

Mitigasi dampak pencemaran timbel di sekitar peleburan aki bekas***Mitigation of the impact of lead pollution in the vicinity of used battery smelting*****Ridwan Fauzi***, Muhamad Yusup Hidayat, Bambang Hindratmo, Siti Masitoh, Rahmad Onig Witama, Alfonsus H HarianjaPusat Penelitian Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan,
Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Kawasan Puspipstek Gedung 210, Serpong, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia* e-mail: ridwan_fkt@yahoo.com**INFO ARTIKEL****Sejarah artikel:**Diterima:
30 Juli 2020
Direvisi:
21 Mai 2021
Diterbitkan:
30 Juni 2021**Kata kunci:**mitigasi;
timbel (Pb);
pencemaran;
industri;
peleburan;
aki bekas**ABSTRAK**

Pencemaran logam berat timbel (Pb) di sekitar peleburan aki bekas sudah sangat memperhatikan dan sangat berisiko bagi kesehatan lingkungan. Penggunaan tanaman yang mempunyai kemampuan dalam menyerap timbel perlu diaplikasikan dengan memperhatikan kondisi lanskap di sekitar peleburan. Penelitian ini bertujuan mengetahui efektivitas tindakan mitigasi dampak pencemaran timbel di udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi penanaman dalam desain lanskap membuktikan tanaman dapat menjadi agen pengendali pencemaran logam berat timbel yang efektif dengan diketahuinya trend peningkatan nilai jerapan timbel dalam daun beberapa jenis tanaman yang diaplikasikan. Jenis tanaman flamboyan (*Delonix regia*) adalah jenis tanaman yang paling tinggi konsentrasi timbel dalam daunnya yang mencapai 3.946,05 mg/kg, apabila dibandingkan dengan jenis tanaman yang lain seperti Pinus (*Pinus merkusii*) yang mencapai 2.062,14 mg/kg dan Mahoni (*Swietenia macrophylla*) yang mencapai 910,68 mg/kg.

ABSTRACT

*Pollution of lead heavy metal (Pb) around the smelting of used batteries is very alarming and very risky for environmental health. The use of plants that have the ability to absorb lead needs to be applied by taking into account the condition of the landscape around the smelting. This study aims to determine the effectiveness of mitigation measures on the effects of lead contamination in the air. The results showed that the application of planting in landscape design proved that plants can be effective lead contamination control agents. This can be seen by the trend of increasing lead sorption value in the leaves of several types of plants applied. Flamboyant (*Delonix regia*) leaves (3.946,05 mg/kg) is the highest type of lead in plants when compared to others such as Pine (*Pinus merkusii*) leaves (2.062,14 mg/kg) and Mahogany (*Swietenia macrophylla*) leaves (910,68 mg/kg).*

Keywords:mitigation;
lead (Pb);
pollution;
industry;
smelting;
used battery

© 2021 Penulis. Dipublikasikan oleh Baristand Industri Padang. Akses terbuka dibawah lisensi CC BY-NC-SA

1. Pendahuluan

Kerusakan lingkungan yang mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan disebabkan salah satunya oleh aktivitas manusia dalam bentuk pencemaran lingkungan. Residu kegiatan *anthropogenic* yang terbuang secara bebas mampu mereduksi kualitas lingkungan yang berada di udara, tanah, dan air (Amin et al., 2011; Szczygłowska et al., 2014). Kerusakan lingkungan semakin meningkat dalam beberapa tahun

terakhir. Berbagai aktivitas bertujuan untuk memacu pertumbuhan ekonomi dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat justru mempunyai eksternalitas negatif kepada lingkungan (Paoletti et al., 2010).

Bentuk proses degradasi kualitas lingkungan salah satunya melalui pencemaran udara. Pencemaran udara secara langsung dapat mempengaruhi kesehatan, organisme hidup, vegetasi, tanah, air dan bahkan bangunan. Selain itu kemampuan bergerak dengan bebas

bahkan dengan jarak jangkauan yang jauh mengakibatkan pencemaran membutuhkan waktu lebih sedikit untuk bisa menyebar dibandingkan dengan pencemaran yang ada di air dan tanah (Kuklinska et al., 2015).

Logam berat yang terbuang sebagai akibat aktivitas *anthropogenic* ke udara menjadi polutan yang bisa membahayakan bagi kehidupan. Seperti logam timbel diketahui ada di dalam semua keadaan di alam, di dalam tanah, sungai, danau dan di laut. Logam timbel adalah logam yang cukup berat, juga ditemukan di udara, sebagai komponen pada debu dan uap air laut yang berhembus (Samsuodin et al., 2015).

Logam timbel adalah unsur beracun dan berbahaya bagi kesehatan manusia bahkan pada tingkat yang relatif rendah (Samsuodin et al., 2015). Salah satu paparan timbel pada manusia adalah melalui sistem pernafasan, sekitar 25-50% timbel akan diserap oleh paru-paru karena ukurannya yang kecil ($<0,5\mu\text{m}$) sehingga lebih mudah diserap oleh jaringan paru-paru dan sisanya akan tertahan oleh rambut di hidung (Eibensteiner et al., 2005).

Timbel merupakan salah satu polutan yang dihasilkan oleh aktivitas pembakaran bahan bakar minyak kendaraan bermotor dan aktivitas penguraian baik melalui pembakaran maupun secara alami bahan-bahan yang mengandung logam timbel (Santoso et al., 2012). Daerah Kabupaten Tangerang yang terdapat pabrik peleburan aki bekas menunjukkan logam timbel di udara ambien yang cukup tinggi yaitu mencapai $3,66\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai ini lebih tinggi dari baku mutu yang telah ditetapkan yaitu hanya $2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Rita and Hamonangan, 2013). Selain konsentrasi pencemaran timbel di udara ambien yang diatas baku mutu, ditemukan konsentrasi timbel dalam darah anak usia sekolah di sekitar kawasan pabrik peleburan aki di Kabupaten Tangerang juga cukup tinggi. Konsentrasi rata-rata timbel dalam darah anak usia sekolah tersebut mencapai $32,0\ \mu\text{g}/\text{dL}$. Nilai ini juga sudah diatas baku mutu yang telah ditetapkan oleh World Health Organization (WHO) yaitu $5\ \mu\text{g}/\text{dL}$ (Hindratmo et al., 2016).

Fitoremediasi merupakan suatu upaya dalam mengatasi pencemaran lingkungan melalui penggunaan tanaman sebagai agen pengendalinya (Caroline and Moa, 2015; Raskin and Ensley, 2001). Logam berat seperti timbel akan terangkut dalam jaringan melalui proses evapotranspirasi, sehingga tanaman dengan kemampuan evapotranspirasi tinggi cenderung mempunyai kadar logam timbel yang tinggi (Gomes et al., 2017; Muthusaravanan et al., 2018; Nas and Ali, 2018). Hal ini sudah dibuktikan dalam kegiatan penelitian tahun 2017. Tumbuhan mampu menyerap logam berat timbel di udara, ditunjukkan kemampuan daun mahoni uganda yang mampu menyerap Pb yang tinggi hingga $30,77\ \text{ppm}$ dari 2 gram daun kering pada perlakuan skala laboratorium. Sedangkan di sekitar kawasan peleburan aki bekas ditemukan konsentrasi timbel di daun antara $8,33$ sampai dengan $700,8\ \text{ppm}$ dari 2 gram daun kering (Hindratmo et al., 2019; Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan, 2017).

Pengurangan konsentrasi timbel yang tinggi di udara ambien maupun konsentrasi timbel dalam darah, khususnya di daerah kawasan pabrik peleburan aki bekas

di Kabupaten Tangerang, maka dilakukan kegiatan mitigasi pencemaran timbel

Penelitian dilakukan untuk mengamati perkembangan tanaman dalam menyerap timbel dari udara maupun tanah. Monitoring secara intensif dilakukan untuk melihat efektivitas tanaman dalam mitigasi pencemaran timbel.

2. Metode

Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Secara keseluruhan penelitian dilaksanakan selama satu tahun, yaitu dimulai pada bulan Desember 2018 hingga bulan Desember 2019. Penelitian ini dilakukan di sekitar pabrik peleburan aki bekas yang terdapat di kawasan industri Kayu Manis, Kabupaten Tangerang, Propinsi Banten. Tingginya konsentrasi timbel yang berada dalam tanaman dan tanah di sekitar area tersebut yang menjadi dasar pemilihan lokasi penelitian (Fauzi et al., 2019; Hidayat et al., 2019). Analisis konsentrasi timbel dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan (P3KLL), Serpong.

2.1. Prosedur kerja

Kegiatan penelitian ini melakukan mitigasi dampak pencemaran udara berupa polutan timbel melalui skema sebagai berikut:

- a. Pengambilan sampel berupa daun dari 3 (tiga) jenis pohon lokal yang telah ditanam. Tiga jenis tanaman tersebut yaitu pinus (*Pinus merkusii*), mahoni (*Switenia macrophylla*), dan flamboyan (*Delonix regia*). Pemilihan ketiga jenis tersebut berdasarkan pertimbangan kemampuan dalam menyerap timbel dan kelimpahan jenis di sekitar lokasi penanaman (Hindratmo et al., 2019). Teknik pengambilan sampel daun diambil dari pohon secara acak, masing-masing dikumpulkan dalam kantong plastik dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis konsentrasi logam timbelnya. Konsentrasi timbel ditentukan berdasarkan berat kering daun dengan 2 ulangan sampel untuk analisis logam timbel berasal dari daun pohon. Analisis timbel dalam daun pada kegiatan penelitian ini menggunakan metode 3030-H APHA (*American Public Health Association*) modifikasi tahun 2012, dan Intruksi Kerja (IK) logam 01 tahun 2014.
- b. Sampel tanah diambil pada sistem perakaran efektif tanah. Tanah sebanyak 12 titik di sekitar pabrik peleburan aki bekas yang ada di daerah Kabupaten Tangerang. Analisis timbel dalam tanah pada kegiatan penelitian ini menggunakan metode 3030-H APHA (*American Public Health Association*) tahun 2012, dan Intruksi Kerja (IK) logam 01 tahun 2014.
- c. Perhitungan dalam menentukan konsentrasi logam timbel mengacu pada SNI 06-6989.45-2005. Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:
 - Buat kurva kalibrasi berdasarkan hasil pembacaan absorbansi konsentrasi larutan kerja dari alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA);

- Tentukan konsentrasi logam contoh uji dengan cara memplotkan hasil pengukuran logam pada kurva kalibrasi;
- Hitung konsentrasi logam dengan perhitungan seperti pada persamaan 1.

$$C_x = \frac{C \times V \times F_p}{B} \dots\dots\dots (1)$$

dengan pengertian:

- Cx adalah konsentrasi logam dalam daun ($\mu\text{g/g}$);
- C adalah konsentrasi logam yang diperoleh dari kurva kalibrasi ($\mu\text{g/ml}$);
- V adalah konsentrasi volume akhir (ml);
- Fp adalah faktor pengenceran (bila tidak dilakukan pengenceran, maka fp = 1);
- B adalah berat kering contoh uji (g).

2.2. Analisis data

Analisis data dilakukan dengan membandingkan terhadap konsentrasi logam timbel dalam daun dengan konsentrasi logam timbel dalam daun jenis pohon lainnya. Data konsentrasi timbel dalam daun yang diambil diolah secara kuantitatif dengan menggunakan perhitungan statistika. Pengaruh jarak pohon dengan sumber pencemar, jenis pohon, dan arah angin lokasi pohon terhadap konsentrasi dianalisis dengan menggunakan analisis regresi linier berganda (*multiple linear regression*). Formulasi yang disusun dalam analisis konsentrasi daun di timbel seperti pada persamaan 2.

$$\text{Kons}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Diameter}_{it} + \beta_2 \text{Tinggi}_{it} + \beta_3 \text{JenisPohon}_i + \beta_4 \text{PengambilanSampel}_i + \epsilon_{it} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- Kons_{it} = konsentrasi timbel di daun ke i (ppm) pada waktu t,
- Diameter_{it} = diameter pohon ke i (cm) pada waktu t,
- Tinggi_{it} = tinggi pohon ke i (m) pada waktu t,

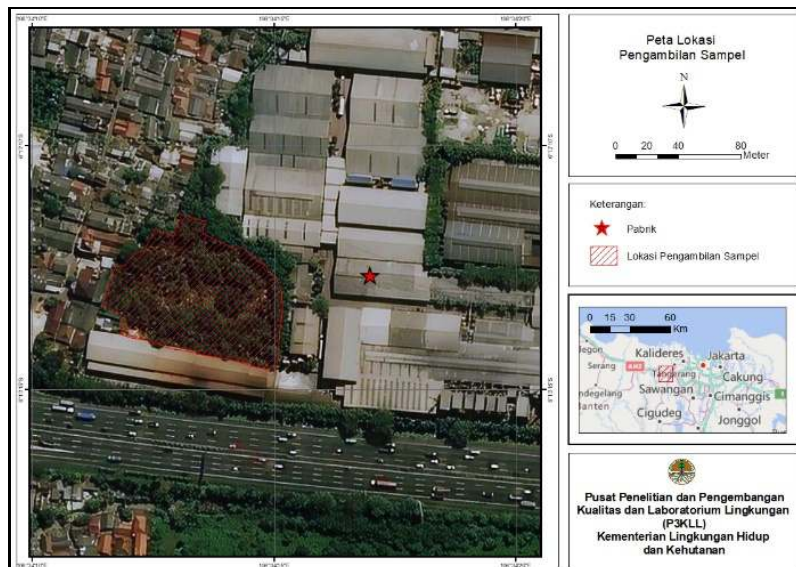
- JenisPohon_i = jenis pohon i,
- PengambilanSampel_i = waktu pengambilan sampel
- β_0 = nilai konstanta dari model,
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_4$ = koefisien regresi dari masing-masing variabel,
- ϵ_{it} = error term dari model.

Pengambilan sampel dan pemeliharaan tanaman dilakukan secara rutin. Kegiatan tersebut dilakukan setiap tiga bulan sekali (triwulan). Sampel ke 1 diambil bulan Desember 2018 (saat penanaman), sampel ke 2 diambil bulan Maret 2019, sampel ke 3 diambil bulan Juni, dan sampel ke 4 diambil pada bulan September 2019. Pemeliharaan tanaman meliputi pembersihan gulma, penyiangan rumput, dan pemberian pupuk kandang. Selain itu, juga dilakukan penyiraman tanaman pada musim kemarau untuk menjaga kecukupan air agar tanaman dapat tumbuh dengan baik.

Pengamatan dilakukan dengan mengambil sampel daun dari tiga jenis tumbuhan yang telah ditanam. Daun diambil dari tanaman secara random, dengan mencatat setiap nomor pohon yang tertera dalam label pohon (Gambar 1). Pengamatan diambil dari bagian daun tanaman karena daun merupakan akumulator utama logam berat (Sugiyono et al., 2016). Pemilihan pohon didasarkan pada keberagaman jenis sebagai bentuk keterwakilan jenis tanaman yang telah ditanam.

3. Hasil dan pembahasan

Sampel dalam penelitian telah diambil dari lokasi plot pengamatan berupa sampel daun dan tanah. Sampel daun yang sudah diambil sebanyak 60 sampel yang terdiri dari 3 jenis (pinus (*Pinus merkusii*), mahoni (*Switenia macrophylla*), dan flamboyan (*Delonix regia*)) dengan masing-masing jenis sebanyak 5 tanaman, disetiap tanaman diambil sebanyak 4 kali. Demikian juga dengan sampel tanah, diambil sebanyak 60 sampel dengan rincian seperti pada pengambilan sampel daun. Secara terperinci dapat dilihat di Tabel 1 dan Tabel 2.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel.

Jumlah tanaman yang ditanam dan berhasil hidup sebanyak 155 pohon. Tanaman tersebut ditanam berdasarkan ketersediaan ruang tumbuh yang cukup baik dari sisi kebutuhan unsur hara dan kebutuhan pencahayaan. Adanya pencahayaan yang baik akan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Mawazin and Subiako, 2013). Sehingga, tanaman sebagai bahan uji

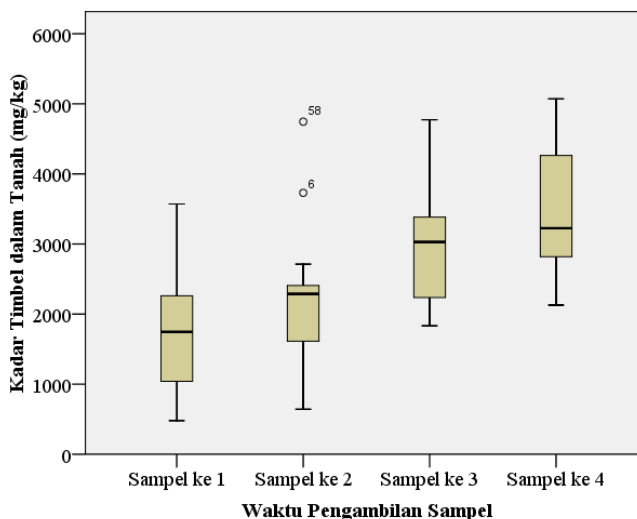
ditanam dengan sistem pengkayaan, dengan memanfaatkan ruang tumbuh yang tersedia, seperti terlihat dalam gambar 1. Ruang tumbuh yang berstratifikasi menciptakan kondisi yang ideal bagi pertumbuhan tanaman (Endah and Pratasmita, 2015; Kuswanda, 2010).

Tabel 1
Konsentrasi timbel dalam tanah pada area plot aplikasi desain lanskap.

Nomor Pohon	Konsentrasi Timbel dalam Tanah (mg/kg)			
	Sampel ke 1	Sampel ke 2	Sampel ke 3	Sampel ke 4
Flamboyan (<i>Delonix regia</i>) 1	2588,90	2417,33	3525,06	4193,94
Flamboyan (<i>Delonix regia</i>) 4	1771,93	3730,11	3027,98	4527,60
Flamboyan (<i>Delonix regia</i>) 6	3569,95	2392,63	2604,76	3563,26
Flamboyan (<i>Delonix regia</i>) 8	3530,82	1870,35	1834,00	2542,13
Flamboyan (<i>Delonix regia</i>) 17	2016,68	1685,42	2226,78	4496,32
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 1	1448,32	1473,21	1967,72	2128,83
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 2	479,75	1979,27	2246,21	3018,53
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 9	1746,97	2288,32	2053,01	2208,92
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 15	859,09	2337,28	2979,61	2929,06
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 19	1406,36	2400,02	4772,49	2921,44
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 4	590,43	2711,91	3938,18	3368,38
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 6	1071,81	1539,35	4148,55	5071,30
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 8	1007,56	775,55	3112,05	3225,08
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 9	2250,80	643,49	3077,97	4331,42
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 10	2269,98	4745,42	3243,14	2714,31

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan informasi bahwa konsentrasi tertinggi timbel dalam tanah mencapai 5.071,30 mg/kg dan konsentrasi timbel terendah adalah 479,75 mg/kg. Sampel tanah dengan konsentrasi tertinggi adalah sampel yang diambil dari sekitar pohon pinus dan sampel tanah dengan konsentrasi terendah yaitu pada tanah yang diambil di sekitar pohon mahoni. Rerata konsentrasi timbel dalam tanah ditemukan pada

angka 2.593,3 mg/kg. Nilai tersebut diperoleh dari 60 sampel yang dianalisis konsentrasi timbel dalam tanahnya. Rerata konsentrasi timbel dalam tanah tersebut jauh di atas ambang batas konsentrasi sesuai Peraturan Pemerintah nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang mensyaratkan ambang batas konsentrasi timbel dalam tanah sebesar 300 mg/kg.



Gambar 2. Konsentrasi timbel dalam tanah berdasarkan waktu pengambilan sampel (Desember 2018 - September 2019).

Konsentrasi timbel dalam tanah pada saat pengambilan sampel tanah pertama atau saat penanaman (Sampel ke 1) apabila dibandingkan dengan ambang batas kadar timbel dalam tanah sesuai Peraturan Pemerintah nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, menunjukkan kandungan timbel dalam tanah di lokasi penanaman sudah sangat tinggi. Konsentrasi timbel yang tinggi tersebut disebabkan akumulasi timbel dalam tanah sudah terjadi dalam waktu yang lama (Hardiani et al., 2011). Sumber timbel bisa dipastikan berasal dari sumber peleburan aki bekas yang letaknya bersebalahan dengan areal penanaman pohon. Selain hal tersebut, konsentrasi timbel yang tinggi juga bisa disebabkan oleh kendaraan bermotor sebelum pemberlakuan bahan bakar bebas timbel diluncurkan pemerintah, mengingat lokasi penanaman berdekatan dengan jalan tol Jakarta – Merak. Peningkatan kendaraan bermotor berpotensi dalam meningkatkan pencemaran udara (Istiaroh et al., 2014).

Trend peningkatan konsentrasi timbel dalam tanah sebagaimana terlihat dalam Gambar 2, mengindikasikan bahwa akumulasi timbel masih dan sedang terjadi di wilayah tersebut. Berdasarkan perhitungan trend kenaikan diperoleh nilai rerata kenaikan kadar timbel dalam tanah mencapai 547,36 mg/kg/triwulan. Hal tersebut membuktikan bahwa pengelolaan peleburan aki bekas sebagai sumber utama polutan timbel belum dikelola dengan baik dan berdampak pada polutan timbel yang masih terus disebarkan dalam hal ini melalui media udara. Pengelolaan limbah yang tidak ramah lingkungan dapat mengakibatkan akumulasi timbel baik dalam tanah, tanaman, organisme lain, dan juga manusia (Caroline and Moa, 2015; Fitriana et al., 2017). Akumulasi timbel pada tanaman terjadi melalui proses translokasi, dimana zat dengan konsentrasi yang tinggi akan berpindah ke media dengan konsentrasi yang rendah (Haryati et al., 2012). Proses tersebut berlangsung berulang-ulang sehingga mengakibatkan akumulasi timbel dalam bagian tumbuhan.

Tabel 2
Konsentrasi timbel dalam daun pada area plot aplikasi desain lanskap

Nomor Pohon	Konsentrasi Timbel dalam Daun (mg/kg)			
	Sampel ke 1	Sampel ke 2	Sampel ke 3	Sampel ke 4
Flamboyan (<i>Delonix regia</i>) 1	87,22	775,45	3367,79	2224,88
Flamboyan (<i>Delonix regia</i>) 4	140,12	583,42	3393,37	3946,05
Flamboyan (<i>Delonix regia</i>) 6	123,18	212,66	2426,60	1948,49
Flamboyan (<i>Delonix regia</i>) 8	77,76	368,84	1597,54	1105,64
Flamboyan (<i>Delonix regia</i>) 17	124,56	860,47	437,46	989,82
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 1	85,24	301,15	385,61	380,81
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 2	78,20	276,17	353,27	627,68
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 9	12,47	679,88	479,61	910,68
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 15	31,42	935,82	599,64	571,04
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 19	15,70	488,55	571,06	626,25
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 4	12,96	760,48	849,50	1704,93
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 6	25,92	649,60	920,01	1214,81
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 8	32,41	313,15	726,67	1345,77
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 9	69,80	456,00	832,92	1627,58
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 10	51,85	793,75	974,69	2062,14

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa konsentrasi timbel dalam daun tertinggi yaitu 3.946,05 mg/kg. Konsentrasi timbel tertinggi tersebut ditemukan pada tanaman jenis flamboyan dan pada waktu pengambilan sampel ke 4 atau triwulan ke empat setelah penanaman. Trend rerata kenaikan kadar timbel dalam daun tertinggi pada jenis tanaman flamboyan yang mencapai 161,03 mg/kg/triwulan. Sedangkan, konsentrasi timbel terendah 12,47 mg/kg pada jenis tanaman mahoni dan pada pengambilan sampel pertama atau sampel ke 1 (saat penanaman). Rerata konsentrasi timbel diperoleh nilai 810,44 mg/kg. Nilai rerata konsentrasi tersebut berada jauh dari rerata konsentrasi timbel dalam daun pada beberapa jenis tanaman dalam radius 7,5 km dari kawasan industri kadu manis yang hanya mencapai 12,23 mg/kg (Fauzi et al., 2019). Jarak yang sangat dekat

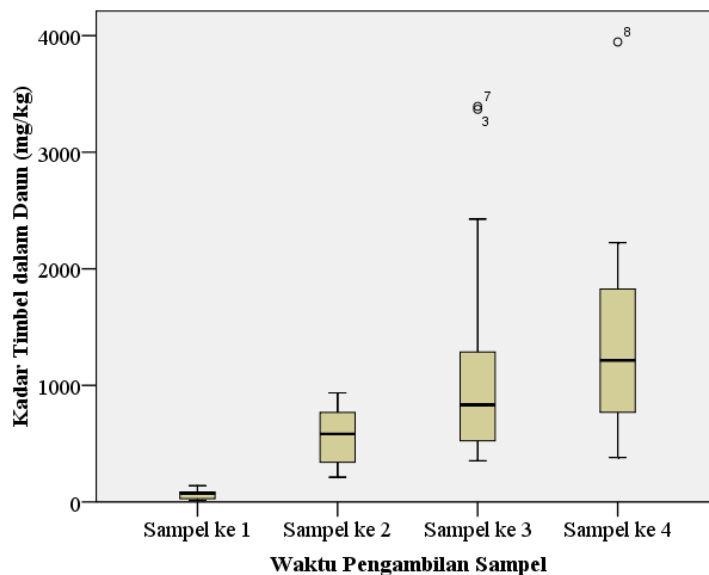
dengan sumber merupakan faktor utama penyebab tingginya konsentrasi timbel dalam daun tersebut (Hidayat et al., 2019). Selain itu, waktu lama paparan juga menjadi pendukung dalam mempengaruhi tingginya konsentrasi tersebut (Hindratmo et al., 2019).

Pengambilan sampel pertama (sampel ke 1) menunjukkan konsentrasi timbel yang masih rendah/sedikit. Hal tersebut dikarenakan bibit tanaman diambil dari persemaian yang berlokasi jauh dari wilayah peleburan aki bekas (wilayah Kabupaten Bogor). Namun demikian, konsentrasi timbel yang sudah ada pada saat pengambilan sampel pertama membuktikan bahwa di lokasi persemaianpun tidak terbebas dari pencemaran logam timbel. Berdasarkan grafik di Gambar 3, menunjukkan bahwa adanya trend meningkatnya rerata (*mean*) konsentrasi timbel dari pengambilan sampel

pertama hingga pengambilan sampel terakhir (ke empat) di tahun 2019. Apabila melihat trend peningkatan konsentrasi timbel dalam pengambilan sampel pertama pada bulan Desember 2018 hingga terakhir pada bulan September 2019, kemungkinan masih akan terjadi peningkatan konsentrasi timbel pada pengambilan sampel berikutnya.

Tabel 3 menunjukkan bahwa pohon tertinggi ditemukan pada jenis pohon flamboyon dengan tinggi

mencapai 435 cm. Tinggi pohon tersebut didapat pada pengamatan ke 4. Pohon yang sama juga memiliki diameter terbesar 5 cm. Sedangkan, tinggi pohon terendah 78 cm ditemukan pada jenis mahoni disaat pengambilan sampel pertama atau sampel ke 1 (saat penanaman). Pohon yang sama juga teramati diameter pohon terkecil dalam sampel, 0,6 cm.



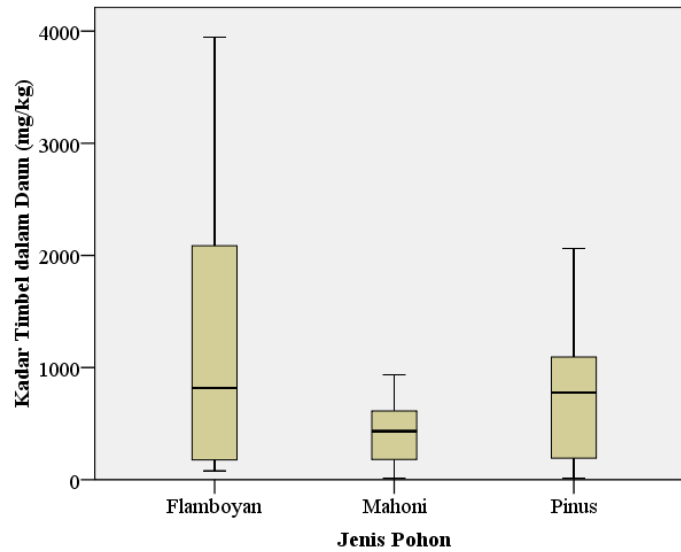
Gambar 3. Konsentrasi timbel dalam daun berdasarkan waktu pengambilan sampel (Desember 2018 - September 2019).

Tabel 3
Pertumbuhan tanaman berdasarkan ukuran tinggi dan diameter.

Jenis Pohon	Sampel ke 1		Sampel ke 2		Sampel ke 3		Sampel ke 4	
	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)
Flamboyon (<i>Delonix regia</i>) 1	176,67	2,47	230,0	2,7	300,0	3,4	345	3,4
Flamboyon (<i>Delonix regia</i>) 4	187,33	2,27	242,0	2,6	344,0	2,8	345	3,2
Flamboyon (<i>Delonix regia</i>) 6	193,00	2,93	305,0	3,0	317,0	3,2	280	3,2
Flamboyon (<i>Delonix regia</i>) 8	180,00	2,87	391,0	3,5	430,0	4,6	435	5,0
Flamboyon (<i>Delonix regia</i>) 17	153,33	1,00	158,0	1,4	166,0	1,4	169	1,4
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 1	78,00	0,60	85,0	0,8	86,0	1,2	96	1,3
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 2	107,00	1,43	125,0	2,0	141,0	2,1	160	2,9
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 9	83,33	1,73	113,0	2,0	142,0	2,0	172	2,4
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 15	120,00	1,07	125,0	1,4	132,0	1,4	136	1,9
Mahoni (<i>Swietenia macrophylla</i>) 19	150,67	1,13	171,5	1,4	186,0	2,2	195	2,2
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 4	152,00	1,80	194,0	2,0	218,0	2,0	239	2,3
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 6	154,33	1,50	157,0	1,6	157,0	1,9	161	1,9
Pinus (<i>Pinus Merkusii</i>) 8	140,67	1,30	152,0	1,3	160,0	1,3	173	1,3

Konsentrasi timbel dalam daun berdasarkan jenis pohon menunjukkan merata yang berbeda tiap jenisnya. Kemampuan daun tanaman dalam menyerap logam berat timbel dipengaruhi oleh batas toksisitas daun tanaman (Ferdhiani et al., 2015). Rerata konsentrasi timbel paling sedikit didapat pada jenis Mahoni. Sedangkan, rerata paling tinggi terdapat pada jenis Flamboyon. Meski pada lokasi dan jarak yang sama dari sumber pencemar, jenis

Flamboyon masih mempunyai nilai konsentrasi timbel yang paling tinggi dalam daun. Hal tersebut bisa disebabkan karena karakteristik tanaman yang termasuk dalam *fast growing species* dan memiliki sistem perakaran yang dalam sebagaimana jenis-jenis tanaman famili leguminoseae. Semakin luas permukaan anak daun, maka konsentrasi timbel di dalam daun juga semakin bertambah (Yudha et al., 2013).



Gambar 4. Konsentrasi timbel dalam daun berdasarkan jenis pohon.

Tabel 4

Estimasi faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi timbel dalam daun.

Variabel	Koefisien	Standar Kesalahan (Robust)	P - Value
Jenis Pohon	-126,843	108,313	0,247
Pengambilan Sampel	377,809	62,927	***0,000
Tinggi Pohon	6,085	2,737	**0,030
Diameter Pohon	-232,239	155,126	0,140
Konstanta	-565,961	440,835	0,205
Jumlah Sampel	60		
Prob > F	***0,000		
R-Squared	0,591		

Keterangan:

*** = Signifikan pada α 0,001** = Signifikan pada α 0,050

Analisis regresi berganda telah dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi timbel dalam daun dari beberapa jenis tanaman dengan menggunakan model persamaan 2. Berdasarkan analisis tersebut dapat diketahui bahwa formula model yang dibuat menunjukkan hasil signifikan ($p < 0,01$) yang berarti bahwa pengujian statistik dengan menggunakan model tersebut bisa menggambarkan variable-variabel yang diujikan. Analisis ini menggunakan konsentrasi timbel dalam daun sebagai variable dependen dan 4 variabel independen yaitu jenis pohon, pengambilan sampel, tinggi pohon, serta diameter pohon. Hasil analisis pada Tabel 4 menunjukkan bahwa konsentrasi timbel dalam daun dipengaruhi oleh waktu pengambilan sampel dan tinggi pohon. Waktu pengambilan sampel dan tinggi pohon menunjukkan nilai positif, yang bisa dijelaskan bahwa semakin meningkatkan tinggi pohon atau bertambahnya waktu pengambilan sampel dapat diestimasi konsentrasi timbel dalam daun yang juga akan meningkat. Semakin tinggi pohon maka akan semakin besar kemampuan tumbuhan dalam menyerap unsur hara atau nutrisi baik

dalam tanah maupun melalui udara (Hidayat et al., 2019). Hal tersebut dapat terakumulasi material seperti logam timbel dalam rantai siklus masuknya unsur hara atau nutrisi yang dibutuhkan tanaman. Demikian juga dengan waktu pengambilan sampel, semakin bertambahnya sampel yang diambil dengan waktu yang bertambah maka peluang terakumulasi logam timbel dalam tanaman juga akan semakin meningkat. Meskipun hal tersebut akan mengalami titik jenuh, dimana tanaman sudah tidak mampu lagi menerima atau menampung logam berat timbel dalam jaringannya (Caroline and Moe, 2015; Ferdhiani et al., 2015). Pada kondisi tersebut dapat mengakibatkan tanaman keracunan dan pada akhirnya mengalami kematian. Tanaman menyerap unsur esensial dan non esensial paling banyak melalui akar tanaman, sehingga kadar logam berat yang ada dalam tanah sebagai tempat tumbuh sangat mempengaruhi kadar logam berat yang diserap oleh tanaman tersebut (Irahmani et al., 2018; Khairuddin et al., 2018).

4. Kesimpulan

Aplikasi penanaman dalam desain lanskap membuktikan bahwa tanaman dapat menjadi agen pengendali pencemaran logam berat timbel yang efektif dengan diketahuinya trend peningkatan nilai serapan timbel dalam daun beberapa jenis tanaman yang diaplikasikan. Jenis tanaman flamboyan (*Delonix regia*) adalah jenis tanaman yang paling tinggi konsentrasi timbel dalam daunnya, apabila dibandingkan dengan jenis tanaman yang lain seperti Pinus (*Pinus merkusii*) dan Mahoni (*Swietenia macrophylla*). Trend rata kenaikan kadar timbel dalam daun pada jenis tanaman flamboyan mencapai 161,03 mg/kg/triwulan.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh tim Pengembangan atau Pilot IPTEK di Bidang Kualitas Lingkungan Tahun 2019, tim Laboratorium P3KLL yang telah membantu dalam analisis sampel penelitian, Manajemen Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan atas dukungan dana, Pemerintah Desa Kadu, Kecamatan Curug, Kabupaten Tangerang yang membantu dalam pengambilan sampel di lapangan, dan juga kepada para pihak yang ikut mendukung dalam penulisan dan penyusunan tulisan ini.

Daftar pustaka

Amin, B., Afriyani, E., Saputra, M.A., 2011. Distribusi spasial logam Pb dan Cu pada sedimen dan air laut permukaan di perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *J. Teknobiologi* II, 1–8.

Caroline, J., Moa, G.A., 2015. Fitoremediasi logam timbal (Pb) menggunakan tanaman melati air (*Echinodorus palaefolius*) pada limbah industri peleburan tembaga dan kuningan, in: Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III 2015. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, pp. 733–744.

Eibensteiner, L., Sanz, A.D.C., Frumkin, H., Gonzales, C., Gonzales, G.F., 2005. Lead exposure and semen quality among traffic police in Arequipa, Peru. *Int. J. Occup. Environ. Health* 11, 161–166. <https://doi.org/10.1179/oeh.2005.11.2.161>

Endah, G.P., Pratasasmita, R., 2015. Keaneka jenis burung di Taman Kota Bandung, Jawa Barat, in: Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon. pp. 1289–1294. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010605>

Fauzi, R., Hidayat, M.Y., Hindratmo, B., Masitoh, S., 2019. Karakteristik konsentrasi timbel (Pb) dalam daun 3 (tiga) jenis pohon di sekitar pabrik peleburan aki bekas di Tangerang dan Bekasi. *J. Litbang Ind.* 9, 97–104. <https://doi.org/10.24960/jli.v8i1.3844.23-30>

Ferdhiani, A.A., Lestari, S., Proklamasingih, E., 2015. Aktivitas enzim peroksidase dan kadar klorofil pada daun Angsana (*Pterocarpus indicus*) sebagai penehul jalan yang terpapar timbal. *J. Biosf.* 32, 126–133.

Fitrihanah, L., Yani, M., Effendy, S., 2017. Dampak pencemaran aktivitas kendaraan bermotor terhadap

kandungan timbal (Pb) dalam tanah dan tanaman padi. *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung.* 7, 11–18. <https://doi.org/10.19081/jpsl.2017.7.1.11>

Gomes, M.A. da C., Hauser-Davis, R.A., Suzuki, M.S., Vitória, A.P., 2017. Plant chromium uptake and transport, physiological effects and recent advances in molecular investigations. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 140, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.01.042>

Hardiani, H., Kardiansyah, T., Sugesty, S., 2011. Bioremediasi logam timbal (Pb) dalam tanah terkontaminasi limbah sludge industri kertas. *J. Selulosa* 1, 31–41. <https://doi.org/10.25269/jsel.v1i01.18>

Haryati, M., Purnomo, T., Kuntjoro, S., 2012. Kemampuan tanaman genjer (*Limnocharis flava* (L.) Buch.) menyerap logam berat timbal (Pb) limbah cair kertas pada biomassa dan waktu pemaparan yang berbeda. *J. Lentera Bio* 1, 131–138.

Hidayat, M.Y., Fauzi, R., Hindratmo, B., 2019. Konsentrasi timbel (Pb) pada daun dari beberapa jenis pohon di sekitar kawasan industri Kadu Manis, Tangerang. *J. Penelit. Kehutan. Wallacea* 8, 19–25. <https://doi.org/10.18330/jwallacea.2019.vol8iss1pp19-25>

Hindratmo, B., Haryanto, B., Rita, Jauhari, Sitorus, A., Nelson, R., Ramadhanu, 2016. Laporan hasil penelitian "kajian dampak pencemaran udara SO₂, NO₂, dan logam berat Pb dan analisis data pencemaran udara terhadap kesehatan masyarakat di Tangerang, Surabaya, dan Medan. Serpong, Tangerang Selatan.

Hindratmo, B., Junaidi, E., Masitoh, S., Fauzi, R., Hidayat, M.Y., 2019. Kemampuan 11 (sebelas) jenis tanaman dalam menyerap logam berat timbel (Pb). *J. Ecolab* 11, 29–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/jklh.2019.13.1.29-38>

Irharni, Pandia, S., Purba, E., Hasan, W., 2018. Kajian akumulator beberapa tumbuhan air dalam menyerap logam berat secara fitoremediasi. *J. Serambi Engineering* 3, 344–351.

Istiaroh, P.D., Martuti, N.K.T., Bodijanto, F.P.M.H., 2014. Uji kandungan timbal (Pb) dalam daun tanaman penehul di jalan protokol Kota Semarang. *Biosaintifika* 6, 60–66.

Khairuddin, Yamin, M., Syukur, A., 2018. Analisis kandungan logam berat pada tumbuhan mangrove sebagai bioindikator di Teluk Bima. *J. Biol. Trop.* 18, 69–79.

Kuklinska, K., Wolska, L., Namiesnik, J., 2015. Air quality policy in the U.S. and the EU – a review. *Atmos. Pollut. Res.* 6, 129–137. <https://doi.org/10.5094/APR.2015.015>

Kuswanda, W., 2010. Pengaruh kerapatan tumbuhan terhadap populasi burung di Taman Nasional Batang Gadis, Sumatera Utara. *Penelit. Hutan dan Konserv. AlamEkosistem Dipterokarpa VII*, 193–213.

Mawazin, Subiakto, A., 2013. Keanekaragaman dan komposisi jenis permudaan alam hutan rawa gambut bekas tebangan di Riau. *Indones. For. Rehabil.* 1, 59–73.

Muthusaravanan, S., Sivarajasekar, N., Vivek, J.S.,

- Paramasivan, T., Naushad, M., Prakashmaran, J., Gayathri, V., Al-Duaij, O.K., 2018. Phytoremediation of heavy metals: mechanisms, methods and enhancements. *Environ. Chem. Lett.* 16, 1339–1359. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0762-3>
- Nas, F.S., Ali, M., 2018. The effect of lead on plants in terms of growing and biochemical parameters: a review. *MOJ Ecol. Environ. Sci.* 3. <https://doi.org/10.15406/mojes.2018.03.00098>
- Paoletti, E., Schaub, M., Matyssek, R., Wieser, G., Augustaitis, A., Bastrup-Birk, A.M., Bytnerowicz, A., Günthardt-Goerg, M.S., Müller-Starck, G., Serengil, Y., 2010. Advances of air pollution science: From forest decline to multiple-stress effects on forest ecosystem services. *Environ. Pollut.* 158, 1986–1989. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.11.023>
- Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan, 2017. Mitigasi dampak pencemaran Pb dalam darah. Tangerang Selatan.
- Raskin, I., Ensley, B.D., 2001. Phytoremediation of toxic metals; using plants to clean up the environment. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 76, 325–326. <https://doi.org/10.1159/000055341>
- Rita, Hamonangan, E., 2013. Kajian logam berat di udara ambien. Serpong, Tangerang Selatan.
- Samsuedin, I., Dharmawan, I.W.S., Pratiwi, Wahyono, D., 2015. Peran pohon dalam menjaga kualitas udara di perkotaan, 1st ed. FORDA PRESS (Anggota IKAPI), Bogor, Jawa Barat.
- Santoso, S., Lestasi, S., Samiyarsih, S., 2012. Inventarisasi tanaman peneduh jalan penjerap timbal di Purwokerto, in: Seminar Pengembangan Sumber Daya Pedesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah, pp. 978–979.
- Sugiyono, R.A.N., Yona, D., Kasitowati, R.D., 2016. Analisis akumulasi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada Lamun (*Enhalus acoroides*) sebagai agen fitoremediasi di Pantai Paciran, Lamongan, in: Seminar Nasional Perikanan Dan Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang, Malang, Jawa Timur, pp. 449–455.
- Szczygłowska, M., Bodnar, M., Namieśnik, J., Konieczka, P., 2014. The use of vegetables in the biomonitoring of cadmium and lead pollution in the environment. *Crit. Rev. Anal. Chem. / CRC* 44, 2–15. <https://doi.org/10.1080/10408347.2013.822788>
- Yudha, G.P., Aneloi, Z.A., Idris, M., 2013. Pertumbuhan daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) dan akumulasi logam timbal (Pb). *J. Biol. Univ. Andalas* 2, 83–89.