

Tanaman Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) sebagai Bioindikator Pencemaran Udara Khususnya Logam Pb, Cu, Zn di Universitas Islam Indonesia

Mahogany (*Swietenia macrophylla*) as a Bioindicator of Air Pollution, Especially Pb, Cu, Zn Metals at Universitas Islam Indonesia

Divia Septirizqia Salsabil¹, Suphia Rahmawati^{2*}, Lutfia Isna Ardhayanti¹

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

² Laboratorium Analisis Risiko Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

*email: suphia.rahmawati@uii.ac.id

Disubmit: 14 Desember 2021 Direvisi: 30 Desember 2021 Diterima: 30 Desember 2021

ABSTRAK

Aktivitas kendaraan bermotor seperti penggunaan bahan bakar dan rem menjadi salah satu penyumbang pencemar udara seperti logam berat. Mahoni (*Swietenia macrophylla*) selain digunakan sebagai tanaman peneduh juga dapat berfungsi sebagai filter udara dengan menyerap polutan disekitarnya. Studi ini bertujuan untuk mengetahui apakah Mahoni dapat dijadikan sebagai bioindikator pencemaran udara khususnya logam Pb, Cu, dan Zn. Sampel daun Mahoni, udara, dan tanah diambil di lingkungan kampus Universitas Islam Indonesia Jl. Kaliurang Km 14.5. kemudian sampel didestruksi menggunakan HNO₃ dan dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Cu dan Pb pada sampel daun Mahoni berkorelasi dengan konsentrasi Pb pada sampel udara dengan nilai korelasi 0,76. Sedangkan untuk logam Cu dan Zn menunjukkan korelasi dengan sampel tanah sebesar 0,93 dan 0,83.

Kata kunci: Bioindikator, Cu, Mahoni, Pb, Zn.

ABSTRACT

*Vehicle activities such as fuel and brakes contribute to air pollutants such as heavy metals. Mahogany (*Swietenia macrophylla*), apart from being used as a shade plant, can also function as an air filter by absorbing surrounding pollutants. This study aims to determine whether Mahogany can be used as a bioindicator of air pollution, especially Pb, Cu, and Zn metals. Mahogany leaves, air, and soil samples were taken at the Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang Km 14.5 Sleman Yogyakarta Indonesia. then the sample was destructed using HNO₃ and analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Results showed that the concentrations Pb in the mahogany leaf samples were correlated with the concentrations Pb in the air samples with correlation values of 0.76. Meanwhile, the Cu and Zn concentration of Mahogany leaves correlated with the Cu and Zn concentration of the soil sample of 0.93 and 0.83.*

Keywords: Bioindicator, Cu, Mahogany, Pb, Zn.

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan terutama pencemaran udara mulai menjadi perhatian yang cukup serius, salah satu penyebab meningkatnya permasalahan pencemaran udara di daerah perkotaan terutama di negara berkembang (Miri *et al.*, 2016). Salah satu parameter pencemar udara adalah logam berat yang memiliki efek toksik. Manusia dapat terpapar logam berat baik melalui jalur pernafasan maupun melalui rantai makanan. Beberapa logam berat yang menjadi pencemar dan menjadi masalah adalah Cu, Pb dan Zn akibat aktivitas industri dan transportasi (Çelik *et al.*, 2005). Beberapa sumber dari logam tersebut diantaranya bersumber dari emisi kendaraan bermotor dan produk-produk transportasi (Harrison *et al.*, 2003).

Salah satu usaha untuk menurunkan pencemaran udara adalah dengan menanam tanaman/ pohon yang memiliki kemampuan untuk menyerap polutan udara (Nowak *et al.*, 2014). Beberapa pohon yang diketahui memiliki kemampuan menyerap (bioakumulasi) polutan dari udara terutama logam Timbal (Pb) adalah pohon Mahoni (Aini *et al.*, 2018). Sehingga pohon ini sering ditanam pada daerah urban sebagai salah satu usaha untuk menurunkan kandungan Pb di udara (Des *et al.*, 2020).

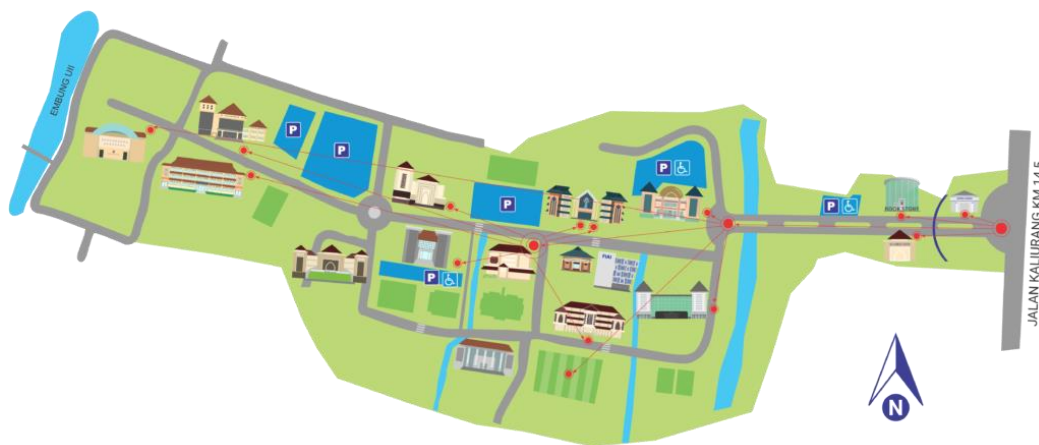
Pencemaran udara memerlukan monitoring secara berkala untuk memudahkan penanggulangan pencemaran, akan tetapi pada kenyataannya monitoring memerlukan biaya yang tidak sedikit dan tidak semua lokasi dilakukan secara berkala. Oleh karena itu, salah satu cara yang dapat digunakan untuk monitoring pencemaran udara adalah menggunakan tanaman sebagai bioindikator atau biomonitoring (Sawidis *et al.*, 2011). Pohon sebagai bioindikator memiliki beberapa keuntungan misalnya memiliki variasi spatial dan temporal disamping itu biaya yang lebih murah. Walaupun demikian terdapat kelemahan, dimana pohon dapat mengakumulasi polutan khususnya logam berat baik dari udara maupun tanah sehingga untuk beberapa kasus sulit menentukan mana yang menjadi sumber pencemar yang dominan (Sawidis *et al.*, 2011).

Salah satu lingkungan yang berpotensi tercemar udara adalah lingkungan kampus. Lalu-lalang kendaraan mahasiswa dan staf pengajar menjadi salah satu sumber pencemar udara yang bergerak, sedangkan pembangunan gedung menjadi sumber pencemar tidak bergerak. Universitas Islam Indonesia memiliki 5 kampus, salah satu kampusnya adalah Kampus Terpadu yang terletak di Jl. Kaliurang KM 14.5 Sleman Yogyakarta. Kampus Terpadu memiliki 6 Fakultas yaitu Fakultas Kedokteran (FK), Fakultas Psikologi & Ilmu Sosial Budaya (FPSB), Fakultas Teknologi Industri (FTI), Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan (FTSP), Fakultas Ilmu Agama Islam (FIAI), Fakultas Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) (<https://www.uui.ac.id/profil/lokasi-kampus/>) sehingga lalu lalang kendaraan baik roda dua maupun roda empat menjadi cukup padat pada saat hari kerja. Kampus kaliurang dikenal cukup asri karena banyak ditanam pohon-pohon peneduh seperti Mahoni dan Ketapang. Beberapa studi telah menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan antara pencemaran udara dan pohon Mahoni sebagai bioindikator, diantaranya pengaruh polusi udara terhadap stomata Mahoni (Des *et al.*, 2020), Mahoni yang berada di lingkungan kampus ITB memiliki APTI (*Air Pollution Tolerance Index*) 7,02 yang tergolong pada tanaman yang sensitif terhadap polusi udara (Kurniati, 2015). Pada studi lain menunjukkan bahwa Mahoni termasuk katagori toleransi *moderate* (Sulistijorini *et al.*, 2008). Studi mengenai kemampuan pohon Mahoni menyerap polutan udara khususnya logam berat (*bioindicator*) di lingkungan kampus Kaliurang UII belum

pernah dilakukan, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pohon Mahoni sebagai bioindikator polutan logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu) dan seng (Zn) yang berasal dari udara dan tanah.

METODE PENELITIAN

Lokasi pengambilan sampel daun Mahoni, pengukuran kualitas udara TSP (*Total Suspended Particulate*) dan sampel tanah adalah Kampus Universitas Islam Indonesia Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman, Yogyakarta antara bulan Agustus sampai November tahun 2019. Gambar 1 menunjukkan denah Kampus Terpadu.

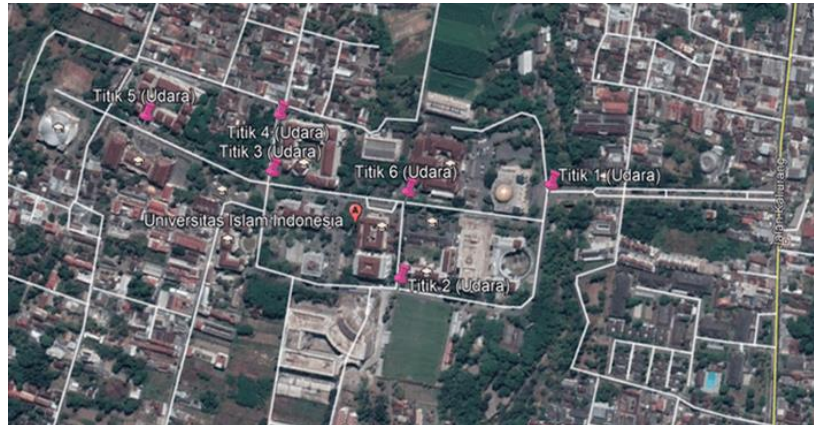


Gambar 1. Lokasi penelitian yaitu Kampus Terpadu UII.

(<https://sambut.uui.ac.id/tur-virtual-360/>)

a) Sampel udara ambien

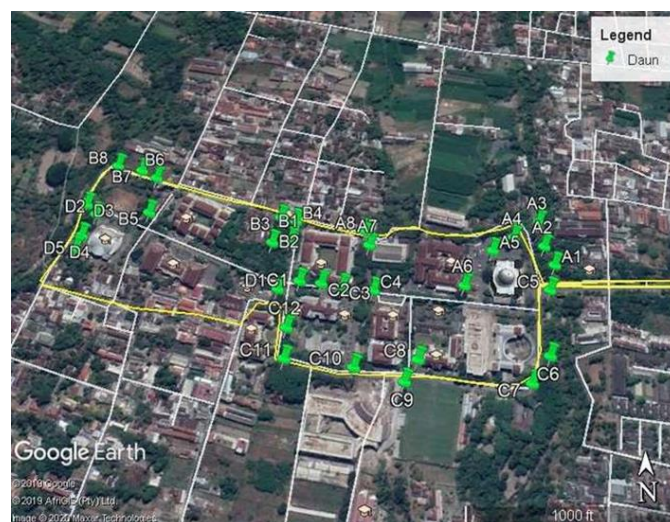
Penentuan titik sampling udara ambien mengacu pada SNI 19-7119.6-2005 bagian 6 yaitu pada area dengan potensi pencemaran udara yang tinggi. Terdapat 6 titik sampling, titik 1-5 dinilai memiliki potensi pencemaran udara berdasarkan observasi terhadap lalu lalang kendaraan bermotor, portal parkir, dan tempat parkir, sedangkan titik 6 dijadikan sebagai titik kontrol dengan minimnya aktivitas kendaraan bermotor dan aktivitas lainnya yang berpotensi menyebabkan pencemaran udara (Gambar 2). TSP (*Total Suspended Particle*) diukur mengacu pada SNI No.7119-3:2017 menggunakan alat HVAS (*High Volume Air Samples*) tipe HVP-3300 menggunakan kertas saring fiber-glass, Staplex, TFAGF810 8"x10". Suhu, tekanan, dan kelembapan udara dengan Anemometer (Lutron Lm, 8010). Analisis sampel TSP dilakukan berdasarkan SNI 7119-4:2017 dengan metode destruksi dan menggunakan AAS. Pengambilan sampel TSP dilakukan selama 6 jam yang kemudian dikonversi menjadi 24 jam menggunakan persamaan *Canter* menggunakan baku mutu udara ambien berdasarkan PP No. 41 tahun 1999 sebesar $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.



Gambar 2. Titik sampling pengukuran TSP.

b) Sampel daun Mahoni

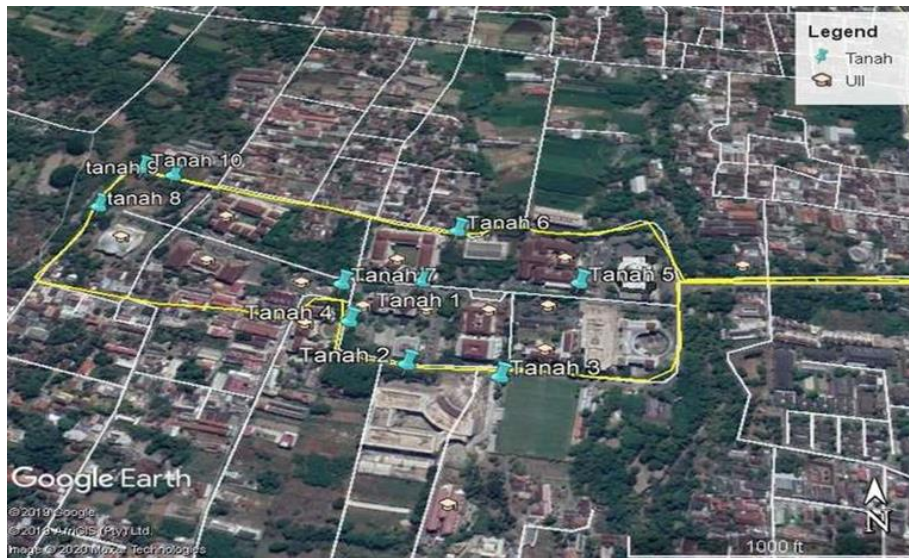
Daun Mahoni diambil menggunakan teknik *cluster random sampling* dimana dibagi berdasarkan area (*cluster*) kemudian diambil secara random pada area tersebut. Pohon Mahoni yang dijadikan sampel memiliki umur minimal 3 tahun, tinggi lebih dari 3m dan memiliki daun dengan permukaan yang kesat (berkerut). Pohon dengan kriteria tersebut diharapkan memiliki kemampuan menjerap zat pencemar dalam jangka waktu yang lama. Daun diambil pada tajuk bagian atas, tengah dan bawah mendekati batang utama pohon sebagai representatif satu pohon. Daun yang diambil berwarna tua, bukan daun yang berusia muda ataupun menjelang layu, hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa daun telah mengakumulasi logam (Aini *et al.*, 2018). Terdapat 33 sampel dengan sebaran seperti pada Gambar 3. Sampel daun yang diambil dibungkus menggunakan plastik *ziplock* untuk menghindari kontaminasi. Daun dipotong kecil-kecil dan diambil sekitar 10g untuk dilakukan destruksi menggunakan HNO_3 sebelum analisis menggunakan AAS.



Gambar 3. Titik pengambilan sampel daun Mahoni.

c) Sampel tanah disekitar pohon Mahoni

Sampel tanah diambil dari tanah disekitar pohon Mahoni dengan kedalaman sekitar kurang lebih 10 cm. Karena sebagian besar tanah sudah tertutup (trotoar) maka sampel tanah hanya diambil pada 10 titik (Gambar 4). Sebelum didestruksi menggunakan HNO_3 , sampel tanah diangin-anginkan sampai kering kemudian ditumbuk dan diayak menggunakan saringan berukuran 50 mesh.



Gambar 4. Titik sampling tanah (T).

Sampel daun dan tanah setelah melalui proses destruksi menggunakan HNO_3 kemudian dianalisis menggunakan AAS berdasarkan SNI 06-6989.8-2009 untuk Pb dengan panjang gelombang 283,3 nm, SNI 06-6989.6-2009 untuk pengukuran tembaga dengan panjang gelombang 324,7 nm sedangkan Zn menggunakan acuan SNI 06-6989.7-2009 dengan panjang gelombang 213,9 nm. Jumlah lalu lalang kendaraan selama dihitung di titik-titik dimana dilakukan pengukuran sampel udara selama studi dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

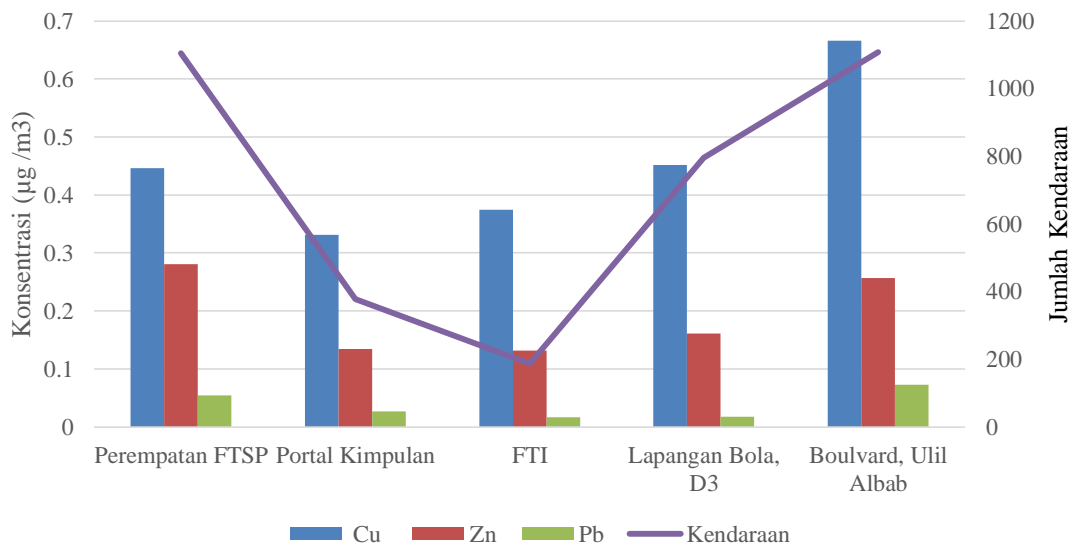
Sampel udara

Pengukuran sampel udara dilakukan pada 5 lokasi berdasarkan pertimbangan lalu lalang kendaraan bermotor dan lokasi parkir kendaraan bermotor. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 5.

Tabel 1. Hasil pengukuran TSP.

Titik Sampling	TSP 6 Jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TSP 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*
Perempatan FTSP	130,425	104,624
Portal Kimpulan	130,437	104,634
FTI	117,323	94,115
Lapangan Bola, D3	107,626	86,336
Boulevard, Ulil Albab	135,522	108,713

* Konsentrasi TSP setelah dikonversi kedalam 24 jam menggunakan persamaan carter



Gambar 5. Hasil analisis logam Pb, Cu, dan Zn pada sampel udara.

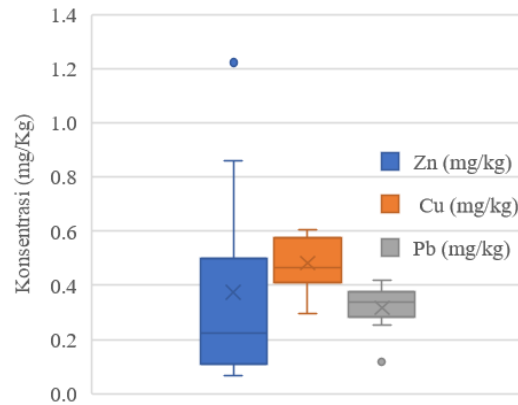
Dari hasil pengukuran TSP (Tabel 1) dapat dilihat bahwa lokasi dengan TSP yang tertinggi yaitu di lokasi Boulevard di depan masjid Ulil Albab, sedangkan konsentrasi TSP terkecil terletak pada lokasi Gedung D3 dan Lapangan bola. Lokasi Boulevard merupakan pintu gerbang kampus UII sehingga keluar masuk kendaraan cukup tinggi, hal ini bisa dilihat dari jumlah kendaraan yang paling tinggi (Gambar 5) dibandingkan lokasi lainnya. Sedangkan konsentrasi TSP paling rendah terletak di lokasi Gedung D3 dan lapangan bola, dimana lalu lalang kendaraan tidak seramai boulevard.

Hasil pengukuran dan konversi Pb, Cu, dan Zn dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa konsentrasi $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{Pb}$. Konsentrasi Pb dan tertinggi terdapat di lokasi Boulevard sedangkan terendah ditemukan di FTI. Pb erat kaitannya dengan aktivitas transportasi, dapat terlihat bahwa lalu lalang kendaraan di kedua lokasi tersebut berhubungan erat dengan konsentrasi Pb. Sedangkan untuk Cu dan Zn, konsentrasi terendah ditemukan di lokasi portal kimpulan (Cu) dan FTI (Zn), untuk konsentrasi maksimal ditemukan pada lokasi Boulevard (Cu) dan perempatan FTSP (Zn). Menurut penelitian kualitas udara ambien dikota-kota besar yang dilakukan oleh Mukhtar (2013), konsentrasi di Yogyakarta adalah Pb $0,61\text{--}12,23 \text{ ng}/\text{m}^3$, Cu $1,21\text{--}1,73 \text{ ng}/\text{m}^3$, dan seng $4,33\text{--}37,35 \text{ ng}/\text{m}^3$. Penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian kualitas udara ambien (Mukhtar et al., 2013). Logam berat di udara dapat bersumber secara alami misalnya aktivitas gunung berapi sedangkan sumber yang berasal dari antropogenik adalah industri dan transportasi (Aksu, 2015). Logam Cu di udara dapat bersumber dari partikulat yang bersumber dari erupsi gunung berapi, kondisi geografis tertentu, karena Cu secara alami berada di kerak bumi (ATSDR, 1990). Kampus Terpadu terletak di radius 20 km dari Gunung Merapi sehingga memiliki kemungkinan sebagai salah satu sumber pencemar Pb, Cu, dan Zn, walaupun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Potensi sumber pencemar lainnya adalah aktivitas transportasi

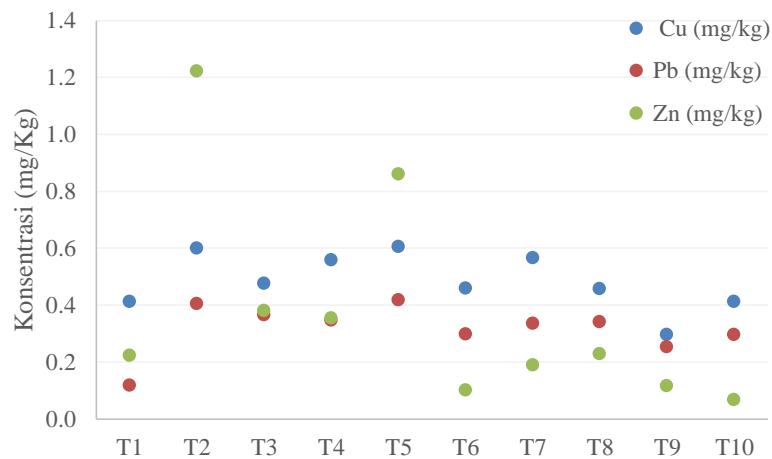
dilingkungan kampus, hal ini dapat dilihat jumlah kendaraan bermotor yang lalu lalang rata-rata sekitar 1100 kendaraan/hari (Gambar 5).

Sampel tanah

Sampel tanah diambil untuk mengetahui konsentrasi Pb, Cu, dan Zn disekitar lokasi pohon Mahoni secara komposit. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Hasil analisis logam Pb, Cu, dan Zn dari sampel tanah.



Gambar 7. Hasil analisis logam Pb, Cu, dan Zn pada setiap titik sampling.

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa Cu memiliki konsentrasi paling tinggi kemudian diikuti oleh Zn dan Pb. Di beberapa titik, konsentrasi Zn cukup tinggi dibandingkan titik sampling lainnya yaitu titik T2 dan T5. Disamping itu T2, T3, T4 dan T5 memiliki konsentrasi Zn, Pb, dan Cu yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan titik lainnya. Pada saat studi ini dilakukan terdapat kegiatan pembangunan (T2-T4) dan lalu lalang kendaraan bermotor (T5). Sedangkan T1 (Pb), T9(Cu) dan T10 (Zn) memiliki konsentrasi yang lebih rendah dibanding titik lainnya, lokasi titik ini berada di lokasi yang tidak terlalu banyak lalu lalang kendaraan bermotor, dan merupakan lahan kosong tanpa kegiatan pembangunan (Gambar 7). Logam berat walaupun secara alami telah ada di dalam kandungan tanah, kontaminasi dapat disebabkan oleh kondisi setempat misalnya dari pertanian (penggunaan pupuk dan pestisida), industri,

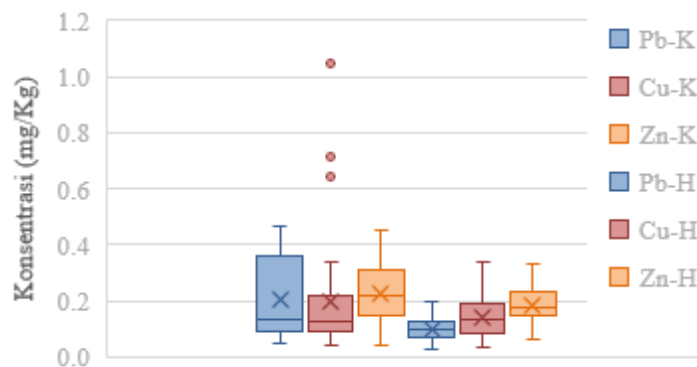
transportasi (pembakaran bahan bakar), transportasi partikulat (Çelik *et al.*, 2005). Keberadaan logam berat di dalam tanah dapat berpengaruh pada pertumbuhan tanaman. Beberapa factor yang mempengaruhi keberadaan logam berat di tanah diantara lain adalah pH, tipe tanah, kandungan organik, kandungan mineral, anion dan kation yang berada di dalam tanah (Chibuike & Obiora, 2014).

Sampel daun

Hasil analisis logam berat Pb, Cu, dan Zn untuk sampel daun dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 8. Sedangkan analisis ANOVA dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada sampel daun (n=33) pada musim kemarau dan hujan.

Parameter	Musim	Range	Rata-rata	Lokasi titik sampling	
				Min	Maks
Pb	K	0.051-0.469	0.204	D1	A8
	H	0.028-0.199	0.101	B8	C2
Cu	K	0.045-1.048	0.198	B3	A4
	H	0.034-0.340	0.143	C4	C6
Zn	K	0.040-0.453	0.229	D5	A3
	H	0.066-0.331	0.186	B7	A6



Gambar 8. Hasil analisis logam Pb, Cu, dan Zn dari sampel daun pada musim kemarau (K) dan musim hujan (H).

Tabel 3. Analisis ANOVA sampel daun musim kemarau dan musim hujan.

Parameter	Nilai -p	H ₀	Keterangan
Pb	0.000119<0.05	H ₀ ditolak	Rata-rata sampel berbeda signifikan
Cu	0.168151>0.05	H ₀ diterima	Rata-rata sampel tidak berbeda
Zn	0.038458>0.05	H ₀ diterima	Rata-rata sampel tidak berbeda

Dari Tabel 2 dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa konsentrasi logam pada daun cenderung mengalami penurunan pada saat musim hujan, hal ini dapat disebabkan karena penurunan konsentrasi partikulat di udara. Keberadaan partikulat di udara dipengaruhi oleh parameter arah dan kecepatan angin, kelembaban dan suhu udara. Pada saat musim hujan, partikulat akan mengalami desposisi basah, dimana partikulat

akan terkumpul pada butiran hujan yang kemudian akan ikut turun pada saat hujan turun (Neiburger *et al.*, 1982). Keberadaan partikulat di udara secara langsung dipengaruhi oleh keberadaan pohon. Pohon dapat menahan, melepaskan dan meresuspensi partikulat Kembali ke udara, walaupun demikian terdapat beberapa partikel yang dapat diserap oleh pohon. Partikulat yang ada dipermukaan pohon dapat tersapu oleh hujan atau jatuh ke tanah Bersama dengan daun dan ranting yang layu sedangkan pada musim kering (kemarau) sebagian partikel akan tersesuspensi kembali ke udara oleh angin (Nowak *et al.*, 2014).

Konsentrasi minimal diperoleh dari lokasi sampling yang berada di lahan kosong, minim aktivitas dan lalu lalang kendaraan bermotor sementara konsentrasi maksimal diperoleh dari pohon-pohon yang memiliki lokasi dekat dengan jalan yang ramai dengan lalu lalang kendaraan ataupun lokasi parkir dan area konstruksi gedung baru (Tabel 2). Logam yang memiliki rentang konsentrasi terbesar baik pada musim kemarau dan hujan adalah logam Cu kemudian diikuti oleh Pb dan Zn pada musim kemarau dan Zn kemudian Pb pada musim hujan (Tabel 2). Dari perbedaan ini dapat dilihat bahwa konsentrasi logam Cu pada kedua musim memiliki fluktuatif yang cukup tinggi baik pada kedua musim sedangkan Zn tidak memiliki rentang yang cukup berbeda pada kedua musim. Jika dilihat dari nilai rata-rata konsentrasi, konsentrasi rata-rata Zn lebih tinggi dibandingkan Pb dan Cu dimana $Zn > Pb > Cu$ pada musim kemarau dan $Zn > Cu > Pb$ pada musim hujan. Perbedaan konsentrasi rata-rata untuk setiap logam menunjukkan bahwa logam Pb mengalami penurunan sekitar 50,7% sedangkan Cu 27,7% dan yang terkecil adalah Zn yaitu 18,8%. Analisis ANOVA dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara konsentrasi di musim kemarau dan musim hujan (Tabel 3). Dari hasil analisis, dapat dilihat bahwa rata-rata konsentrasi masing-masing logam pada kedua musim yang berbeda cukup signifikan adalah Pb. Untuk Cu dan Zn, rata-rata di musim kemarau dan musim hujan tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Analisis Korelasi

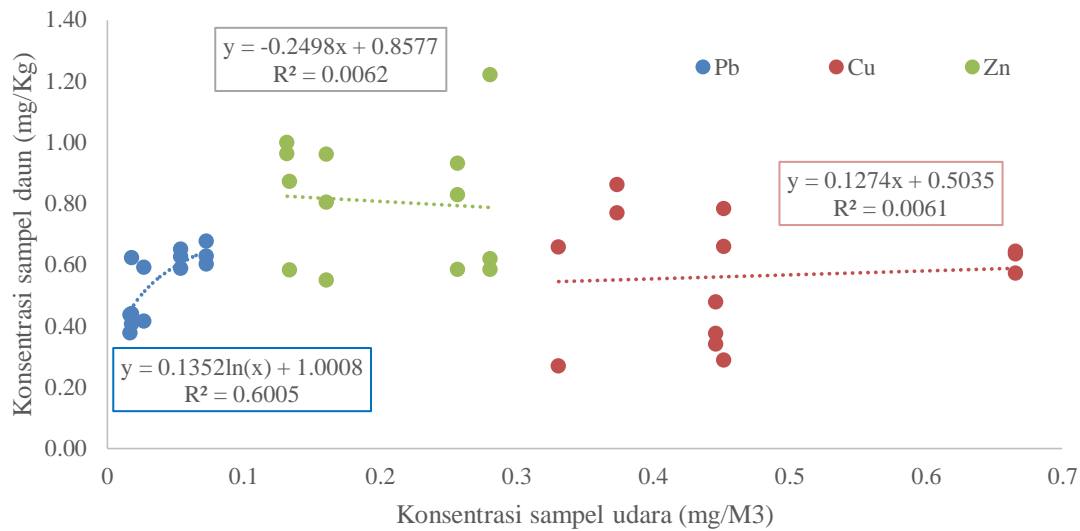
Untuk mengetahui apakah ada hubungan antara kandungan logam pada sampel daun dengan sampel udara dan tanah dilakukan analisis korelasi sederhana. Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Koefisien korelasi antara sampel daun dengan sampel udara dan sampel tanah.

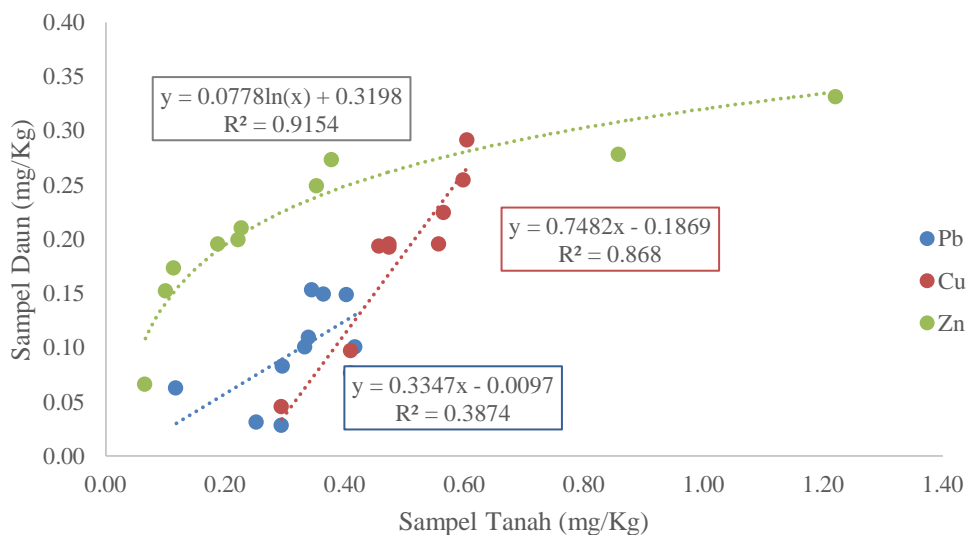
Logam	Sampel udara			Sampel tanah		
	r	p-value	Sig.	r	p-value	Sig.
Pb	0,756	0,002	p<0,05	0,62	0,055	p>0,05
Cu	0,078	0,799	p>0,05	0,93	0,000087	p<0,05
Zn	0,078	0,789	p>0,05	0,83	0,00318	p<0,05

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa hubungan korelasi yang cukup kuat ditemukan pada konsentrasi Pb antara sampel daun dan sampel udara yaitu 0,76 yang bersifat positif sedangkan untuk logam Cu dan Zn tidak terdapat hubungan korelasi (koefisien mendekati 0). Berbeda dengan sampel udara, sampel daun memiliki hubungan korelasi yang positif dengan sampel tanah dengan koefisien korelasi $>0,5$. Korelasi yang paling kuat adalah logam Cu kemudian diikuti logam Zn dan Pb. Analisis korelasi hanya

menunjukkan seberapa kuat hubungan antara dua variable dan apakah hubungan tersebut bersifat positif atau negatif tanpa mengetahui bentuk hubungan antara kedua variable tersebut. Untuk mengetahui hubungan antara kedua variabel, dimana sampel udara dan sampel tanah dianggap variabel bebas sementara sampel daun adalah variable terikat maka dilakukan analisis menggunakan grafik *scatter* dengan menggunakan trendline untuk mengetahui bentuk hubungan kedua variabel tersebut (Gambar 9 dan 10).



Gambar 9. Hubungan konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada sampel udara dan sampel daun.



Gambar 10. Hubungan konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada sampel tanah dan sampel daun.

Gambar 9 menunjukkan bahwa, hubungan antara konsentrasi logam Pb pada sampel udara dengan sampel daun memiliki hubungan logaritmik dan hanya sekitar 60% ($R^2=0,6$) dari data dapat dijelaskan dengan hubungan tersebut, sedangkan untuk

logam Cu dan Zn pada sampel udara tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan sampel daun ($R^2 < 0,1$). Sehingga di dalam studi ini, konsentrasi sampel udara memiliki hubungan dengan konsentrasi pada sampel daun hanya ditemukan pada logam Pb. Sedangkan hubungan antara konsentrasi Pb, Cu, dan Zn pada sampel tanah terhadap sampel daun menunjukkan korelasi positif dengan persamaan linear untuk Cu dan Pb dan logaritmik untuk Zn. Sebanyak 92% ($R^2 = 0,915$) dari data dapat dijelaskan oleh model logaritmik pada Zn, untuk Cu sekitar 87% ($R^2 = 0,868$) dari data dapat dijelaskan oleh model linear regresi, dan hanya sekitar 39% dari data dapat dijelaskan oleh model linear regresi pada logam Pb.

Tanaman memiliki kemampuan untuk uptake logam berat yang berasal dari tanah dalam bentuk logam berat terlarut atau yang mudah terlarut pada akar tanaman. Beberapa logam merupakan logam esensial ada pula yang non esensial. Walaupun tanaman mampu mengakumulasi logam, jika konsentrasi melebihi batas optimum maka akan terjadi efek baik langsung maupun tidak langsung pada tanaman (Chibuike & Obiora, 2014). Seng merupakan salah satu logam esensial bagi tanaman. Seng berpengaruh pada beberapa enzim pertumbuhan pada tanaman. Sebagian besar uptake Zn berasal dari tanah yang diserap melalui akar tanaman (Gupta *et al.*, 2016). Sama seperti Zn, Cu merupakan logam esensial bagi pertumbuhan tanaman, akan tetapi menjadi toksik jika melebihi batas yang dibutuhkan. Sebagian besar uptake Cu melalui akar tanaman. Faktor yang mempengaruhi uptake Cu adalah pH tanah dan kandungan organik pada tanah (Shabbir *et al.*, 2020). Pada studi ini, hubungan antara konsentrasi Cu dan Zn pada sampel tanah dan daun cukup kuat dan signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi Cu dan Zn yang terdapat pada sampel daun merupakan akumulasi yang berasal dari uptake dari tanah melalui akar pohon Mahoni.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, pohon Mahoni (*Swietenia marcophylla*) dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran udara khususnya logam Pb karena memiliki koefisien korelasi $> 0,5$ ($r = 0,76$) dengan sig. $< 0,05$ sedangkan untuk konsentrasi logam Cu dan Zn tidak menunjukkan hubungan korelasi yang signifikan dengan konsentrasi pada pohon Mahoni akan tetapi menunjukkan korelasi yang cukup kuat dengan konsentrasi Cu dan Zn pada sampel tanah Cu ($r = 0,93$) dan Zn ($r = 0,83$) dengan sig. $< 0,05$, sehingga memiliki potensi sebagai bioindikator pada pencemaran di tanah. Walaupun demikian penelitian lebih lanjut sebaiknya dilakukan untuk mengetahui uptake dengan pasti apakah dari udara dan tanah, serta apakah adanya pengaruh spatial dan temporal.

SANWACANA

Terima kasih kepada Laboratorium Kualitas Air Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia atas bantuannya dalam analisis sampel sehingga penelitian ini bisa terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, F., Mardiyah, S., Wahyuni, F., Millah, A. U., & Ihsan, M. (2018). Kajian Tanaman Penyerap Timbal (Pb) dan Pengikat Karbon di Lingkungan Kampus Universitas Jambi. *BIOSITE /BIOLOGI Sains Terapan*, 3(2), 54–60. <https://doi.org/10.22437/bs.v3i2.4603>
- Aksu, A. (2015). Sources of metal pollution in the urban atmosphere (A case study: Tuzla, Istanbul). *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0224-9>
- ATSDR. (1990). Chromium (VI) REGULATIONS , ADVISORIES , AND GUIDELINES. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, Vi, 417–425.
- Çelik, A., Kartal, A. A., Akdoğan, A., & Kaska, Y. (2005). Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio pseudo-acacia L. *Environment International*, 31(1), 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.07.004>
- Chibuike, G. U., & Obiora, S. C. (2014). Heavy metal polluted soils: Effect on plants and bioremediation methods. *Applied and Environmental Soil Science*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/752708>
- Des, M., Vauzia, & Gusti, Y. S. (2020). Characteristics of Mahogany Stomata (*Swietenia macrophylla* K.) in Polluted Environments. 10(ICoBioSE 2019), 39–42. <https://doi.org/10.2991/absr.k.200807.009>
- Gupta, N., Ram, H., & Kumar, B. (2016). Mechanism of Zinc absorption in plants: uptake , transport , translocation and accumulation. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. <https://doi.org/10.1007/s11157-016-9390-1>
- Harrison, R. M., Tilling, R., Callén Romero, M. S., Harrad, S., & Jarvis, K. (2003). A study of trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in the roadside environment. *Atmospheric Environment*, 37(17), 2391–2402. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(03\)00122-5](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00122-5)
- Kurniati, C. (2015). Evaluasi nilai APTI dan API pada *Swietenia macrophylla* dan *Agathis dammara* yang terdapat di Kampus ITB Ganesha, Bandung. 1, 1610–1614. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010712>
- Miri, M., Rostami Aghdam Shendi, M., Ghaffari, H. R., Ebrahimi Aval, H., Ahmadi, E., Taban, E., Gholizadeh, A., Yazdani Aval, M., Mohammadi, A., & Azari, A. (2016). Investigation of outdoor BTEX: Concentration, variations, sources, spatial distribution, and risk assessment. *Chemosphere*, 163, 601–609. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.07.088>
- Mukhtar, R., Wahyudi, H., Hamonangan Panjaitan, E., Lahtiani, S., Santoso, M., Dwiana Lestiani, D., & Kurniawati, S. (2013). Kandungan Logam Berat Dalam Udara Ambien Pada Beberapa Kota Di Indonesia. *Jurnal Ecolab*, 7(2), 49–59. <https://doi.org/10.20886/jklh.2013.7.2.49-59>
- Neiburger, M., Edinger, J. G., & Bonner, W. D. (1982). Understanding our atmospheric environment. *Understanding Our Atmospheric Environment*. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(75\)90059-7](https://doi.org/10.1016/0016-7185(75)90059-7)
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A., & Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, 193, 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028>
- Sawidis, T., Breuste, J., Mitrovic, M., Pavlovic, P., & Tsigaridas, K. (2011). Trees as

- bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. *Environmental Pollution*, 159(12), 3560–3570. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.08.008>
- Shabbir, Z., Sardar, A., Shabbir, A., Abbas, G., & Shamshad, S. (2020). Copper uptake, essentiality, toxicity, detoxification and risk assessment in soil-plant environment. *ECSN*, 127436. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127436>
- Sulistijorini, Mas'ud, Z. A., Nasrullah, N., Bey, A., & Tjitrosemito, S. (2008). Tolerance Levels of Roadside Trees to Air Pollutants Based on Relative Growth Rate and Air Pollution Tolerance Index. *HAYATI Journal of Biosciences*, 15(3), 123–129. <https://doi.org/10.4308/hjb.15.3.123>