

**CEMARAN MERKURI DI UDARA PADA KULIT POHON TANAMAN
MPTS DI DESA BUNUT SEBERANG, KECAMATAN WAY RATAI,
KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG**

Tesis

Oleh

**TEDY RENDRA
1920011006**



**PROGRAM STRATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

CEMARAN MERKURI DI UDARA PADA KULIT POHON TANAMAN MPTS DI DESA BUNUT SEBERANG, KECAMATAN WAY RATAI, KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG

Oleh

TEDY RENDRA

Aktivitas pemurnian emas di sekitar pemukiman masyarakat menimbulkan pencemaran lingkungan akibat penggunaan merkuri. Merkuri dapat dengan mudah menguap dan terbawa oleh angin. Tanaman MPTS yang dibudiyakan oleh masyarakat dapat terkontaminasi oleh merkuri yang menguap di atmosfer. Penelitian ini bertujuan menetapkan cemaran merkuri pada kulit pohon tanaman *multi purpose trees species* (MPTS) dan memetakan sebaran cemaran merkuri di udara melalui tingkat cemaran pada kulit pohon. Penelitian dilakukan pada Desa Bunut Seberang, Kecamatan Way Ratai, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dan di arboretum Universitas Lampung pada bulan Maret 2021. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* pada kedua lokasi penelitian. Sampel berupa kulit pohon dengan ukuran 10 x 10 cm yang diambil setinggi *Diameter Breast Hold* (DBH). Selanjutnya sampel diolah dan dianalisa menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) untuk mengetahui kandungan merkuri, dan analisa menggunakan *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX). Kandungan merkuri selanjutnya diinterpolasikan menggunakan ArcGIS 10.6 untuk mengetahui persebaran merkuri di atmosfer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 13 jenis tanaman MPTS yang mampu mengakumulasi merkuri di udara yaitu, alpukat (*Persea americana*), asam jawa (*Tamarindus indica*), duku (*Lansium domesticum*), durian (*Durio zibethinus*), jambu air (*Syzygium aqueum*), kedondong (*Spondias dulcis*), kemiri (*Aleurites moluccana*), mangga (*Mangifera indica*), melinjo (*Gnetum gnemon*), Nangka (*Artocarpus heterophyllus*), petai (*Parkia speciosa*), petai cina (*Leucaena leucocephala*), dan sirsak (*Annona muricata*). Kulit pohon asam jawa mampu menyerap merkuri sebesar 74,4 µg-DW; mangga sebesar 71,9 µg-DW, dan jambu air sebesar 60,9 µg-DW, ketiga

Tedy Rendra

jenis tanaman ini mampu menjerap merkuri lebih tinggi jika dibandingkan jenis lainnya. Hasil interpolasi persebaran merkuri di udara menunjukkan merkuri di atmosfer bergerak dari titik pemurnian ke arah tenggara lokasi pemurnian, dan dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin. Besarnya merkuri yang terkumpul pada kulit pohon dipengaruhi oleh kekasaran kulit.

Kata Kunci : emas, interpolasi, merkuri, kulit pohon, tanaman MPTS tambang

ABSTRACT

ATMOSPHERIC MERCURY POLLUTION ON TREE BARK OF MPTS PLANT, IN BUNUT SEBERANG VILLAGE, WAY RATAI DISTRICT, PESAWARAN REGENCY, LAMPUNG PROVINCE

By

TEDY RENDRA

Gold refining activities around community settlements cause environmental pollution due to the use of mercury. Mercury can easily evaporate and blow with the wind. Cultivated MPTS could be contaminated by mercury that evaporates in the atmosphere. This study aims to determine mercury contamination in the bark of multi-purpose trees species (MPTS) and map the distribution of mercury contamination in the air through the level of contamination in tree bark. The study was conducted in Bunut Seberang Village, Way Ratai District, Pesawaran Regency, Lampung Province, and at the University of Lampung Arboretum in March 2021. Sampling was carried out using the purposive sampling method at both research locations. The sample is tree bark with a size of 10 x 10 cm, it taken as high as Diameter Breast Hold (DBH). The samples were then processed and analyzed using atomic absorption spectroscopy (AAS) to determine the mercury content and analyzed using a Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX). The mercury content is then interpolated using ArcGIS 10.6 to determine the distribution of mercury in the atmosphere. The results showed that there were 13 types of MPTS plants can accumulate mercury in the atmosphere, namely, *Persea americana*, *Tamarindus indica*, *Lansium domesticum*, *Durio zibethinus*, *Syzygium aqueum*, *Spondias dulcis*, *Aleurites moluccana*, *Mangifera indica*, *Gnetum gnemon*, *Artocarpus heterophyllus*, *Parkia speciosa*, *Leucaena leucocephala*, and *Annona muricata*. *T. indica* tree bark is able to absorb mercury by 74.4 µg-DW; *M. indica* at 71.9 µg-DW, and *S. aqueum* at 60.9 µg-DW, these three types of plants are able to absorb mercury higher compared to other types. The results of interpolation of the distribution of mercury in the atmosphere showed that mercury in the atmosphere moves from the purification point to the southeast of the purification location, and is influenced by

Tedy Rendra

wind direction and speed. The amount of mercury that collects in the bark of trees is affected by the roughness of the bark.

Keyword : gold, interpolation, mercury, MPTS plants, mining, tree bark

**CEMARAN MERKURI DI UDARA PADA KULIT POHON TANAMAN
MPTS DI DESA BUNUT SEBERANG, KECAMATAN WAY RATAI,
KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

TEDY RENDRA

Tesis

**sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
MAGISTER ILMU LINGKUNGAN**

pada

**Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung**



**PROGRAM STRATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Tesis : **CEMARAN MERKURI DI UDARA PADA
KULIT POHON TANAMAN MPTS DI DESA
BUNUT SEBERANG, KECAMATAN WAY
RATAI, KABUPATEN PESAWARAN
PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Jedy Rendra**

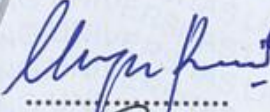
Nomor Pokok Mahasiswa : **1920011006**

Jurusan : **Magister Ilmu Lingkungan**

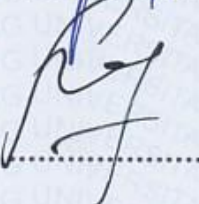
Fakultas : **Pascasarjana Multidisiplin**



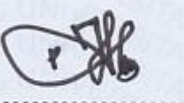
Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.
NIP. 197802222001121001


.....

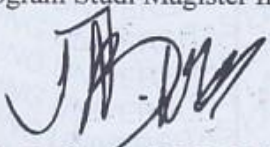
Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.
NIP. 196412231994031003


.....

Dr. Hendra Prasetya, S.Hut., M.Sc
NIP. 231811890413101


.....

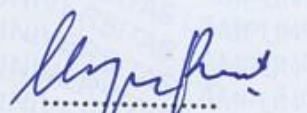
2. Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan


Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.
NIP. 196105051987031002

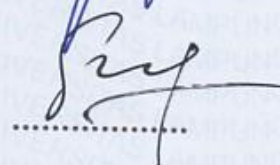
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

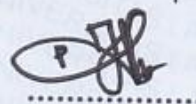
Ketua : Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.



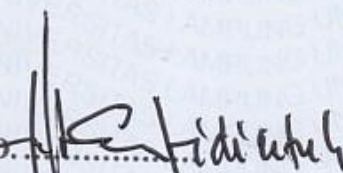
Sekretaris : Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.



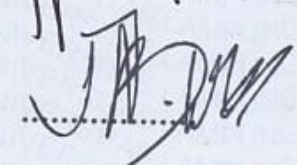
Anggota : Dr. Hendra Prasetya, S.Hut., M.Sc.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dra. Endang L. Widiastuti, M.Sc., Ph.D.



Anggota : Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.



2. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP. 197104151998031005

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 09 Agustus 2021

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul **“CEMARAN MERKURI DI UDARA PADA KULIT POHON TANAMAN MPTS DI DESA BUNUT SEBERANG, KECAMATAN WAY RATAI, KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya. Saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 09 Agustus 2021
Yang membuat pernyataan



Tedy Rendra
NPM 1920041006

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 29 Maret 1994, merupakan anak kedua dari berempat saudara pasangan Bapak Azhari dan Ibu Yuli Anti. Pendidikan penulis dimulai dari Taman Kanak-Kanak Kartika II-31 dan lulus pada tahun 2000. Selanjutnya penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Langka Pura pada tahun 2006, SMPN 25 Bandar Lampung pada tahun 2009, serta SMAN 7 Bandar Lampung pada tahun 2012.

Tahun 2012 penulis mengikuti Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) jalur undangan dan diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Selama kuliah penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik Universitas Lampung pada tahun 2015 di Desa Duta Yoso Mulyo, Kecamatan Rawa Pitu, Kabupaten Tulang Bawang. Selanjutnya penulis telah melakukan kegiatan Praktik Umum Kehutanan di Perusahaan Umum (Perum) Perhutani Divisi Regional Jawa Tengah pada bagian persemaian bibit mahoni daun lebar (*Swietenia macrophylla*) di Resort Pengelolaan Hutan (RPH) Sapuran, Balai Kesatuan Pengelolaan Hutan (BKPH) Ngadisono, Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Kedu Selatan.

Kegiatan organisasi, penulis mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa English Society (ESo) pada tahun 2015/2016. Selanjutnya penulis aktif pada organisasi sosial di luar kampus sebagai relawan Sahabat Pulau Lampung (SPL) dan Kelompok Belajar Desain Grafis (KBDG) Lampung. Tahun 2016 penulis mengikuti kegiatan Tenaga Magang Bakti Rimbawan Program Kementrian

Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) selama empat bulan di KPH Batu Tegi Kabupaten Tanggamus.

Juli 2019 penulis mendapat beasiswa program magister, dan terdaftar sebagai mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan pada tahun tersebut. Penulis turut aktif dalam kegiatan penelitian dan turun lapang bersama para dosen.

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan tulisan ini kepada manusia,
sebagai wujud warisan apa yang telah manusia terdahulu lakukan
untuk generasi selanjutnya dalam bentuk ilmu pengetahuan.

“earn this”.

MOTTO

Whatever you're, be a good one.
(Abraham Lincoln)

مَعَنَا اللَّهُ إِنَّ تَحْزَنَ لَا
(Quran 9:40)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Kajian Cemar Merkuri di Udara pada Kulit Pohon Tanaman MPTS di Desa Bunut Seberang, Kecamatan Way Ratai, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Lingkungan di Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D. selaku wakil Direktur Pascasarjana Bidang Akademik, Kemahasiswaan dan Alumni Universitas Lampung.
4. Dr. Maulana Muklis, S.Sos, M.IP. selaku Wakil Direktur Bidang Umum Universitas Lampung
5. Bapak Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung dan penguji kedua, yang telah memberikan masukan, saran dan kritik atas penyempurnaan penulisan tesis ini serta merekomendasikan penulisa mendapatkan beasiswa program S2 Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si., selaku pembimbing utama dan pembimbing akademik penulis yang telah bersedia membimbing, mengarahkan, memberikan saran, masukan, waktu, serta tenaganya dalam proses menyelesaikan tesis ini.

7. Bapak Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, nasihat, dukungan, serta motivasi dalam penulisan tesis ini.
8. Bapak Dr. Hendra Prasetya, S.Hut., M.Sc., selaku pembimbing ketiga yang telah memberikan saran, bantuan, dan motivasi, rujukan, tips, koneksi kepada penulis dalam penyusunan tesis ini.
9. Ibu Dra. Endang Linirin Widiastuti, M.Sc., Ph.D., selaku penguji utama yang memberikan arahan, masukan, saran membangun dalam menyempurnakan tesis ini.
10. Angkatan penulis Magister Ilmu Lingkungan 2019, Shalehudin, Pak Otto, Pak Dzakwan, Mbak Indri, Mbak Olla, Alicya, Emi, dan Nana.
11. Mas Heri dan tim admin Magister Ilmu Lingkungan, atas arahan, bantuan, dan segala macam keperluan penulis selama menjalani perkuliahan hingga wisuda penulis.
12. Universitas Lampung yang telah memberikan Beasiswa Bebas SPP Pascasarjana tahun akademik 2019/2020 kepada penulis.
13. Research Institute for Humanity and Nature (RIHN) yang merupakan member NICU telah mendukung dan mendanai penelitian penulis dengan nomor proyek 14200102.
14. Kepala Desa dan masyarakat Desa Bunut Seberang, Kecamatan Way Ratai, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung atas izin yang diberikan dalam melakukan penelitian.
15. Kedua orang tua penulis Bapak Azhari dan Ibu Yuli Anti, serta saudara kandung penulis yaitu abang Angga dan adik Nova serta adik Dony atas doa, dukungan, arahan, dan nasihatnya kepada penulis
16. Entahlah, manusia banyak mengartikan kata cinta, yang aku tahu. Cinta itu, adalah kamu.
17. *“I want to thank me for believing in me, I want to thank me for doing all this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting. I wanna thank me for always been a giver and trying to give more than I receive. I want to thank me for trying to do more right than wrong. I want to thank me for just being me at all times”.*

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis akan menerima saran dan kritik yang bersifat membangun agar tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 09 Agustus 2021
Penulis

Tedy Rendra

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Kerangka Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pertambangan Emas Skala Kecil	6
2.2. Pengolahan Emas	7
2.3. Merkuri	8
2.4. Tanaman <i>Multi Purpose Trees Species</i> (MPTS).....	9
2.5. Kulit Pohon	10
III. METODE PENELITIAN	12
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan.....	13
3.3. Pengambilan Sampel.....	14
3.4. Prosedur Penelitian	16
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Hasil Penelitian	25
4.2. Pembahasan.....	45
V. SIMPULAN	56
5.1. Simpulan	56
5.2. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Analisis ragam	25
2. Pengaruh setiap variabel pada serapan merkuri di kulit pohon	26
3. Tanaman MPTS yang ditemukan pada lokasi penelitian.....	28
4. Kandungan merkuri pada tanaman MPTS	31
5. Kandungan merkuri pada kontrol penelitian.....	33
6. Kandungan merkuri (Hg) pada titik permukaan kulit tanaman asam jawa, mangga dan jambu air dari Desa Bunut Seberang	39
7. Tanaman MPTS dan ambang batas yang ditentukan	40
8. Korelasi antara jarak dan THg serta Elevasi dan THg.....	42
9. Jarak dan elevasi pada sampel tanaman MPTS	43
10. Data Arah dan Kecepatan Angin Tahun 2020 oleh Badan Meteorologi dan Geofisika Provinsi Lampung	44
11. Interpretasi besaran nilai r (rho).....	48
12. Uji normalitas menggunakan Kolomogorov Smirnov pada jarak tanaman MPTS dan total merkuri (THg).....	65
13. Uji normalitas data jarak dan THg yang telah ditransformasikan	65
14. Uji homogenitas data jarak dan THg pada jenis tanaman.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran.....	5
2. Desa Bunut Seberang merupakan lokasi pemurnian emas dan berbatasan langsung dengan Hutan Lindung Register 20.	12
3. Universitas Lampung.	13
4. Peta bentuk jalur pengambilan sampel pada desa Bunut Seberang.	14
5. Teknik pengambilan sampel pada kulit pohon.	15
6. Letak sampel kontrol di Universitas Lampung.	16
7. (A). Tampilan awal program ImageJ. (B). Pengukuran skala ukur dengan skala ukur yang disandingkan dengan sampel. (C). Penetapan skala ukur. (D). Memasukkan skala ukur dengan satuan mm.....	18
8. (D). Pengukuran luas permukaan menggunakan <i>polygon tools</i> . (E). Mengkalkulasi luas permukaan. (F). Luas permukaan sampel yang telah diketahui.....	19
9. Permukaan kulit tanaman asam jawa telah diperbesar (a) 500 kali (b)1000 kali (c) 3000 kali (d) 5000 kali.....	34
10. Permukaan kulit tanaman mangga telah diperbesar (a) 500 kali (b) 1000 kali (c) 3000 kali (d) 5000 kali.....	35
11. Permukaan kulit tanaman jambu air telah diperbesar (a) 500 kali (b) 1000 kali (c) 3000 kali (d) 5000 kali.....	35
12. Spektrum yang ditembakkan pada permukaan kulit asam jawa.	37
13. Spektrum yang ditembakkan pada permukaan kulit mangga.	38

Gambar	Halaman
14. Spektrum yang ditembakkan pada permukaan kulit jambu air.....	39
15. Persebaran berdasarkan jarak dan THg pada setiap jenis tanaman MPTS....	49
16. Box plot antara jarak tanaman MPTS terhadap THg.....	50
17. Pola distribusi antara variabel elevasi dan THg.....	52
18. Box plot antara elevasi tanaman MPTS terhadap THg.....	53
19. Pola distribusi tingkat cemaran merkuri di atmosfer melalui kulit tanaman MPTS sebagai bioindikator.....	54
20. Arah dan kecepatan angin pada lokasi penelitian.	55
21. Proses pengambilan sampel kulit pohon yang mengarah ke lokasi pemurnian emas terdekat.	70
22. Penentuan titik pengambilan sampel, dengan melihat lokasi peta.....	70
23. Salah satu sampel yang telah diambil kulit pohonnya.	71
24. Proses pengovenan sampel kulit pohon selama 2×24 jam.....	71
25. Salah satu pemurnian emas yang terletak di Desa Bunut Seberang, Kecamatan Way Ratai, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung, Indonesia.	72
26. Sampel kulit pohon alpukat (<i>P. americana</i>) yang diambil.	72
27. Pengecekan plagiarisme naskah tesis yang telah dilakukan.	73

I. PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Aktivitas pertambangan emas tradisional skala kecil (*Artisanal Small Scale Gold Mining* - ASGM) merupakan salah satu kegiatan pertambangan yang ada di Indonesia. dan pada umumnya aktivitas ini menggunakan peralatan sederhana atau tradisional (Nugroho, 2020). Pada proses tradisional, merkuri merupakan bahan yang banyak digunakan dalam proses ekstraksi emas (amalgasi). Hal ini menyebabkan pencemaran lingkungan karena limbah merkuri dengan kadar tinggi masuk ke perairan (Putri *et al.*, 2016).

Merkuri yang berada di perairan akan menguap (volatil). Lensoni *et al.* (2020) menyebutkan merkuri memiliki sifat yang mudah menguap dan dapat terjadi pada suhu 25° C dengan tekanan uap sebesar 0,00185 mm (Permenkes No. 57, 2016). Uap merkuri yang berada di udara akan terbawa oleh angin sehingga dapat terbang mencapai ribuan kilometer (Sofia dan Husodo, 2016). Hal ini menjadikan pencemaran merkuri, baik di udara, air, tanah dan bagian yang terkena merkuri akibat hembusan angin yang membawa merkuri. Akibatnya manusia yang terpapar merkuri secara terus menerus, akan mengalami keracunan merkuri. Toksisitas merkuri memicu kerusakan neurologis, termasuk gangguan kognitif dan disfungsi kekebalan otomatis (Bjorklund *et al.*, 2017). Selain itu senyawa metil merkuri (MeHg) dapat menyebabkan gangguan metabolisme asam amino dan pemecahan membran fosfolipid.

Desa Bunut Seberang merupakan salah satu desa yang terletak di Kabupaten Pesawaran. Desa ini memiliki beberapa titik pemurnian emas yang berada di sekitar pemukiman masyarakat. Aktivitas ini diketahui telah dimulai sejak tahun 90-an hingga saat ini dan dapat dipastikan bahwa terdapat hembusan merkuri yang menguap masuk ke badan air, tanah, dan tanaman milik masyarakat. Selain itu,

masyarakat sekitar memiliki banyak tanaman *Multi purpose trees species* (MPTS). MPTS merupakan pohon yang dapat dimanfaatkan hasil kayu dan non kayunya (Ayuningtyas *et al.*, 2017). Masyarakat memanfaatkan hasil dari pohon MPTS untuk dapat dikonsumsi atau sebagai bahan pangan dan dijual untuk menambah penghasilan, sehingga interaksi masyarakat dengan pohon MPTS yang terkena paparan merkuri lebih intens baik pada daun, kulit dan buah pohon tersebut.

Merkuri yang menempel pada pohon dapat menjadi suatu indikator pencemaran lingkungan (Rimondi *et al.*, 2020), salah satunya pencemaran merkuri di udara. Pencemaran merkuri dapat diketahui dengan adanya indikator yang digunakan sebagai penilaian cemaran yang terjadi. Salah satunya adalah kulit pohon yang dapat digunakan dalam mengetahui cemaran merkuri, Kulit pohon dapat digunakan secara berkala dalam menduga cemaran polusi di udara. Kekasaran kulit pohon juga dapat memengaruhi daya penyerapan merkuri di udara Prasetia *et al.* (2018). Cemaran merkuri yang terjerap di kulit pohon memiliki besaran tertentu, terdapat faktor lain yang memengaruhi besaran cemaran yang terjerapa.

Pendugaan besaran cemaran yang terjadi pada lokasi tercemar dan kemampuan kulit pohon dalam menyerap cemaran dapat diketahui. Selain hal tersebut, arah persebaran cemaran merkuri di udara yang dipengaruhi oleh berbagai faktor dengan kulit pohon sebagai indikator pencemaran dapat diketahui, sehingga upaya untuk penurunan dan menghentikan penggunaan merkuri dapat semakin maksimal.

1. 2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut.

- 1.2.1. Bagaimana model yang dapat digunakan untuk mengetahui cemaran merkuri yang terjerap pada kulit pohon berdasarkan data penelitian?
- 1.2.2. Faktor apa saja yang memengaruhi besarnya kandungan merkuri di kulit pohon?
- 1.2.3. Bagaimana hubungan antara elevasi dan jarak pohon terhadap titik pemurnian dengan besaran merkuri yang terjerap pada kulit pohon?

1. 3. Tujuan

Tujuan penelitian kajian cemaran merkuri di udara pada kulit pohon sebagai berikut.

- 1.3.1. Menetapkan urutan kemampuan kulit pohon melakukan serapan merkuri pada tanaman MPTS yang ditemukan pada lokasi penelitian
- 1.3.2. Merumuskan model serapan merkuri pada beberapa tanaman MPTS
- 1.3.3. Mengetahui faktor yang memengaruhi arah persebaran merkuri di udara melalui kulit pohon sebagai indikator cemaran

1. 4. Manfaat

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui jenis tanaman yang mampu menyerap merkuri dengan indikator kulit pohon sehingga dapat digunakan untuk audit kualitas lingkungan pada pencemaran merkuri di udara pada kawasan ASGM.

1. 5. Kerangka Pemikiran

Aktivitas pertambangan emas tradisional skala kecil (*Artisanal Small Scale Gold Mining/ASGM*) menimbulkan kerusakan dan pencemaran lingkungan . Indonesia memiliki 2 juta penduduk yang menggantungkan hidupnya dari aktivitas ASGM (Nugroho, 2020). Kesadaran hukum masyarakat yang rendah dan pembinaan dari pemerintah yang belum maksimal kian mendorong aktivitas ASGM ini tetap berlanjut (Sakti dan Akmal, 2020). Pengolahan hanya menggunakan tromol dan air raksa (merkuri) sebagai penangkap emas (Trimiska *et al.*, 2018). Pemurnian emas inilah yang mengakibatkan pencemaran lingkungan pada lokasi di sekitarnya.

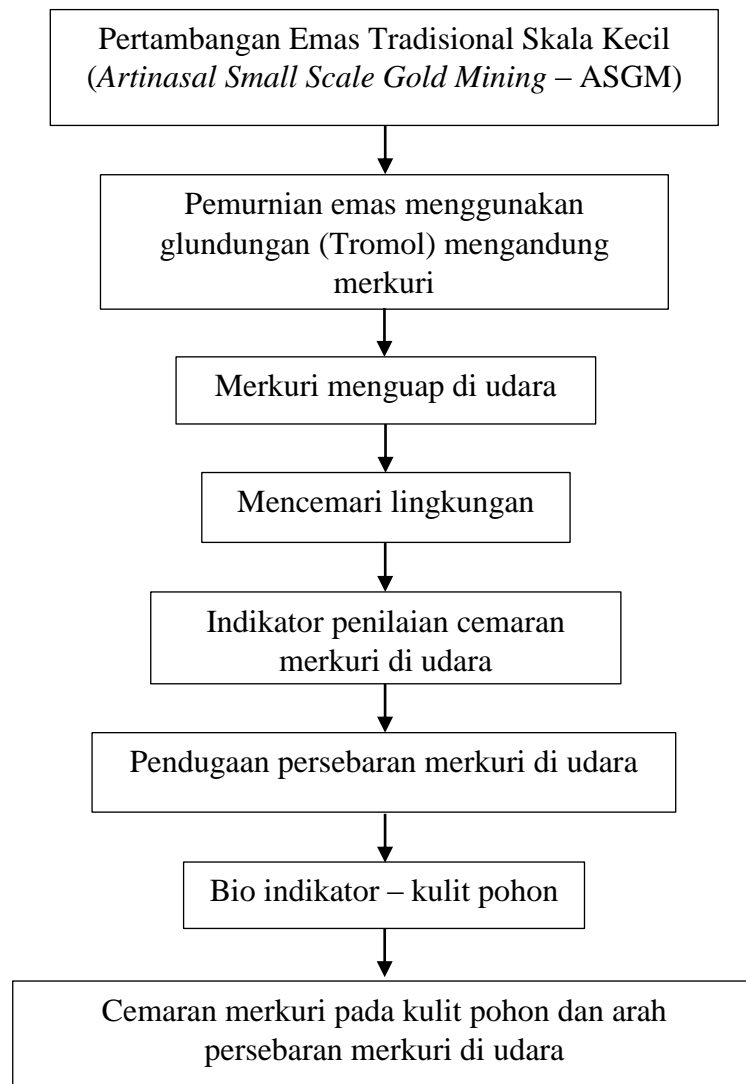
Desa Bunut Seberang adalah salah satu desa yang memiliki cukup banyak aktivitas pemurnian emas menggunakan merkuri sebagai penangkap merkuri. Merkuri sangat mudah menguap, pada suhu 25° C merkuri akan menguap dengan tekanan uap sebesar 0,00185 mm (Permenkes No. 57, 2016). Keracunan merkuri dapat menyebabkan peradangan, rasa sakit pada perut, mual, muntah darah dan *shock*, mengganggu sistem pencernaan dan syaraf (Lensoni *et al.*,

2020). Hal ini disebabkan merkuri dapat berubah menjadi dalam beberapa bentuk yaitu merkuri logam, merkuri organik dan an organik dan masuk ke dalam tubuh manusia melalui ekosistem, paparan, aktivitas biologis adapun toksisitas merkuri tersebut bergantung pada karakteristik bentuk merkuri (Ye *et al.*, 2016). Toksisitas dan mobilitas yang tinggi dari merkuri, membuat daya ancamannya semakin besar seiring besarnya pencemaran lingkungan yang terjadi. Hal ini dapat mengakibatkan resiko manusia terpapar semakin besar. Merkuri yang berada di atmosfer dapat bergerak sejauh 2.500 km dalam waktu 72 jam (WHO, 2003). Toksisitas maksimum merkuri saat terbentuk menjadi metil merkuri (MeHg) (Jitaru dan Adams, 2004). Sehingga, akan sangat mudah seseorang akan terpapar merkuri baik terhirup atau masuk ke dalam siklus pencernaan, hal ini dapat menyebabkan keracunan merkuri pada orang yang terpapar. Sebagai contoh, 90,28% responden dari pelaku usaha pemurnian emas terdeteksi terpapar merkuri melebihi ambang batas yang ditentukan oleh WHO di Desa Krueng Sabee, Aceh (Sofia dan Husodo, 2016). Keracunan akumulatif dapat terjadi melalui paparan jangka panjang melebihi 0.05 mg/m^3 udara (Permenkes No. 57, 2016).

Yang *et al.* (2018) menyatakan bahwa merkuri dapat diendapkan di dalam hutan khususnya melalui pepohonan, sehingga pendugaan persebaran pencemaran merkuri di atmosfer dapat dideteksi dengan memanfaatkan pohon. Kulit pohon dapat digunakan sebagai biomonitor suatu polutan (Rimondi *et al.*, 2020). Merkuri yang bergerak di udara memiliki kemungkinan menempel di kulit pohon. Hal ini diperkuat oleh Nurhidayah *et al.* (2019) yang mengungkapkan bahwa pada kulit pohon bagian luar terdapat kandungan merkuri, dan semakin dalam lapisan maka semakin rendah konsentrasi merkuri yang terkandung.

Masyarakat Desa Bunut Seberang membudidayakan tanaman MPTS, hal ini dilakukan oleh masyarakat untuk digunakan sebagai bahan pangan dan juga dapat meningkatkan penghasilan dari hasil tanaman apabila dijual. MPTS terbukti mampu memberikan pendapatan masyarakat hingga jutaan rupiah setiap tahunnya (Ayuniza, 2020). Kulit pohon pada tanaman MPTS yang terdapat di desa tersebut diharapkan mampu menjadi indikator pencemaran dalam upaya penurunan cemar merkuri sebagai bahan pertimbangan audit kualitas lingkungan hidup. Diperlukan upaya untuk penilaian pencemaran merkuri di udara dengan kulit

pohon. Selain itu, persebaran konsentrasi merkuri pada kulit pohon dalam suatu daerah dapat diketahui. Upaya tersebut dapat menjadi sumber informasi langkah pencegahan yang perlu dilakukan dan jenis tanaman yang akan membantu mereduksi pencemaran merkuri di udara. Kerangka penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pertambangan Emas Skala Kecil

Pertambangan emas skala kecil (ASGM) tanpa izin adalah usaha pertambangan yang dilakukan oleh seorang, sekelompok orang dan atau perusahaan yang dalam operasinya tidak memiliki izin dari instansi pemerintah sesuai peraturan perundangan yang berlaku (Zuhri, 2015). Akibat dari aktivitas pertambangan yang tidak sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku, maka terjadi pencemaran lingkungan pada area pertambangan dan atau area pemurnian bahan galian tambang.

Kegiatan ini tersebar di benua Afrika, Asia, dan Amerika Latin. Tercatat benua Asia lebih banyak menunjukkan bahwa terdapat 10,6 juta pada tahun 2014 terlibat dalam kegiatan ini dan sebesar 9 juta jiwa bersumber di China (Fritz *et al.*, 2017). Di Indonesia kegiatan pertambangan rakyat sudah berada sejak zaman dahulu, pertambang ini memiliki jumlah pekerja yang lebih besar dari sektor pertambangan resmi (Nugroho, 2020).

Dan-Badjo *et al.* (2019) mengungkapkan pada pertambangan yang masih menggunakan metode tradisional terjadi pencemaran lingkungan pada air, tanah dan tanaman. Terekam pada tanah terkandung logam berat yaitu arsen dan seng, pada air terekam mengandung seng dan tembaga, dan pada tanaman *Datura innoxia* serta *Calotropis procera* terekam logam berat arsen dan seng. Dampak pencemaran yang ditimbulkan dapat membahayakan masyarakat disekitar area aktivitas ASGM.

Dampak yang ditimbulkan oleh ASGM tidak hanya dampak negative. Salah satu dampak positif oleh kegiatan ASGM meningkatkan ekonomi para pelaku kegiatan. Peningkatan pendapatan menimbulkan usaha penunjang kegiatan

penambangan seperti usaha tempat makan dan pabrikasi alat pertambangan (Anjani, 2017).

2.2. Pengolahan Emas

ASGM di Indonesia umumnya menggunakan metode tradisional baik dalam pengambilan bahan maupun pengolahan emas. Kegiatan ini diawali dengan penggalian lubang vertikal berbentuk sumur, kemudian penggalian dilakukan mengikuti arah urat kuarsa yang mengandung emas (Sulistiyono *et al.*, 2016). Alat yang digunakan dalam penggalian adalah pahat dan palu. Hasil galian berupa batuan dan bijih diangkut menggunakan bak lalu ditarik menggunakan katrol. Batuan akan dihancurkan selanjutnya akan diolah menggunakan metode amalgasi.

Amalgasi merupakan proses pengikatan emas menggunakan merkuri (Hg) (Silvana dan Winoto, 2015). Batuan yang dihancurkan dimasukkan ke dalam tabung *glundung* yang terbuat dari besi. Setiap tabung memuat batuan atau tanah yang mengandung emas dengan berat mencapai 15 kg. *Glundung* akan berputar selama 3-4 jam untuk mengubah batuan menjadi halus, lalu setelahnya dimasukkan air raksa dan *glundung* akan diputar kembali selama 1-2 jam (Nurhayati *et al.*, 2017). Lumpur tersebut dikeluarkan lalu dialirkan ke dalam bak penampungan yang telah dibuat. Bak penampung terdiri dari dua ember yang memiliki fungsi berbeda. Ember pertama berfungsi untuk menahan emas agar tidak terbawa oleh air, hal ini dikarenakan masa emas dan air raksa lebih berat dari masa air. Ember kedua digunakan untuk menampung lumpur, umumnya lumpur tersebut akan diolah kembali, air bekas pengolahan akan dialirkan ke bak penampungan. Lumpur dan air serta penggunaan air raksa dapat memberikan dampak pada pencemaran lingkungan.

Dampak pada kesehatan akibat aktivitas ASGM yang mencemari lingkungan dapat ditimbulkan dari debu, tumpahan bahan kimia, asap beracun, logam berat dan radiasi. Selain itu pencemaran air dan penggunaan sumber daya berlebih juga menimbulkan masalah bagi kesehatan masyarakat sekitar aktivitas ASGM (Conant *et al.*, 2009). Tindakan khusus penanganan ASGM diperlukan untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

2.3. Merkuri

Merkuri adalah salah satu Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) berupa logam berat yang berbentuk cair, berwarna putih perak serta mudah menguap pada suhu ruangan. Biasanya berbentuk senyawa organik dan anorganik yang bersifat persisten, bioakumulasi, dan berbahaya bagi kesehatan manusia (gangguan perkembangan janin, sistem syaraf, sistem pencernaan dan kekebalan tubuh, paru-paru, ginjal, kulit dan mata) dan lingkungan (Permenkes No.. 57 tahun 2016). Merkuri di alam terbagi menjadi tiga kategori yaitu merkuri logam, merkuri anorganik dan merkuri organik.

Merkuri elemental adalah merkuri berwujud perak pada suhu ruang dan akan menguap akibat jika suhu dinaikkan. Uap merkuri tidak berwarna dan tidak memiliki bau, selain itu semakin tinggi suhu yang dinaikkan maka akan semakin banyak merkuri yang menguap ke lingkungan. Akibat viskositas merkuri yang rendah, maka merkuri memiliki mobilitas yang tinggi. Merkuri anorganik adalah senyawa yang timbul sebagai akibat interaksi merkuri elemental dengan klorin, sulphur, dan atau oksigen. Senyawa ini berbentuk bubuk dan berwarna putih, seringkali disebut garam merkuri. Merkuri organik adalah merkuri yang timbul akibat dari reaksi senyawa karbon, Merkuri jenis ini dapat ditemukan dalam bentuk aryl, alkil pendek dan alkil panjang (Broussard *et al.*, 2002).

Merkuri pada suhu ruangan akan berwarna perak dan berbentuk cairan, namun jika suhu meningkat maka merkuri akan menguap dan terlepas ke alam atau lingkungan. Atmosfer atau udara merupakan jalur penting dari merkuri yang menguap dan elemental merkuri. Merkuri dapat terbang jauh, sebagai perbandingan merkuri dapat berpindah dari Samudra Arktik hingga menuju Benua Antartika (European Commission. 2017).

Pencemaran dan pengendapan merkuri di atmosfer mendominasi polusi merkuri yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Diperlukan upaya untuk tetap memantau merkuri di udara, air, sediment tanah, biota dan jaringan makanan. Manusia dapat terpapar langsung dari methylmercury (MeHg) sebagian besar melalui makan ikan, makanan laut, dan satwa liar yang terkontaminasi yang telah terpapar merkuri melalui konsumsi organisme tingkat rendah yang terkontaminasi (Rice *et al.*, 2014). Toksisitas MeHg dikaitkan dengan kerusakan sistem saraf

pada orang dewasa dan gangguan perkembangan neurologis pada bayi dan anak-anak. Merkuri yang tertelan dapat mengalami bioakumulasi yang menyebabkan peningkatan beban tubuh secara progresif. Merkuri menyebabkan keracunan dalam tubuh melalui beberapa mekanisme. Toksisitas merkuri memicu kerusakan neurologis, termasuk gangguan kognitif dan disfungsi kekebalan otomatis. Selain itu senyawa metil merkuri (MeHg) dapat menyebabkan gangguan metabolisme asam amino dan pemecahan membran fosfolipid (Bjorklund *et al.*, 2017).

2.4. Tanaman *Multi Purpose Trees Species* (MPTS)

Tanaman MPTS dibudidayakan oleh masyarakat dengan tujuan dimanfaatkan selain kayunya, Adapun bagian yang dimanfaatkan adalah daun, buah, atau bunga, sehingga masyarakat dapat menambah pendapatan dari tanaman MPTS. Hal ini ditujukan sebagai upaya mengubah kebiasaan masyarakat menanam komoditi sayur dengan mengganti dengan tanaman yang memiliki manfaat lebih banyak. Hal ini lebih khususnya pada masyarakat yang menggunakan kawasan hutan sebagai lahan garapan (Hutan Kemasyarakatan – HKM). Beberapa tanaman MPTS yang menjadi andalan masyarakat disuatu daerah dalam memenuhi kebutuhan sehari-harinya adalah cengkeh, pala, karet (Prasetyo *et al.*, 2019).

Pada tanaman MPTS terdapat jenis MPTS rimba dan MPTS Pertanian, MPTS rimba adalah tanaman berkayu dan berhabitus pohon yang memiliki manfaat baik pada ekonomi dari komoditi kehutanan baik itu kayu atau nirkayu, dan memiliki manfaat ekologi. MPTS pertanian adalah tanaman berkayu dan berhabitus pohon serta memiliki fungsi ekonomi pada komoditi pertanian (kayu dan nirkayu), lalu fungsi ekologi (Septiawan *et al.*, 2017). Keberadaan tanaman MPTS terutama yang memberikan dampak ekonomi sangat dibutuhkan oleh masyarakat.

Tanaman MPTS yang berada di sekitar lokasi kegiatan pemurnian emas dapat tercemar oleh limbah yang dibuang setelah pemurnian emas selesai. Terdapat suatu kemungkinan tanaman untuk menyerap limbah tersebut. Fitoremediasi adalah hal yang terjadi jika tanaman baik herba, semak, atau pohon menyerap limbah tersebut (Rondonuwu, 2014). Keberadaan tanaman MPTS yang

menjerap atau menyimpan dapat berbahaya apabila menimbulkan racun pada tanaman dan dikonsumsi oleh masyarakat.

2.5. Kulit Pohon

Pembudidayaan tanaman MPTS oleh masyarakat selain meningkatkan ekonomi juga meningkatkan upaya mengikat karbon dioksida di udara. Karbon yang terikat oleh pohon akan menjadi bagian dari pohon seperti batang, daun, akar, dan kulitnya. Seiring dengan pertambahan usia pohon, kulit pohon akan memiliki berbagai macam fungsi. Kulit pohon dapat digunakan sebagai bumbu masakan atau sebagai bahan pewarna (Rahayu *et al.*, 2013).

Adapun fungsi kulit pohon antara lain: sebagai pelindung batang tanaman dari gangguan fisik atau kimia dan aktivitas lainnya yang mengganggu sel hidup pada bagian dalam kulit; membantu proses aerasi sebagai saluran agar gas dapat menembus dari batang; sebagai tempat penyimpanan air, dimana air akan menembus kulit dan menjadi saluran penyerap air; fotosintesis, kulit pohon yang masih berwarna hijau terbukti mampu membuat makanan sendiri dan menyimpan karbon. Selain itu terdapat fungsi mekanik dengan memiliki sifat kekakuan yang mampu menahan hembusan angin atau salju (Morris dan Jansen, 2016).

Pada batang tanaman, batang primer akan ditutupi oleh epidermis dengan dinding sel yang tipis, sangat rapat satu sama lain, dengan permukaan luarnya tertutupi oleh lapisan lilin. Lapisan lilin akan terus berkembang seiring penebalan batang (Paszory *et al.*, 2016). Epidermis akan mengalami penebalan juga, kulit pohon akan semakin seiring pertumbuhan pohon itu sendiri. Kulit pohon akan semakin membesar dan luas permukaan kulit pohon akan semakin melebar. Kulit pohon bagian terluar sangat baik digunakan sebagai indikator, hal ini dikarenakan bagian luar kulit terdiri dari bahan organik yang telah mati sehingga tidak mengganggu siklus metabolisme suatu tumbuhan (Birke *et al.*, 2017).

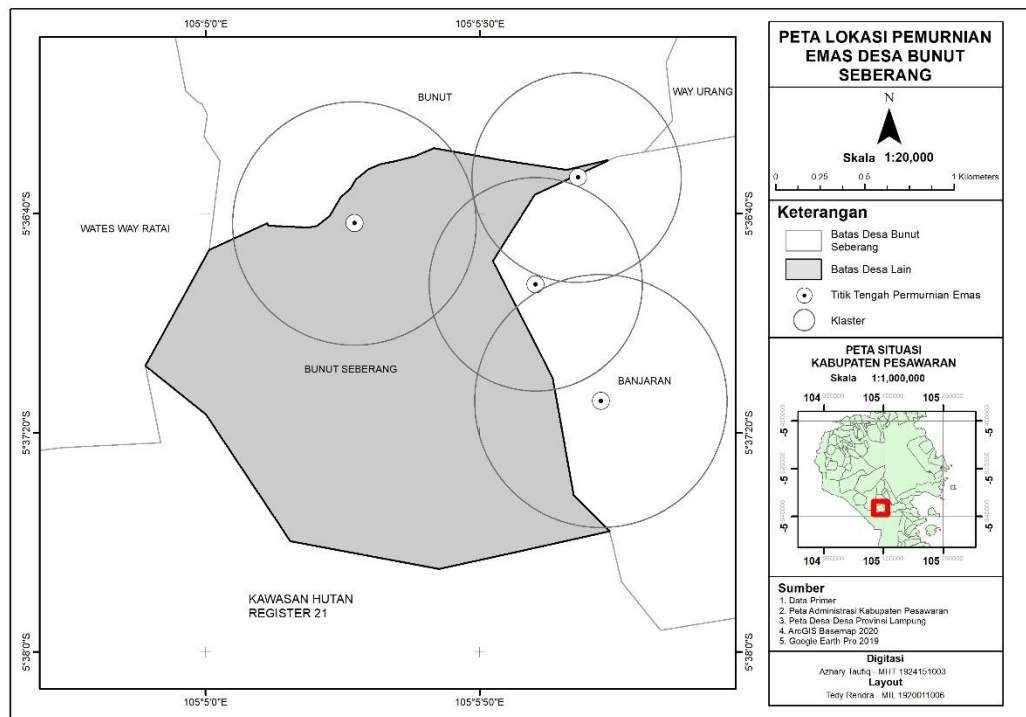
Berdasarkan hal tersebut penggunaan kulit pohon sebagai bioindikator akan sangat menguntungkan. Permukaan kulit pohon akan kontak secara langsung pada udara. Permukaan kulit batang pohon memiliki struktur dan porositas yang membantu menahan polutan tertahan lebih lama jika dibandingkan dengan permukaan daun (Paszory *et al.*, 2016). Kulit pohon mengakumulasi polutan dalam berbagai mekanisme yang berbeda baik deposisi yang terjadi di atmosfer

atau diserap oleh akar. Akumulasi yang terjadi pada kulit pohon adalah proses fisiologis-kimia murni yang terjadi. Selain itu juga, kontaminan dapat juga terakumulasi secara pasif pada permukaan kulit pohon dan atau diserap melalui proses pertukaran ion pada bagian kulit yang telah mati. Bagian gabus yang telah mati memiliki mikroporositas sehingga dengan permukaan kulit yang luas dapat mengadsorpsi kontaminan (Birke *et al.*, 2017).

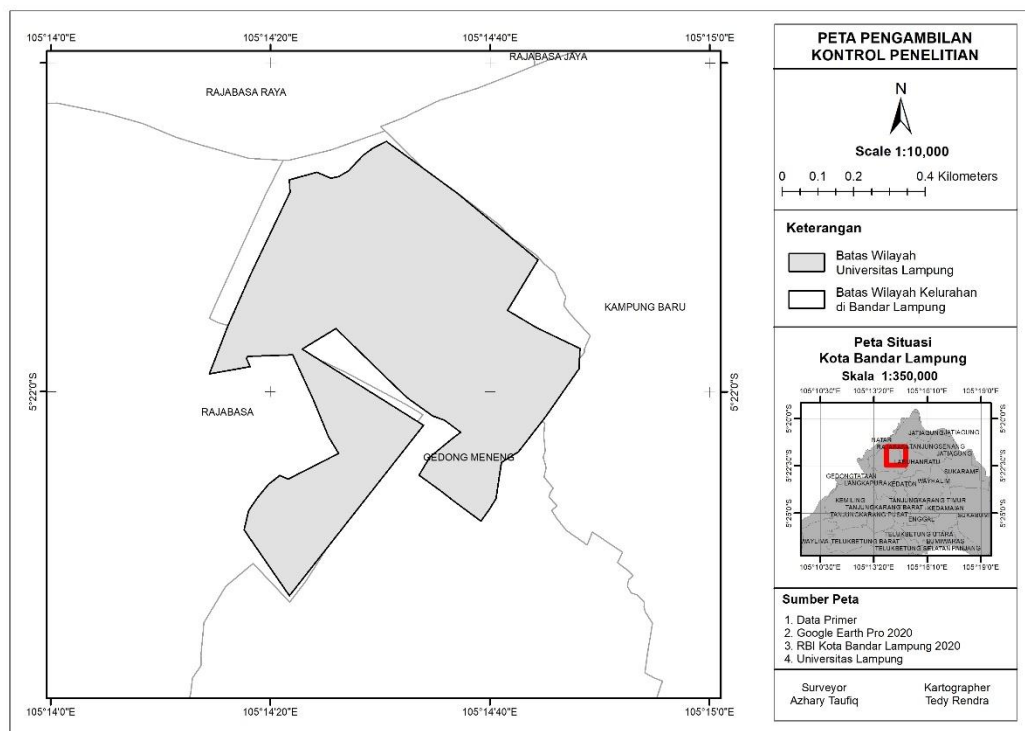
III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Desa Bunut Seberang, Kecamatan Way Ratai, Kabupaten Pesawaran (Gambar 2) untuk pengambilan sampel kulit pohon dan di Universitas Lampung (Gambar 3) yang terletak di kota Bandar Lampung untuk pengambilan sampel kontrol. Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2020 – April 2021.



Gambar 2. Desa Bunut Seberang merupakan lokasi pemurnian emas dan berbatasan langsung dengan Hutan Lindung Register 20.



Gambar 3. Universitas Lampung

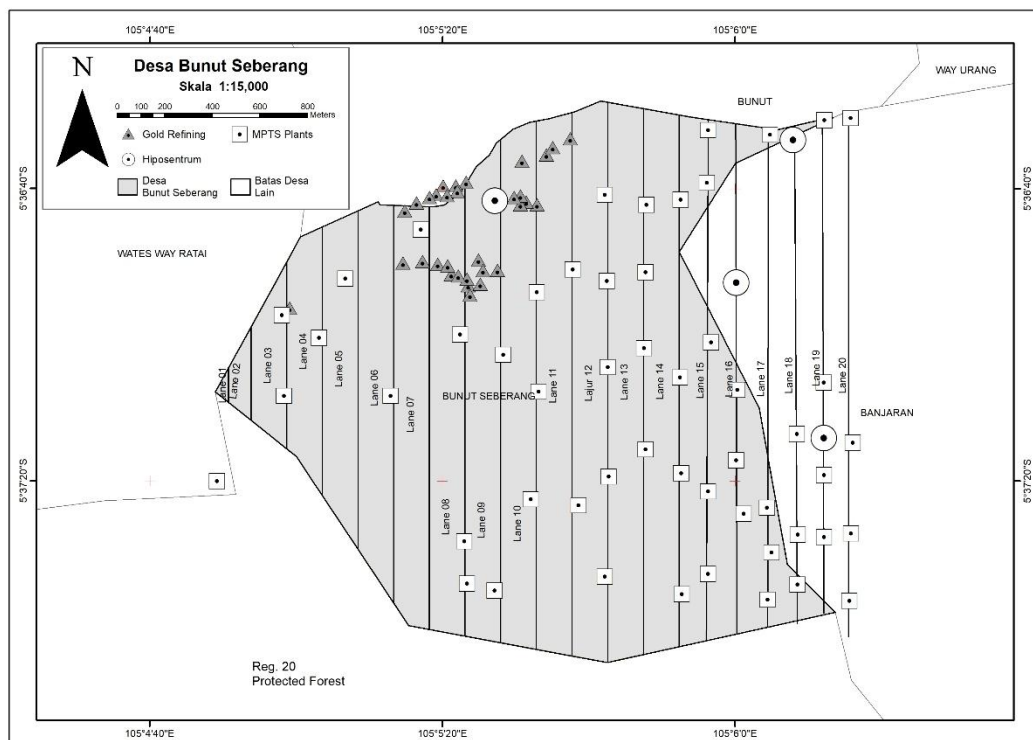
3.2. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat yang terdiri dari: palu untuk mengambil sampel, pahat kayu untuk mengikis kulit pohon, pisau memotong sampel, amplop sebagai media penyimpanan sampel sementara, GPS untuk mengambil titik pengambilan kulit pohon, timbangan mengukur berat basah dan kering sampel sebelum dan sesudah dilakukan pengeringan, mikroskop melihat bentuk sel sample, preparat, penutup preparat, silet, oven untuk mengeringkan sampel, blender Philips Plastic HR2115/00 dengan kecepatan 13.000 RPM untuk menghaluskan sampel yang telah kering, botol sampel, kamera DSLR Nikon untuk mengambil gambar, software ImageJ untuk mengukur luas permukaan kulit pohon, mortir untuk menghaluskan sampel, *Atomic Absorbtion Spectrometry* (AAS) tipe Agilent 240FS-VGA 7, Agilent Technologies Inc., Australia. untuk mengetahui konsentrasi merkuri, SEM tipe ZEISS/EVO MA 10, The Carl Zeiss Foundation, Jerman. Software R Studio untuk uji normalitas dan uji homogenitas. Microsoft Excel 2019 untuk analisis korelasi. Adapun bahan yang digunakan

pada penelitian ini adalah alkohol 96%, formalin 35% yang diencerkan menjadi 10%, aquades, pewarna, kulit kayu tanaman MPTS.

3.3. Pengambilan Sampel

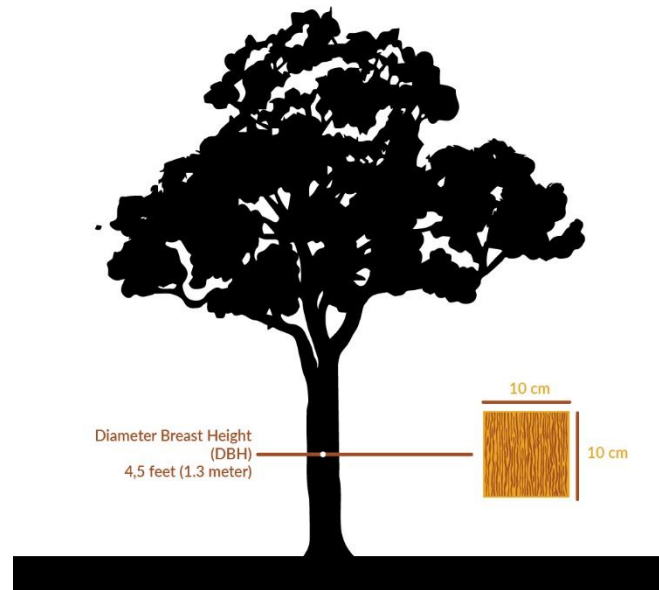
Sampel penelitian diambil melalui *purposive sampling* pada lokasi penelitian yang dibagi menjadi 20 jalur pengambilan sampel dengan jarak antar jalur sepanjang 150 meter dari barat menuju timur lokasi penelitian. Setiap jalur diwakili oleh 5 sampel yang terdapat di Desa Bunut Seberang dari utara menuju ke selatan seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta bentuk jalur pengambilan sampel pada desa Bunut Seberang.

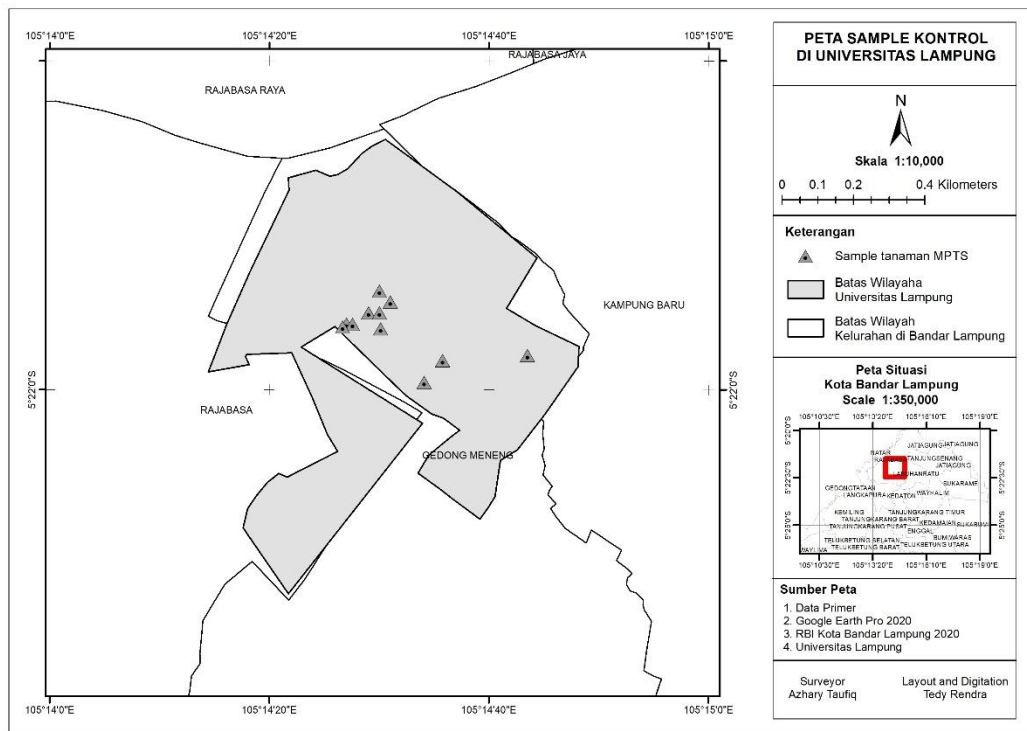
Sampel kulit pohon diambil dari pohon yang memiliki diameter minimal 20 cm. Pengambilan kulit pohon mengarah pada lokasi pemurnian emas terdekat yang ada di lokasi penelitian. Dimensi kulit pohon yang diambil adalah sebesar 10 cm × 10 cm setinggi *diameter breast high (DBH)* 1,3 m (Yang *et al.*, 2018). Prasetia *et al.* (2018) menyatakan merkuri yang terevaporasi di udara paling

banyak ditemukan pada kulit pohon diketinggian setinggi 1,3 m dari permukaan tanah. Sampel diawetkan pada larutan formalin 10% dan dimasukkan pada amplop coklat agar terjadi proses pengeringan oleh angin. Ilustrasi pengambilan sampel disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Teknik pengambilan sampel pada kulit pohon.

Metode pengambilan sampel di Universitas Lampung dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Pengambilan sampel dilakukan pada kulit pohon yang memiliki jenis yang sama dengan jenis yang ditemukan pada lokasi Desa Bunut Seberang. Letak tanaman yang dijadikan sampel kontrol disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Letak sampel kontrol di Universitas Lampung.

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Data Primer

Adapun data primer penelitian diperoleh dari uji laboratorium sebagai berikut.

1. Kandungan merkuri di Laboratorium Sucofindo
2. Komposisi dan bentuk jaringan kulit pohon di Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung (UPT LTSIT Unila).
3. Berat Total Merkuri.

3.4.2. Data Sekunder (Data Pendukung)

Data sekunder adalah data yang secara tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data. Adapun data sekunder dalam penelitian ini merupakan hasil studi literatur, arah angin dari instansi terkait penelitian.

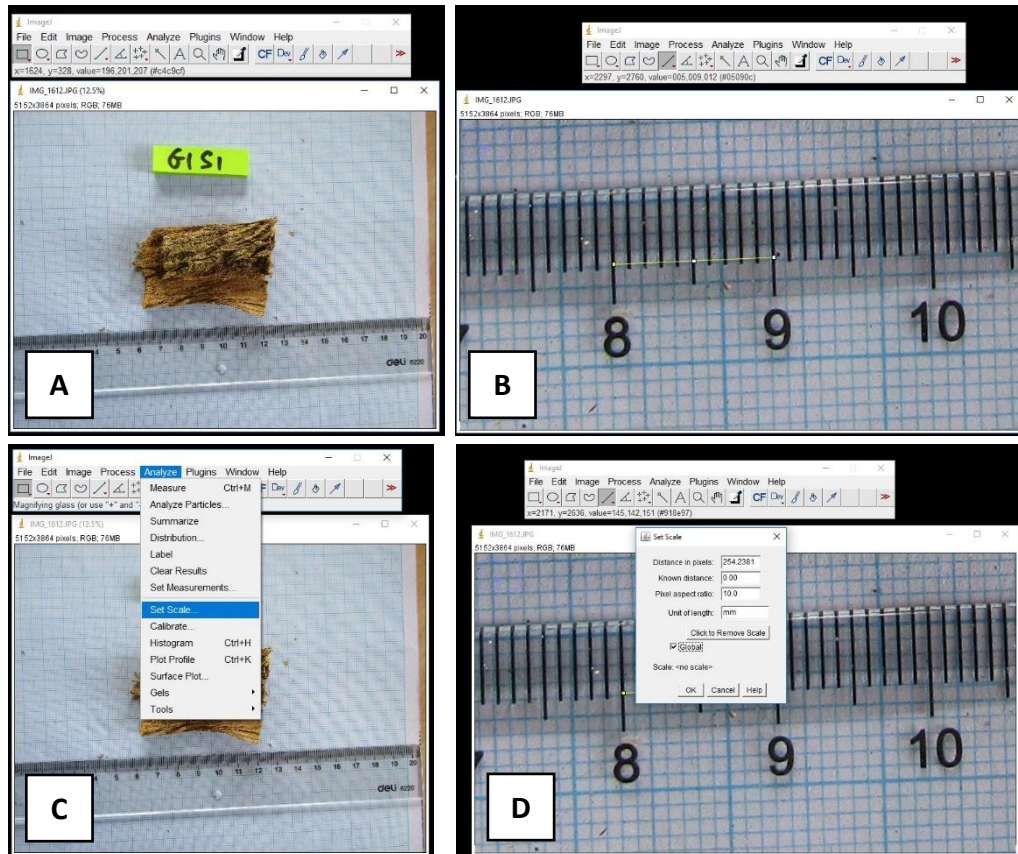
3.4.3. Analisis Sampel

3.4.3.1. Kandungan Merkuri pada Sampel

Terdapat persiapan terhadap sampel sebelum dianalisa oleh laboratorium. Sampel dipisahkan menjadi dua bagian, bagian pertama dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 80° C selama 2×24 jam. Bagian kedua digunakan untuk analisa lainnya menggunakan metode *Scanned Electron Microscope- Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX).

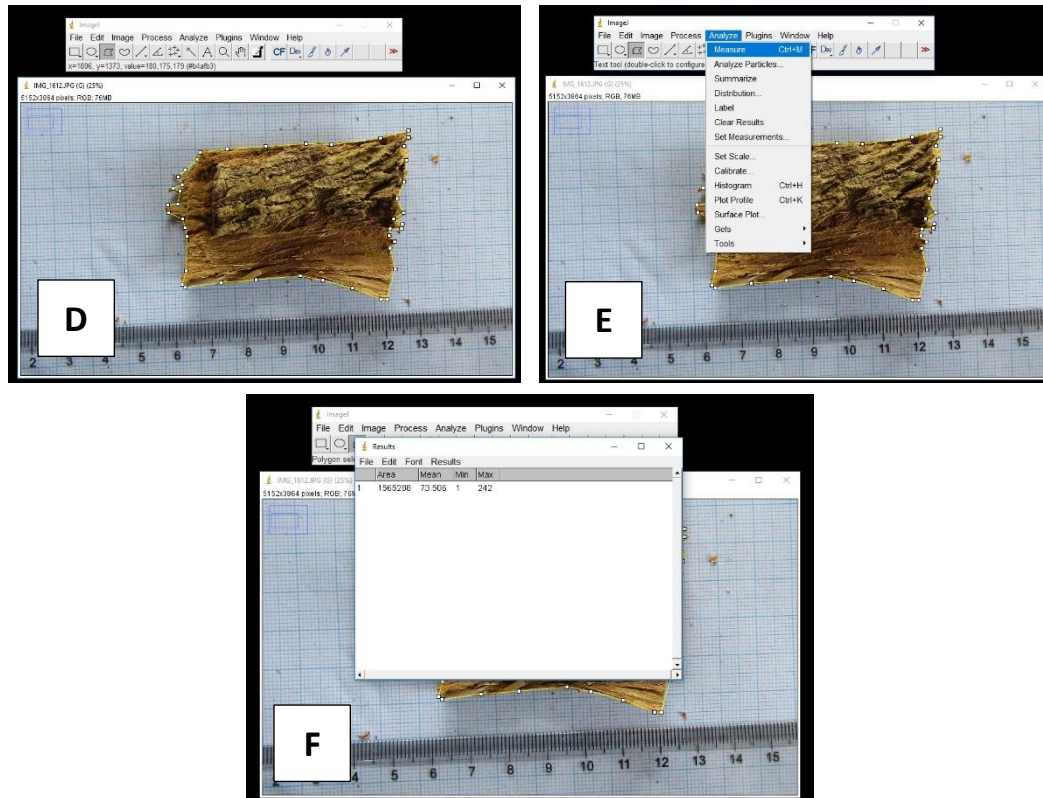
Kulit kayu bagian pertama ditimbang menggunakan timbangan digital untuk diketahui berat basah sampel tersebut. Selanjutnya sampel diberi label dan dimasukkan ke dalam oven. Sampel yang telah dioven, ditimbang kembali menggunakan timbangan digital. Selesai ditimbang, sampel kulit pohon tersebut difoto menggunakan kamera. Hal ini dilakukan untuk pengukuran luas permukaan kulit menggunakan *software* ImageJ (Gambar 7).

Gambar permukaan kulit pohon harus dalam posisi datar dan kamera yang digunakan dalam posisi ketinggian yang sama serta disandingkan bantuan skala ukur (penggaris atau milimeter blok). Selanjutnya gambar yang telah diambil dimasukkan ke dalam program tersebut, kemudian tentukan skala yang diinginkan dan jadikan skala sebagai satuan pengukuran untuk semua gambar lain yang telah diambil. Tandai bentuk permukaan kulit pohon menggunakan *tools polygon selections*. Setelah bagian permukaan kulit ditandai seluruhnya, pilih menu *analyze* dan pilih *measure* (Gambar 8). Hitung semua luas permukaan sampel.



Gambar 7. (A). Tampilan awal program ImageJ. (B). Pengukuran skala ukur dengan skala ukur yang disandingkan dengan sampel. (C). Penetapan skala ukur. (D). Memasukkan skala ukur dengan satuan mm.

Sampel disortir dengan luas permukaan 13-18 cm². Penyortiran dilakukan untuk mendapatkan sampel dengan luas permukaan yang homogen. Jika terdapat ukuran sampel kurang dan atau lebih dari kategori tersebut sampel ditambah dan atau dikurangi. Selanjutnya sampel dihaluskan menggunakan blender Philips Plastic HR2115/00 dengan kecepatan 13.000 RPM. Selanjutnya bubuk kulit kayu dimasukkan ke dalam botol sampel dan diberi label. Sampel yang telah selesai diberi label, dikemas dan dikirimkan ke Laboratorium Sucofindo.



Gambar 8. (D). Pengukuran luas permukaan menggunakan *polygon tools*. (E). Mengkalkulasi luas permukaan. (F). Luas permukaan sampel yang telah diketahui.

Sampel yang telah dihaluskan kemudian dianalisa di laboratorium dengan (AAS) tipe Agilent 240FS-VGA 7, Agilent Technologies Inc., Australia. AAS digunakan untuk mengetahui kandungan merkuri yang ada di sampel. Adapun metode yang digunakan adalah cemaran logam berat yaitu raksa (Hg) dalam makanan (Standar Nasional Indonesia 01-2896-1998) dengan berat sampel yang diujikan sebesar 5 gram.

3.4.3.2. Analisis Kandungan Merkuri pada Kontrol

Kontrol digunakan untuk memberikan dampak kenetralan pada penelitian dan untuk menetralsir pengaruh yang mengganggu (Setyaningrum dan Witiastuti, 2017). Penelitian ini menggunakan kontrol berupa beberapa kulit pohon yang terdapat di Universitas Lampung. Analisa kandungan merkuri dianalisa pada kulit

pohon tersebut untuk mengetahui tingkat pencemaran merkuri pada pohon di lokasi tersebut. Sampel dianalisa pada laboratorium Sucofindo.

3.4.3.3. Analisis SEM

Adapun *Scanning electron microscope* adalah analisis mikro yang bertujuan untuk menganalisis komposisi logam yang terkandung (Rompalski *et al.*, 2016). Metode ini menggunakan SEM tipe ZEISS/EVO MA 10, The Carl Zeiss Foundation, Jerman. Metode ini menggunakan mikroskop elektron yang akan menampilkan permukaan benda padat. SEM akan beroperasi apabila sebuah berkas elektron berinteraksi dengan atom yang terdapat pada sampel, elektron akan mengalami dua jenis hamburan yaitu elastis dan inelastis. Hamburan tersebut adalah *Back-Scattered electrons* (BSE) adalah hamburan elastis, sedangkan *Secondary Electrons* (SE) adalah jenis hamburan inelastis.

3.4.3.4. Total Merkuri (THg)

Total merkuri merupakan akumulasi dari merkuri logam yang menguap dan mampu bertahan di udara selama 0,4 sampai dengan 3 tahun di udara (Lindqvist *et al.* 1984 dalam WHO (2000)). Akumulasi dari merkuri dapat diukur dari total berat merkuri (THg). Penetapan nilai THg sangat berguna karena beragam gas merkuri lebih banyak terdapat pada kulit pohon (Viso *et al.*, 2021).

$$THg = (DW \times CHg) \times \left(\frac{FD}{RS}\right)$$

(Prasetia *et al.*, 2020)

THg didapatkan dari berat kering sampel (DW), dikalikan dengan konsentrasi merkuri yang terkandung (*Concentration of Hg*) dikalikan luas sampel (FD) seluas 100 cm². Berat kering (*Dry Weight- DW*) adalah berat kering sampel dan CHg adalah konsentrasi Hg yang terkandung. *Real Square* (RS) adalah luas permukaan dari sampel. THg digunakan dalam pendugaan kandungan merkuri dikarenakan dalam penelitian belum terdapat metode dan alat yang dapat menduga bentuk merkuri yang terdapat pada sampel.

3.4.4. Analisis Data

Data dalam konsentrasi kandungan Hg disajikan secara deskriptif dalam bentuk peta untuk menunjukkan sebaran merkuri di Desa Bunut Kabupaten Pesawaran, Lampung. Data primer selanjutnya di analisis korelasi antara jarak titik pemurnian dengan jarak titik pengambilan sampel kulit pohon.

3.4.4.1. Analisis Korelasi

Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel dan arah hubungan dari kedua variabel tersebut (Suparto, 2014). Adapun rumusan analisis tersebut sebagai berikut.

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

Keterangan.

r : nilai koefisien korelasi
 x : nilai variabel pertama
 y : nilai variabel kedua
 N : jumlah data

3.4.4.2. Uji Normalitas

Berdasarkan data terhimpun, uji normalitas yang dilakukan menggunakan metode Shapiro Wilk. Uji normalitas menggunakan aplikasi terbuka (*open source*) yaitu R Studio versi 1.4.1106. Metode shapiro wilk adalah metode uji normalitas yang efektif dan valid digunakan untuk sampel berjumlah kecil yaitu dengan data < 50 data (Suardi, 2019). Adapun rumusan uji normalitas sebagai berikut.

$$W = \frac{1}{D} \left[\sum_{i=1}^k a_i (X_{n-i+1} - X_i) \right]^2$$

W : Normalitas
 ai : Koefisien tes Shapiro Wilk
 X_{n-i+1} : Angka ke n-i+1 pada data
 X_i : Angka ke i pada data

$$D = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

3.4.4.3. Uji Homogenitas

Apabila diketahui data tidak berdistribusi dengan normal maka uji homogenitas menggunakan metode Levene Test. Uji Levene adalah metode uji kesamaan varian dari beberapa populasi, uji ini merupakan alternatif dari uji Bartlett (Usmadi, 2020). Jika data terdistribusi normal lebih baik menggunakan Uji Bartlett. Apabila data tidak terdistribusi secara normal maka digunakan uji Levene test (Hartati *et al.*, 2013).

$$W = \frac{(n - k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{(k - 1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (\bar{Z}_{ij} - \bar{Z}_i)^2}$$

N : jumlah data observasi
 K : banyak kelompok
 \bar{Z}_{ij} : $|Y_{ij} - \bar{Y}_i|$
 \bar{Y}_i : rata-rata kelompok i
 \bar{Z}_i : rata-rata kelompok dari Z_i
 $\bar{Z}_{..}$: rata-rata menyeluruh dari Z_{ij}

Tolak H_0 jika $W > F_{(a,k-1,a-k)}$

Adapun rumusan uji Bartlett sebagai berikut.

$$S_{gab}^2 = \frac{(\sum dk S_i^2)}{\sum dk}$$

S_{gab}^2 : varians gabungan
 Dk : derajat kebebasan masing-masing kelompok

S : varians masing-masing kelompok

Selanjutnya menghitung nilai B (Bartlett) dengan rumusan berikut.

$$B = \sum dk(\log S_{gab}^2)$$

Selanjutnya menghitung nilai chi square menggunakan rumus sebagai berikut.

$$x^2 = (\ln 10) \left[B - \left(\sum dk \log S_i^2 \right) \right]$$

S_i^2 : varians tiap kelompok data

Dk : n-1 (derajat bebas tiap kelompok)

B : nilai Bartlett = $\sum dk(\log S_{gab}^2)$

Setelah diperoleh chi kuadrat hitung maka nilai chi kuadrat dibandingkan dengan chi kuadrat tabel. Jika Chi Kuadrat Hitung < Chi Kuadrat tabel maka H_0 diterima (Nuryadi *et al.*, 2017).

3.4.4.4. Model yang Digunakan

Analisis regresi sederhana digunakan untuk mengetahui pengaruh dari suatu variabel terhadap variabel lainnya. Jika variabel bebasnya lebih dari satu, maka disebut dengan persamaan regresi berganda. Pada regresi sederhana, besarnya serapan merkuri dapat dipengaruhi oleh variabel bebas. Adapun hipotesis yang digunakan sebagai berikut.

$H_0 : \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 \dots = \beta_4 = 0$ (tidak terdapat satu variabel yang dispesifikasikan dalam model memiliki pengaruh nyata terhadap penyerapan merkuri).

$H_1 : \beta_0 \neq \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \dots = \beta_4 \neq 0$ (paling sedikit, satu variabel yang dispesifikasikan dalam model yang punya pengaruh nyata terhadap penyerapan merkuri).

Model dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui daya serapan merkuri pada beberapa tanaman MPTS yang dijumpai pada lokasi penelitian. Adapun model tersebut sebagai berikut.

$$\text{Model } [Y]_i = \beta_0 + \beta_1[\text{DIST}]_i + \beta_2[\text{ELEV}]_i + \beta_3[\text{PERS}]_i + \dots + \beta_n[\text{ANN}]_i + e$$

Keterangan:

[Y]	: Serapan merkuri
[SURF]	: Luas permukaan sampel
[DRY]	: Berat kering sampel
[BOLD]	: Ketebalan sampel
[DIST]	: Jarak antara tanaman dan titik pemurnian emas
[ELEV]	: Elevasi tanaman MPTS
[PERS]	: Jenis tanaman alpukat
[TAMA]	: Jenis tanaman asam jawa
[LANS]	: Jenis tanaman duku
[SYZY]	: Jenis tanaman jambu air
[SPON]	: Jenis tanaman kedondong
[ALEU]	: Jenis tanaman kemiri
[MANG]	: Jenis tanaman mangga
[GNET]	: Jenis tanaman melinjo
[ARTO]	: Jenis tanaman nangka
[PARK]	: Jenis tanaman petai
[LEUC]	: Jenis tanaman petai cina
[ANN]	: Jenis tanaman sirsak
$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_n$: Parameter model
e	: Error

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Adapun simpulan dari terhadap penelitian ini sebagai berikut.

1. Kulit pohon tanaman MPTS pada Desa Bunut Seberang mampu mengakumulasi cemaran merkuri dengan cemaran konsentrasi mencapai 1 ppm. Adapun kemampuan tersebut dari yang terbesar menjerap merkuri adalah asam jawa dengan p-value 0,000; mangga (p-value=0,004); alpukat (p-value=0,048); dan sirsak.(p-value=0,038).
2. Jenis tanaman yang dapat direkomendasikan kulit pohonnya sebagai bioindikator pencemaran merkuri di udara adalah asam jawa (*Tamarindus indica*), manga (*Mangifera indica*), dan alpukat (*Persea americana*) dengan pertimbangan kemampuan menjerap merkuri dan dibudidayakan oleh masyarakat (jumlah) serta memperhatikan bahwa kulit tanaman tersebut tidak dikonsumsi.
3. Model serapan merkuri menggunakan 14 variabel yaitu jarak, elevasi, dan 12 jenis tanaman adalah

$$\begin{aligned} [Y]_i = & -33.5 - 0.00835 [DIST]_i + 0.1042 [ELEV]_i + 1.001 [SURF]_i - \\ & 0.393 [DRY]_i + 8.83 [BOLD]_i + 25.1 [PERS]_i + 55.8 [TAMA]_i - \\ & 2.8 [LANS]_i + 18.68 [SYZY]_i - 8.2 [SPON]_i + 9.54 [ALEU]_i \\ & + 21.21 [MANG]_i + 6.6 [GNET]_i - 10.8 [ARTO]_i + 8.6 [PARK]_i - \\ & 2.8 [LEUC]_i + 27.5 [ANN]_i \end{aligned}$$

4. Cemaran merkuri di atmosfer bergerak ke arah selatan dan tenggara. Pergerakan dipengaruhi oleh faktor kecepatan dan arah angin pada Desa Bunut Seberang, Kecamatan Way Ratai, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

5.2. Saran

Saran dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Upaya pengendalian cemaran lingkungan akibat kegiatan pemurnian emas menggunakan logam berat merkuri perlu dilakukan untuk mengurangi tingkat cemaran limbah pada lingkungan disekitar area pemurnian. Penggunaan merkuri sebagai media pemisahan emas dari partikel debu harus dihentikan. Pemurnian emas dapat dilakukan dengan metode yang lebih ramah lingkungan seperti metode yang mengandalkan gaya gravitri.
2. Pada tanaman MPTS yang memiliki buah untuk dikonsumsi, perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu untuk mengetahui terdapat merkuri atau tidak pada buah.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Anjani, T. 2017. Dampak sosial penambangan emas tanpa izin (peti) di desa sorik kecamatan kuantan hilir seberang kabupaten kuantan singing. *Jurnal Online Mahasiswa FISIP* 4(2): 1-13.
- Asati, A., Pichhode, M., Nikhil, K. 2016. Effect of heavy metals on plants: an over view. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management* 5(3): 56-66. ISSN 2319-4847.
- Ayuniza, S., Herwanti, S., Wulandari, C., Kaskoyo, H. 2020. Kontribusi komposisi tanaman agroforestry terhadap pendapatan petani kelurahan pinang jaya kota bandar lampung. *Jurnal Tengawang* 10(2): 123-132.
- Ayuningtyas, V. K., Tahir, M., Same, M. 2017. Pengaruh waktu perendaman dan konsentrasi giberelin (ga₃) pada pertumbuhan benih cemara laut (*casuarina equisetifolia* l.). *Jurnal Agro Industri Perkebunan* 5(1): 29-38.
- Banic, C. M., Beauchamp, S. T., Tordon, R. J., Schroder, W. H., Steffen, A., Anlauf, K. A., Wong, H. K. T. 2003. Vertical distribution of gaseous elemental mercury in canada. *Journal of Geophysical Research* 108(6): 1-14. Doi: 10.1029/2002JD002116.
- Birke, M., Rauch, U., Hofmaan, F. 2017. Tree bark as a bioindicator of air pollution in the city of stassfurt, saxony-anhalt, Germany. *Journal of Geochemical Exploration* (17)30646-5: 1-82. Doi: 10.1016/j.explo.2017.09.007.
- Bjorklund, G., Dadar, M., Mutter, J., Aaseth, J. 2017. The toxicology of mercury: current research and emerging trends. *Journal of Environmental Research* 159: 545-554. doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.051.
- Broussard, L.A., Stabler, C.A., Winecker, R.E., Miller, J.D.R. 2002. The toxicology of mercury. *Journal Labotary Medicine* 8(3): 614-625.
- Chiarantini, L., Rimondi, V., Benvenuti, M., Beutel, M. W., Costagliola, P., Gonnelli, C., Lattanzi, P., Paolierri, M. 2016. Black pine (*pinus nigra*) barks as a biomonitors of airborne mercury pollution. *Science of the Total Environment* 569-570 (2016): 105-113. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.06.029.

- Cocozza, C., Ravera, S., Cherubini, P., Lombardi, F., Marchetti, M., Tognetti, R. 2016. Integrated biomonitoring of airborne pollutants over space and time using tree rings, bark, leaves, and epiphytic lichens. *Journal of Urban and Urban Greening* 17(1): 177-191.
- Costagliola, P., Benvenuti, M., Chiarantini, I., Lattanzi, P., Paolieri, M., dan Rimondi, V. 2017. Tree barks as environmental biomonitor of metal – the example mercury. *NorCal Open Acces Publication of Advance in Environment and Pollution Research* 2017: 11-18.
- Dan-Badjo, A. T., Ibrahim, O.Z. Guero, Y, Morel, J.L., Feidt, C., Echevarria, G. 2019. Impacts of artisanal gold mining on soil, water and plant contamination by trace elements at Komabangou, Western Niger. *Journal of Geochemical Exploration*, <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2019.06.010>.
- Dago, A., Gonzales, I., Arino, C., Martines-Coronado, A., Higuera, P., Diaz-Cruz, J. M, Esteban, M. 2014. Evaluation of mercury stress in plants from the almaden mining district by analysis of phytochelatin and their hg complexes. *Journal of Environmental Science & Technology* (48): 6256-6265. Doi: 10.1021/es405619y.
- European Commission. 2017. *Science for Environment Policy In-Dept Report 15: Tackling mercury pollution in the EU and worldwide*. Buku. European Commission. Bristol, United Kingdom.
- Fitzgerald, W. F, and Lamborg, C. H. 2003. Geochemistry of mercury in the environment. *Treatise on Geochemistry, Elsevier* 9:107-148.
- Fritz, M., McQuilken, J., Collins, N., Weidegiorgis, F. 2017. *Global Trends in Artisanal and Small-Scale Mining (ASM) a Review of Key Number and Issues*. Buku. Winnipeg: IISD. Canada.
- Floreani, F., Barago, N., Acquavita, A., Covelli, S., Skert, N., dan Higuera, P. 2020. Spatial distribution and biomonitoring of atmospheric mercury concentrations over a contaminated coastal lagoon (northern Adriatic, Italy). *Journal of atmosphere* 11(1280): 1-18. Doi: 10.3390/atmos11121280.
- Gworek, B., Dmuchowski, W., Baczewska-Dabrowska, A. 2020. Mercury in the terrestrial environment: a review. *Journal of Environmental Science* (2020) 32:128 1-19. Doi: 10.1186/s12302-020-00401-x.
- Hanson, P.J., Tabberer, T.A., Lindberg, S.E. 1997. Short communication emissions of mercury vapor from tree bark. *Journal of Pergamon Atmospheric Environment* 31(5): 777-780.
- Hartati, A., Wuryandari, T., Wilandari, Y. 2013. Analisis varian dua faktor dalam rancangan pengamatan berulang (repeated measures). *Jurnal Gaussian* 2(4): 279-288.

- Hopkin, H.C.F. 1994. The Indo-Pacific Species of *Parkia* (Leguminose: Mimosoideae). *Journal of Kew Bulletin* 49(2): 181-234.
- Ihalauw, M.I., Rahmadaniarti, A., Panambre, N. 2020. Kontribusi agroforestri herbal terhadap penerimaan masyarakat local di sekitar manokwari utara (studi kasus di kampung bremi, nyoom I, dan lebau). *Jurnal Kehutanan Papuasiasia* 6(2): 133-140.
- Iriani, N.M., Sofiyanti, N., Fatmawati. 2014. Analisis hubungan kekerabatan jambu air (*syzygium aqueum* (burm.f) di kota pekanbaru dan kabupaten kampar berdasarkan karakter morfologi. *Jurnal Online Mahasiswa FMIPA* 1(2): 1-7.
- Janta, R. dan Chantar S. 2017. Tree bark as bioindicator of metal accumulation from road traffic and air quality map: a case study chiang mai, Thailand. *Journal of Atmospheric Pollution Research* 2017(1): 1-12. Doi: 10.1016/j.apr.2017.03.010.
- Jitaru, P., dan Adams, F. 2004. Toxicity, sources and biogeochemical cycle of mercury. *Journal de Physique IV* 121: 185-193. Doi: 10.1051/jp4:2004121012.
- Kuswandi, 2008. *Petunjuk Benuh Jambu Air Secara Lokal*. Solok, Sumatera Barat. Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika. ISBN 978-979-1465-12-0.
- Krisnawati, H., Kallio, M., Kanninen, M. 2011. *Aleurites moluccana* (L.) Willd. *Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas*. CIFOR. Bogor, Indonesia. ISBN 978-602-8693-49-3.
- Lensoni, Nurdin, A., Zaini, Z. I. 2020. Pengaruh kandungan merkuri (Hg) pada air di Sungai Krueng Sabee terhadap peningkatan kadar merkuri pada ikan, langkitan/chu (*Melanoides tuberculata*) dan kerang (*Anodonta Sp*) di Sungai Krueng Sabee Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal Aceh Medika* 4(2): 102-112.
- Lindqvist, O., Jerneloef, A., Johansson, K., dan Rhode, H. 1984. Mercury in the Swedish environment. *Global and local sources. Sweden*: N. p., 1984. Web.
- Mitchell, J.D., Daly, D.C. 2015. A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. *Journal of Phyto Keys* 55: 1-92. Doi:10.3897/phytokeys.55.8489.
- Morris, H. dan Jansen, S. 2016. Bark: its anatomy, function and diversity. *International Dendrology Society Yearbook 2016*. 51-61.
- Ningsih, M., Alamsyah, Y., Kornialita. 2017. Uji aktivitas ekstrak kulit batang mangga (*mangifera indica* linn) terhadap kadar hambat minimum (k_{hm}) dan kadar bunuh minimum (k_{bm}) bakteri *staphylococcus aureus* secara in vitro pada angular cheilitis. *Jurnal B-Dent* 4(2): 150-160.

- Nugroho, H. 2020. Pandemi covid-19: tinjau ulang kebijakan mengenai peti (pertambangan tanpa izin) di indonesia. *The Indonesian Journal of Development Planning* 4(2): 117-125.
- Nurhayati, I. N., Brata, N. T., Rochana, T. 2017. Etnoekologi masyarakat penambang emas rakyat di desa cihonje kecamatan gumelar kabupaten banyumas. *Jurnal Solidarity* 6(2): 156-166.
- Nurhidayah, Jaya, A. I., Ratianingsih, R. 2019. Kajian matematis fitoremediasi: penentuan distribusi konsentrasi merkuri (Hg) pada akar bakau (rhizophora mucronata) menggunakan metode beda hingga. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan* 16(1): 23-32.
- Nuryadi, Astuti, T. D., Utami, E. S., Budiantara, M. 2017. *Dasar-Dasar Statistika Penelitian*. Yogyakarta. Sibuku Media. 170 p.
- Oktavia, M. A., Notobroto, H. B. 2014. Perbandingan tingkat konsistensi normalitas distribusi metode kolomogorov Smirnov, liliefors, Shapiro-wilk dan skewness-kurtosis. *Jurnal Biometrika dan Kependudukan* 3(2): 127-135.
- Orwa, C.; Mutua, A.; Kindt, R.; Jamnadass, R.; Anthony, S., 2009. *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0*. World Agroforestry Centre, Kenya.
- Pastory, Z., Mohacsine, I. R., Gorbacheva, G., dan Borcsok, Z. 2016. The utilization of tree bark. *Journal of BioResources* 11(3): 7859-7888.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 57 Tahun 2016 tentang Rencana Aksi Nasional Pengendalian Dampak Kesehatan Akibat Paparan Merkuri Tahun 2016-2020.
- Ping, Z. Zhi-An, L., Bi, Z., Han-Ping, X., Gang, W. 2013. Heavy metal contamination in soil and soybean near the dabaoshan mine, south china. *Journal Pedoshpere* 23(3): 298-304. ISSN 1002-0160/CN 32-1315/P.
- Pinontoan, S.P.M., Contra, A.J., Kabuhung, A. 2018. Gambaran kadar merkuri pada rambut pekerja tambang dipertambangan emas tanpa izin (peti) desa tatelu kecamatan dimembe. *Jurnal Kesmas* 7(5): 1-11.
- Prasetia. H., Sakakibara, M., Sera, K. 2020. Preliminary study of atmospheric mercury contamination assessment using tree bark in an ASGM area in North Gorontalo regency, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 536(2020): 1-8.
- Prasetia. H., Sakakibara, M., Omori, K., Laird, J. S., Sera, K., Kurniawan, I.A. 2018. Mangifera indica as bioindicator of mercury atmospheric contamination in an ASGM area ini North Regency, Indonesia. *Journal of Geosciences* 8(31): 1-9.

- Prasetyo, A. D., Indriyanto, Riniarti, M. 2019. Jenis-jenis tanaman di lahan Garapan petani kpph wana Makmur dalam tahura wan abdul rachman. *Jurnal EnviroScientae* 15(2): 154-165.
- Prete, D., Davis, M., Lu, J. 2018. Factors affecting the concentration and distribution of gaseous elemental mercury in the urban atmosphere of downtown toronto. *Journal of Atmospheric Environment* 192(1): 24-34. Doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.08.041.
- Putri, G. E., Fitri, W. E., Arman, E., Roza, S. H. 2016. Kajian kualitas air limbah penambangan emas sebagai akibat penambangan emas tanpa izin (peti). *Jurnal Kesehatan Medika Sainika* 7(1): 1-11.
- Rahayu, M., Sihotang, V.M. L. 2013. Serat kulit kayu bahan sandang: keanekaragaman jenis dan prospeknya di Indonesia. *Berita Biologi* 12(3): 269-275.
- Rice, K.M., Junior, E.M.W., Wu, M., Gillette, C., Blough, E.R. 2014. Environmental mercury and its toxic effects. *Journal of Preventive Medicine & Public Health* 47: 74-83. doi.org/10.3961/jpmph.2014.47.2.74.
- Rimondi, V., Costagliola, P., Benesperi, R., Benvenuti, M., Beutel, M. W., Buccianti, A., Chiarantini, L., Lattanzi, P., Medas, D., Parrini, P. 2020. Black pine (*pinus nigra*) barks: a critical evaluation of some sampling and analysis parameters for mercury biomonitoring purposes. *Journal of Ecological Indicators* 112: 1-8. Doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106110.
- Rompalski, P., Smoliński, A., Krztoń, H., Gazdowicz, J., Howaniec, N., & Róg, L. (2016). Determination of mercury content in hard coal and fly ash using X-ray diffraction and scanning electron microscopy coupled with chemical analysis. *Arabian Journal of Chemistry*. 12(8), 3927–3942. doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.02.016.
- Rondonuwu, S. B. 2014. Fitoremediasi limbah merkuri menggunakan tanaman dan sistem reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains* 14(1): 53-59.
- Rykowska, I., dan Wasiak, W. 2011. Bioconcentration of mercury and heavy metals by the bark of maple-leaf plane tree. *Proceedings of ECOpole* 5(1): 103-108.
- Sakti, E., Akmal. 2020. Kesadaran hokum masyarakat pertambangan emas di desa teluk pandak kecamatan tebo tengah kabupaten tebo. *Journal of Moral and Civic Education* 4(1): 1-10.
- Septiawan, W., Indriyanto, Duryat. 2017. Jenis tanaman, kerapatan, dan stratifikasi tajuk pada hutan kemasyarakatan kelompok tani rukun Makmur 1 di register 30 gunung tanggamus, lampung. *Jurnal Sylva Lestari* 5(2): 88-101.

- Setyaningrum, D. dan Witiastuti, R. S. 2017. Non-interest and indonesian bank return. *Management Analysis Journal* 6(4): 388-397.
- Silvana, T., Winoto, Y. 2015. Perilaku informasi para penggali emas tradisional (gurandil) dalam melakukan kegiatan eksplorasi dan pengolahan tambang emas. *Jurnal Kajian Informasi dan Perpustakaan* 3(1): 33-42. ISSN: 2303-2677.
- Sommar, J., Osterwalder, S., Zhu, W. 2020. Recent advances in understanding and measurement of hg in the environment: surface-atmosphere exchange of gaseous elemental mercury (hg^0). *Science of the Total Environment* 721(2020): 1-25. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137648.
- Sofia, Husodo, A. H. 2016. Kontaminasi merkuri pada sampel lingkungan dan faktor risiko pada masyarakat dari kegiatan penambangan emas skala kecil Krueng Sabee Provinsi Aceh. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 23(3): 310-318.
- Standar Nasional Indonesia 7387:2009. Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan. Badan Standarisasi Nasional.
- Sulistiyono, E. Prasetyo, A. B., Suharyanto, A. 2016. Potensi pemanfaatan limbah pengolahan proses heap leaching. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 8 November 2016.
- Suardi. 2019. Pengaruh kepuasan kerja terhadap kinerja pegawai pada PT. Bank Mandiri, Tbk kantor cabang Pontianak. *Journal Business Economic and Entrepreneurship* 1(2): 9-18.
- Suparto. 2014. Analisis korelasi variabel-variabel yang mempengaruhi siswa dalam memilih perguruan tinggi. *Jurnal IPTEK* 18(2): 1-9.
- Sugiyono. 2017. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta. ISBN 9789798433108. 390 Halaman.
- Tangahu, B. V., Abdullah, S. R. S., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., Mukhlisin, M. 2011. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering* 1(1): 1-31. doi:10.1155/2011/939161.
- Trimiska. L., Wiryono, W., Suharyoto, H. 2018. Kajian penambangan emas tanpa izin (PETI) di kecamatan lebong utara kabupaten lebong. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* 7(1): 1-9.
- Tripathee, L., Guo, J., Kang, S., Paudyal, R., Huang, J., Sharma, C. M., Zhang, Q., Rupakheti, D., Chen, P., Ghimire, P. S., and Gyawali, A. 2018. Concentration and risk assessments of mercury along the elevation gradients

- in soil of langtang himalayas, nepal. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 25(4): 1-12.
- United States Geological Survey. 2003. *Geologic Studies of Mercury by the U.S. Geological Survey*. Buku. Denver. USGS. 47 Halaman.
- Usmadi. 2020. Pengujian persyaratan analisis (uji homogenitas dan uji normalitas). *Inovasi Pendidikan* 7(1): 50-62.
- Viso, S., Rivera, S., Coronado, A. M., Esbri, J. M., Moreno, M. M., Higuera, P. 2021. Biomonitoring of hg0, hg2+, and particulate hg in a mining content using tree barks. *Journal of International Environmental Research and Public Health* 18(1): 1-12. Doi: 10.3390/ijerph18105191.
- World Health Organization (WHO). 2000. *Air Quality Guidelines for Europe 2nd*. Copenhagen. Regional Office for Europe.
- World Health Organization dan United Nations Environment Programme. 2008. *Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure*. Geneva, Switzerland. Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC).
- Yang, Y., Yanai, R. D., Driscoll, C. T., Montedeoca, M., Smith, K. T. 2018. Concentrations and content of mercury in bark, wood, and leaves in hardwoods and conifers in four forested sites in the northeastern USA. *Journal PLoS One* 13(4): 1-14.
- Ye, B. J., Ki, B. G., Jeon, M. J., Kim, S. Y., Kim, H. C., Jang, T. W., Chae, H. J., Choi, W. J., Ha, M. N., Hong, Y. S. 2016. Evaluation of mercury exposure level, clinical diagnosis and treatment for mercury intoxication. *Annals of Occupational and Environmental Medicine* 28(5): 1-8.
- Zhang, H. Yin, R. S., Feng, X. B., Sommar, J., Anderson, C. W. N., Sapkota, A., Fu, X. W., Larssen, T. 2013. Atmospheric mercury inputs in montane soils increase with elevation : evidence from mercury isotope signature. *Journal of Scientific Reports* 3(3322): 1-8. Doi: 10.1038/srep03322.
- Zhu, W., Lin, C. J., Wang, X., Sommar, J., Fu, X., Feng, X. 2016. Global observations and modeling of atmosphere-surface exchange of elemental mercury: a critical review. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics* 16(7): 4451-4480. Doi: 10.5194/acp-16-4451-2016.
- Zuhri, Al. 2015. Konflik pertambangan emas tanpa izin (peti) di desa petapahan kecamatan gunung toar kabupaten kuantan singing. *Jurnal Online Mahasiswa FISIP* 2(2): 1-12