

**TUGAS AKHIR**  
**DISTRIBUSI KONSENTRASI Pb, Cu, Zn PADA**  
**TANAMAN KETAPANG (*Terminalia catappa*)**  
**SEBAGAI BIOINDIKATOR PENCEMARAN UDARA**  
**DI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan**  
**Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



**Fahanny Nastitie Dewi**

**16513052**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**2020**



## TUGAS AKHIR

# DISTRIBUSI KONSENTRASI Pb, Cu, Zn PADA TANAMAN KETAPANG (*Terminalia catappa*) SEBAGAI BIOINDIKATOR PENCEMARAN UDARA DI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



**FAHANNY NASTITIE DEWI**

**16513052**

Disetujui,

Dosen Pembimbing:

**Suphia Rahmawati, Dr., S.T., M.T.**

**NIK: 155131313**

Tanggal: 25 Juli 2020

**Lutfia Isna Ardhavanti, S.Si., M.Sc.**

**NIK: 15510111**

Tanggal: 20 Juli 2020

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

**Eko Siswoyo, S.T., M.Sc., ES., Ph.D.**

**NIK: 025100406**

Tanggal: 31 Agustus 2020



**HALAMAN PENGESAHAN**

**DISTRIBUSI KONSENTRASI Pb, Cu, Zn PADA  
TANAMAN KETAPANG (*Terminalia catappa*) SEBAGAI  
BIOINDIKATOR PENCEMARAN UDARA DI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Sabtu

Tanggal : 25 Juli 2020

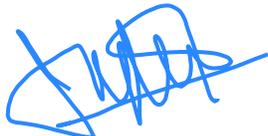
Disusun Oleh:

**FAHANNY NASTITIE DEWI**

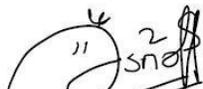
16513052

**Tim Penguji:**

**Suphia Rahmawati, Dr., S.T., M.T.**

(  )

**Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc.**

(  )

**Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc.**

(  )



## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 31 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan,



**Fahanny Nastitie Dewi**

NIM: 16513052



## PRAKATA

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis telah diberi kemampuan untuk menyelesaikan penulisan tugas akhir tentang Distribusi Konsentrasi Pb, Cu, Zn pada Tanaman Ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa Program S1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan, dorongan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan dalam menjalani dan menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc., ES., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan UII.
3. Ibu Qorry Nugrahayu, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Teknik Lingkungan FTSP UII.
4. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. dan Ibu Lutfia Isna Ardhyanti, S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membantu dan membimbing sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Kedua orangtua yang senantiasa mendukung dan mendoakan untuk menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia khususnya

Angkatan 2016 yang telah membantu banyak hal dalam menyelesaikan proposal ini.

7. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal ini masih banyak terdapat berbagai kekurangan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi menyempurnakan proposal ini. Penulis berharap semoga proposal ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya dan dapat ditindaklanjuti dengan pengimplementasian saran.

*Wassalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 27 Januari 2020

Fahanny Nastitie Dewi

## ABSTRAK

FAHANNY NASTITIE DEWI. Distribusi Konsentrasi Pb, Cu, Zn pada Tanaman Ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai Bioindikator Pencemaran Udara di Universitas Islam Indonesia. Dibimbing oleh Dr. SUPHIA RAHMWATI, S.T., M.T. dan LUTFIA ISNA ARDHAYANTI, S.Si., M.Sc.

Pencemaran udara dapat disebabkan oleh peningkatan jumlah industri dan transportasi kendaraan bermotor. Salah satu upaya untuk mengurangi pencemaran udara oleh logam berat adalah dengan memanfaatkan penyerapan oleh tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persebaran polutan logam Pb, Cu, dan Zn yang diakumulasi oleh tanaman Ketapang, udara, dan tanah di Universitas Islam Indonesia. Konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn di daun Ketapang kemudian dihubungkan dengan kemungkinan sumber yaitu udara dan tanah. Sampel udara, tanah, dan daun yang telah diambil kemudian di destruksi basah menggunakan larutan asam HNO<sub>3</sub>. Setelah itu hasil destruksi basah dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata konsentrasi Pb di udara sebesar 0,038 µg/Nm<sup>3</sup>, di tanah 0,317 mg/kg, dan di daun 0,0774 mg/kg. Rata-rata konsentrasi Cu di udara sebesar 0,454 µg/Nm<sup>3</sup>, di tanah 1,082 mg/kg, dan di daun 0,0632 mg/kg. Rata-rata konsentrasi Zn di udara sebesar 0,193 µg/Nm<sup>3</sup>, di tanah 0,287 mg/kg, dan di daun 0,173 mg/kg. Konsentrasi timbal (Pb) di daun Ketapang memiliki korelasi tinggi dengan tanah yaitu sebesar 0,726. Konsentrasi tembaga (Cu) di daun Ketapang memiliki regresi tinggi dengan udara yaitu sebesar 0,837. Sedangkan untuk seng (Zn) memiliki korelasi yang cukup rendah atau lemah dengan udara dan tanah.

Kata kunci: Ketapang, Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Pencemaran Udara, Seng (Zn)

## ABSTRACT

FAHANNY NASTITIE DEWI. *Distribution of Concentration Pb, Cu, and Zn in Ketapang (Terminalia catappa) as Air Pollution Bioindicator at Islamic University of Indonesia. Supervised by Dr. SUPHIA RAHMWATI, S.T., M.T. and LUTFIA ISNA ARDHAYANTI, S.Si., M.Sc.*

*Air pollution can be caused by an increase in the number of industries and transportation. This is due to the high use of fuels derived from fossil fuels. One solution to reduce air pollution caused by heavy metals is to use the capability of plant to accumulation heavy metals. This study aims to determine the distribution of Pb, Cu, and Zn metal pollutions accumulated by Ketapang plants at the Islamis University of Indonesia. Concentration of Pb, Cu, and Zn in Ketapang leaves are then linked to possible sources of air and soil. Air, soil, and leaves that have been taken will destruction using a HNO<sub>3</sub> acid solution. After that the result of wet destruction were analyzed using AAS. The average concentration of Pb in air is 0,038 µg/Nm<sup>3</sup>, in soil 0,317 mg/kg, and in leaves 0,0774 mg/kg. The average concentration of Cu in air is 0,454 µg/Nm<sup>3</sup>, in soil 1,082 mg/kg, and in leaves 0,0632 mg/kg. The average concentration of Zn in air is 0,193 µg/Nm<sup>3</sup>, in soil 0,287 mg/kg, and in leaves 0,173 mg/kg. Concentration of Pb in the leaves of Ketapang has a high correlation with soil that is equal to 0,726. The concentration of Cu in Ketapang leaves has a high correlation with air that is equal to 0,837. The last, Zn has a weak correlation wih air and soil.*

*Keywords: Air Pollution, Copper (Cu), Lead (Pb), Terminalia catappa, Zinc (Zn)*

## DAFTAR ISI

PRAKATA.....	ix
ABSTRAK.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pencemaran Udara.....	5
2.2 Parameter Logam Berat.....	6
2.2.1 Timbal (Pb).....	6
2.2.2 Tembaga (Cu).....	7
2.2.3 Seng (Zn).....	8
2.3 Mekanisme Masuknya Logam Berat ke Udara dan Tanah.....	8
2.3.1 Udara.....	9
2.3.2 Tanah.....	11
2.4 Mekanisme Penyerapan Logam Berat oleh Tanaman.....	12
2.5 Ketapang ( <i>Terminalia catapaa</i> ).....	13
2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	15
2.7 Penelitian Terdahulu.....	17
BAB III.....	21
METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Skema Metode Penelitian.....	21
3.2 Studi Literatur.....	22
3.3 Pengambilan Data.....	22

3.3.1	Waktu dan Lokasi Pelaksanaan.....	22
3.3.2	Udara .....	23
3.3.3	Daun .....	25
3.3.4	Tanah .....	27
3.3.5	Jumlah Kendaraan Bermotor .....	28
3.4	Pengolahan dan Analisis Data.....	28
3.5	Pemetaan pola persebaran logam Pb, Cu, Zn di daun Ketapang .....	30
BAB IV.....		31
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA.....		31
4.1	Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian .....	31
4.2	Analisis Logam Berat pada Udara .....	33
4.2.1	Hubungan Jumlah Kendaraan dan Faktor Meteorologi dengan Konsentrasi Logam Pb, Cu, Zn di Udara.....	35
4.3	Analisis Logam Berat di Tanah .....	37
4.4	Analisis Logam Berat pada Daun Ketapang.....	38
4.5	Korelasi Udara terhadap Konsentrasi Logam pada Daun Ketapang.....	43
4.6	Korelasi Tanah terhadap Konsentrasi Logam pada Daun Ketapang.....	44
4.7	Pola Persebaran Konsentrasi Logam Pb, Cu, dan Zn pada Daun Ketapang .....	46
BAB 5 .....		49
KESIMPULAN DAN SARAN.....		49
5.1	Kesimpulan .....	49
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....		51
LAMPIRAN.....		56
RIWAYAT HIDUP .....		75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Sumber dari Logam Berat (Sumber: Rai, 2019).....	9
Gambar 2.2 Intervensi efek di pencemaran udara (Walker, 2006).....	10
Gambar 2.3 Mekanisme Masuknya Logam Berat kedalam Tanaman .....	12
Gambar 2.4 Pohon Ketapang (a), Daun Ketapang (b) (Thomson, 2006).....	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Sampel.....	22
Gambar 3.3 Titik Sampling Udara.....	23
Gambar 3.4 Anemometer digital (a); High Volume Air Sampler (b).....	24
Gambar 3.5 Pohon Ketapang di Universitas Islam Indonesia .....	26
Gambar 3.6 Titik Sampling Tanah.....	28
Gambar 4. 1 Peta Titik Sampel Udara, Tanah, dan Daun Ketapang.....	33
Gambar 4. 2 Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.....	33
Gambar 4. 3 Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu), dan Seng (Zn) di UII.....	34
Gambar 4. 4 Hubungan Jumlah Kendaraan dengan Konsentrasi Logam Pb, Cu, Zn di Udara .....	35
Gambar 4. 5 Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, Zn di Tanah .....	37
Gambar 4. 6 Proses Pengambilan Sampel Daun.....	39
Gambar 4. 7 Perbandingan Konsentrasi Logam Pb (a), Cu (b), dan Zn (c) pada Musim Hujan dan Kemarau pada Daun Ketapang.....	40
Gambar 4. 8 Perbandingan Rata-rata Konsentrasi Logam Pb, Cu, dan Zn pada Musim Kemarau dan Hujan.....	41
Gambar 4. 9 Boxplot Konsentrasi Logam Pb, Cu, dan Zn pada Daun Ketapang Musim Kemarau dan Hujan.....	42
Gambar 4. 10 Pohon Ketapang dalam Radius 100 m dari Titik Udara.....	43
Gambar 4. 11 Peta Persebaran Konsentrasi Logam Pb di Daun Ketapang pada Musim Kemarau dan Hujan.....	46

Gambar 4. 12 Peta Persebaran Konsentrasi Logam Cu di Daun Ketapang pada Musim Kemarau dan Hujan .....	47
Gambar 4. 13 Peta Persebaran Konsentrasi Logam Zn di Daun Ketapang pada Musim Kemarau dan Hujan .....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jalur utama dari pencemaran udara .....	10
Tabel 2.2 Jalur utama dari pencemaran tanah.....	11
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu .....	17
Tabel 4. 1 Deskripsi Kondisi Lokasi Titik Sampel.....	31
Tabel 4. 2 Hubungan Antara Suhu, Tekanan Udara, dan Kelembaban pada konsentrasi Pb, Cu, dan Zn di Udara.....	36
Tabel 4. 3 Korelasi konsentrasi Pb, Cu, Zn di udara dengan di daun Ketapang...	44
Tabel 4. 4 Korelasi konsentrasi Pb, Cu, Zn di tanah dengan di daun Ketapang...	45

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sumber pencemaran udara dapat dikelompokkan dalam dua kelompok besar yaitu sumber pencemaran yang tidak bergerak, seperti: industri, rumah tangga, dan sumber pencemaran yang bergerak, seperti: kendaraan bermotor. (Krisnayya dan Bedi, 1986). Penggunaan kendaraan bermotor berfungsi untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya. Selain memiliki dampak positif, kendaraan bermotor juga memiliki dampak negatif yaitu dapat menyebabkan pencemaran udara dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor yang menghasilkan logam berat pencemar yaitu timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn).

Salah satu upaya untuk mengurangi kadar logam berat pada udara yaitu dengan memanfaatkan penyerapan oleh tanaman sebagai bioindikator. Kemampuan masing-masing tanaman untuk menyesuaikan diri berbeda-beda sehingga menyebabkan adanya tingkat kepekaan, yaitu sangat peka, peka, dan kurang peka. Tingkat kepekaan tumbuhan ini berhubungan dengan kemampuannya untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat, dan daun merupakan organ tanaman sebagai bioindikator yang paling peka terhadap pencemaran (Fardiaz, 1992). Suatu tanaman dapat dikatakan sebagai bioremediasi jika mampu menyerap dan mengakumulasi pencemar tanpa mengalami gangguan pertumbuhan (Sembring & Endah, 2006). Pada penelitian yang dilakukan oleh Silvana dan Regina (2009) yang dilakukan di Brazil, menyatakan bahwa daun Ketapang dapat digunakan sebagai bioindikator untuk pencemaran lingkungan disekitar daerah industri pupuk di Cubataoa dan memiliki hubungan dengan logam berat F, S, Ti, Fe, Sr, dan Pb yang ditemukan disekitar industri pupuk.

Universitas Islam Indonesia (UII) merupakan salah satu perguruan tinggi swasta di Daerah Istimewa Yogyakarta yang terletak Kampus Terpadu UII di Jalan Kaliurang KM 14.5, Fakultas Ekonomi UII di Jalan Priwiro Kuat Condong Catur,

dan Fakultas Hukum UII di Jalan Taman Siswa. Setiap tahun mahasiswa/i Universitas Islam Indonesia (UII) terus meningkat dari berbagai daerah di Indonesia menjadikan jumlah kendaraan bermotor di kawasan UII terus meningkat, dimana kendaraan bermotor merupakan salah satu sumber dari pencemaran udara. Saat ini Universitas Islam Indonesia (UII) sedang dalam proses pembangunan gedung baru Fakultas Hukum dan Fakultas Ilmu Agama Islam. Beberapa tanaman ditebang guna pembangunan gedung baru, sehingga berkurangnya tanaman-tanaman di Kampus Terpadu yang dapat meningkatkan pencemaran udara. Oleh karena itu, diperlukan penelitian mengenai persebaran polutan timbal (Pb), tembaga (Cu), dan zinc (Zn) yang nantinya dapat digunakan untuk pertimbangan penanaman kembali tanaman-tanaman peneduh di Kampus Terpadu UII yang lebih efektif.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Pada penelitian ini, rumusan masalah yang akan dibahas antara lain:

1. Berapa kadar Pb, Cu, dan Zn yang terakumulasi pada daun tanaman peneduh ketapang (*Terminalia catappa*), udara, dan tanah?
2. Bagaimana korelasi antara kadar Pb, Cu, dan Zn pada daun tanaman Ketapang dengan, kadar Pb, Cu, dan Zn pada udara, kadar Pb, Cu, dan Zn pada tanah dan jumlah kendaraan?
3. Bagaimana pola persebaran kadar Pb, Cu, dan Zn pada daun tanaman Ketapang di Universitas Islam Indonesia sebagai bioindikator.

### **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi kadar Pb, Cu, dan Zn yang terakumulasi pada daun tanaman peneduh ketapang (*Terminalia catappa*), udara, dan tanah.
2. Menganalisis korelasi antara kadar Pb, Cu, dan Zn pada daun tanaman ketapang (*Terminalia catappa*) dengan kadar Pb, Cu, dan Zn pada udara, kadar Pb, Cu, dan Zn pada tanah dan jumlah kendaraan.

Mengetahui pola persebaran kadar Pb, Cu, dan Zn pada daun tanaman Ketapang di Universitas Islam Indonesia sebagai bioindikator.

#### 1.4 Manfaat

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Bagi Masyarakat  
Penelitian ini sebagai pengetahuan pada masyarakat untuk mengetahui bagaimana tanaman peneduh dapat mereduksi pencemaran udara.
2. Bagi Universitas Islam Indonesia  
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan inovasi kepada Universitas Islam Indonesia untuk menjalankan pengendalian pencemaran udara dikawasan Kampus Terpadu berupa penanaman kembali tanaman-tanaman peneduh untuk mengurangi pencemaran udara.
3. Bagi Penulis  
Penelitian sebagai salah satu syarat dalam memenuhi gelar sarjana Teknik Lingkungan dari Universitas Islam Indonesia. Peneliti dapat menerapkan dan memberikan ilmu teknik lingkungan khususnya terhadap masalah masalah tentang pencemaran udara an kemampuan tanaman sebagai bioindikator.

#### 1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Pengujian kadar Pb, Cu, dan Zn dilakukan pada daun tanaman peneduh ketapang (*Terminalia catappa*), *Total Suspend Particulate* (TSP) di udara ambien dan tanah yang ada di Univeritas Islam Indonesia.
2. Pengambilan sampel daun Ketapang dilakuan pada musim kemarau dan musim hujan. Sedangkan untuk sampel udara dan tanah dilakukan hanya pada musim hujan
3. Penelitian ini dilakukan di Universitas Islam Indonesia & Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Standar Nasional Indonesia (SNI) yang digunakan yaitu:
  - SNI No. 7119-3:2017 tentang *Total Suspended Particulate* (TSP)
  - SNI No. 06-6989.6-2009 tentang cara uji tembaga (Cu) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala

- SNI No. 06-6989.7-2009 tentang cara uji seng (Zn) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala
- SNI No. 06-6989.8-2009 tentang cara uji timbal (Pb) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Sedangkan udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. (Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999).

*Total Suspended Particulate (TSP)* adalah partikel udara yang berukuran kecil seperti asap, debu, dan uap dengan diameter kurang dari 100  $\mu\text{m}$ . TSP berasal dari beberapa sumber termasuk pembangkit tenaga listrik, incinerator, kendaraan dan aktivitas konstruksi (Rochimawati, 2014). Masalah polusi udara yang disebabkan oleh TSP merupakan masalah yang berbahaya bagi kesehatan manusia. TSP dapat memicu berbagai penyakit seperti infeksi pernafasan dan juga gangguan pada penglihatan (Widya, 2017). Unsur partikulat ini dapat mempengaruhi kesehatan manusia sebagai reseptor terutama menyebabkan gangguan pada sistem respirasi. Masuknya partikulat ke dalam sistem respirasi manusia dipengaruhi ukuran partikulat. Partikulat berukuran 5 - 10  $\mu\text{m}$  akan mudah tersaring secara fisik oleh rambut-rambut halus dalam rongga hidung, partikel berukuran 2 - 5  $\mu\text{m}$  akan terendapkan di alveoli, dan partikel berukuran < 2  $\mu\text{m}$  akan mudah masuk ke dalam saluran respirasi dan akan mudah keluar kembali bersama udara ekspirasi (Soemirat, 2003).

Kondisi meteorologi menjadi faktor utama terjadinya akumulasi polutan udara. Menurut Sastrawijaya (1991), kecepatan angin mempengaruhi distribusi pencemar. Konsentrasi pencemar akan berkurang jika angin kecepatan tinggi dan

membagikan kecepatan tersebut secara mendatar atau vertical. Selain faktor meteorologi, kondisi topografi wilayah dapat memberikan pengaruh terhadap konsentrasi polutan di udara. Topografi dan keadaan lingkungan akan mempengaruhi dispersi polutan di sekitar wilayah tersebut. Suatu wilayah yang terletak di dataran rendah akan memiliki konsentrasi yang berbeda dengan daerah di dataran tinggi maupun cekungan. Namun, suatu wilayah tidak akan mengalami polusi udara jika tidak terdapat pencemar di wilayah tersebut.

## **2.2 Parameter Logam Berat**

### **2.2.1 Timbal (Pb)**

Timbal (Pb) merupakan logam yang bersifat neurotoksin yang dapat masuk dan terakumulasi dalam tubuh manusia ataupun hewan, sehingga bahayanya terhadap tubuh semakin meningkat (Kusnoputranto, 2006). Menurut Underwood dan Shuttle (1999), Pb biasanya dianggap sebagai racun yang bersifat akumulatif dan akumulasinya tergantung levelnya. Hal itu menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pada ternak jika terdapat pada jumlah di atas batas ambang. Lebih lanjut Underwood dan Shuttle (1999) mencantumkan batas ambang untuk ternak unggas dalam pakannya, yaitu: batas ambang normal sebesar 1 – 10 ppm, batas ambang tinggi sebesar 20 – 200 ppm dan batas ambang toksik sebesar lebih dari 200 ppm. Timbal (Pb) dapat diserap dari usus dengan sistem *transport* aktif. *Transport* aktif melibatkan carrier untuk memindahkan molekul melalui membran berdasarkan perbedaan kadar atau jika molekul tersebut merupakan ion. Pada saat terjadi perbedaan muatan *transport*, maka terjadi pengikatan dan membutuhkan energi untuk metabolisme (Rahde, 1991).

Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit Amerika Serikat (*The US Centers for Disease Control dan Prevention*) dan Organisasi Kesehatan Sedunia (*The World Health Organization*) menyatakan bahwa timbal dalam darah yang mengacu tingkat 10 µg/dL atau lebih dapat membahayakan kesehatan dan mengakibatkan amnesia. Mereka mengemukakan juga bahwa tingkat toksisitas timbal dalam darah adalah 10 µg/dL sebagaimana diadopsi oleh CUC Amerika Serikat dan tahun 1991 dan WHO tahun 1995. Namun sejak waktu itu, kadar timbal dalam darah di bawah level tersebut sudah menunjukkan gejala keracunan pada

manusia terutama bagi anak-anak. Dilaporkan juga bahwa kadar timbal dalam darah 3,6 µg/dL atau lebih dapat mengakibatkan gangguan kardiovaskular serta kematian (Ragan dan Turner, 2009).

Konsentrasi timbal di udara di daerah perkotaan kemungkinan mencapai 5 sampai 50 kali daripada di daerah-daerah pedesaan. Semakin jauh dari daerah perkotaan, semakin rendah konsentrasi Pb di udara, yaitu berbentuk partikel-partikel. Gas timbal terutama berasal dari pembakaran bahan adiktif bensin dari kendaraan bermotor yang terdiri dari tetraetil Pb dan tetrametil Pb. Partikel-partikel Pb di udara berasal dari sumber lain seperti pabrik-pabrik alkil Pb dan Pb-oksida, pembakaran bensin, di mana dihasilkan berbagai komponen Pb, terutama PbBrCl dan PbBrCl<sub>2</sub>PbO (Fardiaz, 1994). Dari sekian banyak sumber pencemaran udara yang ada, kendaraan bermotor (transportasi) merupakan sumber pencemaran udara terbesar (60%), sektor industri 20% dan lain-lain 20%. Timbal dalam jaringan tubuh mula-mula dianggap sebagai kontaminasi lingkungan. Belakangan terbukti bahwa timbal pada tikus meningkatkan pertumbuhan dan termasuk dalam golongan zat gizi mineral mikro (Almatsier, 2003).

### **2.2.2 Tembaga (Cu)**

Tembaga (Cu) merupakan logam kemerahan yang terbentuk secara alami dibatun tanah, air, sedimen yang memiliki tingkat udara rendah. Tembaga biasanya berada dalam partikel debu yang dihasilkan dari pengolahan smelter dan ore kemudian terbawa oleh angin (ATSDR, 2007). Tembaga dengan nama kimia cupprum dilambangkan dengan Cu, unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia, tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau berat atom (BA) 63,546 (Keenan, 1999).

Unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral. Sebagai logam berat, Cu berbeda dengan logam-logam berat lainnya seperti Hg, Cd, dan Cr. Logam berat Cu digolongkan dalam logam berat dipentingkan atau logam berat esensial, artinya meskipun tubuh sangat membutuhkan meski dalam jumlah sedikit. Karena itu, Cu juga termasuk ke dalam

logam esensial bagi manusia, seperti besi (Fe) dan lain-lain. Toksisitas yang dimiliki oleh Cu telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait (Palar, 1994).

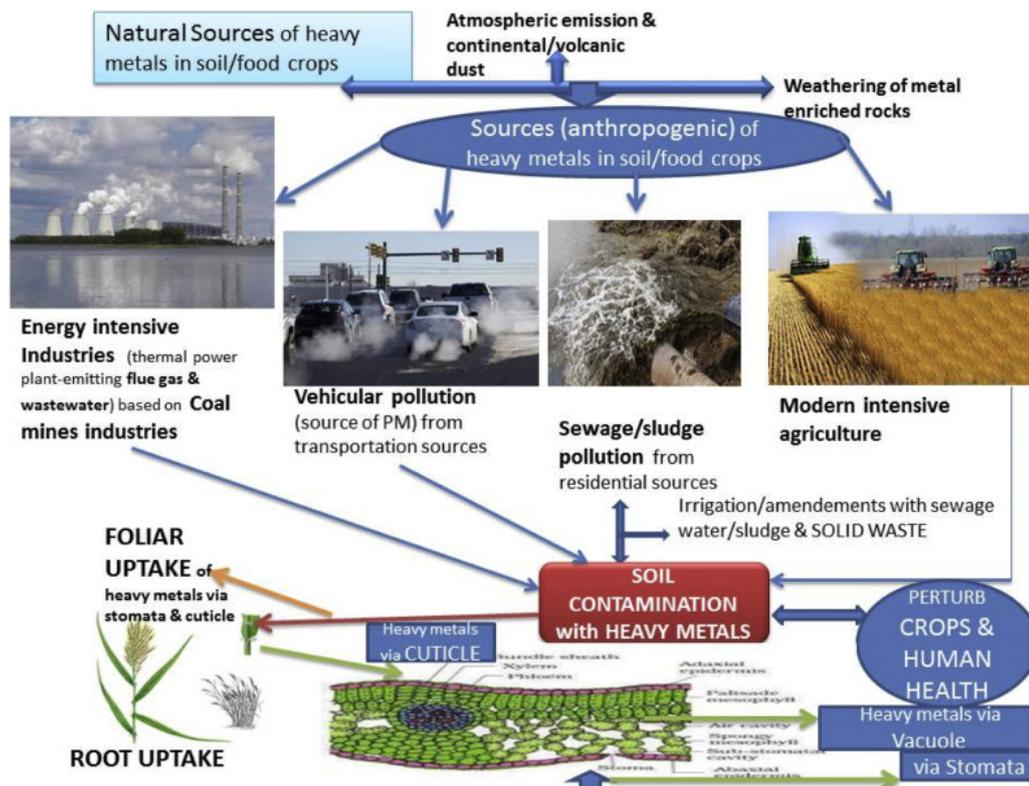
### **2.2.3 Seng (Zn)**

Seng (Zn) merupakan unsur umum berwarna putih kebiruan yang berada di kerak bumi yang dapat ditemukan di udara, tanah, maupun air. Logam seng biasanya digunakan dalam industri pelapisan baja dan besi. Emisi alami dari seng dan senyawanya ke udara terutama disebabkan oleh partikel tanah yang terbawa angin, emisi vulkanik, dan kebakaran hutan (ATSDR, 2007)

Kendaraan bermotor juga turut menjadi faktor penyumbang emisi logam berat seng (Zn) selain dari hasil produksi industri. Menurut Layola (2009), penggunaan bahan bakar solar dan rem pada kendaraan menjadi menyumbang emisi logam berat Zn, Cu, Fe dan crustal elements di udara. Polusi udara dari kendaraan bermotor mengandung *Total Suspended Particulate* (TSP) yang dilepas ke udara ambien. Penggunaan bahan bakar yang mengeluarkan *Total Suspended Particulate* (TSP) telah diteliti mengandung lebih banyak logam berat, salah satunya seng (Zn) dibandingkan dengan debu jatuh (*settled dust*). Sifat seng (Zn) yang mudah berikatan dengan oksida dapat menjadi sumber bergerak yang potensial terhadap penyebaran logam berat (Sipos, 2012).

## **2.3 Mekanisme Masuknya Logam Berat ke Udara dan Tanah**

Logam berat di lingkungan dapat dihasilkan dari kegiatan manusia maupun dari kegiatan alam seperti material dari batu, kegiatan vulkanik gunung berapi, kebakaran hutan, dll. Pembakaran bahan bakar fosil, pertambangan, industri dan transportasi menyumbang logam berat beracun ke dalam lingkungan. Terlepas dari kegiatan industri, jalan raya and kendaraan bermotor berkontribusi besar terhadap beban logam berat seperti Pb (timbal), Cd (cadmium), dan As (arsen) di lingkungan (Kumar dkk, 2016).



**Gambar 2.1** Diagram Sumber dari Logam Berat

(Sumber: Rai, 2019)

Sumber utama dari logam berat di lingkungan adalah *atmospheric deposition* (*wet deposition* dan *dry deposition*), kotoran ternak, irigasi dengan air limbah atau air yang tercemar, penggunaan pestisida, pupuk berbasis fosfat dan pupuk berbasis lumpur limbah. Di samping sumber-sumber alami, kontaminan antropogenik menimbulkan resiko kesehatan manusia yang besar melalui asupan makanan dari nabati maupun hewani. Makanan yang berasal dari tanaman terkontaminasi melalui penyerapan nutrisi oleh akar atau deposisi langsung ke permukaan tanaman. *Particulate matter* (PM) yang dikeluarkan melalui emisi industri dan emisi kendaraan bermotor terakumulasi di tanah, udara dan rantai makanan (Rai, 2019).

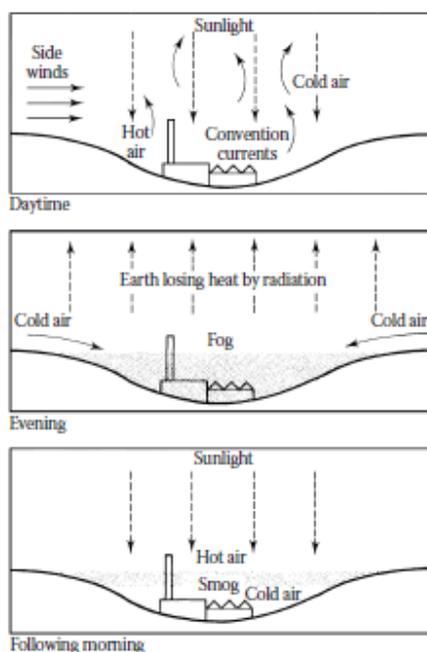
### 2.3.1 Udara

Polutan masuk ke atmosfer dalam bentuk gas berbentuk tetesan atau partikel. Dalam keadaan gas, polutan dapat berpindah tergantung dari massa udara. Partikel

dan tetesan lebih cenderung bergerak relatif jarak pendek sebelum akhirnya jatuh ke tanah. Namun, dapat juga bergerak jarak jauh apabila berdiameter kecil. Cerobong asap industri dan perumahan adalah sumber penting dari pencemaran udara yang menghasilkan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), hidrogen fluorida, dan klorofluorokarbon (CFC).

**Tabel 2. 1** Jalur utama dari pencemaran udara

Sumber	Polutan
Cerobong asap domestik	Berbagai komponen organik termasuk hidrokarbon atau asap, $\text{SO}_2$ , $\text{CO}_2$ , $\text{NO}_2$ , dll
Cerobong asap industri, pembangkit listrik	Seperti dengan cerobong asap domestik dan juga hasil aktivitas dari industry seperti <i>radiochemical</i> dari pembangkit listrik nuklir.
Pembakaran bahan bakar kendaraan	$\text{CO}_2$ , $\text{NO}_2$ , hidrokarbon dan beberapa polutan organik. Timbal merupakan logam berat yang sering dihasilkan dari pembakaran bahan bakar
Penggunaan pestisida	Insektisida, fungisida, dan herbisida
Aerosol dari pendingan	$\text{CF}_2\text{Cl}_2$ , $\text{CFCl}_3$



**Gambar 2.2** Inversi dalam pencemaran udara (Walker, 2006)

Pada keadaan cerah dan hangat, polutan dengan cepat diencerkan oleh pencampuran dengan udara. Saat permukaan bumi hangat oleh sinar matahari, udara panas dekat cerobong naik menghasilkan arus konversi dan membawa polutan. Udara dingin akan mengalir untuk menggantikannya. Dengan adanya angin dari samping polutan udara akan dibawa dari titik *effluent* dan diencerkan lebih lanjut. Proses ini akan terbalik pada malam hari saat udara dingin. Jika tidak ada angin, lapisan kabut akan terbentuk dan menjebak udara dingin dibawahnya. Sehingga sinar matahari pada pagi hari tidak dapat menembus lapisan kabut dan mencegah pemanasan udara. Polutan akan terperangkap di area cerobong asap. Sehingga persebaran polutan ditentukan oleh kondisi suhu, kelembaban, dan angin yang stabil. Pada umumnya, semakin tinggi titik pelepasan polutan maka semakin cepat pula mencapai atmosfer (Walker, 2006).

### 2.3.2 Tanah

Kontaminasi tanah dengan logam berat dapat berasal dari berbagai kegiatan yang disengaja maupun tidak disengaja. Kegiatan manusia seperti pembuangan limbah domestik dan limbah non-domestik ke tempat pembuangan akhir (TPA) secara langsung dapat mengkontaminasi tanah. Penggunaan limbah *sludge* sebagai pupuk serta penggunaan pestisida pada sektor pertanian juga merupakan salah satu sumber kontaminasi tanah. Tanah juga terkontaminasi dari emisi kendaraan. Asap dan debu dari cerobong asap yang membawa berbagai polutan organik dan anorganik dapat jatuh ke tanah. Kegiatan yang tidak disengaja namun dapat mengkontaminasi tanah seperti banjir, kebakaran hutan dan kegiatan vulkanik gunung berapi.

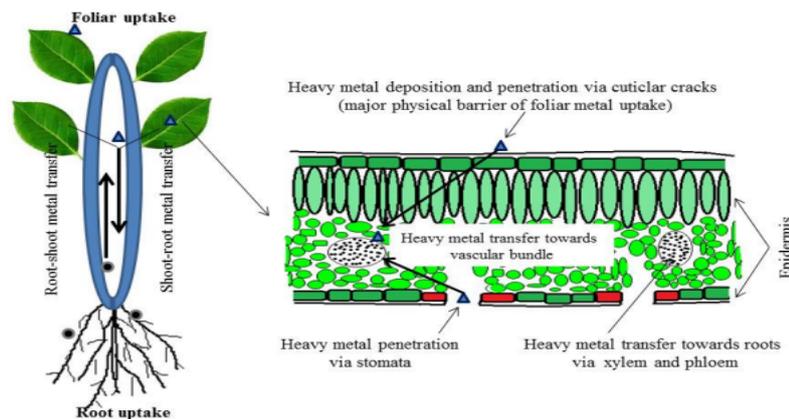
**Tabel 2.2** Jalur utama dari pencemaran tanah (Walker, 2006)

Sumber	Polutan
Pembuangan limbah domestik dan non-domestik	Berbagai polutan
Penggunaan pestisida dan pupuk pada pertanian	Insektisida, rodentisida, herbisida, logam berat, nitrat, fosfat, dll

Banjir dari sungai atau laut	Berbagai polutan yang terkait dengan limbah
Presipitasi dari udara atau dari hujan dan salju	Polutan yang terkait dengan debu, hujan asam, logam berat

#### 2.4 Mekanisme Penyerapan Logam Berat oleh Tanaman

Air dan elemen mineral diserap dari tanah melalui akar tanaman. Tanah mengandung elemen mineral yang dibutuhkan oleh tanaman. *Nutrient* yang dibutuhkan tanaman diserap melalui akar melalui jalur apoplastik dan simpoplastik atau gabungan keduanya. Jalur apoplas, zat terlarut ditransfer secara ekstraseluler yang berada di dinding sel dan berfungsi untuk mengangkut air dari akar ke xilem. Jalur simplas, air dan larutan ditransfer secara intraseluler melalui saluran tubular yang dikenal sbaaai plasmodesmata yang terhubung dengan sel sitoplasma. Pada tanaman, organ fotosintesis utama adalah daun yang berfungsi untuk mnegkonversi cahaya menjadi energi kimia. Lapisan tipis lilin yang dikenal sebagai kutikula menutupi permukaan luar daun untuk melindungi dari kehilangan air dari tanaman. Stomata adalah lubang kecil di lapisan epidermis yang dibatasi oleh sel-sel berbentuk cekung yang mengatur pembukaan dan penutupan stomata (Seid, 2011). Daun dapat dijadikan indikator pencemaran karena kemampuan stomata dalam menyerap polutan pada udara (Koepppe, 2000).



**Gambar 2. 3** Mekanisme Masuknya Logam Berat kedalam Tanaman (Shahid, 2016)

Jalur masuknya logam berat ada dua jalur, yaitu melalui akar dan serapan daun melalui pori-pori stomata. Akar adalah organ tanaman yang bersentuhan langsung dengan tanah yang terkontaminasi logam, dan umumnya lebih sensitif terhadap toksisitas logam (Seregin, 2001). Maka dari itu, perpanjangan akar sering digunakan sebagai indikator sensitivitas tanaman terhadap logam (Salvatore, 2008). Akar memiliki peran penting dalam transfer air dan nutrisi dari tanah. Tanaman mampu menyesuaikan pH tanah di zona akar untuk memudahkahkan akses nutrisi. Sel-sel luar akar membentuk lapisan epidermis, yang mungkin berlilin tergantung dari spesies tanaman dan dapat membentuk lapisan eksodermis. Penurunan pH zona akar biasanya dicapai melalui pelepasan proton di permukaan akar.

Daun memiliki kemampuan untuk menyerap logam esensial dan logam bukan esensial. Meskipun dibatasi oleh adanya lilin di permukaan daun, pori-pori kutikula hidrofilik memberikan rute untuk pertukaran air, gas, dan elemen mineral melalui stomata di permukaan daun. Partikulat logam yang tertiuap angin dengan diameter kurang dari 10 mm dapat memasuki tanaman melalui stomata daun (Seid, 2011).

## **2.5 Ketapang (*Terminalia catapaa*)**

Tumbuhan ketapang (*Terminalia catappa L.*) adalah termasuk familia *Combretaceae*. Menurut Backer (1963), dijelaskan bahwa tumbuhan Ketapang (*Terminalia catappa L.*) mempunyai klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*

Divisio : *Magnoliophyta*

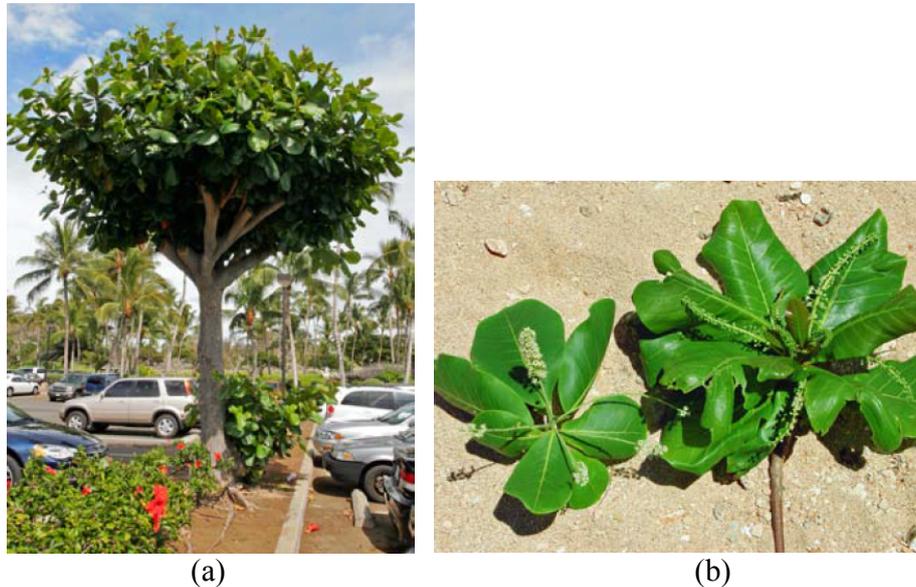
Classis : *Magnoliopsida*

Ordo : *Myrtales*

Familia : *Combretaceae*

Genus : *Terminalia*

Species : *Terminalia catappa L.*



**Gambar 2. 4** Pohon Ketapang (a), Daun Ketapang (b)  
(Thomson, 2006)

Pohon *Terminalia catappa L.* memiliki tinggi mencapai 40 m dengan batangnya berwarna abu-abu sampai abu-abu kecoklatan. Batangnya memiliki lima lobed dan memiliki bau tidak sedap. Daun memiliki ujung yang berbentuk bulat tumpul, mengkilap, kasar, dan berwarna hijau tua yang kemudian akan berubah menjadi kuning dan merah ketika akan gugur, daun ketapang yang gugur mempunyai aktivasi anti bakteri (Alfaida, 2013). Daun tersebar, sebagian besar berjejalan di ujung ranting, bertangkai pendek atau hampir duduk. Helaian daun bulat telur terbalik, dengan panjang 8-38 cm dan lebar 5-19 cm, dengan ujung lebar dan pangkal yang menyempit, helaian di pangkal bentuk jantung, dibagian sisi bawah pangkal daun terdapat kelenjar di kiri-kanan ibu tulang daun, permukaan atas licin dan bagian bawah berambut halus, berwarna kemerahan jika akan rontok (Syamsuhidayat et al., 1991). Pada penelitian yang dilakukan oleh Intan dan Murwani (2019) mengatakan bahwa Tanaman Ketapang Badak memiliki kemampuan dalam menyerap Pb sebesar 18,397 – 26,971 mg/kg serta mampu menyerap Sulfur sebesar 0,117 – 0,130 % di Kampus 2 Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

**Tabel 2. 3** Karakteristik Stomata Daun Ketapang (Wahyuni, 2015)

No	Karakteristik	Daun Ketapang	
1	Letak Stomata	Adaxial (atas)	
		Abaxial (bawah)	
2	Tipe Stomata	Tipe anisositik	
3	Jumlah Stomata	Adaxial	4-16 stomata/mm <sup>2</sup>
		Abaxial	248-388 stomata/mm <sup>2</sup>
4	Panjang Stomata	Adaxial	7,2-12 $\mu$ m
		Abaxial	19,2-28,8 $\mu$ m
5	Lebar Stomata	Adaxial	4,8-9,6 $\mu$ m
		Abaxial	12-24 $\mu$ m

Daun ketapang bagian atas memiliki stomata yang kecil dan sedikit, sedangkan bagian bawah memiliki cukup banyak stomata. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah karbon dioksida yang di absorpsi maka semakin banyak jumlah stomata yang dihasilkan (Wahyuni, 2015). Setiap tumbuhan mempunyai karakteristik yang berbeda dalam mengabsorpsi gas - gas tertentu di udara, sehingga dapat merupakan penyangga yang baik terhadap pencemaran udara (Tambaru, 2012).

## 2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG merupakan sistem informasi kebumihan berbasis sistem komputer. Dalam berbagai perencanaan, SIG merupakan suatu model alternatif dari kegiatan dan proses dalam lingkungan dimana dapat dilakukan aktivitas pengukuran (*measurement*), pemetaan (*mapping*), monitoring (*monitoring*) dan pemodelan (*modeling*). Secara spesifik yaitu input data, output, kemampuan analisis, struktur perencanaan dan analisis pengambil putusan, dieksekusi dalam SIG dan dievaluasi hasilnya (Aronoff, 1989).

Prahasta (2002) menjelaskan beberapa hal yang menjadi alasan bahwa konsep dan aplikasi SIG sangat menarik untuk digunakan dalam berbagai bidang ilmu yaitu SIG sangat efektif, dapat digunakan sebagai alat bantu, mampu menguraikan unsur-unsur yang terdapat di permukaan bumi ke dalam bentuk beberapa layer atau coverage data spasial, memiliki kemampuan yang sangat baik dalam memvisualisasikan data spasial dan bentuk atribut-atributnya serta dapat

menurunkan data-data secara otomatis tanpa keharusan untuk melakukan interpretasi secara manual (Budiyanto, 2002).

Penggunaan SIG memungkinkan untuk memetakan hasil *biomonitoring* untuk menentukan apakah adanya pola persebaran konsentrasi seperti contohnya pencemaran udara dan air atau distribusi limbah (*Committee on Human Biomonitoring for Environmental Toxicants*, 2006). Komponen SIG digunakan dalam pengaplikasian ilmu lingkungan. Beberapa input data seperti peta, gambar, dan data ke dalam komputer. Data-data tersebut digabungkan dengan akuisisi numerik, pengerjaan gambar dan analisis spasial maka akan membentuk *database* dari *biomonitoring* lingkungan (Munoz dan Park,2019).

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengacu pada penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan. Beberapa penelitian terdahulu yang dilakukan serta hasilnya seperti pada **Tabel 2.3**

**Tabel 2.4** Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis	Tahun	Judul	Kesimpulan
1	Qasem M. JARADAT, Kamal A. MOMAN	1999	<i>Contamination of Roadside Soil, Plants, and Air With Heavy Metals in Jordan, A Comparative Study</i>	Konsentrasi Pb di tanah semakin besar apabila dekat dengan jalan raya dan lebih besar daripada konsentrasi Cd, Cu, dan Zn.
2	Bakhtiar Santri Aji	2006	Pemetaan Penyebaran Polutan Sebagai Bahan Pertimbangan Pembangunan Ruang Terbuka Hijau (Rth) Di Kota Cilegon	Rataan konsentrasi debu tertinggi selama pengukuran di jalan tol Sumur Wuluh dengan rataan pengukuran sebesar 453,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan untuk parameter hidrokarbon adalah Gerem Raya dengan nilai rataan konsentrasi sebesar 904.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

3	N.S. Duzgoren-Aydn	2008	<i>Use and Abuse of Pb-Isotope Fingerprinting Technique and GIS Mapping Data to Assess Lead in Environmental Studies</i>	Evaluasi keseluruhan atribusi sumber pencemaran timbal di lingkungan harus didasarkan pada database yang komprehensif di mana data IRA timbal diintegrasikan (melalui GIS) dengan distribusi spasialnya dan berbagai parameter lain yang dapat memengaruhi distribusi dan konsentrasi mereka di lingkungan. Kemudian, kerangka berbasis GIS seperti itu dapat digabungkan dengan variabel terkait kesehatan untuk penilaian yang lebih baik dan tindakan lebih lanjut.
4	Hefa Cheng, Yuanan Hu	2009	<i>Lead Isotopic Fingerprinting and it's Application in Lead Pollution Studies in China</i>	Isotopic fingerprinting timbal berhasil diaplikasikan untuk mengetahui sumber timbal di China termasuk dalam aerosol atmosfer, tanaman, sedimen, and organisme aquatic.
5	Bieby Voijant Tangahu, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Hassan Basri	2011	<i>A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation</i>	Penyerapan logam berat, oleh tanaman yang menggunakan teknologi fitoremediasi, tampaknya menjadi cara yang makmur untuk memulihkan lingkungan yang terkontaminasi benda-benda langit. Ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan teknologi konvensional yang umum digunakan. Beberapa faktor harus dipertimbangkan untuk mencapai kinerja tinggi dari hasil remediasi. Factor yang paling penting cocok dengan spesies tanaman yang dapat digunakan untuk mengambil kontaminan. Bahkan teknik

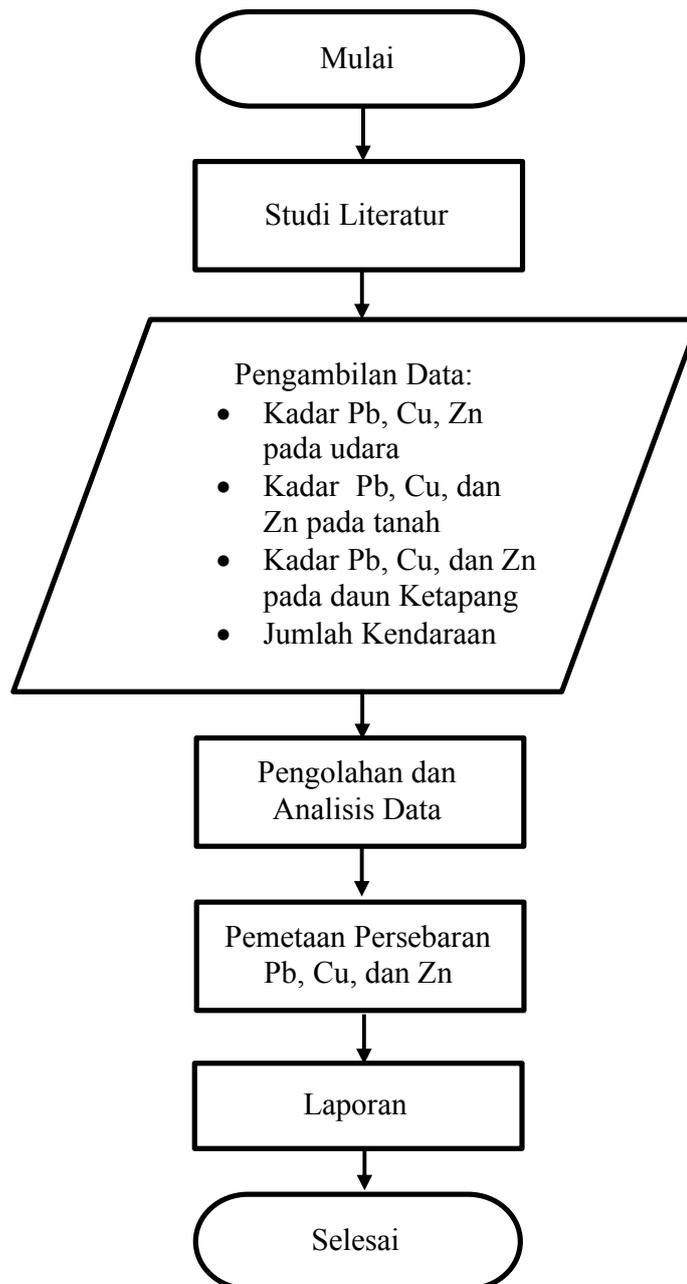
				fitoremediasi tampaknya menjadi salah satu alternatif terbaik, ia juga memiliki beberapa keterbatasan.
6	Cecep Kusmana, Nizzar Nasrullah	2012	Pola Sebaran Spasial Konsentrasi Partikel Timbal Di Sekitar Jalur Hijau Jalan (Studi Kasus Jalur Hijau Acacia Mangium, Jalan Tol Jagorawi)	Pengaruh jalur hijau jalan dalam menurunkan konsentrasi partikel timbal udara ambien pada isopleth ditunjukkan adanya perubahan pola kontur, yaitu dari kontur rapat ke kontur yang renggang.
7	Pawit Dwi Istiaroh, Nana Kariada Tri Martuti, F. Putut Martin Herry Bodijanto	2014	Uji Kandungan Timbal (Pb) dalam Daun Tanaman Peneduh di Jalan Protokol Kota Semarang	Kandungan Pb dalam daun tanaman peneduh di jalan protokol Kota Semarang berkisar antara 0,01–0,05 ppm/g berat basah daun dan tergolong rendah di bawah kadar normal Pb dalam tanaman yaitu 0,5–3,0 ppm.
8	Oluhare Hakeem Adejeji, Olasumbo Oluwafumilayo and Tope-Ajayi Opeyemi Oluwaseun	2016	<i>Mapping of Traffic-Related Air Pollution Using GIS Techniques in Ijebu-Ode, Nigeria</i>	Kualitas udara di daerah penelitian menurun dikarenakan polutan kendaraan bermotor. Banyak pemukiman yang terkena dampak bahaya polutan seperti CO, NO, NO2 dan SO2 yang dapat membahayakan kesehatan mereka.
9	Taufikkurahman	2016	Penentuan Kadar Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Tanaman Rimpang Menggunakan Metode	- Kadar logam Cu pada jahe, kunyit, kencur, tembakunji, dan lengkuas berturut-turut 4,273 mg/kg, 4,967 mg/kg, 4,570 mg/kg, 4,273 mg/kg, dan 4,059 mg/kg

			Destruksi Basah Secara AAS	- Kadar logam Pb pada jahe, kunyit, kencur, temunkunci, dan lengkuas berturut-turut 3,782 mg/kg, 9,015 mg/kg, 9,983 mg/kg, 3,832 mg/kg, dan 9,918 mg/kg
10	Victoria Intan Sari Tukan, Indah Murwani Yulianti, Wibowo Nugroho Jati	2019	Kadar Logam Timbal (Pb) dan Sulfur (S) Pada Tanaman Ketapang Badak (Ficus lyrata W'arb)	Tanaman Ketapang Badak (Ficus lyrata W) memiliki kemampuan dalam menyerap Pb sebesar 18,397 - 26,971 mg/kg dan mampu menyerap Sulfur sebesar 0,117 - 0,130%.

# BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Skema Metode Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

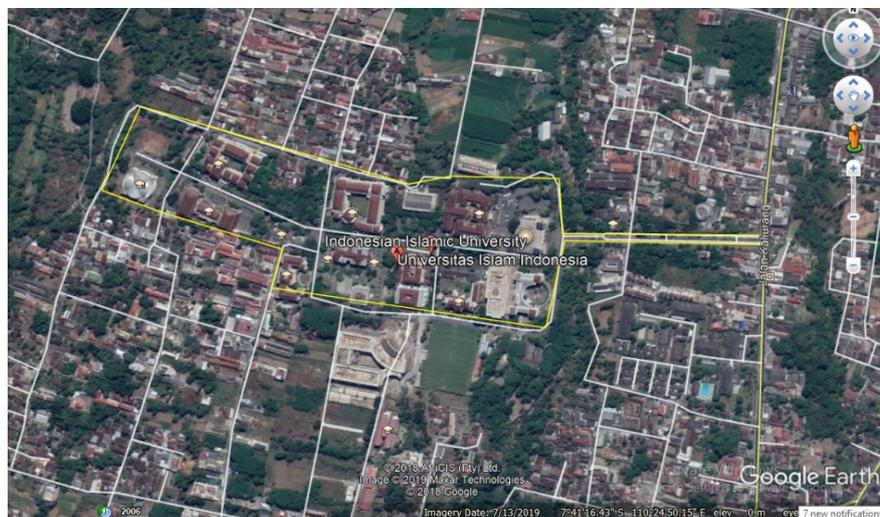
### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan agar data yang didapat diolah dan dibandingkan dengan data standar serta memperkuat hasil data yang didapat. Teori yang di dapatkan dari studi literatur juga dapat dijadikan bahan untuk melakukan evaluasi dan analisis. Studi Literatur berupa penelitian terdahulu serta teori-teori yang mendukung latar belakang, tinjauan pustaka, dan metode penelitian pada penelitian ini.

### 3.3 Pengambilan Data

#### 3.3.1 Waktu dan Lokasi Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 6 bulan dimulai pada bulan September 2019 hingga bulan Februari 2019. Lokasi pengampilan sampel udara ambien dan daun ketapang di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang KM 14,5, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dan lokasi pengujian sampel dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.



**Gambar 3.2** Lokasi Pengambilan Sampel  
Sumber foto: Google Earth

### 3.3.2 Udara

Menurut SNI 19-7119.6-2005 tentang penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara, terdapat beberapa kriteria yang dapat dipakai dalam menentukan suatu lokasi pemantauan kualitas udara ambien:

- 1) Area dengan konsentrasi pencemar tinggi, daerah yang didahulukan untuk dipantau hendaknya daerah-daerah dengan konsentrasi pencemar yang tinggi.
- 2) Area dengan kepadatan penduduk tinggi, daerah-daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi, terutama ketika terjadinya pencemaran yang berat.

Berdasarkan dua point diatas, maka ditentukan titik pengambilan sampel udara dekat dengan sumber pencemar yaitu jalan raya dimana kendaraan bermotor lalu-lalang dan dapat ditampilkan pada **Gambar 3.3**. Pengambilan sampel udara pada titik-titik sampling dibawah melihat kondisi dimana banyaknya kendaraan lalu lalang. Seperti pada titik udara 1 dan udara 4 yang merupakan akses masuk keluarnya kendaraan ke Universitas Islam Indonesia. Titik udara 2 dan 3 yang merupakan jalan utama yang sering dilalui oleh kendaraan. Sedangkan untuk titik udara 5 merupakan jalan menuju FTI dan GOR dimana akses kendaraan tidak terlalu tinggi sehingga dapat digunakan sebagai titik kontrol.



**Gambar 3.3** Titik Sampling Udara  
Sumber foto: Google Earth

Uji kadar Pb, Cu, dan Zn pada udara dilakukan dengan alat High Volume Air Sampler (NOBILE HVAS-01) dan Spektrofotometer Serapan Atom (*brand* GBC). Dilakukan pengukuran faktor meteorologi seperti suhu, tekanan, kelembaban, kecepatan angin menggunakan alat anemometer digital (Lutron LM-8000). Kertas filter (Fiberglass, Staplex, TFAGF 810 8" x 10") terlebih dahulu dimasukkan kedalam desikator untuk menghilangkan kadar air sehingga berat awal yang ditimbang tidak mengandung air dan didapatkan berat yang stabil.



(a)



(b)

**Gambar 3.4** Anemometer digital (a); High Volume Air Sampler (b)

HVAS digunakan untuk menjerap total suspended partikel yang terakumulasi dalam filter, dengan laju alir pompa vakum 1,13 – 1,7 m<sup>3</sup>/menit mengacu pada SNI 19-7119.3-2005 tentang cara uji partikel tersuspensi total menggunakan alat *high volume air sampler* (HVAS). Prinsip pengujian kadar logam berat yaitu partikel di udara ditangkap dengan menggunakan alat HVAS dan media penyaring atau filter. Logam berat yang terkandung di dalam partikel tersuspensi tersebut didekstruksi dengan menggunakan pelarut asam, kemudian diukur dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Berdasarkan periode waktunya, jenis pengambilan sampel ini masuk ke dalam jenis long term sampling, yaitu pengambilan sampel yang dilakukan selama periode waktu 6 jam yang dilakukan pada jam 09.00-15.00 dimana pada jam tersebut merupakan waktu aktifitas mahasiswa/i. Berdasarkan penempatan lokasinya, jenis pengambilan sampel ini masuk ke dalam jenis area sampling karena pengukuran ini dilakukan

untuk mengetahui pajanan di lingkungan kerja dan diletakkan di lingkungan kerja (Lestari, 2007).

Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) yang diperoleh berdasarkan pengambilan sampel di lapangan dikonversi untuk memperoleh konsentrasi dengan waktu pengambilan sampel selama 24 jam sehingga dapat dibandingkan dengan baku mutu udara ambien yang berlaku di Indonesia. Perhitungan konversi konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) menggunakan persamaan Konversi Canter dengan persamaan:

$$C_1 = C_2 \left[ \frac{t_1}{t_2} \right]^p$$

Dimana:

$C_1$  = konsentrasi udara rata-rata dengan lama pencuplikan  $t_1$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$C_2$  = konsentrasi udara rata-rata hasil pengukuran dengan lama pencuplikan contoh  $t_2$  (dalam hal ini,  $C_2 = [C]$ ) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$t_1$  = lama pencuplikan contoh 1 (24 jam)

$t_2$  = lama pencuplikan contoh 2 dari hasil pengukuran contoh udara (jam)

$p$  = faktor konversi

Setelah didapat hasil analisis logam berat Pb, Cu, dan Zn di udara, maka dihubungkan dengan jumlah kendaraan, suhu, tekanan, dan kelembaban pada saat pengambilan sampel uji udara.

### 3.3.3 Daun

Teknik pengambilan sampel yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Stratified Random Sampling. Stratified Random Sampling adalah teknik pengambilan sampel pada populasi yang heterogen dan berstrata dengan mengambil sampel dari tiap – tiap sub populasi yang jumlahnya disesuaikan dengan jumlah anggota dari masing-masing sub populasi secara acak atau serampangan. Morfologi tanaman yang mempunyai kemampuan tinggi mengurangi polutan partikel memiliki ciri daun, memiliki bulu halus, permukaan daun kasar, daun bersisik, tepi daun bergerigi, daun dengan permukaan lengket. Semakin tua umur tanaman, maka semakin besar juga konsentrasi logam berat yang terakumulasi pada

tanaman tersebut. **Gambar 3.5** berikut ini adalah titik lokasi pengambilan sampel pohon.



**Gambar 3.5** Pohon Ketapang di Universitas Islam Indonesia  
Sumber foto: Google Earth

Jumlah sampel total ditentukan dengan rumus Taro Yaname mengacu pada pendapat Riduwan (2010) bahwa “teknik pengambilan sampel menggunakan rumus dari Taro Yaname apabila populasi sudah diketahui”. Rumus tersebut adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{(N \cdot d^2) + 1}$$

Dimana:

$n$  = Jumlah anggota sampel

$N$  = Jumlah populasi

$d$  = Presisi

Presisi yang ditetapkan adalah 10%, maka:

$$n = \frac{49}{(49 \cdot 0,1^2) + 1} = \frac{49}{1,49} = 32,4 \approx 32 \text{ sampel}$$

Tanaman ketapang diambil sampel daun ketapang sebanyak 96 daun dari 32 pohon ketapang yang ada. Pengambilan sampel daun dilakukan dengan cara

mengambil 3 daun (pucuk, tengah, bawah) untuk mewakili setiap pohon ketapang menggunakan alat enggrek dan pengait. Menurut SNI 19-0428-1998, sampel daun yang sudah diambil dimasukkan kedalam *plastic sealer* bersih dan kering kemudian direkatkan dan diberi label. Senyawa timbal (Pb) memiliki titik leleh 328°C dan titik didih 1749°C, sehingga penyimpanan pada suhu normal tidak akan mengubah sifat senyawa timbal (Pb) yang sebelumnya sudah terserap oleh sampel daun. Metode ini dilakukan untuk mendapatkan kadar Pb, Cu, dan Zn pada daun.

Pengambil sampel daun yang akan di uji kandungan logam berat, daun yang diambil adalah daun yang terletak pada lapisan tajuk paling bawah, tengah dan atas tanaman untuk dapat mewakili kandungan logam berat di seluruh tanaman. Sampel yang baru diambil, diisolasi dengan dimasukkan ke dalam kantong-kantong plastik secara terpisah untuk mencegah pengurangan dan penambahan kembali logam timbal dalam daun tanaman. Lalu, daun ditimbang masing-masing sampel 10 gram setelah dipotong kecil-kecil dengan gunting. Sampel daun dikeringkan pada suhu 105°C dengan oven (Mommert Oven UN 55 53L). Sampel daun hasil pengeringan oven diabukan dalam furnace (*Muffle Furnace Thermo Scientific F48010-33*) pada suhu 600°C sampai menjadi abu berwarna putih. Abu daun diberi HNO<sub>3</sub> pekat (Merck;65 %) dan akuades masing-masing sebanyak 5 ml dan ditambah air sampai tanda batas 30 ml, kemudian larutan tersebut diukur kadar timbalnya dengan SSA dengan 2 kali pengulangan pada tiap sampel (duplo).

#### **3.3.4 Tanah**

Sampel tanah yang akan diambil adalah tanah yang ditanami pohon ketapang dan bebas dari paving blok. Sampel tanah diambil sebanyak 10 titik. Titik sampling tanah dapat dilihat pada **Gambar 3.6**



**Gambar 3.6** Titik Sampling Tanah  
Sumber: Google Earth

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman tanah 5-10 cm tepat dibawah pohon Ketapang. Tanah yang diambil sebelum di uji dikeringkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar air. Parameter logam berat yang akan dianalisis adalah timbal (Pb), Seng (Zn), Tembaga (Cu). Sampel tanah dilakukan uji logam berat Pb, Cu, dan Zn dengan cara dikeringkan dengan oven (Mommert Oven UN 55 53L) pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam, lalu diayak dengan ayakan ukuran 50 mesh dan didestruksi dengan larutan asam  $\text{HNO}_3$  pekat (Merck;65%) dan terakhir dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

### 3.3.5 Jumlah Kendaraan Bermotor

Untuk mengetahui jumlah kendaraan bermotor yang melewati lokasi penelitian maka dilakukan pengumpulan data dilihat dari pusat informasi portal parkir Kampus Terpadu UII. Pengambilan data jumlah kendaraan bermotor dilakukan selama bulan Oktober – Desember 2019.

### 3.4 Pengolahan dan Analisis Data

Korelasi merupakan istilah yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antarvariabel. Analisis korelasi adalah cara untuk mengetahui ada atau tidak adanya hubungan antarvariabel. Kekuatan hubungan antar variabel dapat dilihat dari hasil nilai koefisien korelasi. Koefisien korelasi ( $r^2$ ) merupakan indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur keeratan (kuat, lemah, atau tidak

ada) hubungan antarvariabel. Koefisien korelasi ini memiliki nilai antara -1 dan +1 ( $-1 \leq r^2 \leq +1$ ), dengan arti yaitu:

1. Jika  $r^2$  bernilai positif, maka variabel-variabel berkorelasi positif. Semakin dekat nilai  $r^2$  ini ke +1 semakin kuat korelasinya, demikian pula sebaliknya.
2. Jika  $r^2$  bernilai negatif, maka variabel-variabel berkorelasi negatif. Semakin dekat nilai  $r^2$  ini ke -1 semakin kuat korelasinya, demikian pula sebaliknya.
3. Jika  $r^2$  bernilai 0 (nol), maka variabel – variabel tidak menunjukkan korelasi.
4. Jika  $r^2$  bernilai +1 atau -1, maka variabel menunjukkan korelasi positif atau negatif yang sempurna.

Keeratan hubungan atau korelasi antarvariabel diberikan nilai – nilai dari  $r^2$  sebagai patokan. Berikut ini adalah patokan dari nilai  $r^2$  tersebut.

- $r^2 = 0$ , tidak ada korelasi.
- $0 < r^2 \leq 0,20$ , korelasi sangat rendah atau lemah sekali.
- $0,20 < r^2 \leq 0,40$ , korelasi rendah atau lemah tapi pasti.
- $0,40 < r^2 \leq 0,70$ , korelasi yang cukup berarti.
- $0,70 < r^2 \leq 0,90$ , korelasi yang tinggi; kuat.
- $0,90 < r^2 < 1,00$ , korelasi sangat tinggi; kuat sekali; dapat diandalkan.
- $r^2 = 1$ , korelasi sempurna.

(Nurjannah, 2013)

Nilai R diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$r = \frac{n \cdot \sum xy - (\sum x \sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Korelasi dilakukan pada hubungan antara konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada daun Ketapang dengan konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn udara, tanah, dan jumlah kendaraan bermotor di UII dengan konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn udara. Serta konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn dibandingkan dengan masing-

masing baku mutu. Hasil data konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada udara, tanah dan daun Ketapang disajikan dalam bentuk grafik agar lebih mudah dimengerti.

### **3.5 Pemetaan pola persebaran logam Pb, Cu, Zn di daun Ketapang**

Kadar logam berat Pb, Cu, dan Zn di daun Ketapang yang didapat kemudian dibuat pola persebarannya berdasarkan musim hujan dan musim kemarau dan kemudian dibandingkan. Pembuatan pola persebaran konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada daun Ketapang dilakukan dengan menggunakan aplikasi ArcGIS 10.3. Koordinat titik sampling diperoleh dari aplikasi *Google Earth* pada saat penentuan titik sampling. Data input yang dibutuhkan untuk membuat peta yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z serta data konsentrasi logam berat Pb, Cu, Zn pada daun Ketapang. Selain itu, juga diperlukan data koordinat *Global Position System (GPS)*.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

#### 4.1 Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, yang memiliki 6 fakultas yaitu FTI, FTSP, FMIPA, FPSB, FIAI, FK, gedung D3 serta adanya pembangunan Gedung FH dan FIAI. Fasilitas yang dimiliki kampus terpadu antara lain tempat parkir, taman, gedung olahraga, dan lapangan sepak bola. Adanya pembangunan Gedung baru FH dan FIAI dapat menyebabkan penurunan kualitas udara dikarenakan debu-debu dari pembangunan yang berterbangan. Serta penebangan tanaman-tanaman pada tahap pembersihan lahan untuk gedung baru.

**Tabel 4. 1** Deskripsi Kondisi Lokasi Titik Sampel

No	Lokasi	Kondisi Sekitar Titik Sampel	Keterangan
1	Lokasi A	Lokasi A mencakup Boulevard, Ulil Albab dan parkir an Ulil Albab, Lapangan Bola, FMIPA sampai dengan FPSB dan parkir an FPSB yang merupakan tempat masuk keluarnya kendaraan. Terdapat pembangunan Gedung baru FH dan FIAI	

2	Lokasi B	Lokasi B mencakup wilayah FTSP, FTI, dan Gedung Olahraga terutama parkir FTSP yang merupakan salah satu sumber pencemaran udara karena merupakan masuk keluarnya kendaraan bermotor	
---	----------	---	---

Sumber foto: Dokumentasi pribadi

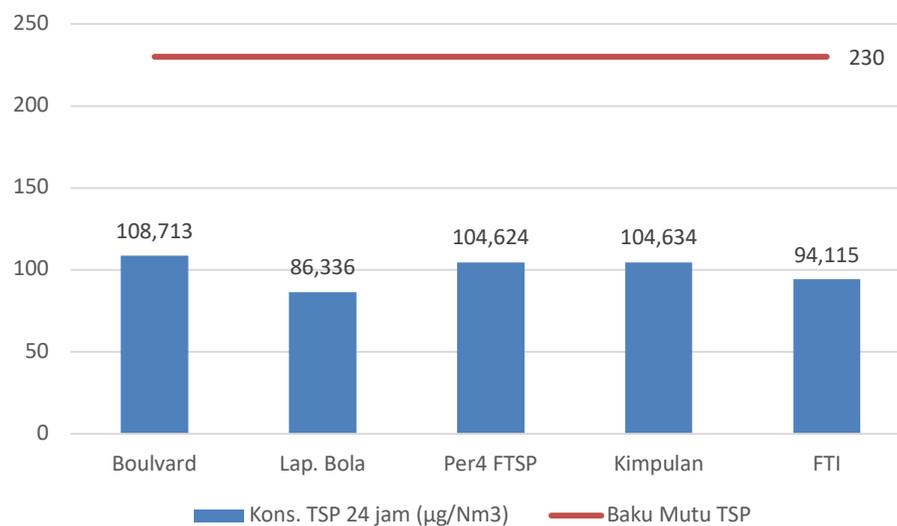
Titik sampel udara, tanah, dan daun ketapang dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Pada lokasi A terdapat pembangunan Gedung baru FH dan FIAI serta merupakan daerah depan Kampus Terpadu UII dimana banyak kendaraan yang lalu lalang pada lokasi A. Sedangkan untuk lokasi B merupakan Kawasan Gedung fakultas dan area parkir kendaraan mahasiswa mahasiswi dan intensitas kendaraan bermotor lebih sedikit dibandingkan dengan lokasi A. Terdapat lebih banyak populasi pohon Ketapang pada lokasi B dan letaknya berdekatan pada satu lokasi. Sedangkan untuk populasi pada lokasi A lebih sedikit dan letaknya berjauhan.



**Gambar 4. 1** Peta Titik Sampel Udara, Tanah, dan Daun Ketapang  
Sumber: Google Earth

#### 4.2 Analisis Logam Berat pada Udara

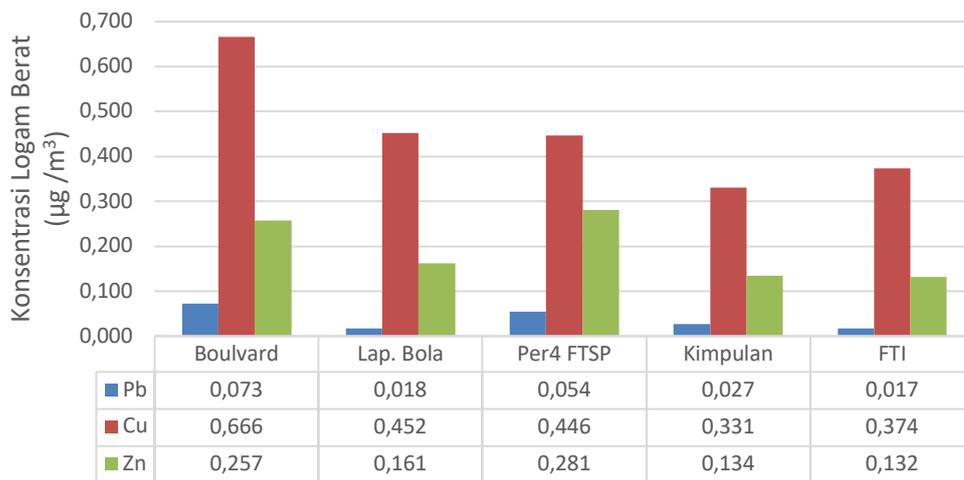
Pengambilan sampel udara *Total Suspended Particulate* (TSP) dilakukan pada musim hujan yaitu bulan November – Desember. Berikut hasil konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) di udara yang berlokasi di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia.



**Gambar 4. 2** Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

Konsentrasi TSP 6 jam dikonversikan ke konsentrasi TSP selama 24 jam agar dapat dibandingkan dengan baku mutu. Baku mutu yang digunakan yaitu baku

mutu Peraturan Gubernur DIY nomor 153 tahun 2003 tentang baku mutu udara ambien daerah, dimana baku mutu untuk TSP sebesar 230 ( $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$ ). Setelah dibandingkan, tidak ada konsentrasi TSP di tiap-tiap titik yang melebihi baku mutu. Perhitungan konversi canter dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



**Gambar 4.3** Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu), dan Seng (Zn) di UII

Perhitungan konsentrasi logam berat Pb, Cu, dan Zn secara rinci dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cu paling tinggi dibandingkan dengan Zn dan Pb untuk setiap titik sampling. Konsentrasi logam Cu tertinggi pada lokasi Boulevard dan yang terendah pada lokasi Portal Kimpulan. Konsentrasi logam Zn tertinggi pada lokasi Perempatan FTSP dan yang terendah pada lokasi FTI. Sedangkan konsentrasi lokasi Pb tertinggi pada lokasi Boulevard dan terendah pada lokasi Lapangan Bola.

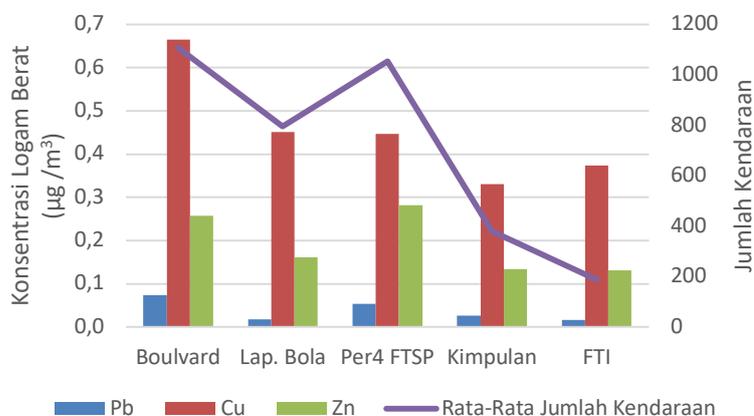
Secara rata – rata konsentrasi logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) tertinggi di Universitas Islam Indonesia berada pada lokasi Boulevard Ulil Albab. Hal ini dapat dipengaruhi beberapa faktor yaitu karena Boulevard Ulil Albab merupakan akses utama keluar masuk kendaraan bermotor serta partikel logam berat berasal dari aktivitas Gunung Merapi sehingga konsentrasi logam berat tinggi.

Pada penelitian Wahyuni dkk (2012) dilakukan penentuan komposisi kimia abu vulkanik dari erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010, didapatkan hasil abu

vulkanik Gunung Merapi mengandung unsur mayor berupa Si, Al, dan Ca. Selain itu, abu vulkanik Gunung Merapi juga mengandung unsur minor kelompok logam maupun non logam. Untuk unsur logam adalah Ba, Co, Cu, Pb, Sr, Zn, dan Zr, sedangkan untuk non logam adalah S dan V. Nilai rata-rata kandungan unsur Pb, Cu dan Zn pada abu vulkanik Gunung Merapi sebesar 16,71 mg/kg; 36,23 mg/kg; dan 102 mg/kg dengan salah satu lokasi pengambilan sampel berada di Umbulharjo, Pakem, Sleman. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa konsentrasi logam Cu dan Zn tinggi di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia dapat dikarenakan adanya aktivitas Gunung Merapi.

#### 4.2.1 Hubungan Jumlah Kendaraan dan Faktor Meteorologi dengan Konsentrasi Logam Pb, Cu, Zn di Udara

Setelah didapat hasil analisis konsentrasi logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) di udara. Selanjutnya, data tersebut akan dihubungkan dengan jumlah kendaraan bermotor di Universitas Islam Indonesia. Data jumlah kendaraan didapatkan dari data masuk keluarnya kendaraan pada portal parkir selama bulan November – Desember.



**Gambar 4. 4** Hubungan Jumlah Kendaraan dengan Konsentrasi Logam Pb, Cu, Zn di Udara

Pada **Gambar 4.4** dapat dilihat bahwa jumlah kendaraan yang melewati beberapa daerah di UII berbanding lurus terhadap konsentrasi logam berat pada udara ambien. Jumlah kendaraan yang melewati Boulevard Ulil Albab adalah yang tertinggi, karena Boulevard merupakan pintu utama masuk keluarnya kendaraan ke Universitas Islam Indonesia. Konsentrasi logam timbal (Pb) dan tembaga (Cu) di

udara yang tertinggi pun berada pada daerah Boulevard Ulil Albab, hal ini dapat disebabkan karena tingginya kendaraan yang lewat serta sumber utama logam timbal (Pb) pada udara berasal dari kendaraan bermotor melalui proses pembakaran bahan bakar. Sebaliknya, jumlah kendaraan terendah berada pada daerah FTI. Hal ini dapat disebabkan bahwa daerah FTI jarang dilewati oleh kendaraan bermotor. Rata-rata konsentrasi logam berat pada daerah FTI juga merupakan yang terendah, dapat dikarenakan karena pada saat pengambilan sampel udara dilakukan pada hari Sabtu dimana merupakan hari libur.

**Tabel 4. 2** Hubungan Antara Suhu, Tekanan Udara, dan Kelembaban pada konsentrasi Pb, Cu, dan Zn di Udara

r	Suhu	Tekanan	Kelembaban
Pb	0,387	-0,409	-0,872
Cu	0,814	-0,745	-0,770
Zn	0,230	-0,062	-0,576

Pada **Tabel 4.2** dapat dilihat hubungan antara suhu, tekanan udara, dan kelembaban dengan konsentrasi Pb, Cu, dan Zn di udara. Pada faktor meteorologi suhu memiliki hubungan dengan logam berat timbal (Pb) sebesar 0,387, logam berat tembaga (Cu) sebesar 0,814, dan logam berat seng (Zn) sebesar 0,230. Tingginya kadar logam di udara dapat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya suhu. Suhu pada penelitian ini memiliki hubungan yang erat dengan logam tembaga (Cu). Istikharotun dkk (2016) mengatakan bahwa perbedaan suhu dapat mempengaruhi konsentrasi polutan di udara ambien dan konsentrasi pencemar dapat menurun ketika suhu meningkat. Hal tersebut tidak sesuai dengan suhu dan konsentrasi logam berat yang didapat pada beberapa titik penelitian ini. Suhu pada saat pengambilan sampel udara berbanding lurus dengan konsentrasi logam berat yang didapat. Hal ini disebabkan oleh jumlahnya kendaraan bermotor yang melewati lokasi pengambilan sampel juga dapat mempengaruhi.

Faktor meteorologi kelembaban memiliki hubungan dengan logam timbal (Pb) sebesar -0,872, logam tembaga (Cu) sebesar -0,770, dan logam seng (Zn) sebesar -0,576. Hubungan negatif memiliki hubungan berlawanan arah arti bahwa pada saat kelembaban meningkat, konsentrasi logam di udara akan menurun. Secara

teori, suhu yang tinggi pada permukaan bumi dapat menyebabkan rendahnya kelembaban udara (Lutgens dan Edward 2013). Jika kelembaban udara rendah, maka konsentrasi logam pencemar di udara juga rendah. Kelembaban pada penelitian ini memiliki hubungan yang tinggi pada logam timbal (Pb), logam tembaga (Cu), dan seng (Zn)

Faktor meteorologi tekanan udara memiliki hubungan dengan logam timbal (Pb) sebesar  $-0,409$ , logam tembaga (Cu) sebesar  $-0,745$ , dan logam seng (Zn) sebesar  $-0,062$ . Ketika suhu tinggi, maka tekanan udara akan rendah. Oleh karena itu, pada saat tekanan tinggi maka konsentrasi logam pencemar tinggi pula sebaliknya pada saat tekanan udara rendah maka konsentrasi logam pencemar rendah. Kelembaban pada penelitian ini memiliki hubungan yang tinggi pada logam tembaga (Cu).

### 4.3 Analisis Logam Berat di Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada musim hujan pada bulan Desember. Berikut adalah hasil analisis logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu) dan Seng (Zn) pada tanah setelah dilakukan perhitungan konsentrasi logam berat pada tanah. Perhitungan konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada tanah dapat dilihat pada **Lampiran 8**.



**Gambar 4. 5** Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, Zn di Tanah

Pada **Gambar 4.5** dapat dilihat bahwa konsentrasi logam berat terbesar pada sampel tanah yaitu logam tembaga (Cu) terutama pada titik sampel KP10 yang berada di lapangan depan Gedung Olahraga. Hal ini dapat disebabkan adanya pembangunan embung yang berjarak tidak jauh dari titik sampel serta adanya pembangunan tempat parkir FIAI tepat disebelah titik sampel tanah KP10. Ditambah dengan adanya aktifitas vulkanik dan kendaraan yang mengeluarkan partikel partikel material mengandung logam berat. Derajat keasaman (pH) pada setiap titik sampling tanah memiliki pH yang asam yaitu 5-6 dibawah pH netral yaitu 7. Tanah yang asam dapat disebabkan karena pengambilan sampel tanah dilakukan pada musim hujan. Dimana air hujan memiliki pH yang asam. Semakin asam atau semakin kecil pH tanah maka akan semakin banyak logam berat yang ada pada tanah tersebut (Novizan,2002).

Tanah di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia bukan merupakan tanah asli melainkan tanah yang sudah tercampur dengan tanah urugan untuk pembangunan gedung – gedung perkuliahan. Sehingga, tidak dapat dikatakan bahwa hasil analisis logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) berasal dari tanah asli UII karena adanya kemungkinan logam berat yang berasal dari urugan. Logam berat seng (Zn) pada tanah dapat berasal dari gesekan antara ban kendaraan bermotor dengan jalan aspal dan dari minyak pelumas kendaraan bermotor dimana seng (Zn) sering ditemukan dalam minyak pelumas dalam bentuk Zinc dithiophosphate (ZDDP) (Qasem, 1999).

#### **4.4 Analisis Logam Berat pada Daun Ketapang**

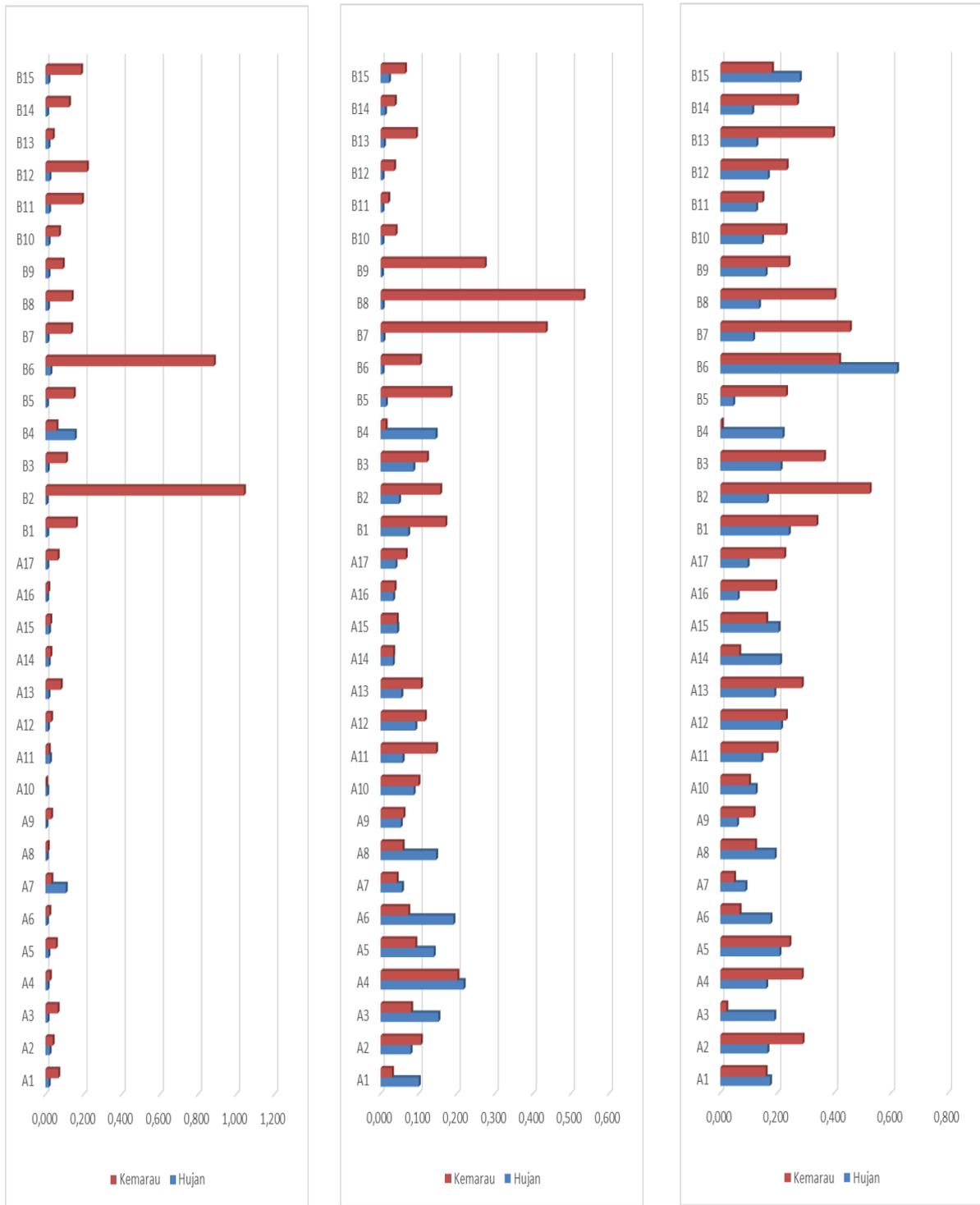
Sampel daun Ketapang diambil pada musim kemarau bulan Oktober 2019 dan musim hujan bulan November – Desember. Pengambilan sampel daun Ketapang menggunakan enggrek seperti pada **Gambar 4.6**



**Gambar 4. 6** Proses Pengambilan Sampel Daun  
Sumber foto: Dokumentasi pribadi

Wilayah Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia dibagi menjadi 2 lokasi yaitu lokasi A dan lokasi B. Lokasi A meliputi Ulil Albab, FH, Perpustakaan, D3, FMIPA, FPSB, dan FTSP sedangkan lokasi B meliputi FTI, FIAI, dan gedung Olahraga. Pembagian lokasi dilakukan agar pengambilan sampel daun lebih mudah dalam menganalisis.

Logam tembaga (Cu) merupakan salah satu unsur hara mikro yang dibutuhkan oleh tumbuhan, karena tembaga (Cu) adalah komponen utama dalam beberapa enzim oksidase yang berfungsi untuk mempercepat penggabungan oksigen dengan suatu substrat yang pada saat bersamaan juga mereduksi oksigen. (Saeni, 2010). Logam seng (Zn) adalah salah satu unsur mikro esensial yang dibutuhkan oleh tanaman tingkat tinggi yang berfungsi sebagai penyusun pati dan activator enzim, metabolisme karbohidrat, dan pembentukan klorofil. (Lahuddin, 2007). Sedangkan logam timbal (Pb) merupakan logam non esensial dan tidak dibutuhkan oleh tanaman meskipun dalam konsentrasi yang rendah. Setelah dilakukan analisis kandungan logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) berikut hasil konsentrasi yang didapatkan ditampilkan pada **Gambar 4.7**

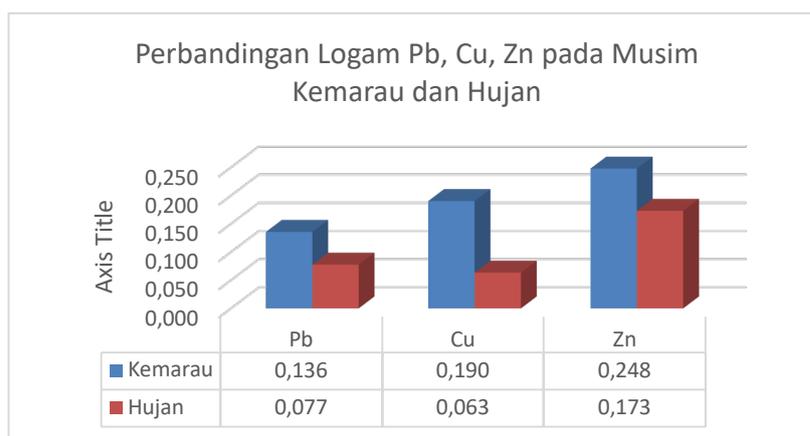


(a) (b) (c)

**Gambar 4. 7** Perbandingan Konsentrasi Logam Pb (a), Cu (b), dan Zn (c) pada Musim Hujan dan Kemarau pada Daun Ketapang

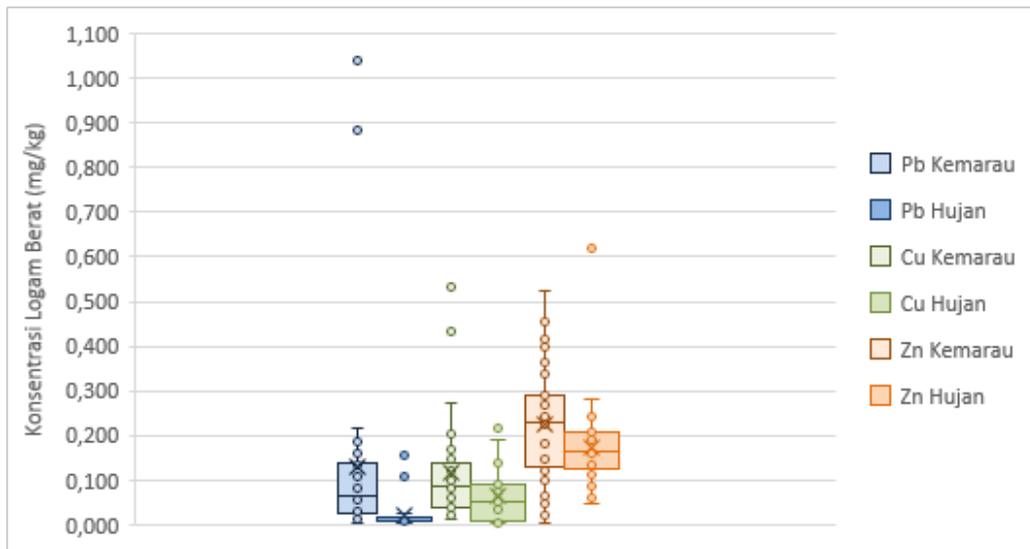
Konsentrasi logam timbal (Pb) tertinggi pada musim kemarau adalah 1,041 mg/kg pada titik B2, sedangkan pada musim hujan sebesar 0,780 mg/kg pada titik B4. Konsentrasi logam timbal (Pb) pada titik B2 dan tinggi dapat dikarenakan kedua titik tersebut berada tepat di sebelah jalan yang sering dilalui kendaraan serta pada titik B4 berada di tempat parkir FTSP. Konsentrasi logam tembaga (Cu) tertinggi pada musim kemarau sebesar 2,362 mg/kg pada titik B15, sedangkan untuk musim hujan sebesar 0,218 mg/kg pada titik A4. Konsentrasi logam tembaga (Cu) pada titik B8 tinggi dapat dikarenakan titik B15 berada tepat di tempat parkir mahasiswa FIAI serta lapangan. Sedangkan pada titik A4 konsentrasi tembaga (Cu) tinggi dapat dikarenakan titik A4 berada tepat disebelah jalan menuju tempat parkir FK sehingga kendaraan bermotor sering lalu lalang. Konsentrasi logam seng (Zn) tertinggi pada musim kemarau sebesar 0,593 mg/kg pada titik B2 dan pada musim hujan sebesar 0,612 mg/kg pada titik B6. Konsentrasii logam seng (Zn) yang tinggi pada titik B2 dan B6 dapat dikarenakan kedua titik tersebut berada tepat di tempat parkir. Titik B2 berada di tempat parkir FTSP sedangkan titik B6 berada pada tempat parkir dosen dan karyawan FTI.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Deepalakshmi di India (2014), konsentrasi logam seng (Zn) di daun Ketapang merupakan yang tertinggi diantara logam timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yaitu sebesar 5,89  $\mu\text{g/g}$ , sedangkan logam timbal (Pb) sebesar 1,16  $\mu\text{g/g}$  dan logam tembaga (Cu) sebesar 1,44  $\mu\text{g/g}$ .



**Gambar 4. 8** Perbandingan Rata-rata Konsentrasi Logam Pb, Cu, dan Zn pada Musim Kemarau dan Hujan

Pada **Gambar 4.8** terlihat bahwa rata-rata konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada musim kemarau lebih tinggi dibandingkan pada musim hujan. Perbedaan signifikan antara konsentrasi logam berat antara musim kemarau dan hujan dapat dikarenakan pada musim hujan, air hujan dapat melarutkan logam berat yang ada di udara dan pada permukaan daun Ketapang. Sehingga konsentrasi logam berat pada musim hujan lebih kecil daripada musim kemarau.



**Gambar 4. 9** Boxplot Konsentrasi Logam Pb, Cu, dan Zn pada Daun Ketapang Musim Kemarau dan Hujan

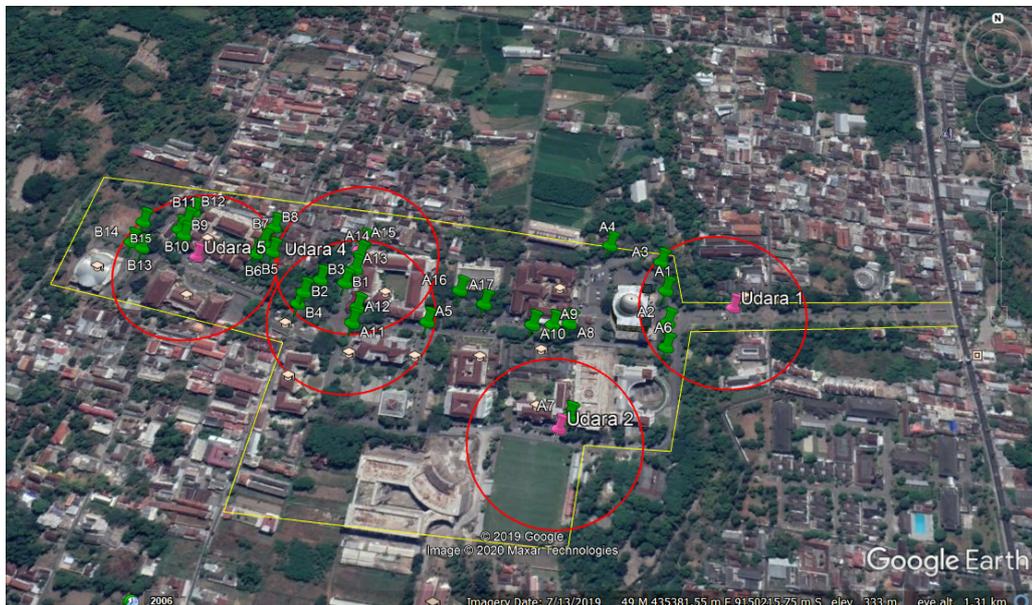
Pada gambar boxplot diatas dapat dilihat bahwa rentang konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada musim kemarau lebih besar daripada musim hujan. Rentang konsentrasi logam timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) pada musim kemarau adalah 0,004 – 0,224 mg/kg untuk timbal (Pb); 0,014 – 0,283 mg/kg untuk tembaga (Cu), an 0,006 – 0,593 mg/kg untuk seng (Zn). Sedangkan untuk rentang konsentrasi logam timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) pada musim hujan adalah 0,007 – 0,123 mg/kg untuk timbal (Pb); 0,009 – 0,191 mg/kg untuk tembaga (Cu); dan 0,045 – 0,279 mg/kg untuk seng (Zn).

Terdapat beberapa *outliers* pada konsentrasi logam timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada musim kemarau yaitu sebesar 0,912 mg/kg dan 1,074 mg/kg untuk timbal (Pb); 0,448 mg/kg, 0,55 mg/kg dan 2,362 mg/kg untuk tembaga (Cu). Sedangkan pada musim hujan terdapat *outliers* untuk konsentrasi timbal (Pb), tembaga (Cu),

dan seng (Zn) yaitu sebesar 0,780 mg/kg untuk timbal (Pb); 0,218 mg/kg untuk tembaga (Cu); dan 0,621 mg/kg untuk seng (Zn).

#### 4.5 Korelasi Udara terhadap Konsentrasi Logam pada Daun Ketapang

Data hasil analisis konsentrasi logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) di udara dan di daun Ketapang dibandingkan untuk memperoleh korelasi. Korelasi dibutuhkan untuk mengetahui hubungan antara keduanya apakah berhubungan atau tidak. Data yang didapatkan di korelasikan menggunakan *Microsoft Excel* korelasi *pearson*. Daun Ketapang yang dikorelasi dengan udara adalah yang masuk dalam radius 100 m dari titik pengambilan sampel udara untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif.



**Gambar 4. 10** Pohon Ketapang dalam Radius 100 m dari Titik Udara  
Sumber foto: Google Earth

Konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada daun yang masuk dalam radius 100 m dari titik sampel udara selanjutnya dirata-rata dan dihubungkan dengan konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada udara.

**Tabel 4.3** Korelasi konsentrasi Pb, Cu, Zn di udara dengan di daun Ketapang

r	Udara
Pb Daun	0,344
Cu Daun	0,915
Zn Daun	-0,060

Berdasarkan **Tabel 4.3** diperoleh korelasi antara konsentrasi Pb di udara dan daun Ketapang sebesar 0,344 yang artinya bahwa kedua data tersebut memiliki korekasi yang sangat rendah atau lemah sekali dan korelasi positif yang artinya semakin tinggi konsentrasi Pb di udara maka semakin tinggi pula konsentrasi Pb di daun Ketapang. Logam timbal (Pb) dapat masuk ke dalam daun melalui stomata, karena stomata daun yang berukuran lebih besar dibandingkan ukuran partikel Pb sehingga Pb dapat masuk dengan mudah melalui stomata. Celah stomata memiliki panjang sekitar 10  $\mu\text{m}$  dan lebar 2-7  $\mu\text{m}$ . (Rubaidah, 2011). Diperoleh regresi antara konsentrasi Cu di udara dan daun Ketapang sebesar 0,915 yang artinya bahwa kedua data tersebut memiliki korekasi yang tinggi dan regresi positif yang artinya semakin tinggi konsentrasi Cu di udara maka semakin tinggi pula konsentrasi Cu di daun Ketapang. Hal ini dapat disebabkan karena hasil konsentrasi logam Cu pada udara tinggi. Sedangkan diperoleh korelasi antara konsentrasi Zn di udara dan daun Ketapang sebesar -0,060 yang artinya bahwa kedua data tersebut tidak memiliki Korelasi karena nilai Korelasi mendekati 0 dengan arah negative atau berlawanan arah.

#### 4.6 Korelasi Tanah terhadap Konsentrasi Logam pada Daun Ketapang

Data hasil analisis konsentrasi logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) di tanah dan di daun Ketapang dibandingkan untuk memperoleh korelasi. Korelasi dibutuhkan untuk mengetahui hubungan antara keduanya apakah berhubungan atau tidak. Data yang didapatkan di korelasikan menggunakan *Microsoft Excel*.

**Tabel 4. 4** Korelasi konsentrasi Pb, Cu, Zn di tanah dengan di daun Ketapang

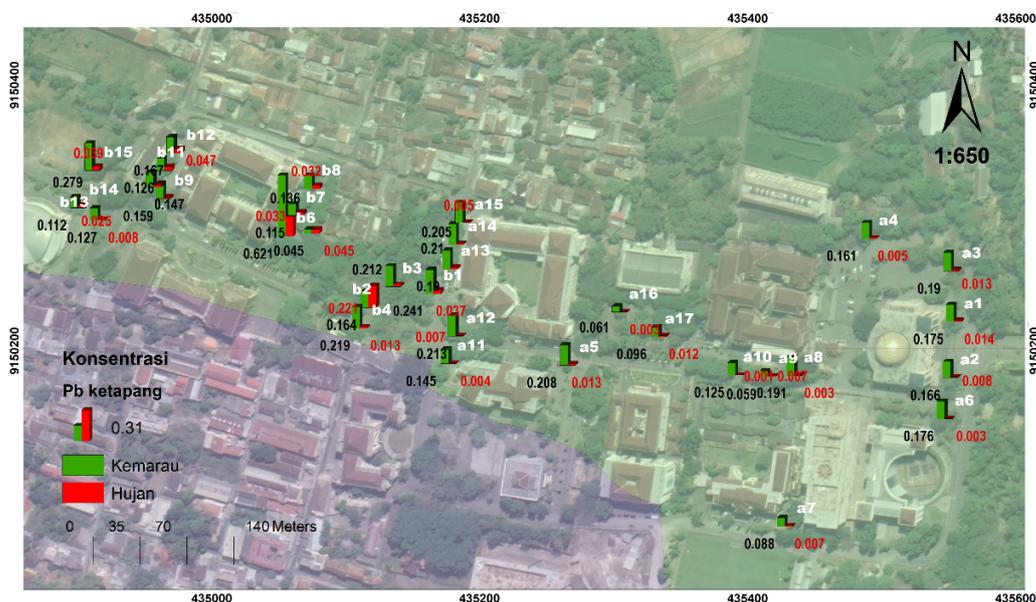
r	Tanah
Pb Daun	-0,852
Cu Daun	-0,230
Zn Daun	-0,400

Berdasarkan **Tabel 4.4** diperoleh korelasi antara konsentrasi Pb di tanah dan daun Ketapang sebesar -0,852 yang artinya bahwa kedua data tersebut memiliki korelasi yang tinggi dan korelasi negatif yang konsentrasi Pb di tanah berpengaruh terhadap konsentrasi Pb di daun Ketapang namun berlawanan arah. Logam Pb masuk kedalam tumbuhan melalui tanah tergantung pada komposisi dan pH tanah. Konsentrasi yang tinggi (100-1000 mg/kg) dapat mengakibatkan toksik pada proses pertumbuhan dan fotosintesis. Logam berat Pb akan terlepas dari ikatan tanah berupa ion yang bergerak bebas pada larutan tanah dan apabila logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya, maka Pb dapat terserap oleh tanaman melalui akar (Nilawati, 2011). Korelasi antara konsentrasi Cu di tanah dan daun Ketapang sebesar -0,230 yang artinya bahwa kedua data tersebut memiliki korelasi yang rendah atau lemah dengan korelasi negatif yang artinya konsentrasi Cu di tanah berpengaruh terhadap konsentrasi Cu di daun Ketapang namun berlawanan arah.

Korelasi antara konsentrasi Zn di tanah dan daun Ketapang sebesar -0,400 yang artinya bahwa kedua data tersebut memiliki korelasi yang cukup berarti dengan hubungan yang negatif. Konsentrasi logam Zn didalam daun Ketapang yang tinggi karena logam seng (Zn) merupakan logam esensial yang pada tanaman tidak terkontaminasi normal konsentrasinya sampai dengan 100 µg/g. Konsentrasi logam seng (Zn) tinggi pada bagian akar tanaman dan memiliki korelasi tinggi dengan konsentrasi logam seng (Zn) di tanah. Logam seng (Zn) memiliki korelasi nyata terhadap tanah dengan batang dan akar. Sedangkan untuk daun tidak memiliki korelasi (Rubaidah, 2011). Pada penelitian Ho dan Tai pada tahun 1988 di Hongkong, didapatkan hasil Korelasi antara konsentrasi logam Zn di tanah dan rumput Bermuda rendah yaitu 0,38. Salah satu alasannya karena kandungan logam seng (Zn) pada tanaman sudah relatif tinggi sehingga penyerapan logam seng (Zn) pada tanaman rendah.

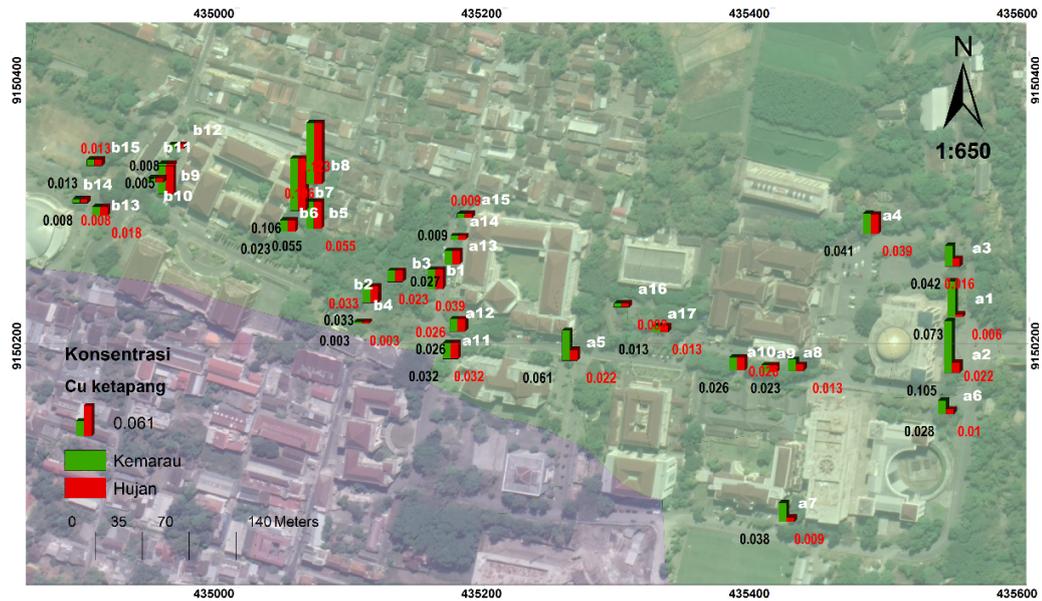
#### 4.7 Pola Persebaran Konsentrasi Logam Pb, Cu, dan Zn pada Daun Ketapang

Pemetaan persebaran konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada daun Ketapang dilakukan dengan menggunakan aplikasi ArcGIS 10.3. Koordinat titik sampling diperoleh dari aplikasi *Google Earth* pada saat penentuan titik sampling. Data input yang dibutuhkan untuk membuat peta yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z (elevasi) serta data konsentrasi logam berat Pb, Cu, Zn pada daun Ketapang. Pemetaan dilakukan terhadap masing-masing konsentrasi logam timbal (Pb), tembaga (Cu), seng (Zn) pada saat musim hujan dan musim kemarau.



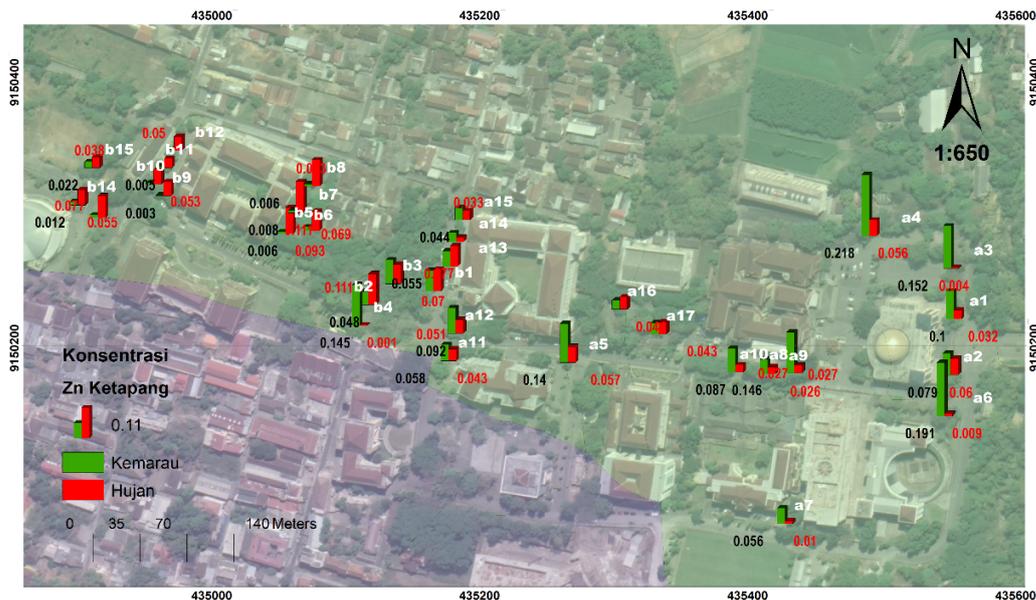
**Gambar 4. 11** Peta Persebaran Konsentrasi Logam Pb di Daun Ketapang pada Musim Kemarau dan Hujan

Pada pola persebaran konsentrasi logam pb di daun pada musin kemaran dan hujan diatas, dapat dilihat bahwa konsentrasi logam Pb pada musim kemarau lebih besar daripada musim hujan dan secara merata pada lokasi A dan B. Hal ini dapat dikarenakan pada musim hujan logam timbal pada udara dan daun larut dengan air hujan.



**Gambar 4. 12** Peta Persebaran Konsentrasi Logam Cu di Daun Ketapang pada Musim Kemarau dan Hujan

Pada pola persebaran konsentrasi logam Cu di daun pada musim kemarau dan musim hujan diatas, dapat dilihat bahwa di beberapa titik konsentrasi Cu pada musim kemarau lebih tinggi daripada musim hujan dan beberapa titik konsentrasi Cu pada musim hujan lebih tinggi daripada musim kemarau. Hal ini dapat disebabkan karena persebaran logam yang tidak merata pada beberapa titik dan pada musim hujan logam Cu diudara larut dalam air hujan dan jatuh ke tanah lalu dapat diserap oleh tanaman melalui akar.



**Gambar 4. 13** Peta Persebaran Konsentrasi Logam Zn di Daun Ketapang pada Musim Kemarau dan Hujan

Pada pola persebaran konsentrasi logam Zn di daun pada musim kemarau dan musim hujan diatas, dapat dilihat bahwa di pada lokasi A konsentrasi Zn lebih tinggi ketika musim kemarau, sedangkan pada lokasi B konsentrasi Zn lebih tinggi ketika musim hujan.

Berdasarkan **Gambar 4.11**; **Gambar 4.12**; dan **Gambar 4.13** dapat dilihat persebaran logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) pada musim kemarau dan hujan. Pada musim kemarau, logam Pb, Cu, dan Zn lebih tinggi pada lokasi B daripada lokasi A. Sedangkan pada musim hujan, logam Pb, Cu, dan Zn cukup merata pada lokasi A dan B. Persebaran logam berat terlihat kurang merata pada kedua musim. Hal ini dapat disebabkan beberapa factor yaitu konsentrasi logam berat pada daun tidak hanya berasal dari polusi udara melainkan dari tanah dan memungkinkan bahwa logam berat tersebut memang sudah ada didalam tanaman seperti logam tembaga (Cu) dan seng (Zn) yang merupakan logam esensial bagi tanaman. Sehingga konsentrasi logam berat Pb, Cu, dan Zn yang diakumulasi oleh pohon Ketapang pada masing – masing pohon berbeda – beda.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang Pemetaan Konsentrasi Pb, Cu, Zn pada Tanaman Ketapang (*Terminalia catappa*) Di Universitas Islam Indonesia Pencemaran Udara di Universitas Islam Indonesia, dapat disimpulkan bahwa :

1. Rata-rata konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada udara di Universitas Islam Indonesia tertinggi pada logam tembaga (Cu) sebesar 0,454 ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) kemudian logam seng (Zn) sebesar 0,193 ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) dan yang terakhir logam timbal (Pb) sebesar 0,038 ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ). Sedangkan untuk rata-rata konsentrasi logam pada tanah tertinggi yaitu logam tembaga (Cu) sebesar 0,783 mg/kg, kemudian logam seng (Zn) sebesar 0,331 mg/kg, dan yang terendah logam timbal (Pb) sebesar 0,317 mg/kg. Rata – rata konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada daun Ketapang di Universitas Islam Indonesia lebih tinggi pada musim Kemarau dibandingkan pada musim Hujan. Rata – rata konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn di daun Ketapang tertinggi pada musim Kemarau yaitu logam seng (Zn) sebesar 0,044 mg/kg, kemudian logam tembaga (Cu) sebesar 0,033 mg/kg, dan yang terendah logam timbal (Pb) sebesar 0,024 mg/kg. Sedangkan pada musim hujan, rata – rata konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn di daun Ketapang tertinggi yaitu logam seng (Zn) sebesar 0,173 mg/kg, kemudian logam timbal (Pb) sebesar 0,072 mg/kg, dan terendah yaitu logam tembaga (Cu) sebesar 0,022 mg/kg.
2. Hasil korelasi antara konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn daun Ketapang dengan udara dan tanah menunjukkan bahwa adanya Korelasi antar keduanya. Pada konsentrasi timbal (Pb) di daun Ketapang memiliki Korelasi tinggi dengan tanah yaitu sebesar 0,726 untuk Korelasi linier dan -0,852 untuk Korelasi *pearson*. Konsentrasi tembaga (Cu) di daun Ketapang

memiliki Korelasi tinggi dengan udara yaitu sebesar 0,837 untuk Korelasi linier dan 0,915 untuk Korelasi *pearson*. Sedangkan untuk seng (Zn) memiliki Korelasi yang cukup rendah atau lemah dengan udara dan tanah. Persebaran logam Pb, Cu, dan Zn pada daun Ketapang di Universitas Islam Indonesia tidak merata pada musim kemarau, tetapi pada musim hujan cukup merata.

3. Persebaran logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) pada musim kemarau dan hujan. Pada musim kemarau, logam Pb, Cu, dan Zn lebih tinggi pada lokasi B daripada lokasi A. Sedangkan pada musim hujan, logam Pb, Cu, dan Zn cukup merata pada lokasi A dan B. Persebaran logam berat terlihat kurang merata pada kedua musim.

## 5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan selama penulis mengerjakan penelitian dari awal hingga akhir, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk peneliti yang akan dilakukan seterusnya.

1. Penelitian ini sebaiknya melakukan pengambilan sampel udara dan tanah pada musim kemarau juga agar mendapatkan hasil yang lebih optimal dan dapat dihubungkan dengan konsentrasi logam pada sampel daun. Serta dapat dibandingkan dengan musim hujan.
2. Penelitian ini alangkah baiknya dilakukan perhitungan terhadap kendaraan yang melewati titik sampel pada saat pengambilan sampel udara. Sehingga data yang didapat lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adedeji, O., Oluwafunmilayo, O. 2016. **Mapping of Traffic-Related Air Pollution Using GIS Techniques in Ijebu-Ode, Nigeria**. Indonesian Journal of Geography
- Aji, Santri. 2006. **Pemetaan Penyebaran Polutan sebagai Bahan Pertimbangan Pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Cilegon**. Bogor: IPB
- Alfaida. S, Samsurizal, M. Musdalifah, N. 2013. **Jenis-Jenis Tumbuhan Pantai di Desa Pelawa Baru Kecamatan Parigi Tengah Kabupaten Parigi Moutong dan Pemanfaatannya sebagai Buku Saku**. EJipbiol. 1: 19-32.
- Almatsier, S. 2003. **Prinsip Dasar Ilmu Gizi**. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Umum
- Aronoff, S. 1989. **Geographic Information System; A Management Perspective, Ottawa**. WDL, Publications
- ATSDR. 2007. **Toxicological profile for lead**. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Backer, C,A And Bakhuizen, Van, Den, Brink. 1963. **Flora of Java**. WoltersNoordhoff NV-Groningen. The Netherland.
- Basset, J. 1994. **Buku Ajar Vogel Analisis Kimia Kuantitatif Anorganik**. Jakarta: EGC
- Birbaum, K dkk. 2010. **No Evidence for Cerium Dioxide Nanoparticle Translocation in Maize Plants**. Environmental Science & Technology.
- Brass, G. M., Strauss, W. 1981. **Air Pollution Control**. Part IV. John Willey&Sons. New York
- Budiyanto, E. 2002. **Sistem Informasi Geografis Menggunakan ARC VIEW GIS**. Yogyakarta : Andi Offset.
- Cheng, H., Hu, Y. 2009. **Lead (Pb) Isotopic Fingerprinting and Its Applications in Lead Pollution Studies in China**. China: Chinese Academy of Sciences
- Deepalakshmi, A.P. 2014. **Leaves of Higher Plants as Indicators of Heavy Metal Pollution along the Urban Roadways**. India
- Dewi. 2004. **Aplikasi Teknik Penginderaan Jauh untuk Estimasi Potensi**

**Pencemaran Udara di Kawasan Malioboro.** Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM

- Fardiaz, S. 1992. **Polusi Air dan Udara.** Yogyakarta: Kanisius
- Hidayat, T. 2019. **Pengaruh Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi (Pb, Cr, Zn) dalam PM10 di Jalan Ringroad Utara Kabupaten Sleman.** Yogyakarta: UII
- Hidayati, S. R. 2009. **Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil Dan Kandungan Logam Berat Pada Daun Pohon Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong Sidoarjo.** Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.
- Ho, Y. B. & Tai, K. M. 1988. **Elevated Levels of Lead and Other Metals in Roadside Soil and Grass and Their Use to Monitor Aerial Metal Depositions in Hong Kong.** Hong kong: University of Hong Kong
- Intan, V., dan Murwani, I. 2019. **Kadad Logam Timbal (Pb) dan Sulfur (S) pada Tanaman Ketapang Badak (*Ficus lyrate Warb*).** Yogyakarta: Universitas Atma Jaya
- Istikharotun, dkk. 2016. **Kontribusi Parameter Meteorologi dan Kondisi Lalu Lintas Terhadap Konsentrasi Pencemar NO<sub>2</sub> di Kota Semarang.** Jurnal Presipitasi Vol 12
- Keenan. 1999. **Kimia untuk Universitas, Cetakan IX.** Erlangga: Jakarta
- Krisnayya, N.S.R. dan S.J. Bedi. 1986. **An Effects of Automobile Lead Pollution on *Cassia tora* and *Cassia occidentalis*.** Environ. Pollut. Ser. A. 40 : 221-226
- Kumar, P. 2016. **Heavy Metals in The Environment: Fate, Transport, Toxicity and Remediation Technologies.** India: University of Allahabad.
- Kurnia, U., H. Suganda, R. Saraswati, dan Nurjaya. 2004. **Teknologi pengendalian pencemaran lahan sawah. Buku Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya.** Puslitbangtanak. Badan Litbang Pertanian. Deptan.
- Kusnoputranto, H. 2006. **Toksikologi Lingkungan, Logam Toksik dan Berbahaya.** Jakarta: FKM-UI Press dan Pusat Penelitian Sumber Daya Manusia dan Lingkungan.
- Kusmana, C. 2012. **Pola Sebaran Spasial Konsentrasi Partikel Timbal Di Sekitar Jalur Hijau Jalan (Studi Kasus Jalur Hijau Acacia Mangium, Jalan Tol Jagorawi).** Bogor: Institut Pertanian Bogor

- Lahuddin M. 2007. **Aspek Unsur Mikro dalam Kesuburan Tanah**. Medan: USU Press.
- Nilawati. 2011. **Analisis Logam Berat Pb, Zn, dan Cr pada Tiga Jenis Tanaman Peneduh Pinggir Jalan Kota Batam Kepulauan Riau**. Bogor: IPB
- Novizan. 2002. **Petunjuk Pemupukan yang Efektif**. Jakarta: Agromedia Pustaka
- Nurjannah. 2013. **Statistika 2**. Depok: Universitas Gunadarma
- Munoz, A. dan Park, J. 2019. **Agriculture and Environment Perspective in Intelligent Systems**. Canada: IOS Press BV
- Moreira, Silvana. 2009. **Terminalia Catappa as Bioindicator of Enviromental Pollution in Cubatão City by SR-TXRF**. Journal International Nuclear Atlantic Conference
- Palar, H. 1994. **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat Cetakan 1**. PT. Rineka Cipta, Jakarta
- Prahasta, E. 2002. **Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis**. Informatika. Bandung.
- Ragan, dan Turner. 2009. **Working to Prevent Lead Poisoning in Children: Getting The Lead Out**. Journal of The America Academy of Pas
- Rahde, A.F. 1991. **Lead Inorganic**. IPCS INCHEM.
- Riduwan. (2010). **Dasar-Dasar Statistika**. Bandung : Alfabeta
- Rubaidah. 2011. **Analisis Logam Pb, Cu, dan Zn pada Tanaman Pelindung di Jalur Hijau Kota Banda Aceh**. Bogor: IPB
- Saeni dan Wuryandari. 2010. **Pencemaran Pb, Cd, dan Cu dalam Kangkung, Bayam, dan Air Terhadap Pencemaran dalam Rambut di Kotamadya Bogor**. Bogor: IPB
- Sastrawijaya, T. 1991. **Pencemaran Lingkungan**. PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Shahid, M., Dumat, C. 2016. **Foliar Heavy Metal Uptake, Toxicity, and Detoxification in Plants**. Journal of Hazardous Materials
- Siregar, E. 2005. **Pencemaran Udara, Respon Tanaman, dan Pengaruhnya pada Manusia**. Fakultas Pertanian Program Studi Kehutanan Universitas Sumatera Utara. Medan
- Siringoringo, H. H. 2000. **“Kemampuan Beberapa Jenis Tanaman Hutan Kota Dalam Menjerap Partikulat Timbal”**. Bul. Pen. Hutan.

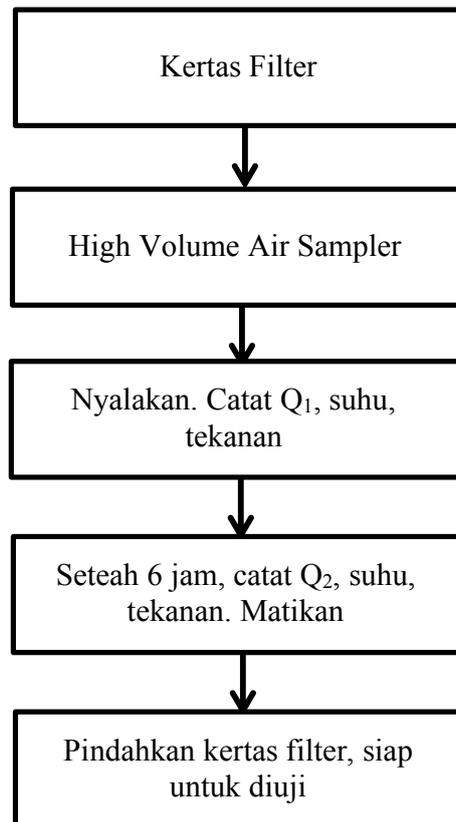
- Soemirat, J. 2003. **Toksikologi Lingkungan**. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Susilo, M.J. dan Dhaniaputri, M. 2016. **Analisis Potensi Pengembangan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Di Kampus Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta**. Prosiding Seminar Nasional II Tahun 2016. Progam Studi Pendidikan Biologi Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta
- Syamsuhidayat. S, Sugarti. Jhony, R, H. 1991. **Inventarisasi Tanaman Obat Indonesia**. Departement Kesehatan Republik Indonesia: Badan Kesehatan dan Pengembangan Kesehatan.
- Tambaru, E., 2012. **Potensi Absorpsi Karbon Dioksida pada Beberapa Jenis Pohon Hutan Kota di Kota Makassar**. Makassar: Universitas Hasanuddin Makassar.
- Tangahu, B., Rozaimah, S. 2011. **A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants Through Phytoremediation**. Surabaya: ITS
- Taufikurahman, 2016, **Penentuan Kadar Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Tanaman Rimpang Menggunakan Metode Destruksi Basah Secara AAS**. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim
- Thomson dan Evans. 2006. **Terminalia catappa (Tropical Almond)**. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry
- Upadhyay, N. 2011. **Chemical Speciation of PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub> in South Phoenix, AZ**. Journal of Air and Waste Management Association
- U.S.EPA. 2007. **SW-846. Test Method 7000B**. <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-testmethod-7000b-flame-atomic-absorptionspectrophotometri>
- Qasem, M. J. and A. M. Kamal. 1999. **Contamination of Roadside Soil, Plants and Air with Heavy Metals in Jordan, A Comparative Study**. Turk J. Chem. 23
- Wahyuni, S.T., 2012. **Penentuan Komposisi Kimia Abu Vulkanik dari Erupsi Gunung Merapi**. Yogyakarta: UGM
- Wahyuni, S.W. 2015. **Hubungan Jumlah Stomata Daun Ketapang *Terminalia Catappa* Linn Dan Daun Jati *Tectona Grandis* L.F Dengan Hasil Absorpsi Co<sup>2</sup> Di Hutan Kota Unhas Makassar**. Makassar: Universitas Hasanuddin Makassar.
- Walker, C.H., Hopkin, S.P., Sibly, R.M. and Peakall, D.B. 2006. **Principles of ecotoxicology (3rd ed.)**. New York: Taylor & Francis.



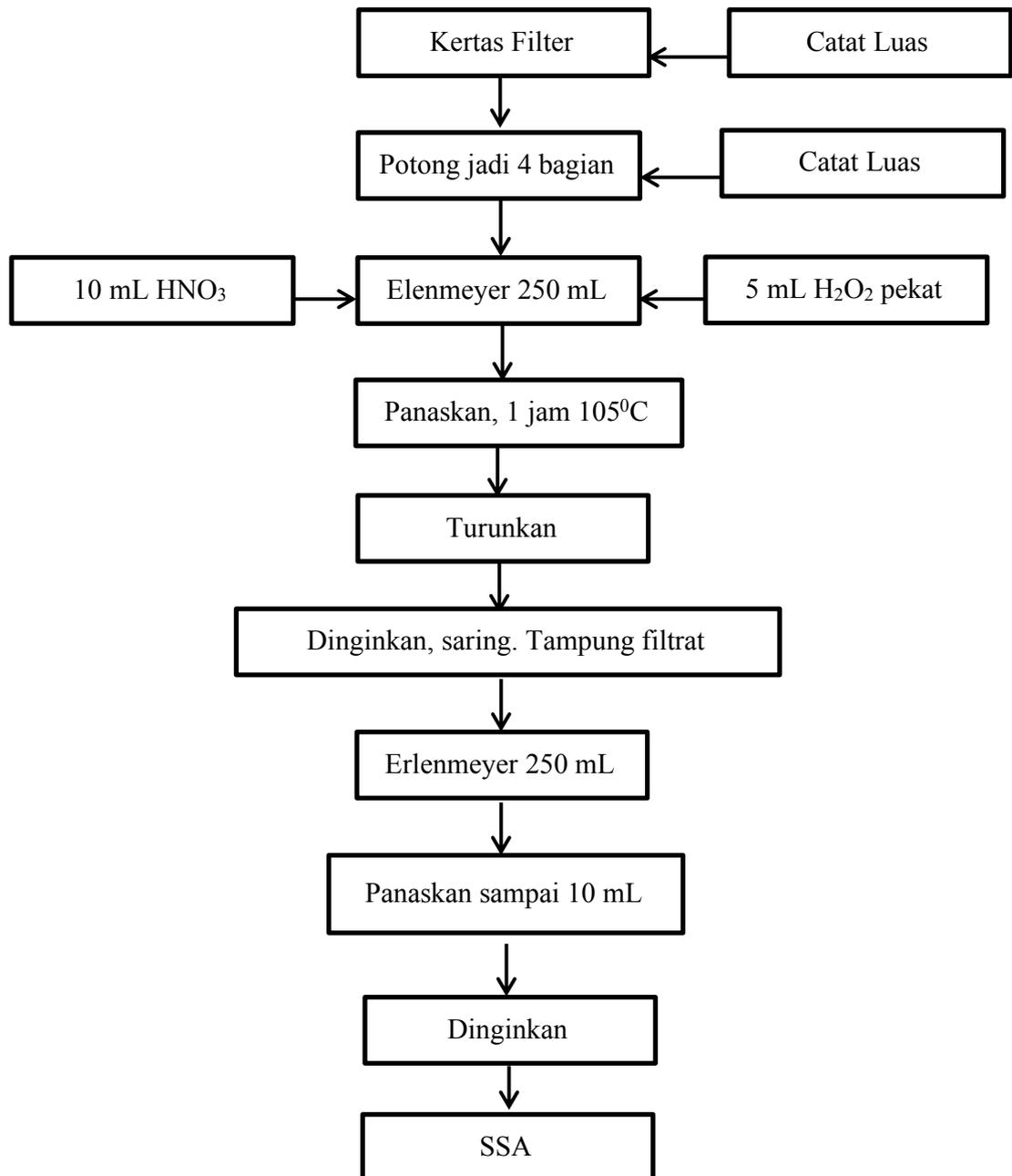
## LAMPIRAN

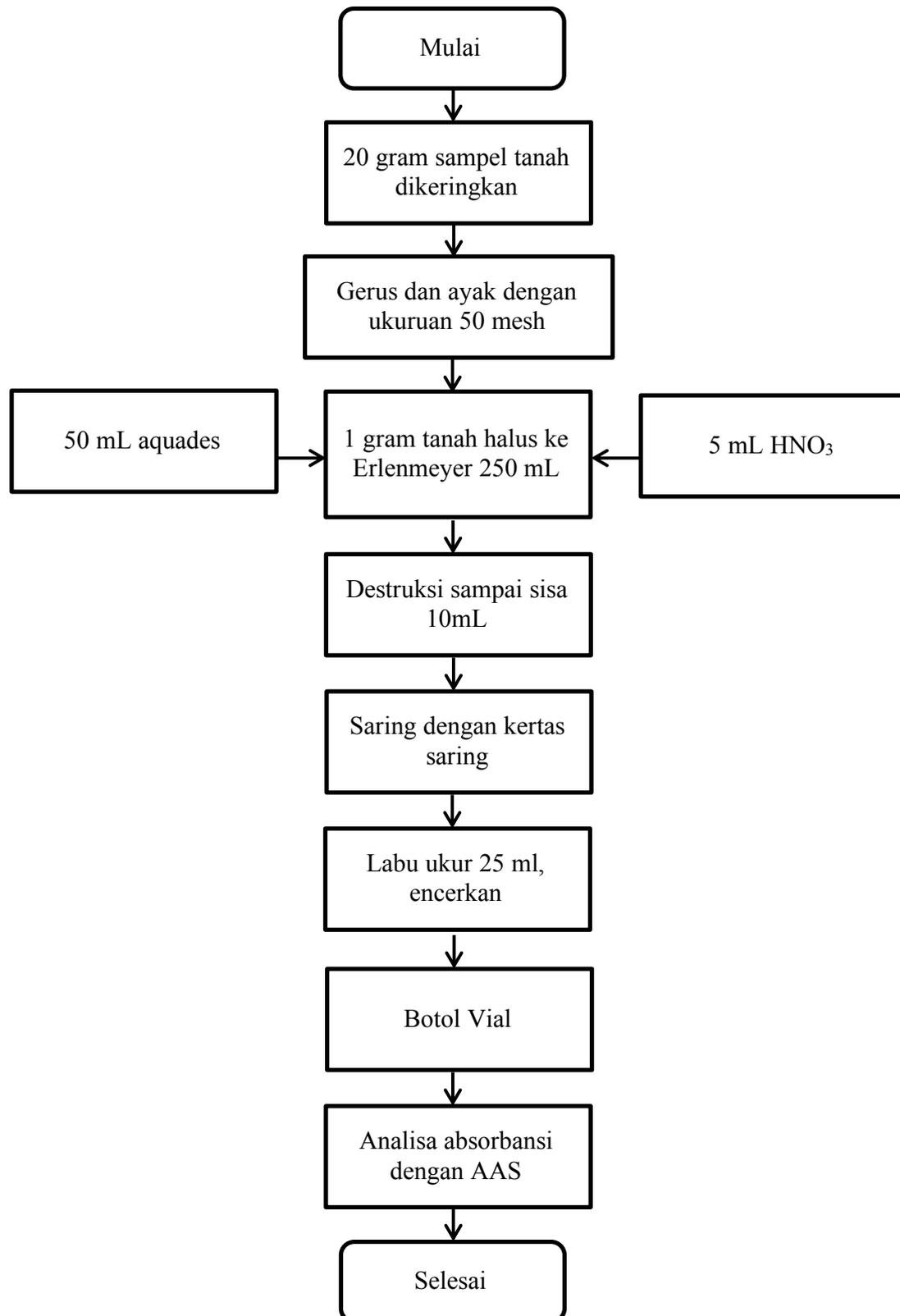
### Lampiran 1. Flowchart Pengujian Sampel Udara

- Pengambilan Sampel Udara

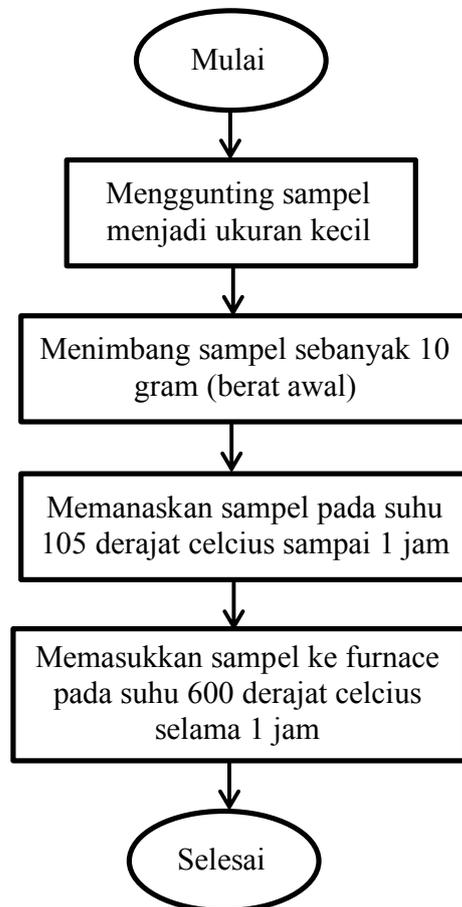


## - Pengujian Kertas Filter

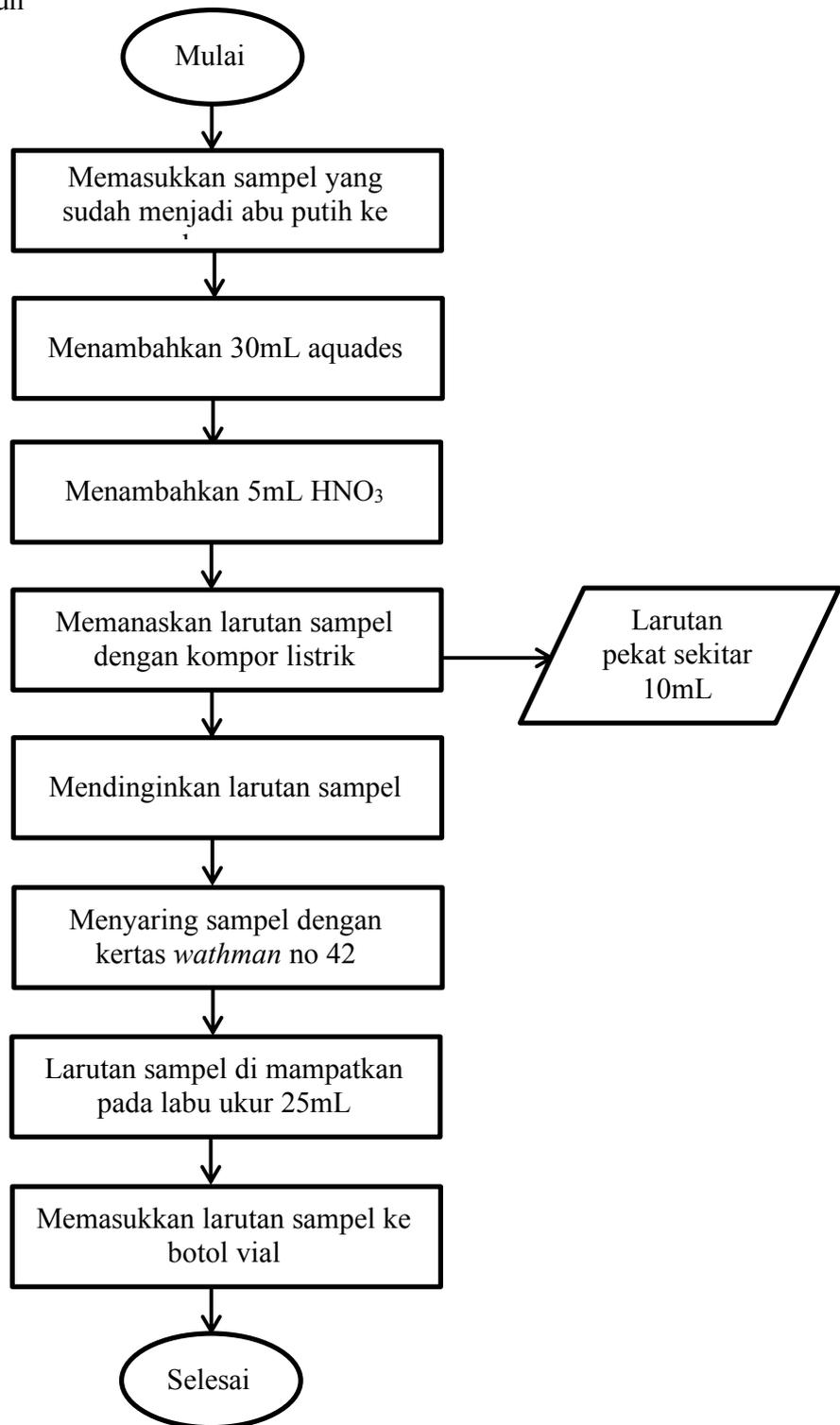


**Lampiran 2. Flowchart Pengujian Sampel Tanah****- Pengujian Sampel Uji Tanah**

**Lampiran 3.** Flowchart Pengujian Sampel Daun  
Preparasi Sampel Daun



## Destruksi Sampel Daun



**Lampiran 4.** Tahapan perhitungan konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) dan hasil perhitungan untuk tiap-tiap titik

Hari, tanggal : Kamis, 5 Desember 2019

Lokasi : Boulevard UII

Titik : titik 1

**A. Menghitung Laju Alir**

$$T_s = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_o = 305,3 \text{ K}$$

$$P_s = 760 \text{ mmHg}$$

$$P_o = 756,1 \text{ mmHg}$$

$$Q_{S1} = Q_o \times \left( \frac{T_s \times P_o}{T_o \times P_s} \right)$$

$$= \frac{1,2 \text{ m}^3}{\text{menit}} \times \left( \frac{298 \text{ k} \times 756,1 \text{ mmHg}}{306 \text{ k} \times 760 \text{ mmHg}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1,181 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_{S2} = Q_o \times \left( \frac{T_s \times P_o}{T_o \times P_s} \right)$$

$$= \frac{1,3 \text{ m}^3}{\text{menit}} \times \left( \frac{298 \text{ k} \times 758,7 \text{ mmHg}}{307,6 \text{ k} \times 760 \text{ mmHg}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1,278 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_s (\text{rata-rata}) = \frac{Q_{S1} + Q_{S2}}{2}$$

$$Q_s (\text{rata-rata}) = \frac{1,181 + 1,278}{2}$$

$$Q_s (\text{rata-rata}) = 1,229 \text{ m}^3/\text{menit}$$

**B. Volume udara yang diambil**

Diketahui :

$$Q_s = 1,229 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$T = 6 \text{ jam} = 360 \text{ menit}$$

$$V = Q_s \times T$$

$$V = 1,229 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}} \times 360 \text{ menit}$$

$$V = 442,62 \text{ m}^3$$

**C. Konsentrasi TSP dalam udara ambien** Diketahui :

$$W_1 = 3,548 \text{ g}$$

$$W_2 = 3,608 \text{ g}$$

$$C = \frac{W_2 - W_1 \times 10^6}{V}$$

$$C = \frac{(3,608 \text{ gram} - 3,548 \text{ gram}) \times 10^6}{442,62 \text{ m}^3}$$

$$C = 135,556 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$$

**D. Hasil perhitungan konsentrasi TSP di tiap-tiap titik lokasi sampling (Tabel)**

Lokasi	Hari, tanggal	Berat Awal (W <sub>0</sub> )	Berat Akhir (W <sub>1</sub> )	Volume udara (m <sup>3</sup> )	Kons. TSP (μg /Nm <sup>3</sup> )
<b>Perempatan FTSP</b>	Kamis, 28 November 2019	3,553	3,611	444,702	130,425
<b>Portal Kimpulan</b>	Jumat, 29 November 2019	3,540	3,596	429,325	130,437
<b>FTI</b>	Sabtu, 30 November 2019	3,543	3,593	426,172	117,323
<b>Lapangan Bola, D3</b>	Selasa, 3 Desember 2019	3,544	3,59	427,406	107,626
<b>Boulevard, Ulil Albab</b>	Kamis, 5 Desember 2019	3,548	3,608	442,733	135,522

**Lampiran 5.** Konversi Canter untuk konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP)

Hari, tanggal : Kamis, 5 Desember 2019

Lokasi : Boulevard UII

Titik : titik 1

**A. Tahapan perhitungan Konversi Canter untuk konsentrasi TSP**

$$C_2 = C_{TSP} = 135,556 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$$

$$t_1 = 24 \text{ jam}$$

$$t_2 = 6 \text{ jam}$$

$p$  = nilai  $p$  pada persamaan ini diperoleh dari PP No. 41 tahun 1999 dengan

$$C_1 = 230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 \text{ (baku mutu TSP pengukuran 24 jam)}$$

$$C_2 = 90 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 \text{ (baku mutu TSP pengukuran 1 tahun)}$$

$$t_1 = 1 \text{ hari}$$

$$t_2 = 365 \text{ hari}$$

$$C_1 = C_2 \times \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^p$$

$$230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 = 90 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 \times (365 \text{ hari}/1 \text{ hari})^p$$

$$p = 0,159$$

$$C_1 = 135,556 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 \times \left(\frac{6 \text{ jam}}{24 \text{ jam}}\right)^{0,159}$$

$$C_1 = 135,556 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 \times \left(\frac{6 \text{ jam}}{24 \text{ jam}}\right)^{0,159}$$

$$C_1 = 108,740 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$$

**B. Hasil perhitungan Konversi Canter untuk konsentrasi TSP di masing-masing titik sampling (Tabel)**

Berikut hasil perhitungan konversi canter untuk konsentrasi TSP sehingga setara

dengan waktu cuplik 24 jam.

Lokasi	Hari, tanggal	Kons. TSP ( $\mu\text{g}$ /Nm <sup>3</sup> )	Kons. TSP ( $\mu\text{g}$ /Nm <sup>3</sup> )
		6 jam	24 jam
<b>Perempatan FTSP</b>	Kamis, 28 November 2019	130,425	108,713
<b>Portal Kimpulan</b>	Jumat, 29 November 2019	130,437	86,336
<b>FTI</b>	Sabtu, 30 November 2019	117,323	104,624
<b>Lapangan Bola, D3</b>	Selasa, 3 Desember 2019	107,626	104,634
<b>Boulevard, Ulil Albab</b>	Kamis, 5 Desember 2019	135,522	94,115

**Lampiran 6.** Perhitungan konsentrasi timbal Pb, Cu, Zn di udara ambien

## A. Tahapan perhitungan konsentrasi timbal Pb, Cu, Zn di udara ambien

Hari, tanggal : Kamis, 5 Desember 2019

Lokasi : Boulevard UII

Titik : titik 1

Diketahui :

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

$$S = \text{panjang} \times \text{lebar filter utuh} \\ = 190 \text{ mm} \times 240 \text{ mm} = 45600 \text{ mm}^2$$

$$S_t = \text{panjang} \times \text{lebar filter yang dianalisis} \\ = 10 \text{ mm} \times 125 \text{ mm} = 12500 \text{ mm}^2$$

$$V = 442,733 \text{ m}^3$$

$$C_{t1} = 1,0396 \text{ } \mu\text{g/mL}$$

$$C_{pb} = \frac{C_t \times V_t \times \frac{S}{S_t}}{V}$$

$$C_{pb} = \frac{1,0396 \times 10 \times \frac{45600}{12500}}{442,733} = 0,086 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

**B. Hasil perhitungan di masing-masing titik**

Lokasi	Volume udara (m <sup>3</sup> )	Cons Real 6 jam (mg/kg)		
		Pb	Cu	Zn
Perempatan FTSP	442,733	0,086	0,938	0,363
Portal Kimpulan	427,406	0,021	0,636	0,227
FTI	444,702	0,063	0,629	0,396
Lapangan Bola, D3	429,325	0,031	0,466	0,189
Boulevard, Ulil Albab	426,172	0,019	0,527	0,185

### Lampiran 7. Perhitungan konversi Canter untuk konsentrasi Pb, Cu, Zn

A. Tahapan perhitungan Konversi Canter untuk konsentrasi Pb, Cu, Zn

Hari, tanggal : Kamis, 5 Desember 2019

Lokasi : Boulevard UII

Titik : titik 1

Diketahui :

$$C_{pb} = 0,3597 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$$

$$t_1 = 24 \text{ jam}$$

$$t_2 = 6 \text{ jam}$$

$p$  = nilai  $p$  pada persamaan ini diperoleh dari PP No. 41 tahun 1999 dengan

$$C_1 = 2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 \text{ (baku mutu Pb pengukuran 24 jam)}$$

$$C_2 = 1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 \text{ (baku mutu Pb pengukuran 1 tahun)}$$

$$t_1 = 1 \text{ hari}$$

$$t_2 = 365 \text{ hari}$$

$$C_1 = C_2 x \left[ \frac{t_2}{t_1} \right]^p$$

$$2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 = 1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 x \left[ \frac{365 \text{ hari}}{1 \text{ hari}} \right]^p$$

$$p = 0,117$$

$$C_1 = C_2 x \left[ \frac{t_2}{t_1} \right]^p$$

$$C_1 = 0,3597 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 x \left[ \frac{6 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \right]^{0,117} = 0,073 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$$

### B. Hasil perhitungan Konversi Canter untuk konsentrasi Pb, Cu, dan Zn di masing-masing titik sampling

Berikut hasil perhitungan konversi canter untuk konsentrasi Pb, Cu, Zn sehingga setara dengan waktu cuplik 24 jam

Lokasi	Volume udara (m <sup>3</sup> )	Cons Real 6 jam (mg/kg)			Cons Real 24 jam (mg/kg)		
		Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn
<b>Perempatan FTSP</b>	442,733	0,086	0,938	0,363	0,073	0,666	0,257
<b>Portal Kimpulan</b>	427,406	0,021	0,636	0,227	0,018	0,452	0,161
<b>FTI</b>	444,702	0,063	0,629	0,396	0,054	0,446	0,281
<b>Lapangan Bola, D3</b>	429,325	0,031	0,466	0,189	0,027	0,331	0,134
<b>Boulevard, Ulil Albab</b>	426,172	0,019	0,527	0,185	0,017	0,374	0,132

**Lampiran 8.** Perhitungan konsentrasi timbal Pb, Cu, Zn di tanah**A. Tahapan Perhitungan konsentrasi timbal Pb, Cu, Zn di tanah**

Hari, tanggal : Sabtu, 7 Desember 2019

Lokasi : Parkir Ulil Albab

Titik : titik 1

Diketahui :

Berat kering = 1 gram

Faktor pengenceran = 5

Factor pemekatan = 5,5

$C_{Pb} = 0,1108 \mu\text{g/mL}$

$C_{Cu} = 0,375 \mu\text{g/mL}$

$C_{Zn} = 0,566 \mu\text{g/mL}$

$$C_{Pb\text{real}} = \frac{C_{pb} \times f_{\text{pengenceran}}}{\text{Berat} \times f_{\text{pemekatan}}}$$

$$= \frac{0,1108 \times 5}{1 \times 5,5} = 0,101 \text{ mg/kg}$$

$$C_{Cu\text{real}} = \frac{C_{cu} \times f_{\text{pengenceran}}}{\text{Berat} \times f_{\text{pemekatan}}}$$

$$= \frac{0,375 \times 5}{1 \times 5,5} = 0,341 \text{ mg/kg}$$

$$C_{Zn\text{real}} = \frac{C_{zn} \times f_{\text{pengenceran}}}{\text{Berat} \times f_{\text{pemekatan}}}$$

$$= \frac{0,566 \times 5}{1 \times 5,5} = 0,514 \text{ mg/kg}$$

**B. Hasil perhitungan konsentrasi timbal Pb, Cu, Zn di tanah**

Sampel	Cons Inst (ug/mL)			Cons Real (mg/kg)		
	Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn
KP1	0,111	0,375	0,566	0,101	0,341	0,514
KP2	0,230	0,502	0,391	0,209	0,456	0,355
KP 3	0,499	0,728	0,420	0,454	0,662	0,382
KP 4	0,394	0,626	0,308	0,359	0,569	0,280
KP 5	0,420	0,553	0,192	0,382	0,503	0,175
KP 6	0,618	0,563	0,613	0,562	0,512	0,558
KP 7	0,304	0,505	0,225	0,277	0,459	0,205
KP 8	0,416	1,677	0,266	0,378	1,525	0,242
KP 9	0,254	0,265	0,091	0,231	0,241	0,083
KP 10	0,247	2,034	0,089	0,225	5,547	0,081

**Lampiran 9.** Perhitungan konsentrasi timbal Pb, Cu, Zn di daun

**A. Tahapan Perhitungan konsentrasi timbal Pb, Cu, Zn di daun**

Hari, tanggal : Sabtu, 7 Desember 2019

Lokasi : Ulil Albab

Titik : titik A1

Diketahui :

Berat kering = 7,665 gr

Faktor pengenceran = 5

Factor pemekatan = 3,5

$C_{Pb} = 0,391 \mu\text{g/mL}$

$C_{Cu} = 0,539 \mu\text{g/mL}$

$C_{Zn} = 0,938 \mu\text{g/mL}$

$$C_{Pb\text{real}} = \frac{C_{pb} \times f_{pengenceran}}{\text{Berat} \times f_{pemekatan}}$$

$$= \frac{0,391 \times 5}{1 \times 3,5} = 0,073 \text{ mg/kg}$$

$$C_{Cu\text{real}} = \frac{C_{cu} \times f_{pengenceran}}{\text{Berat} \times f_{pemekatan}}$$

$$= \frac{0,539 \times 5}{1 \times 3,5} = 0,1 \text{ mg/kg}$$

$$C_{Zn\text{real}} = \frac{C_{zn} \times f_{pengenceran}}{\text{Berat} \times f_{pemekatan}}$$

$$= \frac{0,938 \times 5}{1 \times 3,5} = 0,175 \text{ mg/kg}$$

**B. Hasil perhitungan konsentrasi timbal Pb, Cu, Zn di daun**

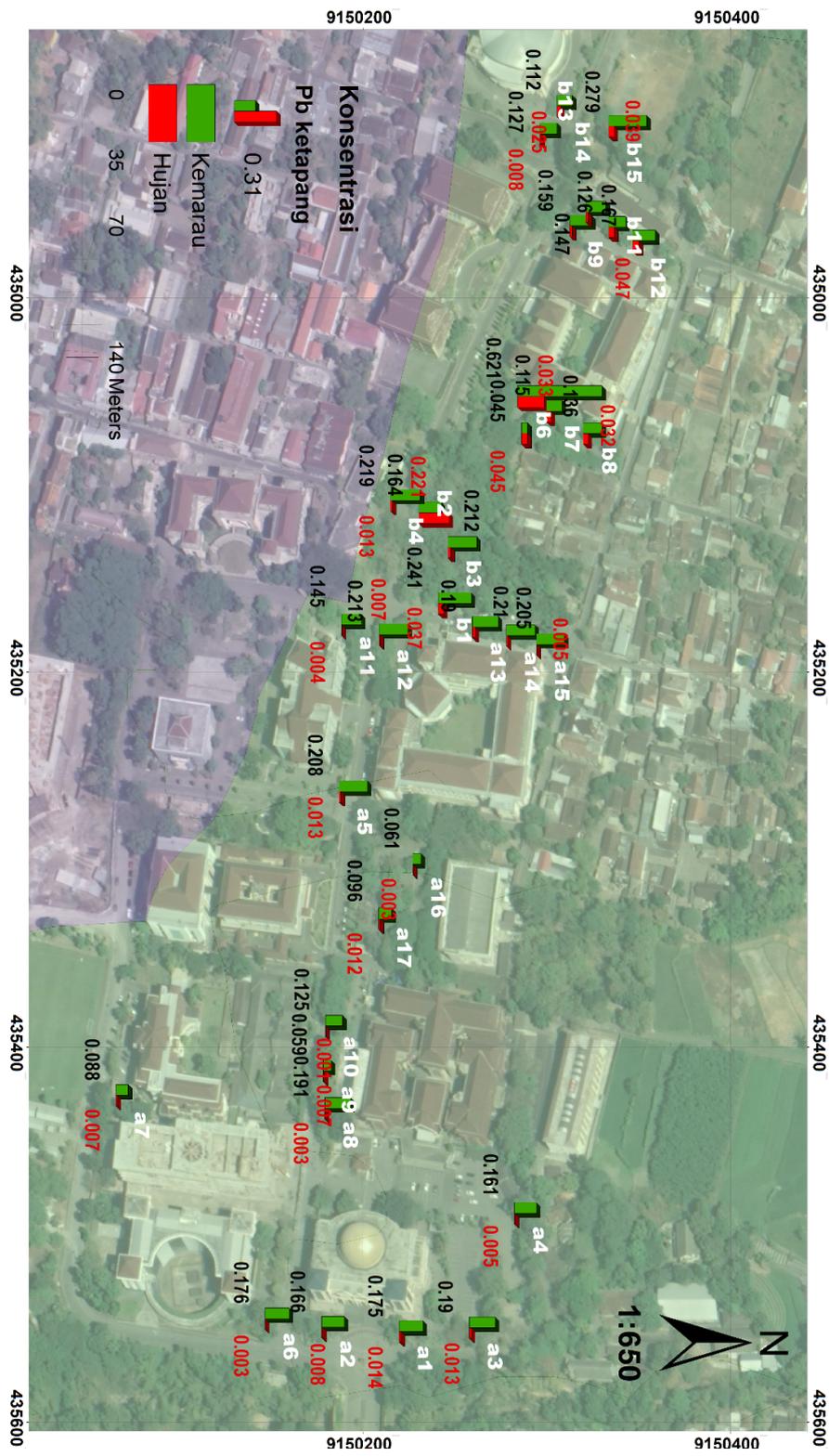
Berikut hasil perhitungan konsentrasi Pb, Cu, Zn didaun pada masing – masing titik sampling.

Sampel	Berat Cawan (gr)	Berat awal (gr)	Berat awal + Cawan (gr)	Berat setelah Oven (gr)	Berat setelah Oven + Cawan (gr)	Berat abu (gr)	Berat abu + Cawan (gr)	Kadar Air %	Cons Inst (µg/ml)			Cons Real (mg/kg)			Abs			Faktor Pengenceran	Faktor Pemekatan
									Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn		
A1	52,220	10,266	62,486	7,665	59,885	0,662	52,882	29%	0,391	0,539	0,9384	0,073	0,100	0,175	0,0174	0,0538	0,1782	5	3,5
A2	49,913	10,053	59,966	7,210	57,123	0,818	50,731	28%	0,530	0,399	0,8363	0,105	0,079	0,166	0,0222	0,0423	0,1612	5	3,5
A3	50,833	10,008	60,841	7,630	58,463	0,404	51,237	24%	0,233	0,811	1,0136	0,042	0,152	0,190	0,0117	0,0821	0,1907	5	3,5
A4	53,079	10,059	63,138	7,629	60,708	0,304	53,383	24%	0,221	1,166	0,8617	0,041	0,218	0,161	0,0116	0,1165	0,1654	5	3,5
A5	45,124	10,375	55,499	7,838	52,462	0,275	45,399	24%	0,334	0,767	1,1413	0,061	0,140	0,208	0,016	0,086	0,254	5	3,5
A6	78,290	10,471	88,761	6,248	84,538	0,268	78,558	40%	0,121	0,837	0,7713	0,028	0,191	0,176	0,008	0,085	0,130	5	3,5
A7	49,275	10,152	59,427	7,400	56,675	0,381	49,656	27%	0,196	0,292	0,4539	0,038	0,056	0,088	0,008	0,009	0,098	5	3,5
A8	47,132	10,059	57,191	6,556	53,688	0,23	47,362	35%	0,104	0,67	0,8785	0,023	0,146	0,191	0,008	0,069	0,168	5	3,5
A9	45,891	10,069	55,96	6,544	52,435	0,441	46,332	39%	0,030	0,244	0,2699	0,007	0,053	0,059	0,005	0,027	0,067	5	3,5
A10	39,375	10,205	49,58	7,035	46,410	0,408	39,783	31%	0,162	0,429	0,6133	0,033	0,087	0,125	0,010	0,045	0,124	5	3,5
A11	48,738	10,282	59,040	7,663	56,361	0,764	49,522	26%	0,376	0,399	0,771	0,108	0,058	0,145	0,024	0,034	0,177	5	3,5
A12	46,495	10,109	56,604	7,866	54,301	0,341	46,836	29%	0,274	0,500	1,167	0,050	0,092	0,213	0,014	0,056	0,259	5	3,5
A13	41,708	10,175	51,883	7,622	49,330	0,489	42,197	29%	0,357	0,291	1,014	0,067	0,055	0,190	0,016	0,032	0,227	5	3,5
A14	45,732	10,124	55,856	7,793	53,525	0,573	46,305	29%	0,398	0,177	1,147	0,0730	0,032	0,210	0,018	0,019	0,255	5	3,5
A15	52,221	10,346	62,567	8,567	60,788	0,458	52,679	17%	0,436	0,262	1,227	0,0727	0,044	0,205	0,019	0,029	0,272	5	3,5
A16	46,506	10,264	56,770	7,049	53,555	0,662	47,168	31%	0,139	0,164	0,303	0,028	0,033	0,061	0,009	0,020	0,061	5	3,5
A17	53,903	10,029	63,932	7,567	61,470	0,586	54,489	25%	0,179	0,208	0,599	0,034	0,039	0,096	0,010	0,024	0,096	5	3,5
B1	45,872	10,186	56,058	7,703	53,575	0,304	46,176	24%	0,161	0,392	1,298	0,030	0,073	0,241	0,010	0,044	0,287	5	3,5
B2	48,854	10,107	58,961	7,485	56,339	0,407	49,261	26%	0,088	0,254	0,861	0,017	0,048	0,164	0,007	0,028	0,198	5	3,5
B3	53,902	10,074	63,976	8,462	62,364	0,493	54,395	16%	0,246	0,511	1,256	0,042	0,086	0,212	0,012	0,057	0,278	5	3,5
B4	47,032	10,079	57,111	7,924	54,956	0,476	47,508	21%	4,328	0,803	1,216	0,780	0,145	0,219	0,155	0,090	0,269	5	3,5
B5	34,490	10,084	44,574	8,080	42,370	0,689	35,179	20%	0,119	0,079	0,257	0,021	0,014	0,045	0,008	0,009	0,070	5	3,5
B6	45,874	10,005	55,879	7,558	53,432	0,376	46,250	24%	0,653	0,029	3,285	0,123	0,006	0,621	0,026	0,029	0,700	5	3,5
B7	42,432	10,057	52,489	7,543	49,975	0,412	42,844	29%	0,228	0,041	0,610	0,043	0,008	0,115	0,012	0,041	0,143	5	3,5
B8	44,683	10,064	54,747	8,153	52,356	0,375	45,058	19%	0,294	0,034	0,776	0,051	0,006	0,136	0,014	0,034	0,178	5	3,5
B9	48,761	10,022	58,783	8,134	56,895	0,563	49,324	19%	0,365	0,020	0,907	0,064	0,003	0,159	0,017	0,020	0,205	5	3,5
B10	44,512	10,014	54,526	7,546	52,688	0,365	44,877	29%	0,386	0,027	0,776	0,073	0,005	0,147	0,017	0,027	0,178	5	3,5
B11	45,127	10,033	55,160	7,624	52,751	0,570	45,697	24%	0,454	0,027	0,675	0,085	0,005	0,126	0,020	0,027	0,157	5	3,5
B12	47,880	10,057	57,937	7,684	55,544	0,545	48,425	24%	0,306	0,029	0,900	0,094	0,005	0,167	0,021	0,029	0,204	5	3,5
B13	53,008	10,058	63,156	7,652	60,730	0,420	53,518	24%	0,359	0,047	0,680	0,067	0,009	0,127	0,016	0,047	0,158	5	3,5
B14	50,608	10,053	60,661	6,911	57,519	0,273	50,881	31%	0,158	0,057	0,544	0,033	0,012	0,112	0,009	0,057	0,130	5	3,5
B15	49,273	10,003	59,276	6,904	56,177	0,325	49,598	31%	0,348	0,107	1,350	0,072	0,022	0,279	0,016	0,107	0,297	5	3,5
Rata-rata	48,402	10,123	58,525	7,535	55,937	0,458	48,860	26%	0,476	0,338	0,9138	0,074	0,062	0,1729	0,0214	0,0468	0,1986		
Median	47,506	10,072	57,564	7,623	55,260	0,416	47,967	25%	0,238	0,280	0,8616	0,0508	0,0599	0,1651	0,0148	0,0377	0,1779		
Max	78,29	10,471	88,761	8,567	84,538	0,818	78,558	40%	4,3280	1,1660	3,2466	0,7803	0,2183	0,6208	0,1546	0,1165	0,7004		
Min	34,49	10,003	44,574	6,248	42,57	0,23	35,179	16%	0,0302	0,0199	0,2570	0,0066	0,0035	0,0454	0,0051	0,0085	0,0613		

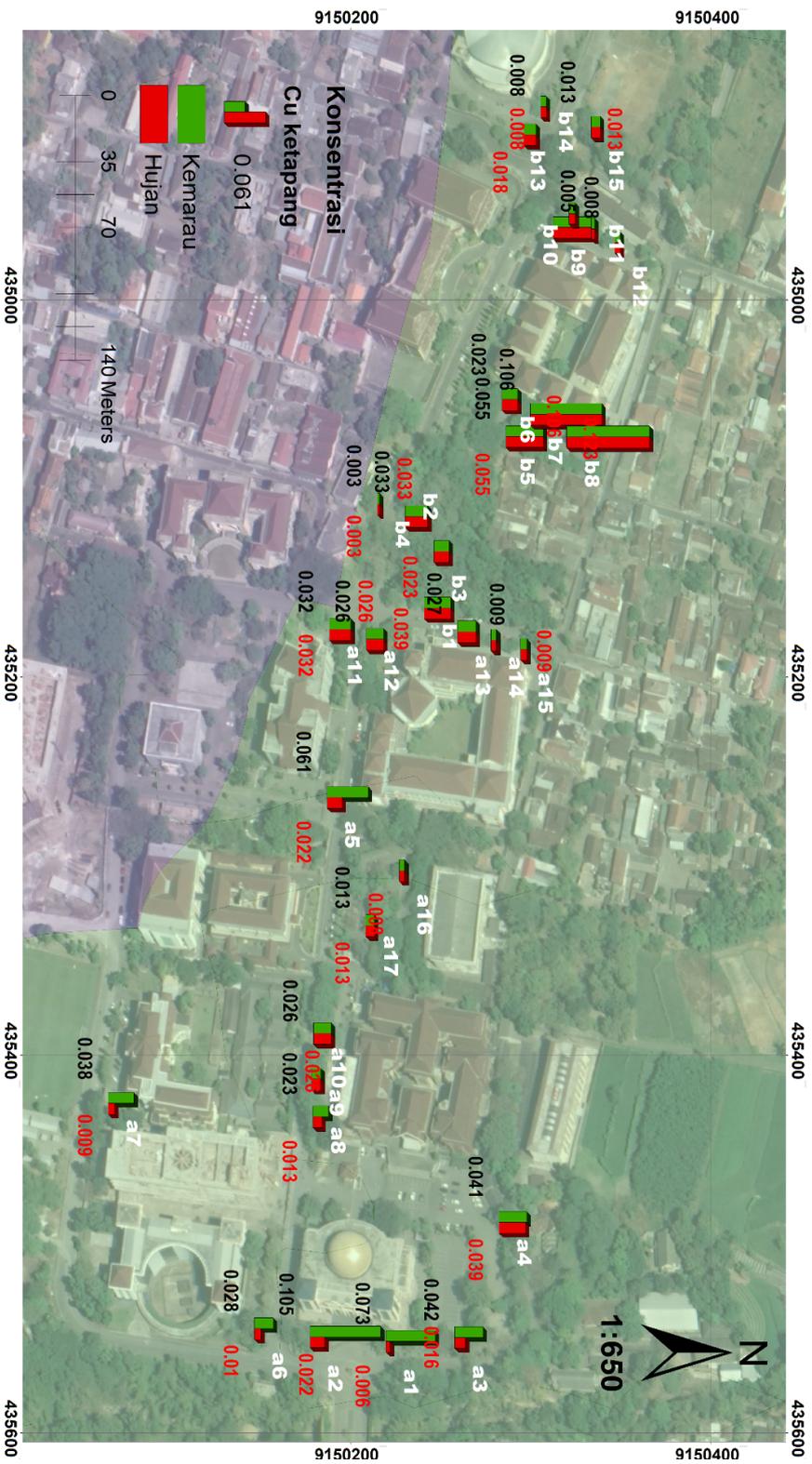
**Lampiran 10.** Jumlah Kendaraan pada Saat Penelitian

Tanggal	Jumlah Kendaraan						
	FTSP/FTI	FPSB	FMIPA 1	FMIPA 2	Boulevard	D3	Kimpulan
11/11/2019	1101	986	713	1148	1102	782	512
11/12/2019	1101	976	911	1192	1024	892	342
13/11/2019	1180	1189	1002	1150	1034	634	613
14/11/2019	1373	1008	976	1232	1093	671	512
15/11/2019	986	890	1089	934	983	678	412
18/11/2019	1023	923	981	833	1341	723	652
19/11/2019	1043	1255	982	923	1221	812	521
20/11/2019	1189	1172	783	823	1031	852	432
21/11/2019	1109	975	863	1023	1102	891	421
22/11/2019	1081	1083	983	1089	1086	862	412
25/11/2019	1278	1236	956	1182	1023	831	472
26/11/2019	1109	964	1021	1192	1423	892	421
27/11/2019	1021	932	982	983	1567	893	341
28/11/2019	1023	1105	978	1120	1234	934	231
29/11/2019	1209	1190	806	890	1101	734	298
12/02/2019	1102	1086	793	921	1095	723	273
12/03/2019	1190	1052	1014	1102	1032	821	234
12/04/2019	1134	1076	983	1198	1021	632	297
12/05/2019	1085	1085	863	1086	1089	734	178
12/06/2019	986	1023	870	1123	982	721	198
12/09/2019	1067	1084	956	1097	973	845	312
12/10/2019	1023	992	1021	976	981	813	308
12/11/2019	1001	1102	921	1102	932	912	312
Rata-Rata	1105	1060	995		1107	795	378

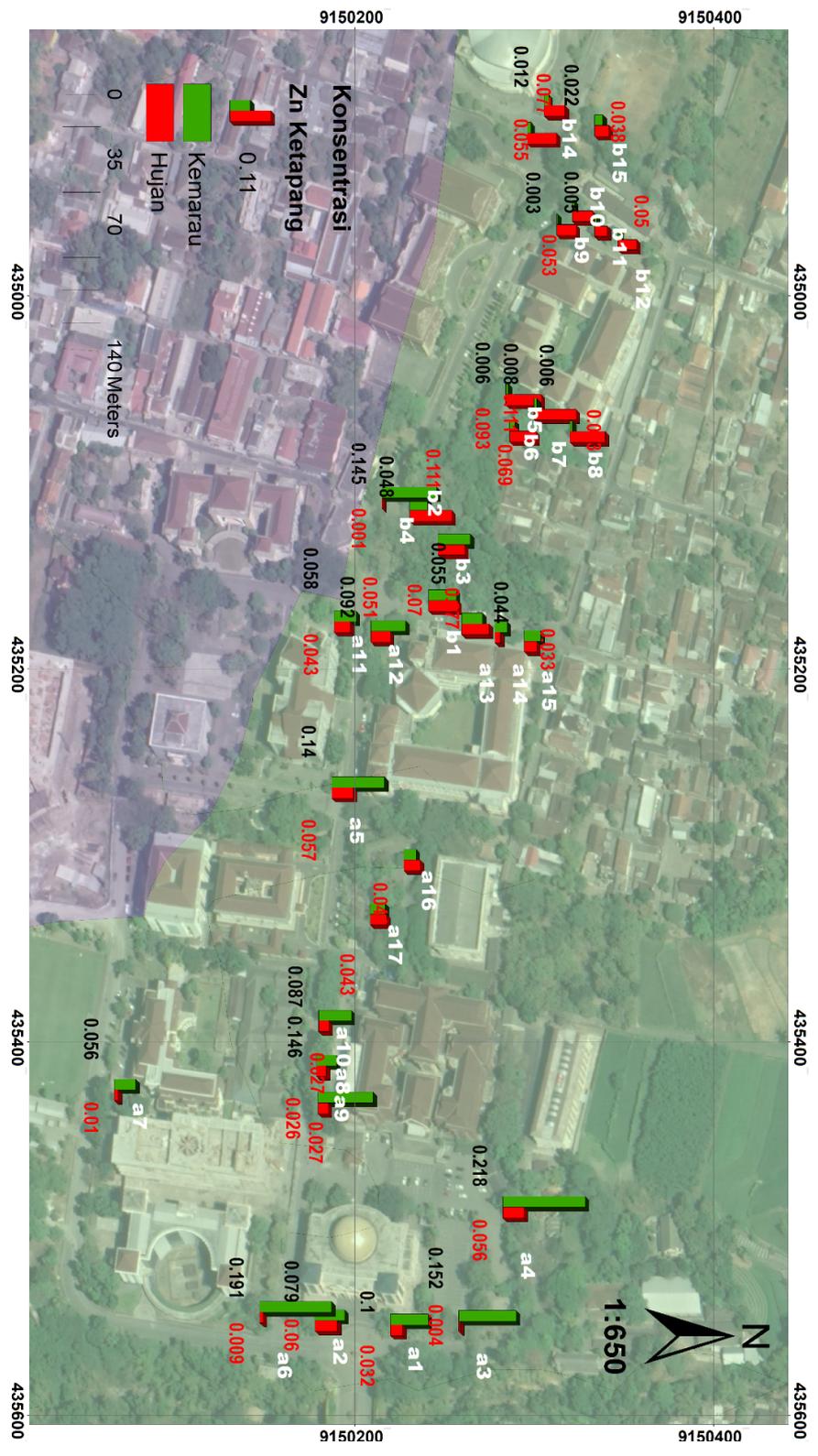
Lampiran 11. Peta Persebaran Logam Pb Daun Ketapang pada Musim Hujan dan Musim Kemarau



Lampiran 12. Peta Persebaran Logam Cu di Daun Ketapang pada Musim Hujan dan Musim Kemarau



Lampiran 13. Peta Persebaran Logam Zn di Daun Ketapang pada Musim Hujan dan Musim Kemarau



## **RIWAYAT HIDUP**

Fahanny Nastitie Dewi, lahir di Pontianak, 17 Desember 1998 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dari Suhardianto dan Riyanti Dwi Nastiti. Lulus sekolah menengah atas di SMA 1 Balikpapan dan meneruskan kuliah di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Selama masa kuliahnya dilalui dengan beberapa aktifitas akademik maupun non-akademik. Beberapa kegiatan non- akademik yang dilakukan seperti kepanitiaan Enviro Champion 2016, Lintas Lingkungan 2017, dan Explore FTSP 2018 serta UKM Dance of Enviro. Untuk kegiatan akademik yang dilakukan seperti SAKURA Science Project 2020 serta menjadi Asisten Laboratorium untuk beberapa praktikum. Menjalankan kegiatan magang / kerja praktik di DPPU Pertamina Aviation, Semarang dan focus terhadap evaluasi limbah B3.