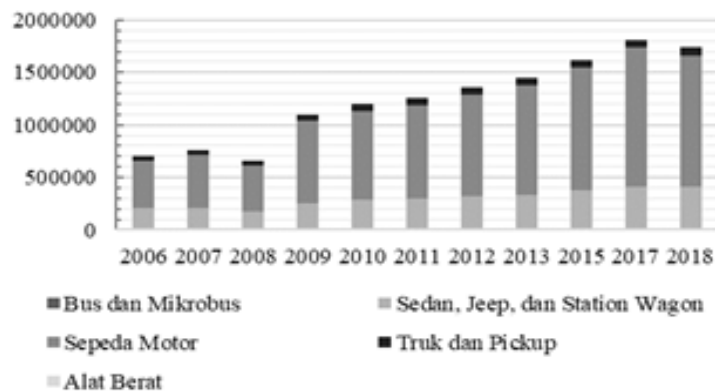
2006, yaitu sebesar 113,25 mg/kg (Gambar 4). Hasil uji *independent t-test* menunjukkan bahwa konsentrasi Pb pada *Lepraria* sp. memiliki perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$).



Gambar 4. Konsentrasi Pb Pada *Lepraria* sp. Di Tahun 2006 dan 2020

Pada tahun 2020 tidak dilakukan pengukuran volume kendaraan di Jl. W. R. Supratman. Namun, hasil pengukuran Pramesti (2016) menunjukkan adanya peningkatan volume kendaraan di Jl. W. R. Supratman, yaitu sebesar 7.173 kendaraan/jam. Selain itu, data dari Badan Pusat Statistik Kota Bandung menunjukkan adanya peningkatan jumlah kendaraan di Kota Bandung sejak tahun 2006 hingga tahun 2018 sebesar lebih dari dua kali lipat (Gambar 5).

Hasil pengukuran tahun 2020 menunjukkan penurunan konsentrasi Pb pada *Lepraria* sp. meskipun adanya peningkatan volume kendaraan sejak tahun 2006. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh rendahnya konsentrasi Pb di udara sebagai hasil penghentian penggunaan bahan bakar bertimbal yang telah dilaksanakan di Indonesia sejak 1 Juli 2006 (Antara News, 2007) yang menyebabkan berkurangnya kadar Pb di udara, khususnya di Kota Bandung.



Gambar 5. Jumlah Kendaraan di Kota Bandung Tahun 2006-2018 (Badan Pusat Statistik Kota Bandung, 2020)

Berdasarkan hasil penelitian Santoso *et al.* (2014), selama tahun 2005-2012 terjadi penurunan konsentrasi Pb yang terkandung dalam PM 2,5 (*Particulate Matter*) sebanyak lebih dari 70%. Pengukuran Pb dalam *Lepraria* sp. tahun 2006 dilaksanakan pada bulan Maret sebelum peraturan tentang

penggunaan Pb dalam bahan bakar diberlakukan. Oleh karena itu, diduga penurunan konsentrasi Pb dalam *Lepraria* antara tahun 2006 dan 2020 berkaitan dengan penghentian penggunaan Pb dalam bahan bakar tersebut.

Meskipun sudah tidak digunakan lagi dalam bahan bakar kendaraan bermotor, pencemaran Pb masih mungkin terjadi di lingkungan. Sumber pencemaran Pb dapat berasal dari emisi industri, debu jalan, tanah (Cho *et al.*, 2011), dan rem kendaraan (Fujiwara *et al.*, 2011). Partikel Pb dengan ukuran relatif lebih kecil dapat terbawa ke tempat yang jauh, sedangkan partikel yang berukuran relatif lebih besar tersebar di daerah yang lebih dekat dengan sumber emisinya (Mielke *et al.*, 2010). Partikel ini kemudian dapat terdeposisi pada tanah yang memungkinkan juga terlepas lagi ke udara, misalnya akibat getaran dari kendaraan (Laidlaw *et al.*, 2012).

SIMPULAN

Konsentrasi Pb dalam *Lepraria* sp. di Jl. W. R. Supratman, Kota Bandung menurun antara tahun 2006 dan 2020. Penurunan ini diduga disebabkan oleh penurunan konsentrasi Pb di udara akibat penghentian penggunaan bahan bakar bertimbal. Faktor yang memengaruhi konsentrasi Pb di Jl. W. R. Supratman, Jl. Nyland, dan Taman Panatayuda adalah volume kendaraan bermotor. Berdasarkan kemampuan mengakumulasi Pb dan tingkat akumulasinya yang mencerminkan perubahan tingkat pencemaran Pb di udara antara tahun 2006 dan 2020, *Lepraria* sp. memiliki potensi untuk digunakan sebagai bioindikator pencemaran Pb

DAFTAR PUSTAKA

- Antara News. (2007). *Indonesia Tak Gunakan Timbal Lagi Dalam BBM*. Diakses dari <https://www.antarane.ws.com/berita/63459/indonesia-tak-gunakan-timbal-lagi-dalam-bbm>.
- Bačkor, M., & Loppi, S. (2009). Interactions of lichens with heavy metals. *Biologia Plantarum*, 53, 214-222.
- Badan Pusat Statistik Kota Bandung. (2020). *Badan Pusat Statistik Kota Bandung*. Diakses dari: <https://bandungkota.bps.go.id/subject/17/transportasi.html>.
- Cho, S.-H., Richmond-Bryant, J., Thornburg, J., Portzer, J., Vanderpool, R., Cavender, K., & Rice, J. (2011). A literature review of concentrations and size distributions of ambient airborne Pb-containing particulate matter. *Atmospheric Environment*, 45, 5005-5015.
- Coxson, D., & Coyle, M. (2003). Niche partitioning and photosynthetic response of alectoroid lichens from subalpine spruce-fir forest in north-central British Columbia, Canada: the role of canopy microclimate gradients. *Lichenologist*, 35, 157-175.
- Cuny, D., Van Haluwyn, C., & Pesch, D. (2001). Biomonitoring of trace elements in air and soil compartments along the major motorway in France. *Water, Air, and Soil Pollution*, 125, 273-289.
- Fujiwara, F., Rebagliati, R. J., Dawidowski, L., Gomez, D., Polla, G., Pereyra, V., & Smichowski, P. (2011). Spatial and chemical patterns of size fractionated road dust collected in a megacity. *Atmospheric Environment*, 45, 1497-1505.
- Gusnita, D. (2012). Pencemaran logam berat timbal (Pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. *Berita Dirgantara*, 13, 95-101.
- Hobbs, F. D. (1995). *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Jogjakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hutchinson, J., Maynard, D., & Geiser, L. (1996). *Air Quality and Lichens - A Literature Review*. Diakses dari <http://gis.nacse.org/lichenair/index.php?page=literature>.

- Laidlaw, M. A., Zahran, S., Mielke, H. W., Taylor, M. P., & Filippelli, G. M. (2012). Re-suspension of lead contaminated urban soil as a dominant source of atmospheric lead in Birmingham, Chicago, Detroit and Pittsburgh, USA. *Atmospheric Environment*, *49*, 302-310.
- Mielke, H. W., Laidlaw, M. A., & Gonzales, C. R. (2010). Lead (Pb) legacy from vehicle traffic in eight California urbanized areas: continuing influence of lead dust on children's health. *Science of the Total Environment*, *19*, 3965-3975.
- Nash III, T. H., Elix, J. A., & Stocker-Wörgötter, E. (2008). *Lichen Biology*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Pramesti, V. S. (2016). Kinerja Persimpangan Jalan di Sekitar Flyover Jalan Jakarta - Jalan Ibrahim Adjie Kota Bandung. *Skripsi*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Pusat Database BMKG. (2020). *Data Online – Pusat Database BMKG*. Diakses dari <http://dataonline.bmkg.go.id/>.
- Richardson, D. H. (1995). Metal Uptake in Lichen. *Symbiosis*, *18*, 119-127.
- Santoso, M., Lestiani, D. D., Kurniawati, S., Markwitz, A., Trompetter, W. J., Barry, B., & Davy, P. K. (2014). Long term airborne lead pollution monitoring in Bandung, Indonesia. *International Journal of PIXE*, *24*, 151-159.
- Sipman, H. (2003). *Key to the lichen genera of Bogor, Cibodas and Singapore*. Berlin: Berlin-Dahlem Freie Universität.
- Zhang, R., Wilson, V. L., Hou, A., & Meng, G. (2015). Source of lead pollution, its influence on public health and the countermeasures. *International Journal of Health, Animal Science, and Food Safety*, *2*, 18-31.