

**ANALISIS KADAR LOGAM TIMBAL (Pb)
PADA DAUN MAHONI, FLAMBOYAN, DAN PINUS
DI KAWASAN INDUSTRI DAUR ULANG AKI BEKAS
PADA MUSIM HUJAN DAN KEMARAU**



**ANALISIS KADAR LOGAM TIMBAL (Pb)
PADA DAUN MAHONI, FLAMBOYAN, DAN PINUS
DI KAWASAN INDUSTRI DAUR ULANG AKI BEKAS
PADA MUSIM HUJAN DAN KEMARAU**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Sains
Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

Oleh:

SINDIA PERMATA ZAHRA
NIM: 11160960000068



PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SYARIF HIDAYATULLAH
JAKARTA**

2022 M / 1444 H

PERNYATAAN

DENGAN INI MENYATAKAN BAHWA SKRIPSI INI ADALAH HASIL KARYA SAYA SENDIRI DAN BELUM PERNAH DIAJUKAN SEBAGAI SKRIPSI ATAU KARYA ILMIAH PADA PERGURUAN TINGGI ATAU LEMBAGA MANAPUN.

Jakarta, Agustus 2022



Sindia Permata Zahra
11160960000068

ABSTRAK

SINDIA PERMATA ZAHRA. Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) Pada Daun Mahoni, Flamboyan, Dan Pinus Di Kawasan Industri Daur Ulang Aki Bekas Pada Musim Hujan Dan Kemarau. Dibimbing oleh **HENDRAWATI** dan **MUHAMMAD YUSUP HIDAYAT**.

Pencemaran udara disekitar daerah industri peleburan aki bekas di Desa Kadu Tangerang masih terbilang sangat tinggi, komponen utama aki terbuat dari logam timbal (Pb). Dalam industri daur ulang aki bekas menghasilkan logam timbal murni, dan juga menghasilkan sisa peleburan yang dapat meluruh ke daun pada tumbuhan yang berakibat buruk terhadap lingkungan dan aktivitas manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyerapan logam Pb yang terdapat dalam daun Flamboyan, Mahoni, dan Pinus yang berada di kawasan industri tersebut dan membandingkan kadar Pb berdasarkan musim hujan dan musim kemarau. Metode sampling menggunakan *purposive sampling* area pada titik lokasi di daerah Desa Kadu Tangerang di kawasan industri daur ulang aki bekas. Destruksi asam pada daun mengacu pada AOAC 975.03-2005 menggunakan HNO_3 65 % dan HClO_4 70 %. *Quality Control* yang dilakukan yaitu linearitas dengan nilai regresi sebesar 0,995 dan akurasi (*standard reference material* sebesar 97,14% dan % *Recovery Spike* sebesar 90,45%). Dengan tujuan untuk menjamin mutu hasil pengujian yang valid menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil yang didapatkan bahwa musim kemarau yang menghasilkan kadar Pb dari tertinggi sampai paling rendah sebagai berikut: daun Flamboyan sebesar 4891,51 ppm, Pinus 1686,05 ppm dan Mahoni 407,68 ppm. Hasil yang didapatkan pada musim hujan yang menghasilkan kadar Pb dari tertinggi sampai paling rendah sebagai berikut: daun Flamboyan 860,47 ppm, Pinus 793,75 dan Mahoni 276,17 ppm. Perbandingan data statistik musim kemarau dan hujan diambil berdasarkan data curah hujan Badan Pusat Statistik stasiun pengamatan di Provinsi Banten.

Kata kunci: hujan, kemarau, pencemaran udara, septrofotometer serapan atom, timbal.

ABSTRACT

SINDIA PERMATA ZAHRA. Analysis of Lead (Pb) Levels In Mahogany, Flamboyant, And Pine Leaves In Used Battery Recycling Industrial Areas In The Rainy And Dry Seasons. Supervised by **HENDRAWATI** and **MUHAMMAD YUSUP HIDAYAT**.

Air pollution around the used battery smelting industry in Kadu Village, Tangerang is still very high, the main component of the battery is made of lead metal (Pb). In the recycling industry, used batteries produce pure lead metal, and also produce smelting residues that can decay to leaves in plants which are bad for the environment and human activities. This study aimed to analyze the absorption of Pb contained in the Flamboyant, Mahogany, and Pine Leaves in the Industrial Area and to compare Pb levels based on the rainy season and dry season. The sampling method used a purposive sampling area at location points in the Kadu Village area, Tangerang in the used battery recycling industrial area. Acid destruction in leaves refers to AOAC 975.03-2005 using 65% HNO₃ and 70% HClO₄. Quality Control carried out is linearity with a regression value of 0.995 and accuracy (standard reference material of 97.14% and % Recovery Spike of 90.45%) with the aim of ensuring the quality of valid test results using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The results showed that the dry season that produced Pb levels from the highest to the lowest were as follows: Flamboyant leaves 4891.51 ppm, Pinus 1686.05 ppm and Mahogany 407.68 ppm. The results showed that the rainy season that produced Pb levels from the highest to the lowest were as follows: Flamboyant leaves 860.47 ppm, Pinus 793.75 and Mahogany 276.17 ppm. The comparison of dry and rainy season statistical data was taken based on rainfall data from the Central Statistics Agency for observation stations in Banten Province.

Keywords: rain, dryness, air pollution, atomic absorption septrophotometer, lead.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. Atas rahmat Allah yang telah memberikan kesempatan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan SKRIPSI dengan judul “Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) Pada Daun Mahoni, Flamboyan, Dan Pinus Di Kawasan Industri Daur Ulang Aki Bekas Pada Musim Hujan Dan Kemarau”. Shalawat serta salam semoga selalu Allah berikan kepada kita umat Nabi Muhammad SAW, keluarga, beserta para sahabatnya.

Skripsi penelitian ini untuk memenuhi syarat penyelesaian tugas akhir serta untuk memperoleh gelar sarjana Sains baik di Universitas maupun di Instansi. Dukungan dan partisipasi secara langsung maupun tidak langsung selalu tercurah dalam penyusunan skripsi ini, penulis dengan kerendahan hati ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada beberapa pihak sebagai berikut.

1. Dr. Hendrawati, M.Si., selaku Pembimbing I di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
2. Muhammad Yusup Hidayat, S. Hut., M.Si selaku Pembimbing II di Pusat Konservasi Tumbuhan, Kebun Raya, dan Kehutan.
3. Yulyani Nur Azizah, M.Si selaku penguji II yang telah memberikan wawasan ilmu pengetahuan dan kemudahan dalam penulisan.
4. Dr. La Ode Sumarlin, M.Si, sebagai penguji I dan Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
5. Ir. Nashrul Hakiem, S.Si., M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

6. Staff laboratorium tanah dan daun Bu Siti, bang Onig, ka Yohana, mba Endah, ka Ness dan ka Riris yang telah memberikan bantuan dan bimbingannya selama analisa di laboratorium tanah dan daun.
7. Orang tua yang selalu memberikan dukungan baik dari awal hingga akhir.
8. Lesmiana Agustin selaku rekan praktik laboratorium dan lapangan di B3 limbah padat.
9. Teman teman rumah yang selalu mendukung tanpa henti Aulya, Dina, Alifni, dan Ica.
10. Abang abangku tersayang yang sangat memotivasi abang Imet, abang Tomi, dan abang Ijep serta adikku Bagas.

Semoga bantuan dan partisipasi yang diberikan menjadi amal ibadah yang berkah bagi Bapak, Ibu, dan rekan-rekan sehingga memperoleh balasan yang lebih baik dan tiada hentinya dari Allah SWT.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk penulis khususnya dan untuk para pembaca pada umumnya, serta dapat dijadikan sumbangan pikiran untuk perkembangan pendidikan khususnya di bidang Kimia.

Jakarta, Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Hipotesis Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian.	5
1.6 Pembatasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Pencemaran Daur Ulang Aki	8
2.2 Sumber Pencemaran Timbal (Pb)	9
2.3 Timbal (Pb)	10
2.4 Musim Kemarau.....	11
2.5 Musim Hujan.....	12
2.6 Flamboyan.....	14
2.7 Mahoni	15
2.8 Pinus.....	16
2.9 Destruksi Asam	16
2.9.1 Destruksi Asam Basah.....	17
2.9.2 Destruksi Asam Kering	17
2.10 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.2.1 Alat.....	20

3.2.2 Bahan	20
3.3 Diagram Alir Penelitian	21
3.4 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel	22
3.5 Teknik Pengambilan Sampel Daun (Hindratmo, 2019).....	23
3.6 Preparasi Sampel Daun (AOAC 980.03 2005)	23
3.7 Pembuatan Larutan Uji Pb Standar 100 ppm.....	23
3.7.1Larutan Standar Pb.....	23
3.8 Pembuatan <i>Spike</i> Sampel Daun.....	24
3.9 Destruksi Asam pada sampel Daun (AOAC 975.03.2005)	24
3.10 Analisis Pengukuran Logam Pb menggunakan <i>Atomic Absorption Spectroscopy</i> (AAS)	24
3.11 Penetapan Pengendalian Mutu	25
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Sampel Daun Mahoni, Flamboyan, dan Pinus	28
4.2 Hasil Destruksi Asam	29
4.3 Hasil Penetapan <i>Quality Control</i>	31
4.3.1 Kurva Linearitas.....	31
4.3.2 Akurasi Nilai Pb pada Daun.	32
4.3.3 Perbandingan uji kandungan penyerapan daun pada saat musim kemarau dan hujan.	34
4.4 Perbandingan Akumulasi dan Efisiensi Serapan Logam Pb pada Setiap Jenis Daun pada tahun 2019-2020	37
 BAB V PENUTUP	41
5.1 Simpulan	41
5.2 Saran.	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	50

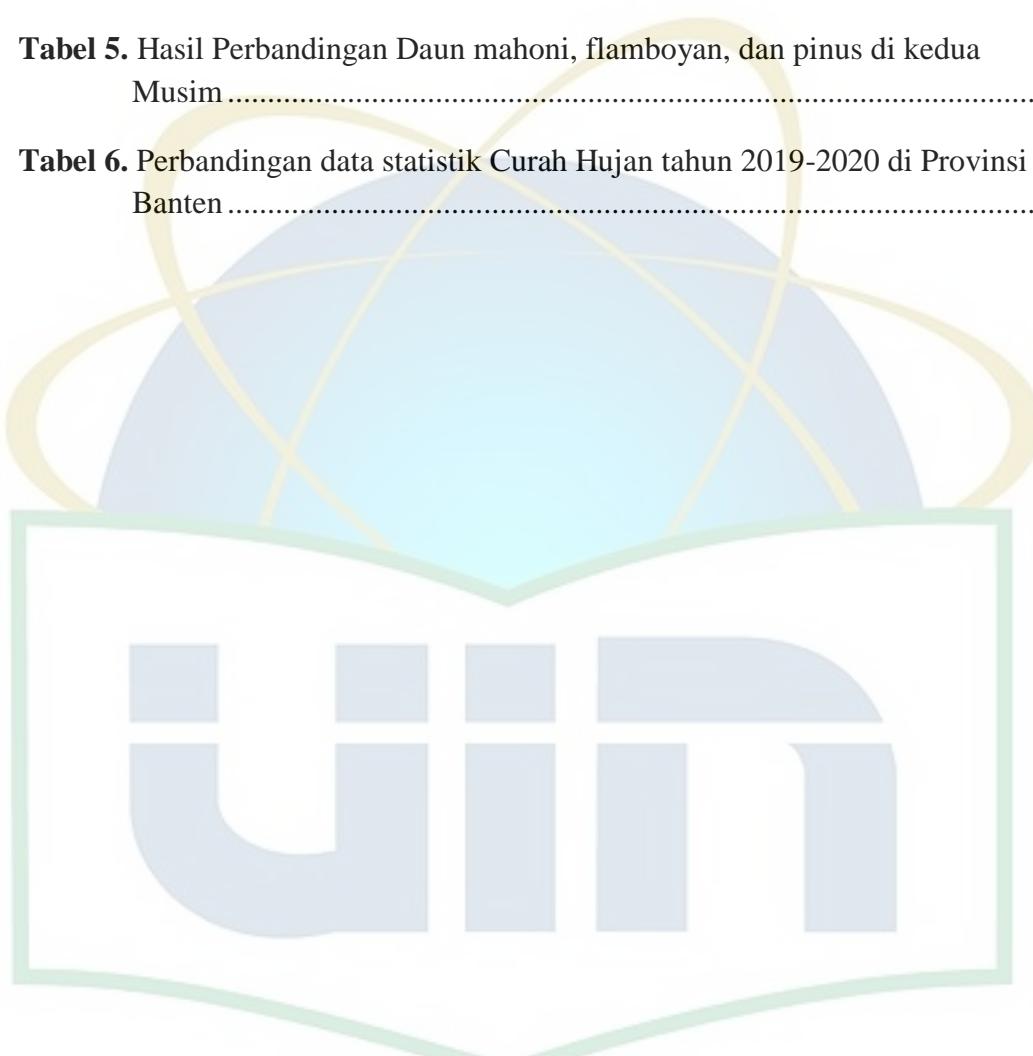
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema Daur ulang aki bekas	8
Gambar 2. Daun Flamboyan.	14
Gambar 3. Daun Mahoni	15
Gambar 4. Daun Pinus.....	16
Gambar 5. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) di P3KLL-KLHK	19
Gambar 6. Bagan Alir Penelitian	21
Gambar 7. Lokasi Pengambilan Sampel Sekitar Pabrik.....	22
Gambar 8. Kurva Larutan Standa Pb.....	32
Gambar 9. Permukaan daun Pinus, Mahoni dan Flamboyan.	35
Gambar 10. Kurva serapan kadar Pb pada daun Flamboya, Mahoni dan Pinus pada tahun 2019-2020.....	37



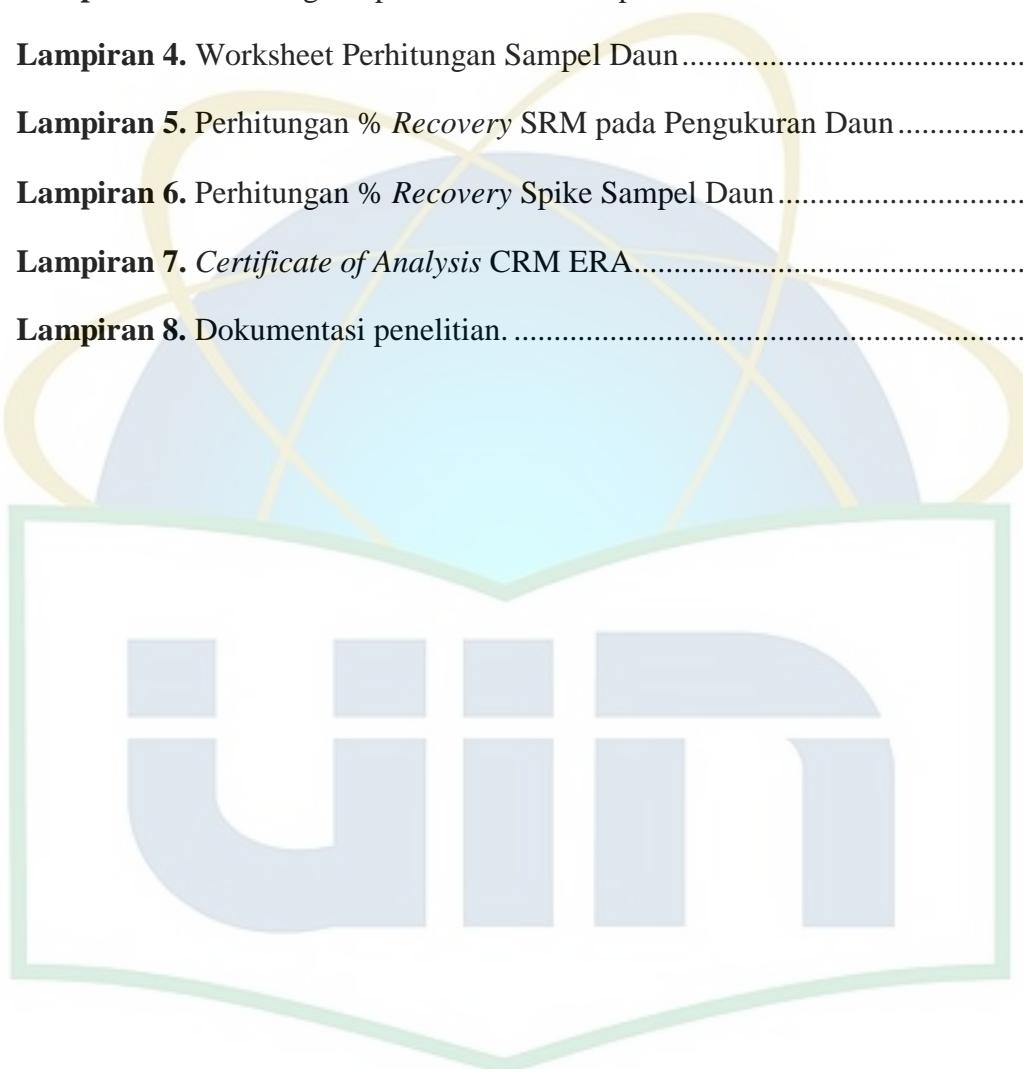
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hasil Pengujian CRM sebagai <i>Quality Control</i>	33
Tabel 2. Hasil Pengujian <i>Recovery Spike</i> Sampel.....	34
Tabel 3. Hasil Pengujian Kandungan Logam pada Daun Pada Musim Kemarau.....	34
Tabel 4. Hasil Pengujian Kandungan Logam Pada Daun Pada Musim Hujan	36
Tabel 5. Hasil Perbandingan Daun mahoni, flamboyan, dan pinus di kedua Musim	34
Tabel 6. Perbandingan data statistik Curah Hujan tahun 2019-2020 di Provinsi Banten	39



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan pembuatan larutan standar campuran logam Pb 100 ppm	50
Lampiran 2. Perhitungan pembuatan deret standar kurva kalibrasi 0.2 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm.....	50
Lampiran 3. Perhitungan Spike Pb untuk Sampel Daun.....	50
Lampiran 4. Worksheet Perhitungan Sampel Daun.....	51
Lampiran 5. Perhitungan % <i>Recovery</i> SRM pada Pengukuran Daun.....	52
Lampiran 6. Perhitungan % <i>Recovery</i> Spike Sampel Daun.....	52
Lampiran 7. <i>Certificate of Analysis</i> CRM ERA.....	53
Lampiran 8. Dokumentasi penelitian.	54



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerusakan lingkungan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan, salah satunya adalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Kegiatan antropogenik bisa kita maknai secara sederhana sebagai aktivitas manusia baik sengaja maupun tidak sengaja dan dilakukan secara terus-menerus. Serta memberikan dampak buruk bagi masyarakat karena memicu atau mempercepat terjadinya bencana (Gill 2020; Malamud 2017) yang nantinya bisa mengurangi kualitas lingkungan udara, tanah dan air (Amin et al. 2011; Szczygłowska et al. 2014).

Kerusakan lingkungan meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Berbagai kegiatan yang bertujuan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat ternyata berdampak negatif terhadap lingkungan (Paoletti et al. 2010). Bentuk dampak negatif pada kualitas lingkungan salah satunya melalui pencemaran udara dan di tanah. Pencemaran logam timbal (Pb) menjadi masalah penting karena saat terakumulasi di tanah dapat menyebar ke daerah sekitarnya melalui air, angin, dan penyerapan oleh tumbuhan (Chaney et al. 1998).

Pada dasarnya logam timbal dipisahkan melalui proses peleburan, sehingga selain menghasilkan logam timbal murni juga menghasilkan efek berbahaya. Contoh dari residu peleburan yang berdampak negatif terhadap lingkungan dan aktivitas manusia, yaitu limbah B3 (bahan berbahaya dan

beracun) seperti partikel debu timbal yang salah satunya masuk ke udara akibat aktivitas manusia di lingkungan yang berat (Ebadi et al. 2005).

Industri logam di mana limbah terbuang dan menjadi polutan berbahaya bagi kehidupan. Timbal diketahui ada di semua lingkungan di alam, termasuk tanah, sungai, danau, dan lautan. Logam timbal merupakan logam yang cukup berat (Samsoedin et al. 2015).

Timbal merupakan unsur toksik yang walaupun dalam jumlah yang relatif rendah dapat membahayakan kesehatan manusia (Samsoedin et al. 2015). Salah satu jalur paparan timbal pada manusia adalah melalui sistem pernapasan, sekitar 25-50% timbal diserap oleh paru-paru, karena ukurannya yang kecil ($<0,5\mu\text{m}$), lalu sisanya diserap oleh hidung retensi rambut (Eibensteiner et al. 2005).

Pencemaran udara di kawasan industri, khususnya kawasan industri Desa Kadu di daerah Kabupaten Tangerang terindikasi adanya kontaminasi logam berat jenis timbal (Pb) yang sudah sangat memprihatinkan. Hal ini ditandai dengan ditemukannya kadar timbal yang tinggi pada udara ambien seperti di beberapa titik di Desa Kadu yang kadarnya bisa mencapai $3,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 24 jam dikarenakan adanya pencemaran pabrik peleburan aki bekas (Mukhtar et al. 2014).

Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi Pb telah melampaui baku mutu sesuai PP No 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara yaitu $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 24 jam. Berbagai sumber paparan timbal dapat terserap kedalam tubuh melalui jalur pencernaan, pernapasan, dan kontak dengan kulit. Pada penelitian sebelumnya diketahui kadar timbal dalam darah pada anak sekolah di sekitar kawasan industri Kadu tersebut yang mencapai rata-rata $39,18 \mu\text{g}/\text{dL}$, sementara

ambang batas kadar timbal dalam darah menurut World Health Organization (WHO) mengisyaratkan hanya 5 µg/dL (Budiyono et al. 2016).

Mengingat bahwa logam timbal (Pb) termasuk dalam kategori logam berat yang memiliki sifat berbahaya dan beracun maka kadarnya perlu diukur secara valid dan membutuhkan ketelitian yang tinggi. Di dalam Al-Qur'an, Allah SWT berfirman dalam surah Al-A'raf [7] ayat 85:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا ذَلِكُمْ خَيْرٌ لَّكُمْ إِنْ كُنْتُمْ مُّؤْمِنِينَ (٨٥)

Artinya: ..*dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi sesudah tuhan memperbaikinya. Yang demikian itu lebih baik bagimu jika betul-betul kamu orang-orang yang beriman.*" (QS. Al- A'raf ayat 85).

Dalam *Tafsir Ibnu Katsir* maksud dari ayat diatas suatu pesan supaya kita mendengarkan seruan dari para rosul. Allah telah menegakkan berbagai macam bukti yang menunjukkan keberadaan apa yang dibawa kepada kita. Sebagai umat islam kita seharusnya sadar bahwa telah memberikan nikmat-Nya disekitar kita, kewajiban kita sebagai orang islam menjaga pemberian-Nya serta tidak melakukan hal-hal yang dapat merusak lingkungan yang berada disekitar kita (Abdullah, 2007).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kadar timbal di industri peleburan aki bekas Desa Kadu Tangerang. Penelitian ini juga membandingkan kadar timbal pada saat musim hujan dan kemarau di kawasan industri peleburan aki bekas. Penanaman pohon merupakan salah satu bentuk solusi alternatif terhadap pencemaran udara akibat logam timbal (Raskin & Ensley 2001). Menurut Caroline & Moa (2015), karena pada umumnya tumbuhan mampu menyerap logam berat timbal di udara. Beberapa jenis pohon seperti Pinus,

Kemuning, Bintaro dan Mahoni, mampu menyerap logam berat timbal (Hindratmo et al. 2019).

Pada penelitian ini, dipilih tanaman Flamboyan, Mahoni, dan Pinus. Sebab tumbuhan tersebut bukan sebagai sumber pangan di kalangan masyarakat, dan mudah ditemukan. Sehingga hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rekomendasi tanaman yang dapat digunakan dalam tindakan penanggulangan dampak pencemaran timbal, khususnya di sekitar lokasi peleburan aki bekas (Alifandi, 2010).

1.2 Perumusan Masalah

1. Berapakah kadar timbal yang terjerap oleh daun Flamboyan, Mahoni, dan Pinus, serta tanaman manakah yang paling efektif dalam menyerap logam timbal?
2. Membandingkan kadar timbal dalam daun di kawasan industri daur ulang aki bekas yang ditanami tanaman Flamboyan, Mahoni dan pinus dengan pengaruh musim hujan dan kemarau

1.3 Hipotesis Penelitian

1. Kadar Pb dalam daun di kawasan industri daur ulang aki bekas yang ditanami tanaman Flamboyan, Mahoni, dan Pinus telah melewati ambang batas yang ditetapkan *World Health Organization* (WHO), dan permukaan tanaman yang paling efektif dalam menyerap timbal yaitu permukaan daun tanaman Flamboyan.

2. Kadar Pb paling efektif diserap oleh tanaman Flamboyan di musim kemarau dibandingkan pada musim hujan.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui tingkat pencemaran kadar logam timbal (Pb) pada daun yang berada di kawasan industri peleburan aki bekas.
2. Mengetahui kadar Pb dalam daun di kawasan industri daur ulang aki bekas pada musim kemarau dan hujan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini diharapkan dapat mengetahui kadar timbal yang terkandung pada daun Flamboyan, Pinus, dan Mahoni serta dapat membandingkan kadar logam Pb dengan perbedaan musim. Selain itu, diharapkan dapat memberi solusi terhadap kadar timbal yang sudah terpapar oleh 3 jenis daun yang berbeda tersebut.

1.6 Pembatasan Masalah

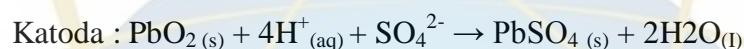
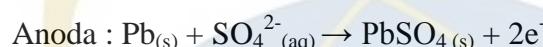
1. Lokasi penelitian terletak di Desa Kadu, Kecamatan Curug, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten.
2. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah kandungan Pb yang ada pada daun Flamboyan, Mahoni, dan Pinus pada musim hujan dan kemarau, di kawasan industri peleburan aki bekas di Desa Kadu, Kecamatan Curug, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten.

BAB II

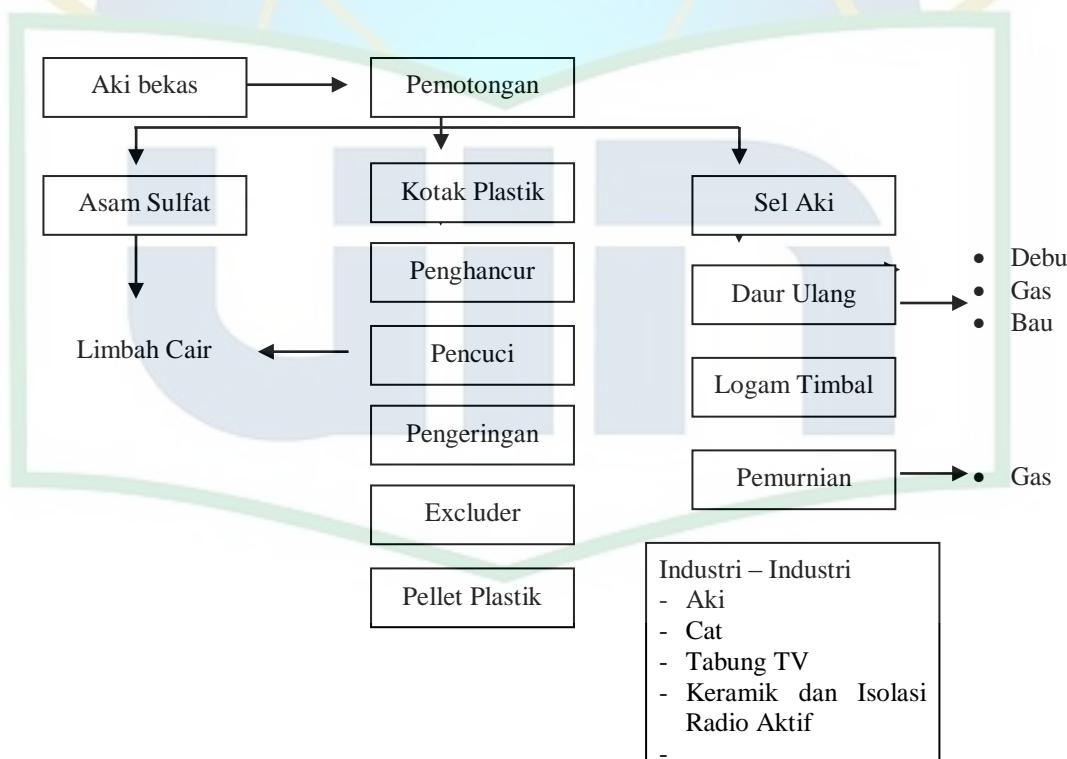
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Daur Ulang Aki (*Accumulator*)

Aki atau *Accumulator* adalah alat penyuplai energi dalam kendaraan bermotor. Sampai sekarang komponen utamanya masih terbuat dari logam timbal (Pb) dan belum ada alternatif yang mampu menggantikannya. Sebagai penyuplai energi listrik, didalam aki timbul reaksi kimia sebagai berikut :



Berikut skema cemaran dan daur ulang aki bekas pada Gambar 1.



(Sumber : Suseno & Hadi, 2014)

Gambar 1. Skema Daur Ulang Aki Bekas

Daur ulang aki bertujuan untuk mengambil logam timbal (Pb) murni dan plastik *box*, untuk dimanfaatkan kembali. Proses daur ulang dapat dilakukan oleh masyarakat dengan skala rumah tangga, industri kecil bahkan industri besar. Teknologi yang digunakan juga bermacam-macam dari yang sangat sederhana hingga teknologi tinggi, tetapi logam timbal pada dasarnya dipisahkan dengan proses peleburan, sehingga disamping menghasilkan logam timbal murni, juga menghasilkan sisa peleburan yang berdampak buruk terhadap lingkungan dan aktivitas manusia (Athanasius & Bayuseno 2009).

2.2 Sumber Pencemaran Timbal

Pembangunan industri pada waktu ini menyebabkan paparan logam berat diantaranya ialah timbal atau plumbum (Pb). Salah satunya yaitu industri peleburan aki bekas yang sudah banyak dilakukan serta tersebar di berbagai macam daerah indonesia. Komponen aki hingga detik ini masih berbahan utama logam timbal (Pb). Aki yang yang sudah rusak didaur ulang dan dileburkan kembali untuk mengambil logam timbal murni.

Proses peleburan aki bekas ini bila tidak didaur ulang menggunakan teknologi yang tepat maka akan berdampak buruk terhadap lingkungan, sebab bisa mencemari air minum karena adanya kontaminasi dari pipa, *solder wire* serta kran air. Logam timbal tersebut mempunyai dampak negatif terhadap kesehatan, baik jangka pendek maupun jangka panjang (Gunawan & lily 2013).

Sumber timbal Pb berasal dari kegiatan antropogenik atau dari alam yang berasal dari pelapukan geologis dan letusan gunung berapi. Dampak dari aktivitas tersebut tercemarnya Pb ke lingkungan yang berasal dari berbagai aktivitas antara

lain: pertambangan, peleburan, serta kegiatan usaha sampingan dari industri *accu* (aki), kabel, pigmen, dan produksi baja.

Perkiraan dari kegiatan pertambangan dan peleburan jumlah Pb yang tercemar ke lingkungan sekitar 126.000 ton/tahun, dan asal kegiatan lainnya sekitar 3 juta ton/tahun (Suksmerri, 2008).

2.3 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) artinya jenis logam yang lunak dan berwarna coklat kehitaman, dan mudah dimurnikan. Pada bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum, serta logam ini disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk ke pada golongan IVA di tabel periodik unsur kimia, selanjutnya memiliki nomor atom 82 dengan bobot atau berat atom 207,2 (Musriadi, 2014). Timbal jarang ditemukan di alam dalam keadaan bebas, melainkan pada bentuk senyawa menggunakan molekul lain, contohnya pada bentuk $PbBr_2$ dan $PbCl_2$ (Gusnita, 2012).

Timbal bersifat lentur, timbal sangat rapuh dan mudah mengkerut pada pendinginan, sulit larut pada air dingin, air panas, serta air asam. Timbal dapat larut pada asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat. Bentuk oksidasi yang paling umum ialah timbal (II) serta senyawa organometalik yang terpenting ialah timbal tetra etil (TEL : *Tetra Ethly Lead*). timbal tetra metil (TML : *Tetra Methyl Lead*) dan timbal stearat. Timbal merupakan logam yang tahan terhadap korosi atau karat, sehingga sering digunakan sebagai bahan coating (Amalia, 2016).

Menurut Darmono (2001), produksi baterai di kendaraan bermotor ialah penggunaan timbal pada jumlah yang paling banyak saat ini. Pb adalah salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena bersifat

karsinogenik, dapat menyebabkan mutasi, terurai dalam jangka yang lama serta toksisitasnya yang tidak berubah (Yudha et al. 2013). Secara kimiawi, timbal memiliki titik uap yang rendah serta dapat menstabilkan senyawa lain sehingga berguna di ratusan produk industri. Secara klinis, timbal merupakan bahan toksik murni, tidak ada organisme yang fungsinya bergantung pada timbal (Lubis et al. 2013).

Menurut Darmono (2001); Raharjo et al. (2018) disebutkan bahwa timbal mempunyai sifat persisten serta toksik serta bisa terakumulasi dalam rantai makanan. Absorpsi timbal pada tubuh sangat lambat, akibatnya terjadi akumulasi dan menjadi dasar keracunan yang progresif. Keracunan timbal ini mengakibatkan kadar timbal yang tinggi dalam aorta, hati, ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung dan otak (Raharjo et al. 2018).

2.4 Musim Kemarau

Permulaan musim kemarau ditetapkan berdasarkan jumlah curah hujan dalam satu dasarian (10 hari) kurang dari 50 milimeter dan diikuti oleh beberapa dasarian berikutnya. Permulaan musim kemarau, bisa terjadi lebih awal (maju), sama atau lebih lambat (mundur) dari normalnya (rata-rata 1981-2010). Menurut Rejekiningrum (2011), penyebab utama perubahan iklim adalah kegiatan manusia (antropogenik) yang berkaitan dengan meningkatnya emisi gas rumah kaca seperti CO₂, methane (CH₄), CO₂, NO₂, dan CFCs (*chlorofluorocarbons*) yang mendorong terjadinya pemanasan global.

Menurut Hidayat (2005), apabila curah hujan bulanan kurang dari 100 mm ditetapkan sebagai musim kemarau, dan apabila curah hujan bulanan antara 100-

200 mm maka ditetapkan musim pancaroba, hal ini mengikuti kriteria bulan basah dan bulan kering menurut Oldeman. Menurut De Boer dalam Kristiastomo (1997), 3 region permulaan musim kemarau terjadi pada rata-rata bulan April, rata-rata bulan Mei, rata-rata bulan Juni.

2.5 Musim Hujan

Hujan merupakan jatuhnya suatu cairan dari atmosfer yang berwujud cair maupun beku ke permukaan bumi. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG, 2020) hujan adalah suatu bentuk presipitasi atau endapan dari cairan atau zat padat yang berasal dari kondensasi yang jatuh dari awan menuju permukaan bumi. Hujan turun biasanya tidak lepas dari pengaruh kelembaban udara yang memacu jumlah titik-titik air yang terdapat pada udara.

Curah hujan adalah banyaknya air hujan yang jatuh pada permukaan bumi suatu daerah dalam kurun waktu tertentu. Curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir (BMKG, 2020). Satuan yang digunakan untuk mengukur curah hujan adalah milimeter (mm).

Kondisi geografis dan bentuk topografi yang beragam di tiap wilayah menyebabkan terjadinya variabilitas hujan di Indonesia. Tingkat variabilitas hujan cukup tinggi terhadap ruang dan waktu (Wijayanti et al. 2015). Perubahan iklim yang telah terjadi berdampak terhadap sektor pertanian khususnya pada ketersediaan air. Melviana et al. (2007) menyatakan kondisi musim yang bervariatif dapat meningkatkan curah hujan yang cukup banyak pada saat musim penghujan yang dapat menyebabkan potensi banjir, longsor, bahkan dapat

mengurangi luasan lahan pertanian. Selain itu, dapat menyebabkan pengurangan curah hujan yang cukup signifikan pada saat musim kemarau sehingga berdampak terhadap pengurangan pasokan air untuk pertanian.

Ketersedian air bermanfaat bagi tanaman untuk proses fotosintesis dan masa pertumbuhan). Ketersediaan air yang kurang dari kebutuhan air tanaman dapat berdampak terhadap produksi pangan yang kurang maksimal (Pradana & Sesanti 2018). Air (curah hujan) merupakan faktor utama yang menjadi penentu keberhasilan dalam budidaya tanaman (Mahubessy, 2014). Oleh karena itu, tersedianya data hujan diperlukan untuk pembuatan informasi ketersediaan air tanah (KAT) dan informasi curah hujan juga sangat penting untuk pembuatan klasifikasi tipe iklim Oldeman pada suatu wilayah (Nuryadi & Agustiarini 2018).

Klasifikasi Oldeman cukup berguna terutama dalam klasifikasi lahan pertanian tanaman pangan. Klasifikasi tipe iklim ini menggolongkan tipe-tipe iklim di Indonesia berdasarkan pada kriteria bulan basah dan bulan kering secara berturut-turut (Saputra et al. 2018). Oldeman dalam Saputra et al. (2018) menyatakan ketersediaan air yang dapat memenuhi kebutuhan air tanaman (*crop water requirement*) diperoleh berdasarkan klasifikasi kriteria bulan basah pada nilai ambang batas.

2.6 Flamboyan

Flamboyan atau dikenal sebagai *Delonix Regia* (*Hook.*) *Raf.* adalah tanaman berbunga dalam famili *Fabaceae*. Bunganya mekar secara musiman, bunga dengan warna merah berdiameter 8-15 cm dengan empat kelopak, panjang sekitar 4-7 cm. Buahnya termasuk polong-polongan, menggantung, tebal, pipih, berkayu, panjang 20-72 cm dan lebar 3-6 cm. Jumlah biji per polong adalah 10-15, tersebar secara horizontal dan vertikal (Singh, 2014).



Gambar 2. Daun Flamboyan
(sumber : SIM Pohon-UPTD Pertamanan Wilayah 6 Kota Semarang)

Tanaman Flamboyan ini secara keseluruhan mengandung beberapa kelompok senyawa seperti Flavonoid, Alkaloid, Saponin, Sterol, Tanin, Terpenoid, Karbohidrat dan Steroid (Singh, 2014). menurut Shabir et al (2011), daun Flamboyan mengandung senyawa Fenolik dan Flavonoid.

2.7 Mahoni

Mahoni adalah pohon yang menghasilkan kayu keras, sering digunakan oleh beberapa orang untuk membuat furnitur dan ukiran. Pohon Mahoni dapat tumbuh liar di hutan jati atau di tempat lain dekat pantai dan sering ditanam dipinggir jalan sebagai pohon pelindung (Prasetyono, 2012).



Gambar 3. Daun Mahoni
(sumber : Shopee-daun mahoni segar obat herbal)

Menurut Haekal (2010), Mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq) merupakan salah satu tanaman yang direkomendasikan untuk pengembangan HTI (Hutan Tanaman Industri). Mahoni adalah tanaman tropis dari keluarga *Meliaceae*. Tumbuhan ini berasal dari Hindia barat dan dapat tumbuh liar di hutan jati dan lokasi lain yang dekat dengan pantai, atau sebagai pohon lindung yang ditanam di pinggir jalan (Qodri et al. 2014).

2.8 Pinus

Buah pinus memiliki panjang 5-10 cm, lebar 2-4 cm, dan berbentuk silinder. Menurut (Gembong, 2009), tanaman Pinus (Pinus merkusii) adalah tanaman perdu yang tingginya mencapai 10-40 m .



Gambar 4. Daun Pinus
(sumber : <http://pakaretani.blogspot.com>)

Daun pinus berbentuk seperti jarum yang tersusun dalam berkas-berkas, masing-masing terdiri dari dua helai, dapat bertahan lebih dari 2 tahun, dan memiliki gerigi halus pada tepi daun (Ningsih, 2013).

2.9 Destruksi Asam

Destruksi adalah proses melarutkan atau mengubah sampel menjadi suatu yang dapat diukur sehingga kandungan berupa unsur-unsur didalamnya dapat dianalisis. Pada proses ini destruksi menggunakan sampel berbahan organik pada asam yang tinggi, baik tunggal maupun campuran seperti asam Nitrat (HNO_3), asam Sulfat (H_2SO_4), asam Perklorat (HClO_4) dan asam Peroksida (H_2O_2). Menggunakan pemanasan pada suhu yang sudah ditentukan sampai larutan menjadi jernih, pada dasarnya ada dua jenis destruksi yang dikenal yaitu destruksi

basah dan destruksi kering, yang masing-masing mempunyai keunggulan dan kelemahan (Tunáková et al. 2017).

2.9.1 Destruksi Asam Basah

Destrukai basah ialah perombakan sampel dengan asam-asam kuat baik tunggal maupun campuran, lalu dioksidasikan dengan menggunakan zat oksidator. Pelarut-pelarut yang bisa dipergunakan untuk destruksi basah antara lain asam Nitrat (HNO_3), asam Sulfat (H_2SO_4), asam Perklorat (HClO_4), dan asam Klorida (HCl) (Habibi 2020; Rahayu 2020). Kesempurnaan destruksi ditandai dengan diperolehnya larutan jernih pada larutan destruksi, yang menunjukkan bahwa semua konstituen yang terdapat telah larut sempurna atau perombakan senyawa-senyawa organik sudah berjalan dengan baik. Pada umumnya pelaksanaan kerja destruksi basah dilakukan secara metode kjeldhal. Dalam usaha pengembangan metode sudah dilakukan modifikasi dari alat-alat yang digunakan (Nielsen, 2017).

2.9.2 Destruksi Asam Kering

Destruksi kering menurut (Ervina, 2014) adalah cara yang paling umum digunakan di kalangan industri dengan teknik membakar hingga habis sampel yg berbahan organik hingga menjadi abu lalu di uji. Destruksi kering ialah perombakan organik logam di dalam sampel menjadi logam-logam anorganik dengan jalan pengabuan sampel pada *muffle furnace* dan memerlukan suhu pemanasan tertentu, menggunakan mekanisme penguapan pelarut (Abata et al. 2019; Rahayu et al. 2019). Pada umumnya dalam destruksi kering ini diperlukan suhu pemanasan antara $400\text{-}800^\circ\text{C}$, tetapi suhu ini sangat tergantung pada jenis sampel yang akan dianalisis. Menentukan suhu pengabuan menggunakan system ini terlebih dahulu ditinjau dari jenis logam yang akan dianalisis. Bila oksida-

okside logam yang terbentuk bersifat kurang stabil, maka perlakuan ini tidak mendapatkan hasil yang baik. Logam Fe, Cu, dan Zn oksidanya yang terbentuk merupakan Fe_2O_3 , FeO , CuO , serta ZnO . Seluruh oksida logam ini cukup stabil di suhu pengabuan yang dipergunakan. Semua oksida ini lalu dilarutkan kedalam pelarut asam encer baik tunggal maupun campuran, setelah itu dianalisis berdasarkan metode yang digunakan (Abata et al. 2019). Dalam destruksi ini juga mampu kehilangan unsur mikro tertentu yang disebabkan oleh suhu pemanasan yang tinggi.

2.10 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merupakan sebuah alat yang berfungsi menjadi metode analisis penentuan unsur-unsur logam atau metaloid menggunakan sesuai penyerapan absorpsi oleh atom bebas. Kandungan logam berat tersebut bisa ditentukan dengan metode SSA. Metode SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) artinya salah satu metode analisis yang bisa dipergunakan untuk mengetahui keberadaan dan kadar logam berat pada berbagai macam bahan, tetapi terlebih dahulu dilakukan tahap pendestruksi cuplikan. Pada metode destruksi basah dekomposisi sampel dilakukan dengan cara menambahkan reaksi asam ke dalam suatu bahan yang dianalisis. Asam-asam yang digunakan ialah asam-asam pengoksidasi seperti H_2SO_4 , HNO_3 , H_2O_2 , HClO_4 , atau campurannya. Pemilihan jenis asam untuk mendestruksi suatu bahan yang akan mempengaruhi hasil analisis (Habibi, 2020).

Kandungan matriks atau senyawa lain dapat mengganggu proses analisis logam berat secara Spektrofotometer Serapan Atom. Hal ini dapat menyebabkan

rendahnya akurasi hasil analisis (Ibrahim et al. 2020) Oleh karena itu, destruksi dilakukan untuk menghilangkan atau memisahkan kandungan senyawa lain sebelum analisis dan diharapkan pada saat awal analisis untuk meminimalkan kesalahan selama analisis. Metode perlakuan awal yang digunakan adalah metode destruksi yaitu dengan memutuskan ikatan unsur logam dengan komponen lain dalam matriks. Membiarakan unsur tersebut dalam keadaan bebas, kemudian dianalisis menggunakan SSA, karena prosesnya cepat, sensitif, untuk unsur yang ditentukan. Dapat digunakan untuk menentukan kadar unsur yang konsentrasiannya sangat kecil tanpa harus dipisahkan terlebih dahulu (Murwatiningsih et al. 2015).



Gambar 5. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) di P3KLL-KLHK

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan September 2020 hingga April 2021 di Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (P3KLL-KLHK) Serpong, Tangerang Selatan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, pengambilan sampel dilakukan disekitar pabrik peleburan aki bekas yang terletak di kawasan industri Kayu Manis, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

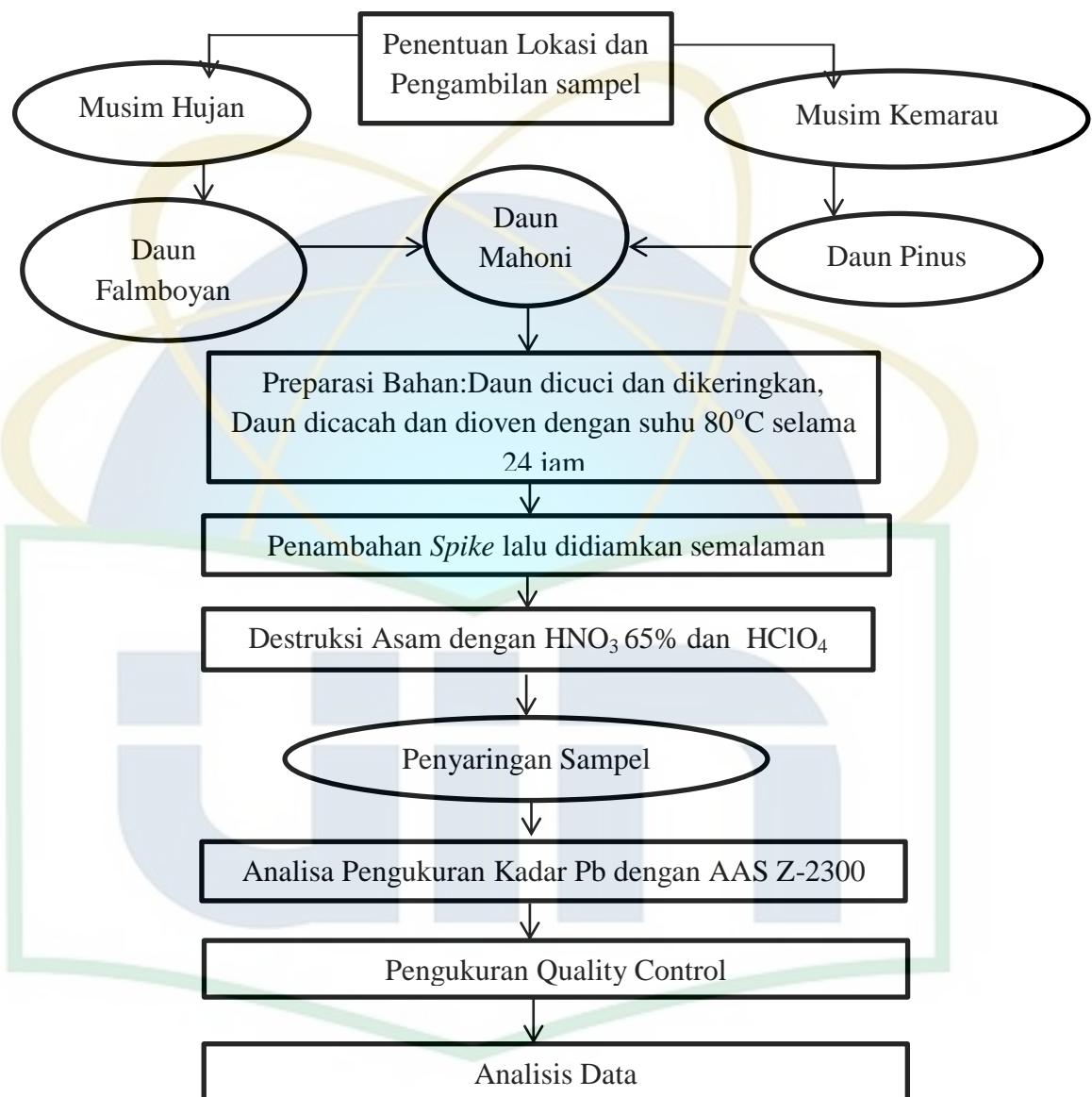
Peralatan yang digunakan di lapangan adalah sekop, *box ice blue*, gunting, plastik dan peralatan yang digunakan dilaboratorium adalah timbangan analitik OHAUS PAJ 1003, spatula, pipet volumetri, pipet mikro 1-5 ml, gelas piala 250 ml, labu ukur 50 ml, kaca arloji, corong, penangas listrik, cawan porselin, desikator, kertas saring *whatman* 0,45 μm , dan oven. Alat yang digunakan dalam pembacaan kandungan logam Pb yaitu spektrofotometer serapan atom nyala hitachi Z-2300.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel daun Flamboyan (*Delonix regia*), Mahoni (*Swietenia macrophylla*), dan Pinus (*Pinus merkusii*). Larutan standar Pb 1000 ppm merck, air suling deionisasi bebas CO₂

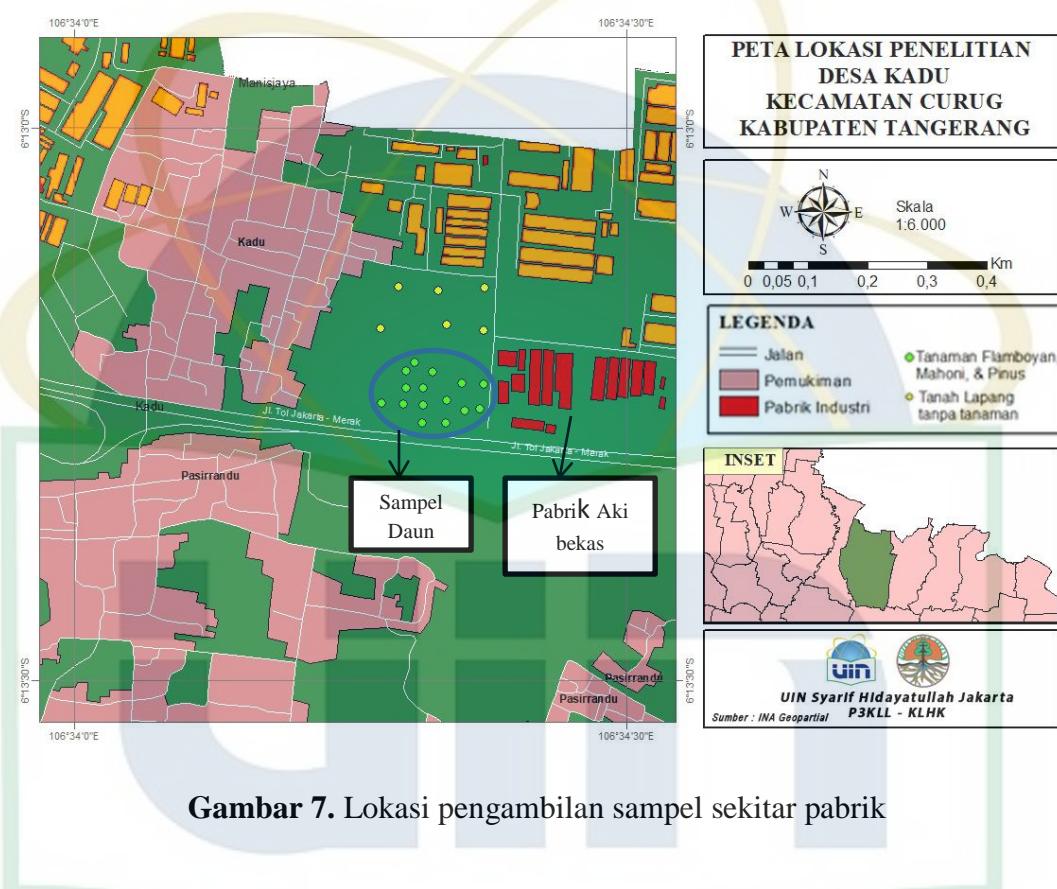
/ASTM (D1193-91) tipe 2, CRM ERA 299-500, batu didih, HNO₃ (1:9), asam nitrat 0,02N, asam nitrat pekat 65% , dan asam perklorat pekat 70%.

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel dilakukan disekitar pabrik peleburan aki bekas yang terletak di wilayah administrasi Desa Kadu Kayu Manis, Kecamatan Curug, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. Tingginya konsentrasi timbel yang berada dalam tanaman disekitar area tersebut yang menjadi dasar pemilihan lokasi penelitian (Fauzi et al. 2019; Hidayat et al. 2019).



Lokasi pengambilan sampel Pb yang berada di sekitar pemukiman dan kawasan industri. Pabrik daur ulang aki ditandakan dengan warna merah, lalu titik pengambilan sampel daun Flamboyan, Mahoni, dan Pinus ditandai warna hijau (dalam Lingkaran).

3.5 Teknik Pengambilan Sampel Daun (Hindratmo et al. 2019)

Teknik pengambilan sampel daun diambil secara *Purpose Sampling*. Sampel daun diambil pada saat musim kemarau dan hujan dengan 5x ulangan untuk setiap jenis pohon dengan kode sampel Flamboyan (f1, f2, f3, f4, f5), Mahoni (m1, m2, m3, m4, m5), Pinus (p1, p2, p3, p4, p5) dengan total daun sebanyak 15 sampel. Kemudian dimasukan kedalam plastik lalu dimasukan kedalam *box* pendingin dengan suhu $\pm 4^{\circ}\text{C}$ untuk dibawa ke laboratorium.

3.6 Preparasi Sampel Daun (AOAC 980.03 2005)

Daun masing-masing pohon dicuci serta dibersihkan dari debu yang menempel di daun dengan aquades, sampel dikeringkan pada suhu ruangan, dipotong sampel menjadi ukuran kecil-kecil lalu dihomogenkan. Kemudian dimasukan kedalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam, sampel digerus sampai halus dengan mortar, lalu disimpan dalam botol polietilen tertutup.

3.7 Pembuatan Larutan Uji Pb standar 100 ppm

Dipipet 10 ml larutan induk masing-masing standar logam Pb (1000 ppm) ke dalam labu ukur 100 ml kemudian ditambahkan larutan HNO_3 0,02N sampai tepat pada tanda tera.

3.7.1 Larutan Standar Pb

Deret standar proporsional dibuat dengan rentang konsentrasi sesuai dengan acuan standar APHA 2017 3111A-I yaitu 1-20 ppm. Larutan baku standar Pb 0,2 ppm ditambahkan sebagai konsentrasi terendah sesuai dengan APHA 3030H 2017.

3.8 Pembuatan Spike Sampel Daun

Dipipet 0.1 ml larutan standar Pb 100 ppm kedalam *beaker glass* 250 ml yang sudah berisi 1 gr sampel daun sebelum didestruksi.

3.9 Destruksi Asam pada sampel Daun (AOAC 975.03.2005)

Sebanyak 1 gram daun hasil preparasi dimasukan kedalam *beaker glass* 250 ml, 10 ml HNO₃ Pekat ditambahkan kedalam *beaker glass* lalu ditutup dengan kaca arloji dan dibiarkan selama semalamam diruang asam. Kemudian ditambahkan 25 ml akuadest dan 3 – 5 butir batu didih. Setelah itu dipanaskan diatas penangas listrik hingga volume larutan menjadi setengah dari volume awal dengan suhu penangas 105°C -120°C. Selanjutnya diangkat lalu didinginkan pada suhu ruang, setelah dingin ditambahkan 5 ml HNO₃ Pekat dan 2 ml HClO₄ pekat. Contoh uji dipanaskan kembali hingga timbul asap putih dan larutan menjadi lebih jernih. Pemanasan dilanjutkan sampai volume ± 10 ml. Setelah volume menjadi 10 ml contoh uji didinginkan kemudian disaring, filtrat ditempatkan pada labu ukur 50 ml dan ditambahkan akuades sampai tanda tera.

3.10 Analisis Pengukuran Logam Pb menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Tampilan pada aplikasi Zeeman SSA dipilih menu *select element* dan *working mode*, lalu pilih unsur yang akan dianalisis dengan mengklik langsung simbol unsur, dan disesuaikan dengan urutan nomor lampu katoda, saat muncul tampilan *condition setting*, diatur parameter yang dianalisis dengan mengatur *fuel flow*, *measurement*, *concentration*, *number of sample*, *unit concentration*, *number*

of standard, standard list, dan absorbansi logam Pb diukur dengan SSA pada panjang gelombang 283,3 nm (Szkoda & Żmudzki 2005).

Pada aplikasi Zeeman SSA diklik ikon bergambar *burner*/pembakar, atau pada alat SSA ditekan tombol *start*, setelah api menyala alat siap digunakan untuk mengukur logam Pb timbal pada sampel daun Mahoni, Flamboyan, dan Pinus (Csuros C & Csuros M 2002). Sampel diukur dengan dimasukkan selang penyedot kedalam larutan sampel, lalu alat SSA akan mendeteksi otomatis, begitupun dengan sampel selanjutnya. Setelah pengukuran selesai, data dapat diperoleh dan mengklik ikon *print* untuk mendapatkan data dalam bentuk *hardcopy*.

Menurut Arisusanti & Purwani (2013), Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) digunakan untuk upaya menghitung akumulasi dan konsentrasi logam berat pada tanaman. Serta menghitung konsentrasi logam timbal dalam daun berdasarkan SNI 06-6992.3-2004 sebagai berikut :

$$Cx = \frac{CxVxfp}{B} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

Keterangan :

Cx : Konsentrasi logam timbel dalam daun/tanah (ppm);

C : Konentrasi logam timbel dari kurva kalibrasi ($\mu\text{g/mL}$);

V : Konsentrasi volume akhir (mL)

Fp : Faktor pengenceran (bila tidak ada pengenceran, maka fp =1)

B : Berat kering contoh uji (g)

3.11 Penetapan Pengendalian Mutu

Kurva Standar dibuat dengan grafik antara Konsentrasi (C) dengan Absorbansi (A) yang akan membentuk garis linear atau garis lurus melewati titik nol. Larutan standar 0 ; 0,2 ; 6 ; 10 ; 15 ; 20 ppm di absorbansi hingga membentuk kurva linear yang sesuai (dengan $r > 0.995$) (ICH, 2005).

SRM (*Standard Reference Material*) merupakan standard yang disertifikasi secara internasional yang tidak dapat diubah-ubah lagi nilainya dalam hal ini menggunakan CRM ERA 299-500 dengan nilai keberterimaan masuk dalam rentang nilai sertifikat dengan nilai baik recorvey sebesar 100%.

$$\% \text{ Recovery SRM} = \frac{x}{u} \times 100 \% \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

Keterangan :

μ = nilai benar atau nilai acuan dalam CRM

x = rata-rata hasil pengujian

Standar tengah sebagai verifikasi kalibrasi dengan menganalisis *calibration check solution* (CCS) sebelum menganalisa sampel uji dengan nilai keberterimaan ($CCS < 5\%$) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

Keterangan :

CCS = Calibration Check Solution

C1 = Konsentrasi Standar Target

C2 = Konsentrasi Hasil Uji

Larutan blanko merupakan komponen yang tidak mengandung analit tetapi perlakuan sama seperti analit. Oleh sebab itu dilakukannya pembuatan larutan blanko untuk membedakan mana zat yang bukan analit untuk diserap. Larutan analit memang harus dianalisis, seperti salah satu contoh yaitu timbal (Pb).

Sampel dan *spike* di absorbansi, dengan hasil uji *spike* dibandingkan dengan kadar yang sebenarnya (hasil yang diharapkan) dan dibandingkan dengan rentang *control chart* akurasi daun. Perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Recovery Spike} = \frac{\text{Kons.Spike} - \text{Kons.Sampel}}{\text{Kons.Standar}} \times 100 \% \dots \dots \dots (4)$$

Pengulangan pengujian dilakukan secara duplo maka presisi ditentukan berdasarkan nilai perbedaan presentase relative % RPD (*relative percent different*) lalu dibandingkan dengan nilai keberterimaan pada *Control Chart* presisi Daun. Rumus yang digunakan yaitu :

Keterangan :

%RPD = perbedaan presentase relative

x1 = hasil pengujian pertama

x1 = hasil pengujian pertama,
x2 = hasil pengujian kedua,

x₂ = hasil pengujian kedua;
 x = rata-rata hasil uji pertama dan kedua



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan melewati beberapa tahapan, seperti: pemilihan dan pengambilan sampel, preparasi sampel menggunakan metode destruksi asam, penentuan kadar timbal (Pb) pada sampel daun Mahoni, Flamboyan, dan Pinus, dan alat yang digunakan dalam pembacaan kandungan logam Pb yaitu Spektrofotometer Serapan Atom nyala Hitachi Z-2300.

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah daun Mahoni, Flamboyan, dan Pinus. Sampel dipilih dengan *purpose sampling* atau berdasarkan titik pohon yang jaraknya mencapai 1-2 meter antar pohon lainnya, dan daun yang diambil mencakup dari bagian ujung batang, bagian tengah batang, dan bagian pangkal batang.

Pemilihan sampel tentunya dipilih dengan pertimbangan-pertimbangan dengan sampel yang mudah dicari, dan karena daun Mahoni, Flamboyan, dan Pinus mudah dipisahkan dari tulang daunnya, sehingga penelitian dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

Pengambilan sampel dilakukan dengan tempat yang telah dipertimbangkan dengan adanya potensi pencemaran logam timbal (Pb) pada lingkungan tersebut, lokasi pengambilan sampel ini dijadikan sebagai tempat masyarakat untuk beraktifitas sehari-hari.

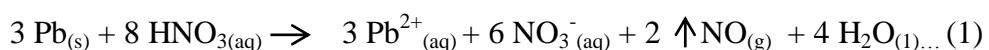
4.1 Sampel Daun Mahoni, Flamboyan, dan Pinus

Sampel daun Mahoni, Famboyan dan Pinus dipanaskan dalam oven selama 24 jam untuk mendapatkan sampel dengan kekeringan yang sempurna, untuk menghilangkan kadar air yang ditakutkan akan mengkontaminasi sampel. Setelah 24 jam, sampel didinginkan didalam desikator sampai suhu hangat. Setelah itu dilakukan penumbukan sampel dengan menggunakan mortar harus dilakukan satu persatu saat sampel dalam kondisi suhu hangat, dikarenakan jika ditumbuk secara bersamaan, dikhawatirkan sampel yang lainnya akan layu dan sulit untuk ditumbuk sampai halus. Sampel yang sudah halus, dimasukkan ke dalam *beaker glass* 250 ml dengan bobot masing-masing \pm 1 gram dan total *beaker glass* ada 18 *beaker glass* yang dimana 3 diantara sampel tersebut sudah ditambahkan *spike*.

4.2 Hasil Destruksi Asam

Destruksi asam atau destruksi basah tertutup digunakan pada penelitian ini karena suhu yang digunakan relatif lebih rendah dibandingkan dengan destruksi kering sehingga hilangnya unsur-unsur sangat kecil, suhu yang digunakan pada rentang 105-120°C. Proses terjadinya oksidasi ketika terbentuk asap kecokelataan dari larutan sampel. Berikut ini reaksi yang terjadi pada logam timbal dan asam nitrat (shevla, 1990). Pada proses destruksi logam diubah menjadi bentuk garamnya yaitu M-(NO)_x yang mudah larut dalam air (Wulandari, 2013).

Reaksi yang terjadi ketika sampel didestruksi dengan asam nitrat sebagai berikut:



Penggabungan asam kuat pada destruksi basah untuk menutupi kelemahannya. Pemilihan kombinasi asam kuat dan perbandingan jumlah asam kuat serta cara kerjanya sangat tergantung pada jenis bahan yang akan didestruksi. Pada destruksi ini senyawa yang mempunyai titik didih dibawah 100°C dapat menguap seperti H_2O . Senyawa $Pb(NO_3)_2$ masih tetap tertinggal dalam sampel karena timbal mempunyai titik didih 470°C. Timbal (II) nitrat akan terionisasi membentuk ion Timbal (II) dan ion nitrat seperti pada reaksi berikut:



Dalam penelitian ini juga digunakan $HClO_4$ untuk membantu mendestruksi sampel. Larutan pengoksidasi $HClO_4$ dapat memaksimalkan pemutusan logam timbal dari senyawa organik yang ada dalam sampel yang tidak dapat tereduksi oleh larutan HNO_3 (Oktrin, 2016). Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Pada $HClO_4$ akan mengalami reduksi dengan $HClO_3$ yang berawal memiliki bilangan oksidator +7 menjadi +5 sehingga bersifat oksidator. Kemudian pada HNO_3 mengalami reduksi dengan NO. Kelarutan perklorat umumnya larut dalam air (Vogel, 1990).

Perubahan warna dari senyawa asam HNO_3 , larutan dari kuning keruh menjadi kuning jernih terjadi saat proses destruksi berlangsung. Gelembung gas NO_2 disekitar *beaker glass* yang keluar mengindikasikan adanya proses oksidasi sampel yang disebabkan oleh pemanasan.

Proses destruksi dihentikan apabila diperoleh larutan yang jernih, yang mengindikasikan bahwa ikatan logam pada sampel telah terputus, sehingga

diperoleh analit berupa Pb ionik. Akibat dekomposisi bahan organik oleh asam nitrat, senyawa organik dalam sampel yang berikatan dengan logam timbal (Pb) akan terlepas, kemudian diubah ke dalam bentuk garamnya menjadi logam (NO_3) x yang mudah larut dalam air.

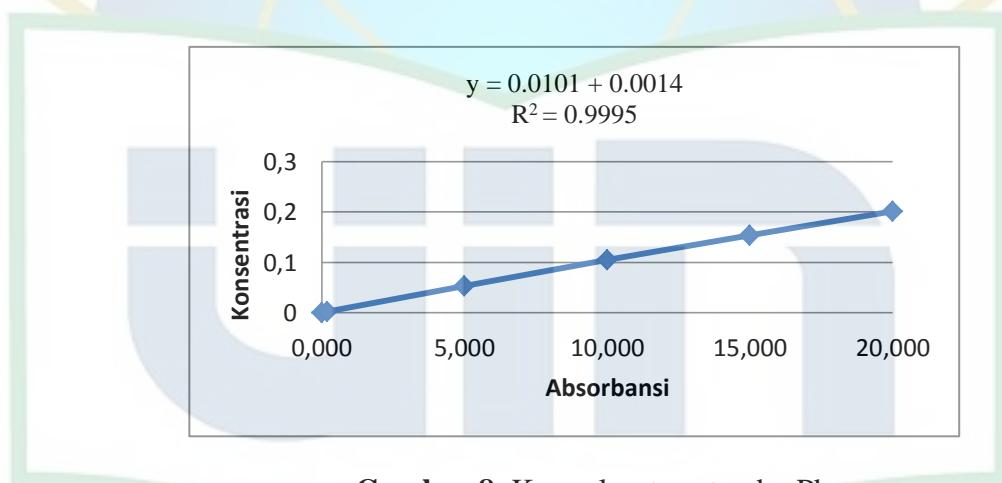
Penggunaan dua jenis asam kuat berupa HNO_3 dan HClO_4 sebagai zat pengoksidasi dan pelarut yang baik untuk menyerang logam berat (Namik, 2006). Sehingga proses destruksi berlangsung maksimal. Penggunaan kombinasi asam sebagai zat pengoksidasi lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan asam tunggal karena kombinasi asam akan memberikan kekuatan asam yang lebih baik, khususnya untuk melarutkan logam-logam yang terdapat dalam sampel organik dan mendegradasi sampel organik (Oktrin, 2016).

4.3 Hasil Penetapan *Quality Control*

1. Kurva Linearitas

Kurva kalibrasi merupakan perhitungan empiris yang menghubungkan respon alat terhadap konsentrasi dari analit tertentu. Absorbansi yang dihasilkan akan memiliki hubungan linear dengan konsentrasi analit yang diukur (Stone & Ellis 2008). Linearitas berguna untuk melihat apakah detektor memberikan hasil yang linear terhadap konsentrasi analit yang kemudian dibuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan regresi linear. Persamaan regresi linear sebagai berikut: $Y = a \pm bx$ dimana y = respon detektor, a = intercept, b = slope, x = kadar. Rekomendasi dari ICH (*International Conference on Harmonization*), dalam menguji linearitas setidaknya 5 tingkat konsentrasi yang harus digunakan dan linearitas tercapai ketika nilai dari *coefficient of*

determination (r^2) $\geq 0,997$ atau $r \geq 0,9985$. Slope dari regresi linear akan memberikan gambaran tentang sensitivitas (Chan, 2004). Dari 5 analit Pb yang digunakan yaitu 0,2, 5, 10, 15, dan 20 ppm sudah memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh ICH yaitu sekurang-kurangnya 5 konsentrasi dan hasil *coefficient determination* (r^2) = 0.9995 untuk sampel daun. Hasil $r = 0.9995$ sampel daun telah menunjukkan nilai koefisien korelasi sudah memenuhi persyaratan yaitu lebih besar dari 0.995 (ICH, 2005). Kisaran linear dari kurva diatas yaitu 0,2 – 20 ug/ml dan dapat disimpulkan hasil uji linearitas telah memenuhi syarat yang ditetapkan oleh ICH dan instrumen yang digunakan memberikan respon yang linear terhadap konsentrasi analit



Gambar 8. Kurva larutan standar Pb

2. Akurasi nilai Pb pada Daun

Data akurasi dilaporkan berupa persen perolehan kembali (%*Recovery*). Akurasi berkaitan dengan sistematik random atau biasa dikenal dengan kesalahan ini dapat ditentukan dan diperbaiki. *Sistematic error* secara umum dalam penelitian laboratorium ada tiga yaitu kesalahan pada peralatan yang digunakan

misalnya timbangan yang tidak terkalibrasi, kesalahan pada operator dan kesalahan prosedur. Hal pertama dengan menghitung %*Recovery* dari SRM (*Standard Reference Material*) dalam hal ini menggunakan CRM ERA 299-500 dengan nilai keberterimaan masuk dalam rentang nilai sertifikat.

Tabel 1. Hasil pengujian CRM (*Certified Reference Material*) sebagai *quality control*

No.	Analit	Hasil Pengujian	Nilai Keberteriman Pb	%Recovery
	SRM pada pengukuran daun	1,020 µg/L	1,01136-1.08864 µg/mL	97,14%

Pada Lampiran 5 Tabel 1 hasil uji penetapan analit SRM pada pengukuran daun sebesar 1.020 µg/L yang telah masuk kedalam rentang nilai keberterimaan dengan %*Recovery* sebesar 97,14%. Dengan demikian analit SRM telah memenuhi keberterimaan Pb yang artinya telah memenuhi persyaratan karena SRM merupakan standar yang disertifikasi secara internasional dan tidak dapat diubah-ubah lagi nilainya.

Kemudian metode *Spiked* sampel digunakan dengan melihat kadar analit dalam matriks tanpa adanya penambahan adisi dan kadar analit dalam matriks dengan penambahan larutan baku Pb (diketahui kadarnya). Campuran tersebut dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan kadar analit yang ditambahkan (kadar yang sebenarnya). Dalam metode penambahan baku, sampel dianalisis lalu sejumlah analit tertentu yang diperiksa ditambahkan ke dalam sampel dicampur

dan dianalisis lagi dan selisih kedua hasil dibandingkan dengan kadar yang sebenarnya (hasil yang diharapkan).

Tabel 2 . Hasil Pengujian %*Recovery Spike* Sampel

No	Sampel	% Recovery Spike
1	Daun Mahoni	90,45%

Dalam hal ini sampel daun Mahoni dilakukan *spike* dengan perhitungan pada lampiran 6 . Hasil uji *spike* sampel daun menghasilkan % *Recovery Spike* sebesar 90,45% yang hampir mendekati nilai rentang yang baik yaitu 100%. Dengan demikian akurasi logam Pb daun P3KLL-KLHK yang artinya sudah memenuhi standar dan sesuai hasil yang diharapkan.

3. Perbandingan kadar penyerapan daun pada saat musim kemarau dan hujan

Tabel 3. Hasil uji kandungan logam Pb yang terserap dalam daun pada musim kemarau

Tanaman	Kadar Logam Pb pada daun ($\mu\text{g/g}$)
Flamboyan	4891,51
Mahoni	407,68
Pinus	1686,05

Berdasarkan tabel 3 hasil uji penyerapan Pb yang terbesar terdapat pada daun Flamboyan dengan total 4891,5 $\mu\text{g/g}$ yang terserap oleh daun. Polutan Pb yang tersebar di udara akan menempel pada permukaan daun. Antara jaringan yang ada di dalam tubuh tanaman, daun merupakan bagian yang paling kaya akan

unsur-unsur kimia, dengan demikian akumulasi unsur Pb di dalam jaringan daun lebih besar.

Menurut Koeppe & Miller (2000) kemampuan tanaman dalam menyerap timbal sangat dipengaruhi oleh keadaan permukaan daun tanaman. Daun dengan bulu atau daun dengan permukaan kasar (keriput) memiliki kemampuan lebih tinggi untuk menyerap timbal, dari pada daun yang mempunyai permukaan lebih licin dan rata. Hal yang sama juga dinyatakan oleh Strakman dalam Siringiringo (2000) bahwa kemampuan daun tanaman menyerap suatu polutan dipengaruhi oleh karakteristik morfologi daun, seperti ukuran dan bentuk daun, adanya rambut pada permukaan daun dan juga tekstur daun.



Gambar 9. Permukaan daun Pinus, Mahoni dan Flamboyan

Pada gambar 9 pohon dengan kategori sangat sesuai memiliki ciri fisik beragam, yaitu memiliki daun yang tipis, banyaknya jumlah daun, dan tajuk yang padat. Pohon yang memiliki daun yang tipis juga memiliki kemampuan menyerap polusi yang baik. Daun pada suatu tanaman yang memiliki ketebalan yang tipis lebih mudah menyerap polutan daripada daun yang tebal. Daun yang tebal umumnya memiliki jaringan dermis yang tebal sehingga sulit untuk di tembus oleh polutan.

Semakin padat dan banyak jumlah daunnya maka semakin banyak jumlah luas permukaan daunnya. Hal ini berhubungan dengan jumlah stomata yang

semakin banyak pada permukaan daun sehingga lebih banyak volume polusi yang terserap. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Astra et al. (2004) yang dikutip dari skripsi Andrea Mustika Febrianti (2019), yang menyatakan bahwa semakin tinggi kerapatan stomata, semakin tipis ketebalan daun dan semakin kecil berat jenis daun makan semakin tinggi kemampuan dalam menyerap polutan.

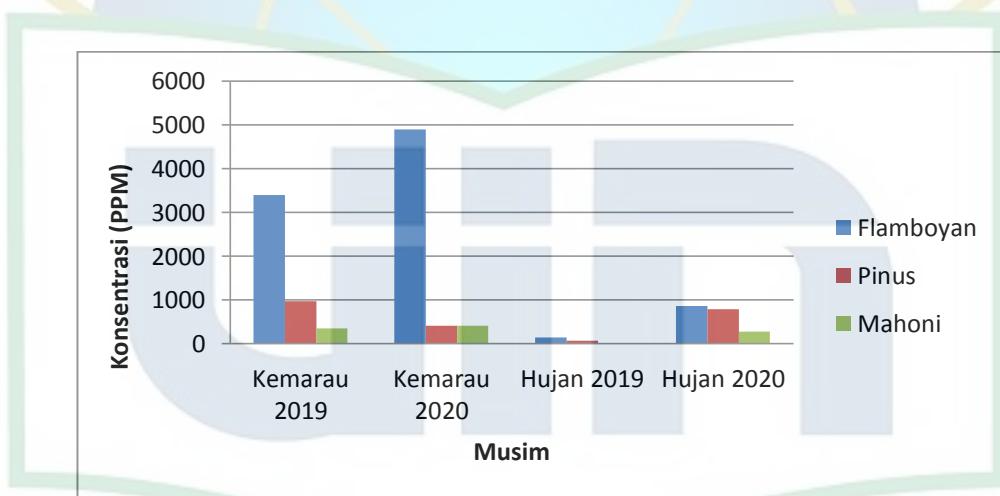
Tabel 4. Hasil pengujian kandungan logam pada daun saat musim hujan

Pinus	Daun $\mu\text{g/g}$
Flamboyan	860,47
Mahoni	276,17
Pinus	793,75

Pada Tabel 4, hasil serapan Pb terbesar terdapat pada daun Flamboyan, dengan total 860,47 $\mu\text{g/g}$ diserap oleh daun, hal ini sesuai dengan pernyataan Hendrasarie (2007), bahwa daun yang mempunyai bulu pada permukaan daun Flamboyan lebih mudah menyerap Pb dari pada daun Mahoni dengan permukaan yang licin. Kemudian pada daun pinus dengan kandungan total 793,75 $\mu\text{g/g}$, sesuai dengan yang dikatakan Inayah et al. (2010), daun berbentuk jarum memiliki stomata lebih banyak daripada daun berdaun lebar, sehingga tanaman berdaun jarum lebih efisien dalam menyerap timbal di udara daripada tumbuhan berdaun lebar. Kadar timbal terendah terdapat pada daun Mahoni yaitu sebesar 276,17 $\mu\text{g/g}$. Daun Mahoni lebih sedikit menyerap timbal, hal ini sejalan dengan dikatakan Anisa (2019) bahwa kerapatan stomata daun Mahoni meningkat dimana kadar polutannya tinggi, sehingga daun tidak menyerap logam secara optimal.

Kadar timbal yang tidak terdeteksi pada sampel bisa juga terdapat di bagian lain tanaman (akar, batang, bunga atau biji), atau tanaman telah mengalami fitodegradasi atau transformasi tanaman (Irwanto, 2010). Proses penguapan pada daun tanaman adalah proses tanaman menguraikan rantai molekul kompleks logam menjadi lebih sederhana untuk tanaman itu sendiri. Proses degradasi rizosfer adalah penguraian bahan pencemar oleh aktivitas mikroba di sekitar akar tanaman, sehingga logam timbal tidak terdeteksi (Irwanto, 2010). Bisa dikatakan bahwa logam didalam sampel menguap bersama dengan air atau zat senyawa lain selama proses destruksi asam (Yusuf et al. 2014).

4.4 Perbandingan Akumulasi dan Efisiensi serapan logam Pb pada musim kemarau dan hujan pada setiap jenis daun pada tahun 2019-2020



Gambar 10. Kurva serapan kadar Pb pada daun Flamboyan, Mahoni, dan Pinus pada tahun 2019-2020

Berdasarkan gambar 10 pengaruh musim hujan dan kemarau periode 2019-2020 Kota Tangerang, bahwa nilai penyerapan Pb terbesar pada saat musim kemarau dibandingkan pada musim hujan.

Dengan hasil uji penyerapan Pb yang terbesar terdapat pada daun Flamboyan pada saat musim kemarau dengan total 4891,51 $\mu\text{g/g}$ tahun 2020 dan 3393,37 $\mu\text{g/g}$ tahun 2019. Selanjutnya dengan daun Pinus dengan total 1686,05 $\mu\text{g/g}$ tahun 2020 dan 974,69 $\mu\text{g/g}$ tahun 2019. Terkecil terdapat pada daun Mahoni dengan total 407,68 $\mu\text{g/g}$ tahun 2020 dan 353,27 $\mu\text{g/g}$ tahun 2019.

Hasil uji penyerapan Pb yang terbesar terdapat pada daun Flamboyan pada saat musim hujan dengan total 860,47 $\mu\text{g/g}$ tahun 2020 dan 140,12 $\mu\text{g/g}$ tahun 2019. Selanjutnya dengan daun Pinus 793,75 $\mu\text{g/g}$ tahun 2020 dan 69,80 $\mu\text{g/g}$ tahun 2019. Terkecil terdapat pada daun Mahoni dengan total 276,17 $\mu\text{g/g}$ tahun 2020 dan 12,47 $\mu\text{g/g}$ tahun 2019.

Penyerapan konsentrasi logam berat Pb pada musim kemarau lebih tinggi dibandingkan pada musim hujan, karena pada saat musim hujan logam dan debu pada permukaan daun tanaman tidak tersapu oleh hujan. Partikel logam yang jatuh dari udara mengendap di permukaan atas daun, sedangkan sebagian besar stomata tumbuhan terletak di bagian bawah daun. Partikel yang menempel pada daun tanaman akhirnya terbawa ke tanah oleh air hujan, sehingga tidak sempat mencemari bagian bawah daun dan diserap oleh jaringan tanaman (Lakitan, 2010).

Air hujan bersifat asam (Widowati, 2008), logam Pb, Cu, Zn merupakan logam berat yang memiliki sifat larut dalam larutan asam. Besar kemungkinan bahwa hal tersebut merupakan suatu penyebab rendahnya kandungan logam Pb, Cu, dan Zn pada daun di musim hujan dibandingkan pada musim kemarau. Bisa dikatakan sebagai musim kemarau dan hujan dilakukan persamaan dengan data

Tangerang dalam angka statistik BPS curah hujan dari BMKG (untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 6).

Tabel 6. Perbandingan data statistik curah hujan tahun 2019-2020 di Provinsi Banten

Bulan	Curah hujan stasiun meteorologi Banten		
	Curah Hujan 2019	Curah Hujan 2020	Keterangan Bulan Basah/Kering
Januari	331,70	332,50	
Februari	179,90	180,30	Bulan Basah (Hujan)
Maret	209,90	204,30	
April	150,70	150,70	
Mei	93,80	102,50	
Juni	10,00	10,20	Bulan Kering (Kemarau)
Juli	14,40	14,40	
Agustus	1,00	1,00	
September	0,00	0,00	
Oktober	11,20	11,00	
November	74,80	75,40	Bulan Basah (Hujan)
Desember	179,00	180,20	

(Sumber: <https://banten.bps.go.id/indicator/151/372/1/curah-hujan-menurut-bulan-dan-stasiun-pengamatan-di-provinsi-banten.html>)

Data musim hujan dan kemarau dengan curah hujan, bisa dilihat dari tabel 6 pada bulan April-September termasuk bulan kering yang artinya curah hujan

hanya sedikit dan jarang terjadi. Dalam penelitian sampel yang diambil pada saat bulan Juni dan September oleh karena itu, disebut musim kemarau karena berada diangka curah hujan bulan kering. Apabila curah hujan bulanan berada di bawah 60 mm per bulan atau 20 mm per unit (satuan waktu meteorologi sepuluh hari), daerah tersebut akan mengalami musim kemarau.

Data bulan Oktober-Maret merupakan musim hujan dengan curah hujan yang tinggi dan sering terjadi. Oleh karena itu, penelitian ini menyebut sampel yang dikumpulkan pada bulan Desember dan Maret sebagai musim hujan karena termasuk dalam data curah hujan bulan basah. Apabila curah hujan satu bulan sama dengan atau lebih besar dari 50 mm, suatu daerah mengalami musim hujan yang diikuti oleh periode-periode berikutnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penyerapan Pb oleh daun berturut-turut dari yang terbesar sampai paling rendah sebagai berikut: daun Flamboyan 4891,51 ppm, daun Pinus sebesar 1686,05 ppm, dan daun Mahoni sebesar 407,68 ppm.
2. Penyerapan Pb pada setiap daun Flamboyan, Pinus, Mahoni lebih tinggi musim kemarau dengan nilai 4891,51 ppm dibandingkan pada musim hujan dengan nilai 860,47 ppm.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan analisis pada bagian tanaman lain seperti akar, batang, bunga, dan biji untuk mengetahui total fitoremediasi penyerapan Pb pada setiap bagian tanaman Flamboyan, Mahoni, dan Pinus.
2. Perlu dilakukan analisis kandungan Pb pada udara ambien dengan sampling pada hari yang bersamaan untuk mengetahui alur pencemaran Pb serta korelasi semua variabel mulai dari sumbernya yaitu udara yang terserap oleh daun, batang, bunga, dan akumulasi Pb dalam tanah yang terserap oleh akar dan biji.

DAFTAR PUSTAKA

- Abata EO, Ogunkalu OD, Adeoba AA, Oluwasina OO. 2019. Evaluation of the Heavy Metals in Tonic Creams using the Wet Acid and Dry Ashing Methods. *Earthline Journal of Chemical Sciences*. 1(1):37–43.
- Abdullah A. 2007. *Islam Dan Negara Sekuler*. Mizan Media Utama: Bandung.
- Amalia R. 2016. Analisis Hubungan Kadar Timbal (Pb), Zinc Protoporphyrin dan Besi (Fe) dalam Sampel Darah Operator SPBU di Kota Semarang. [Skripsi]. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Amin B, Afriyani E, Saputra MA. 2011. Distribusi spasial logam Pb dan Cu pada sedimen dan air laut permukaan di perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *J Teknobiologi*. 2(1):1–8.
- Andrea MF. 2019. Evaluasi fungsi fisik dan toleransi pohon tepi jalan terhadap polusi udara di lingkar luar kebun raya bogor [Skripsi]. Bogor: Institut Petanian Bogor.
- Anisa S. 2017. Pengaruh Pencemaran Udara Terhadap Kerapatan Stomata pada Daun Mahoni (*Swietenia Mahagoni L. Jacq*) Sebagai Tanaman Pelindung di Bandar Lampung [Skripsi]. Lampung: Universitas Islam Negeri Raden Intan.
- Antari AA, Raka Juni, Sundra IK. 2002. Kandungan timah hitam (plumbum) pada tanaman peneduh jalan di kota Denpasar. *Bumi Lestari Journal of Environment*. 7(1):1-13.
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist*. AOAC Inc. Washington.
- Athanasius, Bayuseno. 2009. Evaluasi Proses Daur Ulang Accu Bekas serta Kualitas Produk Timbal. *Rotasi Pascasarjana Universitas*. 11:15–19.
- Budiyono B, Haryanto B, Hamonangan E, Hindratmo B. 2016. Korelasi Timbal Dalam Darah Dan Tingkat Kecerdasan (Majemuk) Siswa Sekolah Dasar Di Sekitar Peleburan Aki Bekas Di Kabupaten Tangerang Dan Kabupaten Lamongan. *Jurnal Ecolab*. 10(1):41–47.
- BMKG Wilayah Tangerang. 2020. Curah Hujan. Tangerang. BMKG Kota tangerang
- Caroline J, Moa GA. 2015 Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 3:733-743.

- Chan CC, Lam H, Lee YC, Zhang XM. 2004. Analytical Method Validation and Instrument Performance Verification. *Wiley-Interscience*. 18:299-303.
- Csuros M, Csuros C. 2002. *Environmental Sampling and Analysis for Metals*. In A CRC Press Company. Lewis Publisher.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran : Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press.
- Ebadi AG, Zare S, Mahdavi M, Babaee M. 2005. Study and Measurement of Pb, Cd, Cr and Zn in Green Leaf of Tea Cultivated in Gillan Province of Iran. *Pakistan Journal of Nutrition*. 4:270–272.
- Eibensteiner L, Sanz ADC, Frumkin H, Gonzales C, Gonzales GF. 2005. Lead exposure and semen quality among traffic police in Arequipa, Peru. *International journal of occupational and environmental health*. 11(2):161-166.
- EPA. 2001b. Brownfields Technology Primer: Selecting and Using Phytoremediation for Site Cleanup. United States Environmental Protection Agency. Office of Solid Waste and Emergency Response – Technology Innovation Office. Washington.
- Ervina NH. 2014. Perbandingan Metode Destruksi pada Analis b Dalam Rambut dengan AAS [Skripsi]. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Fauzi R, Hidayat MY, 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. *Jurnal Litbang Industri*. 9(2): 97-104.
- Tjitosoepomo G. 2003. *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Gembong T. 2009. *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Gomes MA da C, Hauser Davis RA, Suzuki MS, Vitória AP. 2017. Plant chromium uptake and transport, physiological effects and recent advances in molecular investigations. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 140:55–64.
- Ghosh M, Singh S. 2005. A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of Its By-products. *Applied Ecology and Environmental Research*. 3(1):1-18.
- Gill, Joel C, Bruce D, Malamud. 2017. Anthropogenic processes, natural hazards, and interactions in a multi-hazard framework. *Earth-Science Reviews*. 166 :246-269.

- Gomes MA da C, Hauser Davis RA, Suzuki MS, Vitória AP. 2017. Plant chromium uptake and transport, physiological effects and recent advances in molecular investigations. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 140:55–64.
- Gunawan L, Setiani O, Suhartono. 2013. Hubungan Kadar Timah Hitam dalam Darah dengan Jumlah Lekosit, Trombosit, dan Aktifitas Superoxide Dismutase (SOD) pada Pekerja Timah Hitam di Kabupaten Tegal. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 12(2):106-110.
- Gusnita D .2012. Pencemaran logam berat timbal (Pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. *Jurnal Berita Dirgantara*. 13(3):95-101.
- Habibi Y. 2020. Validasi Metoda Destruksi Basah dan Destruksi Kering pada Penentuan Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dalam Tanaman Rumput. *Integrated Lab Journal*. 8(1):25– 31.
- Haekal C. 2010. *Pertumbuhan Tanaman mahoni*. Makassar: Balai Penelitian Kehutanan.
- Hardiani H. 2009. Potensi tanaman dalam mengakumulasi logam Cu pada media tanah terkontaminasi limbah padat industri kertas. *Jurnal Selulosa*. 44(1):27-40.
- Hendrasarie N. 2007. Kajian Efektivitas Tanaman Dalam Menjerap Kandungan Pb di Udara. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. 3(2):1-15.
- Hidayat MY, Fauzi R, Hindratmo B. 2019. Konsentrasi timbel (Pb) pada daun dari beberapa jenis pohon di sekitar kawasan industri Kadu Manis, Tangerang. *Jurnal Penelitian Kehutan Wallacea*. 8:19–25.
- 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, Fauzi R, Hidayat MY, Masitoh S. 2019. Kemampuan 11 (Sebelas) Jenis Tanaman yang Dominan pada RTH (Ruang Terbuka Hijau) dalam Menjerap Logam Berat Timbel (Pb). *Ecolab*. 13(1): 29-38.
- Ibrahim I, Aminu S, Bilal U, Bello SM. 2020. Determination of trace elements in some brands of green tea using wet digestion, infusion and dry ashing methods. *FUDMA JOURNAL OF SCIENCES*. 4(4):476–481.
- Inayah, SN. 2010. Studi kandungan pb dan kadar debu pada daun angsan (pterocarpus indicus) dan rumput gajah mini (axonopus. sp) di pusat kota

Tangerang. [Skripsi]. Fakultas Sains dan Teknologi: UIN Syarif Hidayahullah Jakarta.

International Conference on Harmonization [ICH]. 2005. Validation of Analytical Procedures: *Text and Methodology* Q2 (R1).

Irawanto R. 2010. Fitoremidiasi Lingkungan Dalam Taman Bali. *Local Wisdom: Jurnal Ilmiah Kajian Kearifan Lokal*. 2(4):29-35.

Jihan E. 2005. Efektivitas Penambahan Variasi Takaran dalam Tanah Inceptisol di Daerah Tegal Terhadap Jerapan Timbal pada Bawang Merah [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Kuklinska K, Wolska L, Namiesnik J. 2015. Air quality policy in the US and the EU—a review. *Atmospheric Pollution Research*. 6(1):129-137.

Kumalawati OR. 2016. Analisis kadar logam timbal (Pb) pada bedak tabur dengan variasi zat pengoksidasi dan metode destruksi basah menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) [Skripsi]. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Komives Tamas, Gullner Gabor. 2006. Dendroremediation: *The Use of Trees in Cleaning up Polluted Soils*.

Lakitan B. 2010. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Rajawali Pers: Jakarta.

Lubis B, Rosdiana N, Nafianti S, Rasyanti O, Panjaitan FM. 2013. Hubungan keracunan timbal dengan anemia defisiensi besi pada anak. *CDK-200* 40(1): 17-21.

Mahubessy RC. 2014. Tingkat Kesesuaian Lahan Bagi Tanaman Padi Berdasarkan Faktor Iklim dan Topografi di Kabupaten Merauke. *Agrologia*. 3(2):125-131.

Mangkoedihardjo S, Samudro G. 2010. *Fitoteknologi Terapan*. Graha Ilmu: Yogyakarta.

Melviana S D, Soejahmoen M. 2007. Bumi Makin Panas: Ancaman Perubahan Iklim di Indonesia. Kementerian Negara Lingkungan Hidup dan Yayasan Pelangi Indonesia: Jakarta.

Muliadi M, Liestianty D, Yanny, Sabir S. 2013. Fitoremediasi: Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Nikel, Cadmium dan Chromium Dalam Tanaman Ipomoea reptana; (2013, Desember); In Prosiding seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia HKI, ID. Sumatera Barat (ID): (Vol. 7).

Murwatiningsih E, Sunarto W. 2015. Perbandingan destruksi kering dan basah

- untuk analisis Pb pada sedimen Sungai Kaligelis. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 4(1):57-61.
- Musriadi. 2014. Akumulasi Logam Temabga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Karang *Acropora formosa* dan *Acropora hyacinthus* di Pulau Samalona, Barranglombo dan Bonebatang [Skripsi]. Makasar: Universitas Hasanuddin Makasar.
- Muthusaravanan S, Sivarajasekar N, Vivek JS, Paramasivan T, Naushad M, Prakashmaran J, Al-Duaij OK. 2018. Phytoremediation of heavy metals: mechanisms, methods and enhancements. *Environmental chemistry letters*. 16(4):1339-1359.
- Nas FS, Ali M. 2018. The effect of lead on plants in terms of growing and biochemical parameters: a review. *MOJ Ecol. Environ. Sci.* 3(4):265-268.
- Nielsen SS. 2017. Sodium and Potassium Determinations by Atomic Absorption Spectroscopy and Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy. In S. S. Nielsen (Ed.), Food Analysis Laboratory Manual. Springer International Publishing. 10:171-177.
- Ningsih DH. 2013. *Klasifikasi dan Deskripsi Pinus merkusii*. Malang: UMM Press
- Nuryadi, Agustiarini S. 2018. Analisis Rawan Kekeringan Lahan Padi Kabupaten Banyuwangi Jawa Timur. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. 5(2):29- 37.
- Paoletti E, Schaub M, Matyssek R, Wieser G, Augustaitis A, Bastrup Birk AM, Bytnarowicz A, Günthardt Goerg MS, Müller Starck G, Serengil Y. 2010. Advances of air pollution science: From forest decline to multiple-stress effects on forest ecosystem services. *Environmental Pollution*. 158(1):1986–1989.
- Pradana OCP, Sesanti RN. 2018. Analisis Dampak Perubahan Iklim Terhadap Curah Hujan Berdasarkan Perubahan Zona Agroklimatologi Pada Skala Lokal Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Wacana Pertanian*. 14(1):24-31.
- Prasetyono. 2012. Serangan penggerek pucuk mahoni (*Hypsiphyllea robusta* Moore) pada tegakan mahoni daun lebar (*Swietenia macrophylla* King) umur satu tahun di tasikmalaya [Skripsi]. Bandung: Akademi Kehutanan Bandung.
- Purwani KI, Arisusanti RJ. 2013. Pengaruh Mikoriza Glomus Fasciculatum Terhadap Akumulasi Logamtimbal Pb Pada Tanaman Dahlia Pinata. *Sains dan Seni Pomits*. 2(2):2337-3520.
- Puslitbang KLHK. 2017. Mitigasi dampak pencemaran timbel di sekitar peleburan aki bekas. *Jurnal Litbang Industri*. 11(1):39-47.

- Qodri UL, Masruri, Utomo EP. 2014. Skrining Fitokimia Metabolit Sekunder Ekstrak Metanol dari Kulit Batang Mahoni (*Swietenia mahagoni Jacq.*). *Kimia Student Journal*. 2(2):480-484.
- Raharjo P, Raharjo M, Setiani O. 2018. Analisis Risiko Kesehatan Kadar Timbal dalam Darah: (Studi Pada Masyarakat yang Mengonsumsi Tiram Bakau (*Crassostrea gigas*) di Sungai Tapak Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 17(1):9-15.
- Rahayu A. 2020. Metode Validasi Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS) Metode Destruksi Kering dan Destruksi Basah untuk Analisis Mineral Minuman Air Isotonik. *FARMASIS: Jurnal Sains Farmasi*. 1(1): 6–13.
- Rahayu A, Sari DP, Ebtavanny T G. 2019. Design, Optimization and Characterization of Cefixime Microspheres. *Internasional Journal Pharma Research and Health Science*. 7(5):3051-3055.
- Raskin I, Ensley BD. 2001. Phytoremediation of toxic metals; using plants to clean up the environment. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 76(3):325–326.
- Ratnawati R, Fatmasari RD. 2018. Fitoremidiasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Mnegggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*) dan Jengger Ayam (*Celosia plumosa*). *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*. 3(2):62-69.
- Rita Hamonangan E. 2013. *Kajian logam berat di udara ambien*. Serpong: Tangerang Selatan.
- Samsoedin I, Dharmawan IWS, 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. *Prosiding*. 3(1):978–979.
- Saputra RA, Akhir N, Yulianti V. 2018. Efek Perubahan Zona Agroklimat Klasifikasi Oldeman 1910-1941 dengan 1985-2015 terhadap Pola Tanam Padi Sumatera Barat. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 42(2):125-133.
- Sasi K. 2011 April. Phytoremediation – Applications, Advantages and Limitations. [diunduh 4 April 2011]. Tersedia pada <https://www.biotecharticles.com/ApplicationsArticle/PhytoremediationApplications-Advantages-and-Limitations-785.html>.

- Shabir G, Anwar F, Bushra S, Khalid ZM. 2011. Antioxidant and antimicrobial attributes and phenolics of different solvent extracts from leaves, flowers and bark of Gold mohar [*Delonix regia* (*Bojer ex Hook.*) Raf.]. *Molecules*. 16:7302–7319.
- Singh S. 2014. A Review: Introduction To Genus Deloni. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 3(6):2042-2055.
- Siringoringo HH. 2000. Kemampuan Beberapa Jenis Tanaman Hutan Kota Dalam Menjerap Partikulat Timbal. *Jurnal Buletin Penelitian Hutan*. 622:1-16.
- Stone D, Ellis J. 2008. Calibration and Linear Regression Analysis: A Self-Guided Tutorial. *CHM314 Instrumental Analysis; Department of Chemistry*. Canada: University of Toronto.
- Suksmeri. 2008. Dampak Pencemaran Logam Timah Hitam (Pb) Terhadap Kesehatan [Skripsi]. Padang: Universitas Andalas.
- Suseno HP, Purnawan P. 2014. Studi Evaluasi Proses Solidifikasi Limbah B-3 dari Limbah Padat (Slag) Industri Daur Ulang Aki Bekas pada Media Pasir Semen. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim*. 1(1):14-19.
- Szczygłowska M, Bodnar M, Namieśnik J, Konieczka P. 2014. The use of vegetables in the biomonitoring of cadmium and lead pollution in the environment. *Critical reviews in analytical chemistry*. 44(1):2-15.
- Szkoda J, Zmudzki J. 2005. Determination of lead cadmium in phosphoric acid by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Bulletin Veterinary Institute in Pulawy*. 45(5):89-92.
- Tunáková V, Techniková L, Militký J. 2017. Influence of washing/drying cycles on fundamental properties of metal fiber-containing fabrics designed for electromagnetic shielding purposes. *Textile Research Journal*. 87(2):175–192.
- US EPA. 2011. Reducing Greenhouse Gas Emissions through Recycling and Composting. Seattle, WA: U.S. EPA Region 10.
- USGS. 2011. Phytoremediation. United States Geological Survey. [diunduh tanggal 29 April 2011]. Terdapat pada <http://toxics.usgs.gov>.
- Varun MD Souza R, Favas PJC, Pratas J, Paul MS. 2015. Utilization and Supplementation of Phytoextraction Potential of Some Terrestrial Plants in MetalContaminated Soils. In: Ansari AA, Gill SS, Gill R, Lanza GR, Newman LEd. *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants*. Cham: Springer P. 1:177–200.

Vogel RM. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro* (G. Svehla). PT. Kalman Media Pustaka.

Widowati W. 2008. *Efek Toksik Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta : Andi

Wijayanti P, Noviani R, Tjahjono GA. 2015. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Imbangan Air Secara Meteorologis Dengan Menggunakan Metode Thornthwaite Mather Untuk Analisis Kekritisannya Air di Karst Wonogiri. *Geimedia*. 13(1):27-40.

Wulandari EAS. 2013. Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb , Cd dan Cu dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*). *Jurnal Sains Dan Seni Pom ITS*. 2(2):12–14

Yudha GP, Noli ZA, Idris M. 2013. Pertumbuhan daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) dan akumulasi logam timbal (Pb). *Jurnal Biologi UNAND*. 2(2):83-89.

Yusuf M, Zubair A, Arsyad A. 2014. *Fitoremediasi tanah tercemar logam berat Pb dan Cd dengan menggunakan tanaman lidah mertua (Sansevieria trifasciata)*. Makassar: Universitas Hasanuddin.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan pembuatan larutan uji Pb standar 100 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

V_1 = Volume larutan yang akan dibuat

M_1 = Konsentrasi larutan yang akan dibuat

V_2 = Volume larutan yang akan dicari

M_2 = Konsentrasi yang terbaca dari larutan baku

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$100 \times 100 = V_2 \times 1000$$

$$\frac{10.000}{1000} = V_2$$

$$10 \text{ mL} = V_2$$

Lampiran 2. Perhitungan pembuatan standar kurva kalibrasi 0.2 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm

Contoh perhitungan 0,2 ppm :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$100 \times 0,2 = V_2 \times 100$$

$$\frac{20}{100} = V_2$$

$$0,2 \text{ mL} = V_2$$

Lampiran 3. Perhitungan spike Pb untuk sampel daun

Spike Pb 0,4 ppm untuk Daun :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$50 \times 0,4 = V_2 \times 100$$

$$\frac{20}{100} = V_2, \quad 0,2 \text{ mL} = V_2$$

Lampiran 4. Worksheet Perhitungan Sampel Daun

No	Jenis contoh	Bobot Contoh (g)	KA	Bobot Kering	Fp	Absorbansi	Kons. (ug/mL)	Hasil uji (ug/g)		
					I	II	I	I	II	Rata-rata
1	SRM ERA 299-500				0.0128	0.0122	1.12	1.06		
2	Std 10				0.1052		10.24		10.24	0.7554
3	BLANKO				0.0005		0.09	0.0900		0.0900
4	Sampel F1	1,0143		4	0.1044		10.76		2121.6603	2121.6603
5	Sampel F4	1,0140		5	0.1904		19.84		4891.5187	4891.5187
6	Sampel F6	1,0149		4	0.1204		12.45		2453.4437	2453.4437
7	Sampel F8	1,0143		4	0.1547		16.06		3166.7160	3166.7160
8	Sampel F17	1,0146		4	0.1288		13.33		2627.6365	2627.6365
9	Sampel M1	1,0147		2	0.1063		10.96		1080.1222	1080.1222
10	Sampel M2	1,0141		2	0.1512		15.70		1548.1708	1548.1708
11	Sampel M9	1,0017	1,0023		0.0840	0.0844	8.15	8.19	406.8084	406.8084
12	Sampel M15	1,0145		2	0.1637		17.02		1677.6737	1677.6737
13	Sampel M19	1,0149		2	0.1463		15.18		1495.7139	1495.7139
14	Sampel P4	1,0148		2	0.1630		16.94		1669.2944	1669.2944
15	Sampel P6	1,0141			0.1377		14.27		703.5795	703.5795
16	Sampel P8	1,0140			0.1559		16.19		798.3235	798.3235
17	Sampel P9	1,0142		2	0.1645		17.10		1686.0580	1686.0580
18	Sampel P10	1,0148			0.1900		19.79		975.0690	975.0690
19	Spike M9	1,0047	1,0048		0.0873	0.0850	8.48	8.25	422.0165	416.2730
20										

$$\text{Hasil uji} = \frac{[(\text{Kons. (ug/mL)} \times \text{Fp}) - \text{Kons. Blanko} \times \text{Vol akhir (mL)}]}{\text{bobot contoh (g)}}$$

$$\text{Hasil uji Sampel 1} = \frac{8,15 \times 50}{1,0017} = 406,8086 \text{ ug/g}$$

$$\text{Hasil uji Sampel 2} = \frac{8,19 \times 50}{1,0023} = 408,56 \text{ ug/g}$$

Lampiran 5. Perhitungan % Recovery SRM pada Pengukuran Daun

CRM ERA 299-500 pada pengukuran daun :

$$\% \text{ Recovery SRM} = \frac{x}{\mu} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Recovery SRM} = \frac{1020 \text{ ug/mL}}{1050} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Recovery SRM} = 97.14 \%$$

Lampiran 6. Perhitungan % Recovery Spike sampel daun

$$\% \text{ Recovery Spike} = \frac{\text{Kons. Spike} - \text{Kons. Sampel}}{\text{Kons. Standar}} \times 100 \%$$

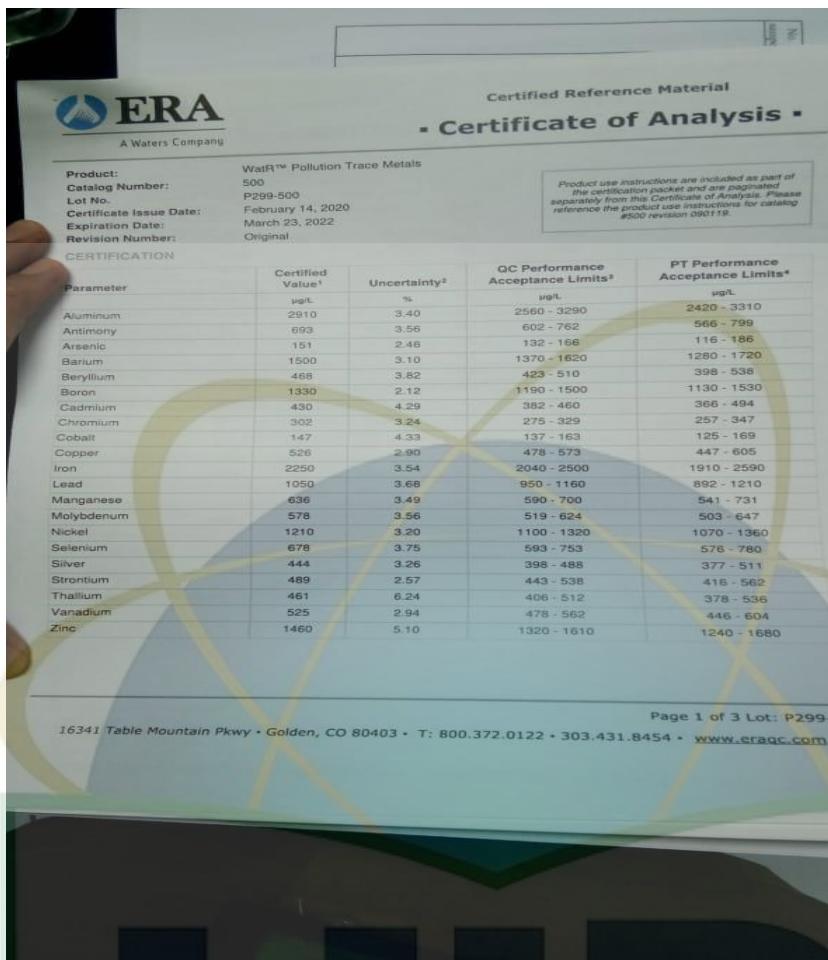
$$\text{Kons. Standar} = \frac{\text{Kons. larutan induk} \times V \text{ yang ditambah} \times F_p}{\text{rata2 bobot kering}}$$

Spike Sampel Daun :

$$\% \text{ Recovery Spike} = \frac{416 - 407}{9,95} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Recovery Spike} = 90.45 \%$$

Lampiran 7. Certificate of Analysis CRM ERA



Perhitungan :

$$\text{metal} = \frac{\text{uncertainty}}{100} \times \text{certified value} = X$$

$$\text{certified value} \pm X = \text{rentang nilai CRM}$$

$$\text{Lead (Pb)} = \frac{3.68}{100} \times 1050 = 38.64$$

$$1050 \pm 38.64 = 1.088,64 - 1.0113,6 \text{ ug/g}$$

Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian



Proses Pengambilan Sampel



Proses Preparasi Sampel



Proses Pengeringan Sampel



Penimbangan Sampel



Proses di diamkan Sampel



Penambahan Spike



Proses Destruksi Asam



Pendinginan Sampel