

**ANALISIS KADAR LOGAM BERAT MERKURI (Hg),
TEMBAGA (Cu), DAN PERAK (Ag) PADA TUMBUHAN PAKU
(*Pteridophyta*) DI DESA PANTON BAYAM KECAMATAN
BEUTONG KABUPATEN NAGAN RAYA**

SKRIPSI

Diajukan Oleh :

Majral Afkar

NIM. 150704028

Mahasiswa Program Studi Kimia

Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Ar-Raniry



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH TAHUN
1442 H/ 2020 M**

LEMBARAN PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

**ANALISIS KADAR LOGAM BERAT MERKURI (Hg), TEMBAGA (Cu),
DAN PERAK (Ag) PADA TUMBUHAN PAKU (*Pteridophyta*) DI DESA
PANTON BAYAM KECAMATAN BEUTONG KABUPATEN NAGAN
RAYA**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Bebas Studi Memperoleh Gelar Sarjana Dalam Ilmu Kimia**

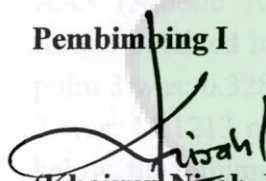
Oleh:

**Majral Afkar
NIM. 150704028**

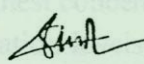
**Mahasiswa Program Studi Kimia
Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Ar-Raniry**

Disetujui Oleh :

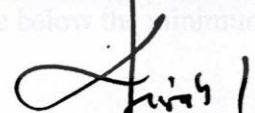
Pembimbing I


**(Khairun Nisah, M.Si)
NIDN. 2016027902**

Pembimbing II


**(Febrina Arfi, M.Si)
NIDN. 2021028601**

**Mengetahui
Ketua Prodi Studi Kimia**


**(Khairun Nisah, M.Si)
NIDN. 2016027902**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI

**ANALISIS KADAR LOGAM BERAT MERKURI (Hg), TEMBAGA (Cu),
DAN PERAK (Ag) PADA TUMBUHAN PAKU (*Pteridophyta*) DI DESA
PANTON BAYAM KECAMATAN BEUTONG KABUPATEN
NAGAN RAYA**

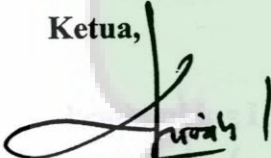
SKRIPSI

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry dan dinyatakan Lulus
Serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1) Dalam Ilmu
Kimia

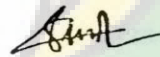
Pada Hari/Tanggal : Rabu, 26 Agustus 2020
7 Muharram 1442

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,


(Khairun Nisah, M.Si)
NIDN. 2016027902

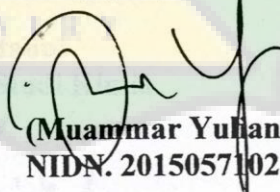
Sekretaris,


(Febrina Arfi, M.Si)
NIDN. 2021028601

Penguji I,


(Reni Silvia Nasution, M.Si)
NIDN. 2022028901

Penguji II,


(Muammar Yulhan, M.Si)
NIDN. 2015057102

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh,**



(Dr. H. Azhar Amsal, M.Pd)
NIDN. 2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Majral Afkar

NIM : 150704028

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul : Analisis Kadar Logam Berat Merkuri (Hg), Tembaga (Cu),
Dan Perak (Ag) Pada Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*) Di Desa
Panton Bayam Kecamatan Beutong Kabupaten Nagan Raya

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan ini, saya :

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 20 Oktober 2020

Yang Menyatakan



Majral Afkar)

ABSTRACT

Name : Majral Afkar
NIM : 150704028
Major : Chemistry, Faculty of Science and Technology (FST)
Title : Analysis of Heavy Metal Rate (Hg), Copper (Cu), and Silver (Ag) on nail plants (*Pteridophyta*) in Pantan Bayam Beutong Village, Nagan Raya Regency.

Thesis thickness : 89 pages
Advisor I : Khairun Nisah, M.Si
Advisor II : Febrina Arfi, M.Si
Keywords : Nail plants (*Pteridophyta*), Digestion, Mercury (Hg), Copper (Cu), Silver (Ag), Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) SHIMADZUU AA-7000.

Nail plants (*Pteridophyta*) are a type of plant that can absorb heavy metals such as Hg, Cu, and Ag. This study aims to determine the levels of heavy metals Hg, Cu, and Ag accumulated in ferns (*Pteridophyta*) and to see the suitability of heavy metal levels with the Republic of Indonesia government regulation number 101 of 2014 concerning the management of hazardous and toxic waste. The method used was wet digestion with Nitric Acid (HNO_3) and Sulfuric Acid (H_2SO_4) solvents. The results of the digestion were analyzed for the concentration using AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) SHIMADZUU AA-7000. The results obtained in this study were that the highest concentration of Hg metal at point 3 was: 0.3281 mg / L, while for Cu metal, the highest concentration at point 3 was: 11,1213 mg / L and for Ag metal the concentration levels obtained were below the minimum limit for heavy metal contamination.

Based on the results of the study, it can be stated that the levels of Hg and Cu heavy metal in ferns (*Pteridophyta*) have passed the standards set by the Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 101 of 2014, namely: 0.3281 mg/L and Cu heavy metal, namely: 11,1213 mg / L. Meanwhile, Ag heavy metal is stated to be below the minimum standard.

ABSTRAK

Nama : Majral Afkar
NIM : 150704028
Program Studi : Kimia Fakultas Sains dan Teknologi (FST)
Judul : Analisis Kadar Logam Berat Merkuri (Hg), Tembaga (Cu), dan Perak (Ag) pada tumbuhan paku (*Pteridophyta*) di Desa Pantan Bayam Kecamatan Beutong Kabupaten

Tebal Skripsi : 89 pages
Pembimbing I : Khairun Nisah, M.Si
Pembimbing II : Febrina Arfi, M.Si
Kata Kunci : Tumbuhan paku (*Pteridophyta*), Destruksi, Merkuri (Hg), Tembaga (Cu), Perak (Ag), Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000.

Tumbuhan paku (*Pteridophyta*) merupakan salah satu jenis tumbuhan yang dapat menyerap logam berat seperti logam berat Hg, Cu, dan Ag. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam Hg, Cu, dan Ag yang terakumulasi pada tumbuhan paku (*Pteridophyta*) serta melihat kesesuaian kadar logam berat dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun. Metode yang digunakan adalah destruksi Basah dengan pelarut Asam Nitrat (HNO_3) dan asam sulfat (H_2SO_4). Larutan Hasil destruksi yang diperoleh dianalisis konsentrasinya dengan menggunakan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) SHIMADZUU AA-7000. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah kadar konsentrasi logam Hg tertinggi pada titik 3 adalah: 0,3281 mg/L sedangkan pada logam Cu kadar konsentrasi tertinggi pada titik 3 adalah: 11,1213 mg/L dan pada logam Ag kadar konsentrasi yang didapatkan dibawah minimum batas tercemar logam berat.

Berdasarkan hasil penelitian dapat dinyatakan besar kadar logam berat Hg dan logam berat Cu pada tumbuhan paku (*Pteridophyta*) sudah melewati standar yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 yaitu: 0,3281 mg/L dan logam berat Cu yaitu: 11,1213 mg/L. Sedangkan untuk logam berat Ag dinyatakan berada di bawah standar minimum.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini. Tak lupa pula kami kirimkan shalawat serta salam kepada junjungan alam Nabi Besar Muhammad SAW. Beserta keluarganya, para sahabatnya, dan seluruh ummatnya yang senantiasa istiqomah hingga akhir zaman.

Dalam kesempatan ini peneliti mengambil judul seminar proposal **“Analisis Kadar Logam Berat Merkuri (Hg), Tembaga (Cu), Dan Perak (Ag) Pada Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*) Di Desa Pantan Bayam Kecamatan Beutong Kabupaten Nagan Raya”**. Tulisan ini bertujuan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat-syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua yaitu Bapak Firdaus dan Ibu Khuffiatun Wardhana telah memberikan dukungan baik secara moral maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan Seminar proposal ini.
2. Bapak Dr. Azhar, S.Pd., M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Ibu Khairun Nisah, M.Si selaku ketua Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi sekaligus pembimbing I yang telah membimbing serta menasehati pada segala masalah akademik selama penulis menempuh pendidikan hingga mengarahkan dan membimbing sampai penyusunan proposal skripsi selesai.
4. Ibu Febrina Arfi, M.Si selaku Pembimbing II proposal Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
5. Seluruh dosen Ibu/Bapak di Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Perlu disadari bahwa dengan segala keterbatasan, tulisan ini masih jauh dari sempurna, sehingga masukan dan kritikan sangat penulis harapkan demi sempurnanya tulisan ini.

Banda Aceh, 23 Agustus 2020

Penulis

(Majral Afkar)



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRACT	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pencemaran Lingkungan.....	6
2.2 Pertambangan Emas	8
2.3 Sumber Pencemaran.....	9
2.3.1 Merkuri (Hg)	10
2.3.2 Tembaga (Cu).....	11
2.3.3 Perak (Ag)	13
2.4 Fitoremediasi.....	14
2.4.1 Tumbuhan Paku (<i>Pteridophyta</i>).....	16
2.5 Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	17
2.5.1 Pengertian SSA	17
2.5.2 Prinsip Kerja SSA	18

2.5.3 Analisis Kuantitatif	19
2.5.4 Instrumentasi	20
2.5.5 Kegunaan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	20
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat	22
3.2.2 Bahan	22
3.3 Cara Kerja	23
3.3.1 Penentuan Titik Sampel	23
3.3.2 Preparasi Sampel	24
3.3.3 Analisis Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Sampel Tumbuhan Paku (<i>Pteridophyta</i>)	24
3.3.4 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Merkuri (Hg)	25
3.3.4.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Hg ..	25
3.3.4.2 Pembuatan Deret Standar Logam Berat Hg	25
3.3.5 Analisis Kadar Logam Berat Tembaga (Cu) dan Perak (Ag) Pada Sampel Tumbuhan Paku (<i>Pteridophyta</i>)	25
3.3.6 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Tembaga (Cu)	26
3.3.6.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Cu ...	26
3.3.6.2 Pembuatan Deret Standar Logam Berat Cu	26
3.3.7 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Perak (Ag)	26
3.3.7.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Ag ..	26
3.3.7.2 Pembuatan Deret Standar Logam Berat Ag	27

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil Penelitian	28
4.1.1 Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Hg.....	28
4.1.2 Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Cu.....	28
4.1.3 Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Ag.....	29
4.1.4 Hasil Pengukuran Logam Berat Cu, Ag, dan Hg pada Tumbuhan Paku (<i>Pteridophyta</i>).....	29
4.2 Pembahasan.....	30
4.2.1 Preparasi Sampel.....	30
4.2.2 Kurva Kalibrasi Larutan Standar	32
4.2.2.1 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Merkuri (Hg)	33
4.2.2.2 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Tembaga (Cu)	34
4.2.2.3 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Perak (Ag)	34
4.2.3 Analisis Logam Berat Hg, Cu, dan Ag pada Tumbuhan Paku (<i>Pteridophyta</i>).....	36
BAB V : PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

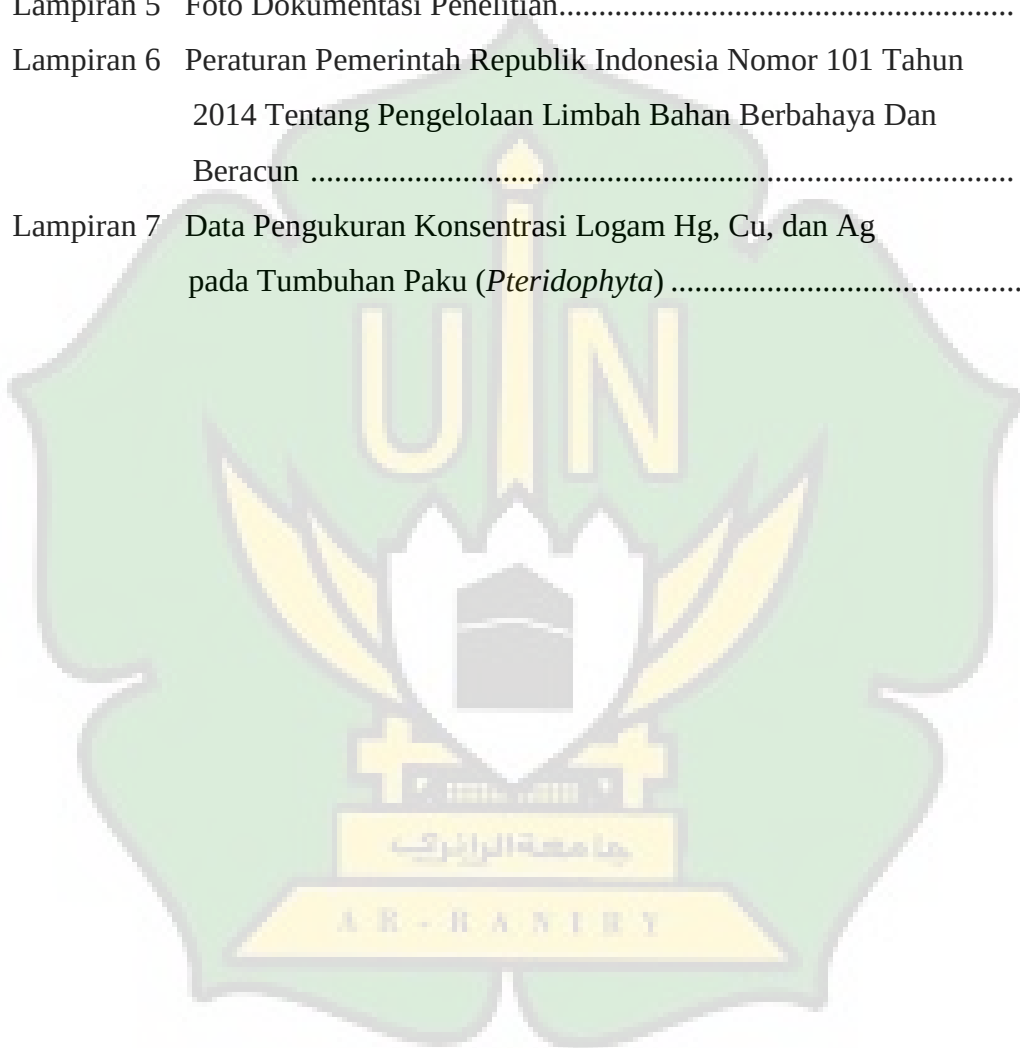
Tabel 4.1	Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Hg dengan Menggunakan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000	28
Tabel 4.2	Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Cu dengan Menggunakan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000	28
Tabel 4.3	Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Ag dengan Menggunakan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000	29
Tabel 4.4	Konsentrasi Logam Berat Cu, Ag, dan Hg yang terakumulasi Dalam Tumbuhan Paku (<i>Pteridhophyta</i>)	30
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Larutan Standar Pada Logam Berat Hg, Cu, Dan Ag.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sungai Tempat Pembuatan Limbah Cair dari Pertambangan Emas di Desa Pantan Bayam , Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan	7
Gambar 2.2	Sisa penambangan emas di Desa Pantan Bayam Kecamatan Beutong Kabupaten Nagan Raya.....	9
Gambar 2.3	Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000	20
Gambar 3.1	Lokasi dan titik pengambilan sampel di kawasan bekas penambangan emas di Desa Pantan Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya.....	23
Gambar 4.1	Tumbuhan paku (<i>Pteridhophyta</i>).....	31
Gambar 4.2	Grafik Kurva kalibrasi standar Logam Berat Hg	33
Gambar 4.3	Grafik Kurva kalibrasi standar Logam Berat Cu	34
Gambar 4.4	Grafik Kurva kalibrasi standar Logam Berat Ag	34
Gambar 4.5	Konsentrasi logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu) dan Perak (Ag) pada tumbuhan paku (<i>Pteridhopyta</i>).....	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Skema Kerja	47
Lampiran 2	Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Hg, Cu, dan Ag.....	56
Lampiran 3	Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Berat Hg, Cu, dan Ag.....	65
Lampiran 4	Analisis Data	67
Lampiran 5	Foto Dokumentasi Penelitian.....	72
Lampiran 6	Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun	74
Lampiran 7	Data Pengukuran Konsentrasi Logam Hg, Cu, dan Ag pada Tumbuhan Paku (<i>Pteridophyta</i>)	77



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan pertambangan di Indonesia merupakan hal yang sudah menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan. Mengingat Indonesia memiliki lahan pertambangan di berbagai daerah. Emas merupakan salah satu bahan tambang yang banyak tersebar di Indonesia. Banyaknya lahan pertambangan yang ada menyebabkan terjadinya kegiatan pertambangan secara ilegal. Biasanya kegiatan tersebut dilakukan secara tradisional melalui proses amalgamasi yang merupakan proses ekstraksi emas dengan cara mencampur bijih emas dengan merkuri (Hg) (Puspitasari, Prasetya, dan Rahayuningsih, 2019). Merkuri (Hg) biasanya banyak digunakan pada pengolahan bijih emas oleh masyarakat sebagai media pengikat dan pemisah bijih emas dari material berupa pasir, lumpur, dan air, meskipun proses pembuangan limbah air (*tailing*) dilakukan dengan prosedur yang tidak tepat sehingga menyebabkan aliran limbah dialirkan langsung ke tubuh atau badan sungai. Hal ini bisa mencemari tanah, air, dan sungai sehingga mempengaruhi fungsi ekosistem dan potensi pencemaran lingkungan perairan seperti biota perairan dan bahkan manusia (Putra, Sungkowo, dan Muryani, 2019). Untuk mengetahui sebuah perairan tercemar atau tidak, maka dapat dilihat dari salah satu biota air yaitu ikan. Jika di dalam tubuh ikan mengandung kadar logam berat yang tinggi melebihi batas normal yang telah ditentukan maka ini dapat dijadikan indikator bahwa telah terjadi pencemaran suatu lingkungan yang dapat menyebabkan efek buruk bagi manusia dan lingkungan (Mu'nisa dan Nurham, 2010).

Usaha pertambangan banyak menghasilkan limbah berupa *tailing* dan dibuang di daratan atau badan air. Limbah unsur pencemar kemungkinan tersebar di sekitar wilayah dan menyebabkan pencemaran lingkungan. Bahaya pencemaran lingkungan oleh Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) mungkin terbentuk jika *tailing* mengandung unsur-unsur tersebut tidak ditangani secara tepat. Terutama di wilayah tropis, karena tingginya tingkat pelapukan kimiawi dan aktivitas

biokimia akan menunjang percepatan mobilisasi unsur-unsur tersebut yang berpotensi racun (Herman, 2006).

Logam berat tembaga dan perak merupakan kelompok toksin yang bisa dijumpai di alam. Adanya logam berat di perairan mengakibatkan biota di perairan tersebut tercemar dan menimbulkan efek tidak langsung pada manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit dihilangkan. Logam berat sendiri dapat terakumulasi dalam biota perairan seperti ikan, kerang dan sedimen, serta memiliki kadar yang akan terus meningkat bila tercemar secara terus menerus (Darmono, 2001).

Logam berat yang ditemukan di alam dengan konsentrasi yang tinggi merupakan penyebab sakitnya seseorang (Agustina, 2014). Logam berat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan yakni asap dari pabrik, proses industri dan buangan limbah yang selanjutnya masuk ke jaringan tubuh manusia. Hal ini bisa menyebabkan kerusakan jaringan terutama jaringan detoksikasi dan ekskresi (hati dan ginjal). Ada beberapa logam berat memiliki sifat karsinogenik (penyebab kanker) maupun teratogenik (salah bentuk organ) (Darmono, 1995).

Penentuan logam berat lazimnya dilakukan dengan metode destruksi. Destruksi merupakan proses perusakan oksidatif dari bahan organik sebelum penetapan suatu analit anorganik atau untuk memecah ikatan dengan logam berat (Nuraini, 2009). Metode destruksi dibagi menjadi dua yaitu metode destruksi basah dan destruksi kering. Destruksi basah itu menggunakan pereaksi asam untuk mendekomposisi sampel dan destruksi kering dengan menggunakan pemanasan atau penghancuran dengan menggunakan suhu yang sangat tinggi (Rusnawati, Yusuf, dan Alimuddin, 2018).

Fitoremediasi merupakan salah satu cara mengurangi cemaran dengan menggunakan tumbuhan, umumnya terdefinisi seperti pembersihan dari racun atau kontaminan dari lingkungan dengan menggunakan tumbuhan hiperakumulator. Teknik fitoremediasi ini efektif karena proses pengerjaannya mudah, murah, dan memberikan dampak bagi lingkungan yang minimal.

Fitoremediasi lebih murah karena hanya memerlukan bibit tanaman dan beberapa bahan untuk memperbaiki kualitas tanah. Dalam teknik fitoremediasi, tumbuhan yang digunakan yaitu tumbuhan yang bersifat hiperakumulator (Widyati, 2009).

Hiperakumulator merupakan tanaman yang dapat menyerap logam berat sekitar 1% dari berat keringnya. Semua tumbuhan mempunyai kemampuan untuk menyerap logam berat tapi dalam bentuk yang bervariasi. Tumbuhan hiperakumulator merupakan tumbuhan yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi. Tumbuhan digolongkan hiperakumulator jika mampu mengakumulasi merkuri (Hg) sebesar 10 mg/kg berat kering. Salah satu tumbuhan yang dikategorikan hiperakumulator adalah tanaman paku, karena dapat bertahan hidup di kawasan lingkungan yang tercemar (Kosegeran, dkk, 2015).

Tumbuhan paku (*Pteridophyta*) merupakan tumbuhan yang termasuk dalam suku *Polypodiales* yang tumbuh di hutan, di daerah-daerah pengunungan, rawa, dan di sekitar sungai yaitu pada daerah teduh dan lembab (Kosegeran, dkk, 2015). Tanaman paku (*Pteris vitata*) mengandung suatu enzim reduktase di membran akarnya yang berfungsi untuk mereduksi logam berat dan translokasikan ke bagian lain tumbuhan dan merupakan tumbuhan yang di klasifikasikan ke dalam divisi Pteridophyta dan juga lebih dikenal sebagai Filidophyta. Tumbuhan paku dikelompokkan dalam satu divisi yang jenisnya jelas mempunyai kormus dan dapat dibedakan dalam tiga bagian pokok yaitu akar, batang, dan daun. Penyerapan merkuri oleh tumbuhan paku air di akar sebesar 4084 ppb dan di daun sebesar 641 ppb (Mahmud, dkk: 2013). Tumbuhan paku telah banyak dimanfaatkan antara lain sebagai tanaman hias dan bahan obat-obatan. Namun secara tidak langsung, kehadiran tumbuhan paku turut memberikan manfaat dalam memelihara ekosistem hutan antara lain dalam pembentukan tanah, pengamanan tanah terhadap erosi, serta membantu proses pelapukan serasah hutan (Irawati, Arini, dan Kinho, 2012). Berdasarkan penelitian Widyati (2009) penyerapan logam berat seperti arsen (As) sebesar 27.00 mg/kg biomass menjadikan tanaman paku dapat diartikan sebagai tanaman hiperakumulator karena dapat bertahan hidup dan tidak

terganggu proses pertumbuhannya di lingkungan yang terkontaminasi oleh logam berat.

Nagan Raya merupakan daerah dipropinsi Aceh yang memiliki kawasan penambangan emas, salah satunya pada Desa Panton Bayam (<https://kompas.id/baca/nusantara/2019/09/12/lima-penambang-emas-ilegal-di-nagan-raya-ditangkap/>). Berdasarkan latar belakang di atas maka dilakukan penelitian tentang analisis kadar logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu), dan perak (Ag) pada tumbuhan paku (*Pteridophyta*) di Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah kadar logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu) dan perak (Ag) pada tumbuhan paku di kawasan Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun ?
2. Berapakah kadar logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu) dan perak (Ag) pada tumbuhan paku di kawasan Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini :

1. Menentukan kadar logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu) dan perak (Ag) pada tumbuhan paku di Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya dengan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000.
2. Untuk mengetahui kandungan logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu), dan perak (Ag) pada tumbuhan paku di kawasan tambang emas di Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya sesuai

dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang kadar logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu) dan perak (Ag) pada tumbuhan paku di Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya dengan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000.

1.5 Batasan Penelitian

1. Sampel yang diambil berasal dari kawasan di Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya.
2. Sampel yang digunakan adalah tumbuhan paku (*pteridophyta*) di kawasan pertambangan Desa Panton Bayam.
3. Kandungan yang diuji adalah logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu) dan perak (Ag).
4. Instrumen yang digunakan yaitu Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000.
5. Pengambilan tumbuhan paku (*pteridophyta*) dilakukan pada 3 titik di kawasan bekas pertambangan emas Desa Panton Bayam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Lingkungan

Lingkungan merupakan tempat dimana seluruh makhluk hidup menjalankan segala aktivitasnya. Lingkungan memiliki kemampuan alami untuk membersihkan dan menetralkan keadaannya dalam standar batas daya dukung lingkungan tersebut. Pencemaran adalah suatu kondisi yang dapat mengurangi nilai dan fungsi lingkungan yang disebabkan oleh individu lainnya. Pencemaran lingkungan identik dengan perubahan lingkungan yang merugikan makhluk hidup seperti perubahan kualitas air, tanah, udara, flora, fauna, dan mikroorganisme. Selain itu pencemaran lingkungan disebabkan oleh sebagian besar perbuatan manusia (Sumampouw dan Risjani, 2018).

Pencemaran lingkungan terjadi ketika daur materi dalam lingkungan hidup mengalami perubahan, sehingga keseimbangan dalam hal struktur maupun fungsinya terganggu. Ketidakseimbangan struktur dan fungsi daur materi terjadi karena proses alam atau juga karena perbuatan manusia. Dalam abad modern ini banyak kegiatan atau perbuatan manusia dalam memenuhi kebutuhan biologis dan kebutuhan teknologi yang menimbulkan pencemaran lingkungan. Dalam usaha merubah lingkungan hidupnya, langkah yang dilakukan manusia untuk meningkatkan kesejahteraan hidupnya dapat menimbulkan masalah yang disebut pencemaran. (Faisal, 2010: 27).



Gambar 2.1 Sungai tempat pembuangan limbah cair dari pertambangan emas di Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya. (Sumber : Data Primer).

Salah satu aktivitas manusia yang berdampak buruk terhadap lingkungan adalah industri pertambangan seperti pertambangan emas, timah, minyak bumi, gas bumi, tembaga, batubara, besi, perak, dan nikel. Hal ini disebabkan oleh keinginan masyarakat untuk meningkatkan kesejahteraan hidupnya. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh industri pertambangan antara lain seperti tercemarnya sumber air, udara, tanah, rusaknya ekosistem hutan, hilangnya habitat flora dan fauna di daerah tersebut (Badan Pusat Statistik, 2016).

Salah satu pertambangan yang sering mencemari lingkungan yaitu pertambangan emas. Masalah yang sering ditimbulkan adalah rusaknya ekosistem tanah, air, udara dan sebagainya. Pertambangan emas biasanya menghasilkan limbah padat dan cair. Limbah inilah yang dapat mencemarkan lingkungan sekitar karena mengandung zat-zat yang berbahaya. (Larasati, Setyono, dan Sambowo, 2012).

2.2 Pertambangan Emas

Penambangan merupakan kegiatan ekonomi utama di banyak negara berkembang salah satunya adalah Negara Indonesia (Kitula, 2006). Sektor pertambangan dapat mendatangkan devisa untuk negara dan membuka lapangan kerja, akan tetapi sektor ini juga rawan terhadap kerusakan lingkungan. Salah satu kekayaan alam yang dimiliki Indonesia adalah emas. Provinsi Aceh merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi pertambangan yang memiliki nilai tinggi. Aceh juga menjadi salah satu pertambangan emas terbesar di Indonesia, bahkan ada beberapa daerah yang menjadi penghasil emas terbanyak salah satunya di Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya. Kecamatan Beutong memiliki luas 1.017,32 Km² yang terdiri dari 4 Mukim, 24 desa dengan jumlah penduduk 14.210 orang diantaranya 7.108 laki-laki dan 7.102 perempuan dan memiliki 53 sarana pendidikan yang berstatus Negeri/Swasta. Lokasi tambang emas di Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya berada di sepanjang aliran sungai Krueng Cut yaitu di Desa Blang Baroe PR, Desa Panton Bayam, serta Desa Blang Leumak yang sudah mengalami kerusakan yang parah. Sebelum ditemukan tambang emas masyarakat yang berada di Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya bekerja sebagai petani dan pedagang, tetapi setelah menemukan tambang emas tersebut maka terjadi perubahan aktivitas yang meningkatkan perekonomian meskipun dilakukan secara ilegal serta mengakibatkan adanya dampak negatif terhadap lingkungan (Setiana dan Syahnur, 2018).

Menurut pasal 2 huruf n Undang-undang Nomor 11 Tahun 1967 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pertambangan, pengertian Pertambangan Rakyat adalah suatu usaha pertambangan bahan-bahan galian dari semua golongan A, B, dan C yang dilakukan oleh rakyat setempat secara kecil-kecilan atau secara gotong royong dengan alat-alat sederhana untuk pencaharian sendiri. Pertambangan emas merupakan suatu industri yang mengelola dan melakukan pemurnian emas yang diperoleh dari alam (Aziz, 2014). Aktivitas pertambangan emas dapat terjadi secara legal dan ilegal. Aktivitas penambangan secara legal biasanya dilakukan oleh perusahaan-perusahaan swasta yang bergerak di bidang industri pertambangan. Aktivitas

penambangan ilegal dilakukan oleh masyarakat secara tradisional. Dikatakan ilegal dikarenakan prakteknya dilakukan tanpa izin sehingga bisa menyebabkan kerusakan pada lingkungan. Pertambangan bisa memberikan dampak positif maupun negatif bagi masyarakat setempat. Namun selepas dari itu, dampak negatif yang paling banyak dirasakan oleh masyarakat di sekitar pertambangan tersebut (Setiana dan Syahnur, 2018).



Gambar 2.2 Sisa penambangan emas di Desa Pantan Bayam Kecamatan Beutong Kabupaten Nagan Raya (Sumber: Data Primer).

2.3 Sumber Pencemaran

Sumber pencemaran antara lain adalah sumber domestik, yaitu perkampungan, kota, pasar, jalan, terminal, dan rumah sakit; dan sumber nondomestik, yaitu dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, dan transportasi (Tresna, 1991). Diperkirakan 20% dari limbah yang di buang ke laut ialah limbah industri berupa lumpur lunak (*sluge*), lumpur yang bercampur bahan kimia toksik, agen infeksi dan bahan padat yang berasal dari endapan pengolahan limbah (Darmono, 2001). Sumber logam berat alamiah bisa berupa pengikisan dari batu mineral. Disamping itu, patikel-partikel logam berat di udara dikarenakan oleh hujan dapat menjadi sumber logam berat di badan perairan. Adapun logam berat yang berasal dari

aktivitas manusia berupa buangan sisa dari industri ataupun buangan rumah tangga (Palar, 1994).

2.3.1 Merkuri (Hg)

Merkuri adalah logam berat yang termasuk elemen transisi dari tabel periodik. Merkuri ditemukan di alam dalam tiga bentuk (unsur, anorganik, dan organik), dengan masing-masing memiliki profil toksisitas sendiri (Hertika dan Putra, 2019). Pada dasarnya, merkuri/raksa (Hg) adalah unsur yang mempunyai nomor atom ($NA=80$) serta mempunyai massa molekul relatif ($MR=200,59$). Merkuri diberikan simbol Hg yang merupakan singkatan yang berasal dari bahasa Yunani *Hydrargyricum*, yang berarti cairan perak (Hadi, 2013). Merkuri merupakan elemen alami, oleh karena itu sering mencemari lingkungan. Kebanyakan merkuri yang ditemukan di alam terdapat dalam bentuk gabungan dengan elemen lainnya, dan jarang ditemukan dalam bentuk elemen terpisah. Komponen merkuri banyak tersebar di karang-karang, tanah, udara, air, dan organisme hidup melalui proses-proses fisik, kimia, dan biologi yang kompleks. Merkuri adalah satu-satunya logam berat yang berbentuk cair pada suhu kamar (25°C) dan mempunyai titik beku terendah dari semua logam berat yaitu -39°C . Merkuri memiliki ketahanan terhadap listrik yang sangat rendah sehingga merupakan konduktor yang terbaik dari semua logam berat (Fardiaz, 1992). Merkuri merupakan logam berat yang mudah menguap dan bersifat toksik, dapat melarutkan semua logam berat kecuali platina, nikel, dan besi. Merkuri juga memiliki berat jenis 13,6, titik didih 357°C , tahanan jenis $0,95\text{ ohm mm}^3/\text{m}$, koefisien suhu tahanan 0,00027, serta mudah mengembang bila terkena panas (Muslim, 2014).

Keberadaan merkuri di alam sangat berlimpah menduduki posisi ke-67 diantara elemen lainnya pada kerak bumi/ di alam. Secara alami, merkuri dapat berasal dari gas gunung api dan penguapan dari air laut serta sebagai mineral dalam bahan tambang. Merkuri dalam bentuk mineral didapatkan sebagai mineral cinnabar (HgS) dan mineral living stonite ($\text{HgS} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$). Di alam sebenarnya terdapat 17 jenis mineral yang mengandung Hg, namun

sebagai bahan galian yang diusahakan hanya ada satu yaitu cinnabar (HgS) dengan kadar Hg 82,6%. Merkuri banyak digunakan di industri pembuatan amalgam, perhiasan, instrument, serta bakterisida. Saat ini, merkuri dimanfaatkan sebagai bahan pemisah logam berat emas (Au =Aurum) pada penambangan emas tradisional. Industri pengenceran logam berat dan semua industri menggunakan Hg sebagai bahan baku maupun bahan penolong. Limbahnya merupakan sumber pencemaran dari merkuri (Hg). Merkuri bersifat toksik karena mudah menguap pada suhu kamar. Uap dari merkuri yang bersifat toksik dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui sistem pernapasan sehingga harus berhati-hati ketika menyentuhnya (Muslim, 2014).

Logam berat Hg yang sering dijumpai pada air limbah industri antara lain adalah metil merkuri (CH_3Hg^+) atau dimetil merkuri ($((\text{CH}_3)_2\text{Hg})$) (Effendi, 2003). Dampak negatif logam berat Hg terhadap kesehatan diantaranya dapat merusak jaringan otak, saraf, ginjal, kulit sehingga dapat menimbulkan hipertensi, jantung berdebar, pingsan, diare, muntah, otot melemah, perdarahan di sistem pencernaan, insomnia, kanker, tumor, dan dapat mengurangi daya ingat seseorang (Permenkes RI No 57 Tahun 2016). Sedangkan dampak negatif logam berat Hg terhadap lingkungan diantaranya adalah tercemarnya sumber air, tanah, dan dapat meracuni flora dan fauna di lingkungan tersebut (Putranto, 2011). Namun logam berat Hg juga memiliki dampak positif terhadap bidang perindustrian, pertanian, kedokteran, pertambangan dan ilmu pendidikan seperti kimia, biologi, dan fisika (Lestaris, 2010).

2.3.2 Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) adalah logam berat merah muda yang lunak, dapat ditempa, dan liat yang melebur pada 1038°C . Potensial elektroda standarnya positif (+0,34 V), logam berat ini tidak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer (Vogel, 1994). Logam berat ini banyak digunakan pada pabrik yang memproduksi alat-alat listrik, gelas, dan zat warna yang biasanya bercampur dengan logam berat lain seperti alloy dengan perak, kadmium, timah putih, dan seng (Merian, 1994).

Secara biologis Cu tersedia dalam bentuk Cu^+ atau Cu^{2+} dalam garam anorganik dan kompleks anorganik. Perpindahan Cu dengan konsentrasi relatif tinggi dari lapisan tanah bumi ditentukan oleh cuaca, proses pembentukan tanah, pengairan, potensial oksidasi reduksi, jumlah bahan organik di tanah dan pH. Kondisi tanah yang terlalu asam akan meningkatkan kelarutan Cu, sedangkan pada kondisi basa Cu cenderung dipresipitasi oleh tanah sehingga akan terlarut dan terbawa air yang mengakibatkan defisiensi Cu oleh tanaman. Pada tanaman, Cu di akumulasi di akar dan di dinding sel serta didistribusikan melalui berbagai cara (Merian, 1994).

Logam berat tembaga dibutuhkan sebagai unsur yang berperan dalam pembentukan enzim oksidatif dan pembentukan kompleks Cu-protein yang dibutuhkan untuk pembentukan hemoglobin, kolagen, pembuluh darah dan myelin (Darmono, 1995). Logam berat Cu dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh, maka apabila konsentrasinya cukup besar logam berat ini akan meracuni manusia tersebut. Pengaruh racun yang ditimbulkan dapat berupa muntah-muntah, rasa terbakar di daerah esofagus dan lambung, kolik, diare, yang kemudian disusul dengan hipotensi, nekrosis hati dan koma (Supriharyono, 2000).

Kegiatan pertambangan banyak menghasilkan limbah berupa tailing dan di buang di daratan atau badan air. Hal ini memungkinkan adanya limbah unsur pencemar tersebar di sekitar wilayah tersebut dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Bahaya pencemaran lingkungan oleh Arsen (As), merkuri (Hg), Timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan Tembaga (Cu) mungkin terbentuk jika tailing mengandung unsur-unsur tersebut tidak ditangani secara tepat. Terutama di wilayah tropis, tingginya tingkat pelapukan kimiawi dan aktivitas biokimia akan menunjang percepatan mobilisasi unsur-unsur tersebut yang berpotensi menyebabkan keracunan (Herman, 2006).

Penyebaran logam berat termasuk tembaga (Cu) mendapat perhatian dari para pemerhati lingkungan, karena sifat logam berat ini berbahaya bagi manusia, tanaman, dan hewan. Kesulitan dalam pengolahan limbah yang mengandung logam berat disebabkan oleh bentuk dan kandungan logam berat

dalam limbah yang sangat bervariasi. Berlebihnya logam berat yang tercemar dapat merusak ekosistem kehidupan yang ada di sekitarnya (Widodo, 2008).

Tembaga (Cu) merupakan kelompok logam berat esensial, dimana kadar yang rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai koenzim dalam proses metabolisme tubuh. Sifat racun dari tembaga muncul dalam kadar yang tinggi (Rochayatun., dkk, 2003). Pada konsentrasi 0,01 ppm fitoplankton akan mati karena Cu menghambat aktivitas enzim dalam pembelahan sel fitoplankton. Konsentrasi Cu 2,5-3,0 ppm dalam badan perairan akan membunuh ikan-ikan yang ada di sana (Palar, 2004).

2.3.3 Perak (Ag)

Perak adalah logam berat putih, liat dan dapat ditempa, secara komersial merupakan logam berat berharga. Lambang unsurnya Ag, yang berasal dari bahasa Latin *Argentum*. Perak termasuk golongan 1B dalam sistem periodik dengan nomor atom 47 dan massa atom 107,8682. Logam berat ini mempunyai titik lebur 1235 K dan titik didih 2485 K serta kerapatan yang sangat tinggi yaitu 10,5 gr/mL. Secara kimia perak termasuk logam berat dan logam berat mulia. Logam berat perak tidak larut dalam HCl ataupun H₂SO₄ (1 M atau 2 M), tetapi larut dalam HNO₃ pekat (8 M) dan asam sulfat panas. Logam berat perak tidak teroksidasi bila dipanaskan, tetapi dapat dioksidasi secara kimia untuk membentuk oksida perak. Perak pada umumnya banyak digunakan dalam bentuk campuran dengan logam berat lain. Logam berat Cu dan Ag digunakan sebagai bahan pembuat koin. Perak juga dalam industri elektronik karena dikenal sebagai pengantar arus yang baik. Senyawa-senyawa perak banyak digunakan sebagai bahan anti infeksi, senyawa tersebut adalah perak nitrat (AgNO₃) yang merupakan garam yang mudah larut dalam air, yang digunakan sebagai antiseptik pada luka bakar (Hidayat, Fadhilah, dan Nasra, 2014).

Di alam perak bisa terdapat sebagai perak murni, senyawa atau campuran dengan logam berat lain. Sebagai senyawa yang ditemukan dalam bentuk sulfida dan campuran bersama Cu, Au, Pb, dan Zn (Hidayat, Fadhilah, dan Nasra, 2014).

Sebagian besar logam berat perak digunakan untuk perhiasan, pelapis logam berat (*coating*), dan mata uang. Penggunaan lainnya untuk membuat campuran logam berat (*alloy*), solder perak, fotografi, industri kimia, obat-obatan, alat-alat listrik (untuk kumparan pengukur, sebagai pengaman lebur, pengaman pada titik-titik kontak), campuran keramik, *high efficiency batteries* pada yet dan peluru kendali, kamera, televisi, dan alat-alat presisi (*scientific instrument*) (Sukandarrumidi, 2018).

Dalam keadaan alamiah, Ag umumnya dalam bentuk yang sangat tidak larut, bersenyawa dengan sulfida, dan beberapa garam. Unsur ini dapat ditemukan pada sumber air, air permukaan, dan air minum dengan konsentrasi di atas 5 mg/l, hanya sebagian kecil perak yang dapat diserap. Unsur ini bila termakan akan mengendap pada kulit, mata, dan membran mukosa yang dapat menyebabkan hilangnya warna menjadi abu-abu tanpa reaksi nyata. Penyakit ini dinamakan *argyria*. Hal ini pernah dilakukan melalui tikus dan menyebabkan kerusakan ginjal (Waluyo, 2018).

2.4 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah proses bioremediasi yang menggunakan berbagai tanaman untuk menghilangkan, memindahkan atau menghancurkan kontaminan dalam tanah dan air bawah tanah (Ernawan, dkk, 2010:1-2). Fitoremediasi juga dapat diartikan sebagai suatu metode pemanfaatan tanaman untuk memulihkan tanah atau air yang tercemar logam berat (Umacina, Liestianty, & Muliadi, 2014). Semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam berat tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Sejumlah tumbuhan dari banyak famili terbukti memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperakumulator. Sifat hiperakumulator berarti dapat mengakumulasi unsur logam berat tertentu dengan konsentrasi tinggi pada tajuknya dan dapat digunakan untuk tujuan fitoekstraksi (Hidayati, 2005).

Dengan berkembangnya teknologi fitoremediasi maka tumbuhan hiperakumulator logam berat menjadi sangat penting. Tumbuhan

hiperakumulator mampu mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi lebih dari 100 kali melebihi tanaman normal, dimana tanaman normal mengalami keracunan logam berat dan penurunan produksi. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan serangkaian proses fisiologi dan biokimiawi serta ekspresi gen-gen yang mengendalikan penyerapan, akumulasi dan toleransi tanaman terhadap logam berat (Hidayati, 2013).

Metode fitoremediasi memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknologi lainnya karena prosesnya yang alami. Metode ini terbukti efektif dan ekonomis untuk mereduksi konsentrasi polutan logam berat di tanah (Umacina, Liestianty, & Muliadi, 2014)

Fitoremediasi sangat diperlukan di Indonesia untuk masa yang akan datang, mengingat setiap tahun kasus pencemaran terus bertambah jumlah dan intensitasnya. Sementara itu, daya dukung tanah dan sumber daya air semakin menurun dari waktu ke waktu. Sedikitnya 35% wilayah Indonesia sudah beralih fungsi menjadi areal pertambangan. Dengan sendirinya hal ini akan merubah bentang alam Indonesia dan menjadikan potensi pencemaran yang semakin besar di kemudian hari (Hidayati, 2005)

Tanaman yang mampu menyerap dan mengakumulasi logam berat dalam jumlah tertentu dikenal dengan hiperakumulator berat (Umacina, dkk, 2014). Tanaman hiperakumulator dapat menimbun konsentrasi logam berat yang tinggi dalam jaringan tanamannya bahkan melebihi konsentrasi di dalam tanah. Tanaman yang mengandung lebih dari 0,1% unsur Ni, Co, Cu, Cr dan Pb atau 1% unsur Zn pada daun per berat kering biomassa terlepas dari konsentrasi logam berat tanah disebut sebagai hiperakumulator (Sidauruk dan Sipayung, 2015). Tumbuhan digolongkan hiperakumulator jika mampu mengakumulasi merkuri (Hg) sebesar 10 mg/Kg berat kering (Kosegeran, dkk, 2015)

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam berat oleh akar, translokasi logam berat dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi logam berat pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat

metabolisme tumbuhan yang berada di sekitar pertambangan emas (Setyaningsih, 2007).

2.4.1 Tanaman Paku (*Pteridophyta*)

Tanaman paku (*Pteridophyta*) merupakan suatu divisi yang anggotanya telah jelas mempunyai kormus, artinya tubuhnya dengan nyata dapat dibedakan dalam tiga bagian pokoknya yaitu akar, batang dan daun. Alat perkembangbiakkan tumbuhan paku (*Pteridophyta*) yang utama adalah spora (Tijtrosoepomo, 2009). Tumbuhan paku (*Pteridophyta*) dapat dibedakan menjadi dua bagian utama yaitu organ vegetatif yang terdiri dari akar, batang, rimpang, dan daun. Organ generatif paku terdiri atas spora, sporangium, anteridium, dan arkegonium. Letak sporangium tumbuhan paku (*Pteridophyta*) umumnya berada di bagian bawah daun dan membentuk gugusan berwarna cokelat atau hitam. Gugusan sporangium ini dikenal dengan sorus. Letak sorus terhadap tulang daun merupakan sifat yang sangat penting dalam klasifikasi tumbuhan paku (Irawati, Arini dan Kinho, 2012).

Divisi *pteridophyta* dapat dikelompokkan menjadi empat kelas antara lain *Psilophytinae* (paku turba), *Lycopodiinae* (paku rambat atau paku kawat), *Equisetinae* (paku ekor kuda), dan kelas *Fillicinae* (paku sejati) (Tijtrosoepomo, 2009).

Tanaman paku menyukai daerah yang lembab, baik di tanah atau menumpang pada berbagai pepohonan sebagai epifit (Wardiah, dkk, 2019). Tanaman paku termasuk tanaman perintis yang hidup disetiap tipe kawasan hutan yang memegang fungsi dan peran penting untuk dalam menyusun ekosistem hutan. Tumbuhan paku (*Pteridophyta*) telah memiliki sistem pembuluh sejati (kormus) tetapi tidak menghasilkan biji untuk reproduksinya tetapi kelompok tumbuhan ini masih menggunakan spora sebagai alat perbanyakan generatifnya (Seno, Setyantoro, dan Utami, 2009).

Akar tumbuhan paku umumnya mempunyai akar adventif. Akarnya tumbuh secara horizontal di permukaan tanah atau di bawah tanah. Paku epifit rimpang memanjat pada cabang atau batang pohon. Akar akan keluar pertama tidak dominan melainkan disusul oleh akar lain yang semuanya muncul dari

batang. Rhizoid tumbuhan paku yang berkembang dimanfaatkan untuk kelangsungan hidupnya. Rambut-rambut akar tersebut akan menyerap air dan garam mineral terlarut (Tijtrosoepomo, 2009).

2.5. Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

2.5.1. Pengertian SSA.

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas diberbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisisnya relatif murah, sensitivitasnya tinggi (ppm, ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisis sangat cepat dan mudah dilakukan. SSA pada umumnya digunakan untuk analisa unsur, spektrofotometer absorpsi atom juga dikenal sistem *single beam* dan *double beam* layaknya Spektrofotometer UV-VIS. Sebelumnya dikenal fotometer nyala yang hanya dapat menganalisis unsur yang dapat memancarkan sinar terutama unsur golongan IA dan IIA (Sari, 2009).

Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pertama kali dikembangkan oleh Walsh Alkamede, dan Metals (1995). SSA ditujukan untuk mengetahui unsur logam berat renik di dalam sampel yang dianalisis. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dalam keadaan gas, untuk itu diperlukan kalor / panas. Alat ini umumnya digunakan untuk analisis logam berat sedangkan untuk non logam berat jarang sekali, mengingat unsur non logam berat dapat terionisasi dengan adanya kalor, sehingga setelah dipanaskan akan sukar didapat unsur yang terionisasi (Maria, 2006).

Nuraini (2009) menyatakan bahwa dengan pengaturan alat SSA ini maka akan diperoleh populasi atom pada tingkat dasar yang paling banyak dalam nyala api yang dilewati oleh radiasi. Atom-atom akan menyerap energi radiasi yang khas dan kemudian berubah ke keadaan tereksitasi. Semakin banyak atom pada keadaan dasar maka radiasi yang diserap makin banyak pula. Pada kondisi yang optimum akan diperoleh serapan yang maksimum. Panjang gelombang yang digunakan merupakan panjang gelombang

maksimun dari masing-masing logam berat. Pada panjang gelombang ini akan diperoleh searapan maksimun, dimana kosentrasi juga maksimun sehingga menghasilkan keakuratan yang lebih tinggi. Daya serap yang dihasilkan pada panjang gelombang maksimun relatif lebih konstan sehingga diperoleh kurva kalibrasi yang linier.

2.5.2. Prinsip Kerja SSA

Prinsip Spektrofotometri Serapan Atom adalah absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu tergantung pada sifat unurnya. Sinar pada panjang gelombang ini mempunyai energi yang cukup untuk mengubah orbital elektron suatu atom. Transisi elektron suatu unsur bersifat spesifik. Dengan absorpsi energi, berarti mempunyai energi yang cukup untuk mengubah elektron suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ketingkat eksitasi (Khopkar, 1990).

Keberhasilan analisis ini tergantung pada proses eksitasi dan cara memperoleh garis resonansi yang tepat. Temperatur nyala harus sangat tinggi. Ini dapat diterangkan dari persamaan distribusi Boltzman :

$$\frac{N_j}{N_0} = \frac{p_j}{p_0} \exp \left[-\frac{E_j}{KT} \right]$$

Keterangan :

N_j : Jumlah atom tereksitasi

N_0 : Jumlah atom pada keadaan dasar

K : Tetapan Boltzman (1.38×10^{-16} erg/K)

T : Temperatur absolut (K)

E_j : Perbedaan energi tingkat eksitasi dan tingkat dasar\

P_j dan P_0 : Faktor statistik yang ditentukan oleh banyaknya tingkat yang mempunyai energi setara pada masing-masing tingkat kuantum.

Pada umumnya fraksi atom tereksitasi yang berada pada gas yang menyala kecil sekali. Pengendalian temperatur nyala penting sekali. Dibutuhkan kontrol tertutup dari temperatur yang digunakan untuk eksitasi. Kenaikan temperatur menaikkan efisiensi atomisasi (Khopkar, 1990). Ditinjau dari hubungan antara konsentrasi dan absorpsi, maka hukum lambert-Beer

dapat digunakan jika sumbernya adalah monokromatis. Pada SSA, panjang gelombang garis absorpsi resonansi identik dengan garis-garis emisi disebabkan keserasian transisinya. Jelas pada teknik SSA, diperlukan sumber radiasi yang mengemisi sinar pada panjang gelombang yang tepat sama pada proses absorpsinya. Dengan cara ini efek pelebaran puncak dapat dihindarkan. Sumber radiasi tersebut dikenal sebagai *hollow cathode* (Khopkar, 1990).

2.5.3 Analisis Kuantitatif

Spektrofotometri serapan atom (SSA) kegunaannya lebih ditentukan untuk analisis kuantitatif logam berat-logam berat alkali dan alkali tanah. Untuk maksud ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain :

1. Larutan sampel diusahakan se-encer mungkin, konsentrasi unsur yang dianalisis tidak lebih dari 5 % dalam pelarut yang sesuai.
2. Dihindari pemakaian pelarut aromatik atau halogenida. Pelarut organik yang umum dipakai adalah keton, ester, dan etil asetat. Sebaiknya dipakai pelarut-pelarut untuk analisis (p.a).
3. Dilakukan perhitungan atau kalibrasi dengan zat standar, sama seperti pelaksanaan spektrofotometri UV-Vis (Mulja dan Suharman, 1995).

2.5.4 Instrumentasi

Susunan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dapat dilihat pada gambar 1. Bagian-bagian penting dari SSA adalah sumber radiasi resonansi, atomizer, monokromator, dan detektor.



Gambar 2.3 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000.

2.5.5 Kegunaan Spektrofotometer Serapan Atom

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) telah digunakan untuk penetapan lebih kurang 70 unsur. Penggunaannya meliputi sampel biologi dan klinik, *forensic materials*, makanan dan minuman, air termasuk air buangan, tanah, tanaman, pupuk, logam berat, mineral, hasil-hasil minyak bumi, farmasi dan kosmetik. Adapun kelebihan dan kekurangan spektrofotometer serapan atom (Anonim II, 2017).

a) Kelebihan yang dimiliki oleh metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), yaitu :

1. Menganalisis konsentrasi logam berat dalam sampel secara akurat karena konsentrasi yang terbaca pada alat SSA berdasarkan banyaknya sinar yang diserap yang berbanding lurus dengan kadar zat.
2. Menganalisis sampel sampai pada kadar rendah (ppb), sedangkan pada metode lain seperti volumetrik hanya dapat menganalisis pada kadar yang tinggi (ppm).
3. Analisis sampel dapat berlangsung lebih cepat.

b) Kekurangan penggunaan metode SSA, yaitu :

1. Hanya dapat menganalisis logam berat dalam bentuk atom-atom. SSA menganalisis logam berat dari atom-atom karena tidak berwarna.
2. Sampel yang dianalisis harus dalam suasana asam, sehingga semua sampel yang akan dianalisis harus dibuat suasana asam dengan pH antara 2-3.
3. Biaya operasional lebih tinggi dan harga peralatan yang mahal.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Multifungsi Universitas Islam Ar-Raniry, Laboratorium Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Syiah Kuala, dan Laboratorium Kimia Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh pada bulan Februari 2020.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Dalam penelitian ini menggunakan oven UNB 400, mortal, neraca analitik ohaus, gelas arloji pyrex, spatula stainless steel, pengaduk gelas pyrex, labu takar pyrex 100 mL, labu takar pyrex 50 mL, pipet volume pyrex 5 mL, pipet volume pyrex 10 mL, pipet ukur pyrex 25 mL, corong gelas pyrex, gelas ukur pyrex 25 mL, gelas ukur pyrex 50 mL, botol semprot plastik, bola hisap karet, pipet tetes borosilikat, labu alas bulat pyrex 250 mL, hotplate HP0707V2, gelas piala pyrex 100 mL, gelas piala pyrex 250 mL, lemari asam ESCO Fume Hoods EFD-4A-8, dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000.

3.2.2 Bahan

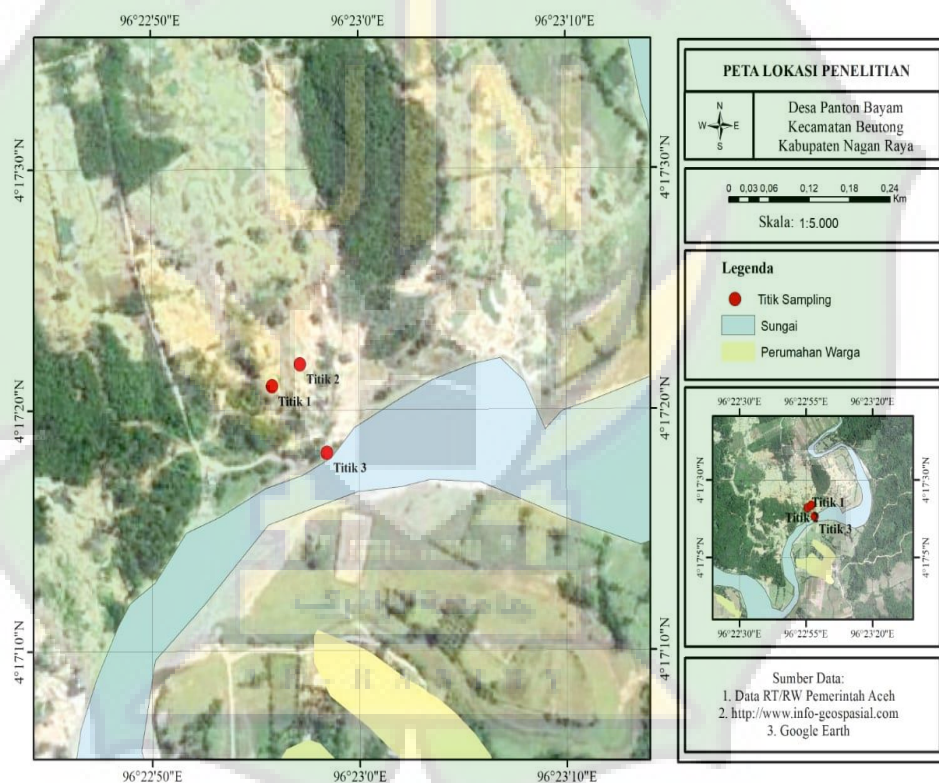
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tumbuhan paku di kawasan sungai tambang emas Beutong Nagan Raya, larutan HNO_3 pekat 4 M, larutan H_2SO_4 pekat, asam sulfat (H_2SO_4) pekat, kalium permanganat (KMnO_4) 5%, kalium persulfat ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) 5%, timah (II) klorida (SnCl_2) 10%, larutan HClO_4 pekat, larutan H_2O_2 30%, larutan hidroksilamin- NaCl , larutan standar merkuri (Hg), larutan standar tembaga (Cu), larutan standar perak (Ag), aquabides (H_2O) dan kertas saring whatman no. 42.

3.3. Cara Kerja

3.3.1 Penentuan Titik Sampel

Penentuan titik sampel dilakukan di wilayah sisa penambangan emas yang terdapat di Desa Panton Bayam. Tempat pengambilan sampel terdiri dari 3 titik yaitu kolam tambang I yang berada di titik 1, kolam tambang 3 berada di titik 3 sebagai tempat akhir dari aliran limbah pertambangan. Diantara titik 1 (kolam tambang 1) dan titik 3 (kolam tambang 3) terdapat titik 2 yakni bagian tengah dari kolam 1 dan 3 di Desa Pantom Bayam.

Pemilihan titik sampel dilakukan dengan metode *Purposive Sampling*, yaitu penentuan kelompok subjek berdasarkan ciri-ciri atau sifat-sifat populasi tertentu (Hadi, 1980).



Gambar. 3.1 Lokasi dan titik pengambilan sampel dikawasan bekas penambangan emas di Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya.

3.3.2 Preparasi Sampel

Sampel tumbuhan paku (*Pteridophyta*) diambil dari 3 titik yang berbeda yaitu titik 1, 2, dan 3. Dimana disetiap titik diambil 3 sampel tumbuhan paku (*Pteridophyta*) yang utuh dimana masing-masing terdiri dari akar, batang, dan daun. Selanjutnya sampel yang telah diambil dimasukkan ke dalam wadah plastik, kemudian diberi label sesuai dengan lokasi pengambilan tumbuhan paku (*Pteridophyta*). Selanjutnya sampel tumbuhan paku (*Pteridophyta*) dibersihkan dengan air hingga bersih kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama 6 jam hingga sampel kering. Selanjutnya sampel dipotong-potong dan gerus hingga berbentuk serbuk (Kosegeran, dkk, 2015).

3.3.3 Analisis Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Sampel Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)

Sampel tumbuhan paku (*Pteridophyta*) ditimbang $\pm 0,1$ gram sampel kering, kemudian ditambahkan 2,5 mL larutan asam nitrat (HNO_3) pekat, 5 mL larutan asam sulfat (H_2SO_4) pekat dan tambahkan 15 mL larutan kalium permanganat (KMnO_4) 5% lalu didiamkan sampai 15 menit. Jika warna ungu sudah hilang, maka ditambahkan kembali larutan kalium permanganat (KMnO_4) hingga warna ungu hilang kembali. Kemudian ditambahkan 8 mL larutan kalium persulfat ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) 5% lalu dipanaskan dalam penagas air selama 2 jam pada suhu 95°C . Setelah itu sampel didinginkan pada suhu kamar dan ditambahkan larutan hidroksilamin NaCl 10% secukupnya untuk mereduksi kelebihan KMnO_4 , selanjutnya sampel disaring. Fitrat yang dihasilkan kemudian ditambahkan 5 mL larutan timah (II) klorida (SnCl_2). Selanjutnya diukur kadar merkuri (Hg) pada sampel menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000 pada panjang gelombang 253,7 (SNI-698978:2011).

3.3.4 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Merkuri (Hg)

3.3.4.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Merkuri (Hg)

Dilarutkan 1,35 gram HgCl_2 dengan akuades kemudian dimasukkan ke dalam labu takar dan diencerkan hingga tanda batas serta dikocok hingga homogen. Kemudian, larutan standar merkuri (Hg) 1000 ppm dipipet sebanyak 10 mL ke dalam labu takar 100 mL. Kemudian di encerkan larutan dengan akuabides sampai tanda batas lalu menghomogenkan (SNI-698978:2011).

3.3.4.2 Pembuatan Deret Standar Logam Berat Merkuri (Hg)

Larutan deret standar merkuri (Hg) dibuat dengan konsentrasi 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, dan 25 ppm dalam labu ukur 100 mL. Kemudian ditambahkan akuabides sampai tanda batas kemudian homogenkan. Larutan deret standar siap diukur kadar logam berat merkuri (Hg) dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 253,7 nm (SNI-698978:2011).

3.3.5 Analisis Kadar Logam Berat Tembaga (Cu) dan Perak (Ag) Pada Sampel Tumbuhan Paku (*Pteridhopyta*)

Sampel tumbuhan paku (*Pteridophyta*) digerus hingga berbentuk serbuk. Ditimbang $\pm 0,5$ gram sampel kering, kemudian dimasukkan dalam tanur pada suhu 600-650 °C (pengabuan) selama 3-4 jam. Setelah selesai proses pengabuan, sampel dilarutkan dengan menambahkan 5 mL asam nitrat pekat dan perklorat (HClO_4) p.a sebanyak 0,5 mL. Kemudian ditambahkan akuades sampai volume menjadi 100 mL. Lalu sampel dipanaskan pada hot plate sampai mendidih dan volume berkurang 30 mL. Bila belum terjadi kabut ulangi penambahan HNO_3 sebanyak 5 mL (HClO_4) p.a sebanyak 0,5 mL, kemudian dipanaskan kembali hingga menjadi kabut. Setelah menjadi kabut, tambahkan kembali larutan dengan akuabides sehingga volume sampai menjadi 100 mL, lalu diendapkan. Sampel yang telah diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring. Sampel yang diperoleh siap untuk dianalisis

dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 324,7 nm untuk menganalisis kadar logam berat tembaga (Cu), dan pada panjang gelombang 328,1 nm untuk menganalisis kadar logam berat perak (Ag) pada sampel (Panjaitan, 2009).

3.3.6 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Tembaga (Cu)

3.3.6.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Tembaga (Cu)

Dilarutkan 3,929 gram CuSO_4 dengan akuades kemudian dimasukkan ke dalam labu takar dan diencerkan hingga tanda batas serta dikocok hingga homogen. Kemudian, larutan standar tembaga (Cu) 1000 ppm dipipet sebanyak 10 mL ke dalam labu takar 100 mL. Kemudian diencerkan larutan dengan akuabides sampai tanda batas lalu menghomogenkan (Panjaitan, 2009).

3.3.6.2 Pembuatan Deret Standar Logam Berat Tembaga (Cu)

Larutan induk tembaga (Cu) dengan konsentrasi 1000 mg/L diencerkan menjadi konsentrasi 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, dan 25 ppm dalam labu ukur 100 mL. Kemudian ditambahkan akuabides sampai tanda batas kemudian homogenkan. Larutan deret standar siap diukur kadar logam berat tembaga (Cu) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 324,7 nm (Panjaitan, 2009).

3.3.7 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Perak (Ag)

3.3.7.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Perak (Ag)

Dilarutkan 1,575 gram AgNO_3 dengan akuades kemudian dimasukkan ke dalam labu takar dan diencerkan hingga tanda batas serta dikocok hingga homogen. Kemudian, larutan standar tembaga (Ag) 1000 ppm dipipet sebanyak 10 mL ke dalam labu takar 100 mL. Kemudian diencerkan larutan dengan akuabides sampai tanda batas lalu menghomogenkan (Panjaitan, 2009).

3.3.7.2 Pembuatan Deret Standar Logam Berat Perak (Ag)

Larutan induk Perak (Ag) dengan konsentrasi 1000 mg/L diencerkan menjadi konsentrasi 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, dan 25 ppm dalam labu ukur 100 mL. Kemudian ditambahkan akubiades sampai tanda batas kemudian homogenkan. Larutan deret standar siap diukur kadar logam berat perak (Ag) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 328,1 nm (Panjaitan, 2009).



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Hg

Data hasil pengukuran logam berat Hg pada setiap konsentrasi dari larutan standar dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Hg dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000

No	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0	0
2	5	0,0828
3	10	0,1736
4	15	0,1880
5	20	0,2012

4.1.2 Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Cu

Data hasil pengukuran logam berat Cu pada setiap konsentrasi dari larutan standar dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Cu dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000.

No	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0	0
2	5	0,0144
3	10	0,0303
4	15	0,0762
5	20	0,1542
6	25	0,3048

4.1.3 Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Ag

Data hasil pengukuran logam berat Ag pada setiap konsentrasi dari larutan standar dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Berat Ag dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000.

No	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0	0
2	5	0,0201
3	10	0,0420
4	15	0,1132
5	20	0,2266
6	25	0,4368

4.1.4. Hasil Pengukuran Logam Berat Cu, Ag , dan Hg pada Tumbuhan Paku

Kandungan logam berat Cu, Ag dan Hg yang terserap oleh tanaman paku (*Pteridophyta*) di lingkungan pada Kawasan pertambangan emas di Desa Panton Bayam, dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Konsentrasi logam berat Cu, Ag, dan Hg yang terakumulasi dalam tumbuhan paku (*Pteridophyta*).

No	Titik Sampel	Konsentrasi (mg/kg)		
		Cu	Ag	Hg
1	1	3,1671	<0,0001 [#])	0,2709
2	2	1,2470	<0,0001 [#])	0,2364
3	3	11,1213	<0,0001 [#])	0,3281

Keterangan : # = Menandakan hasil yang didapatkan di bawah standar minimum

4.2 Pembahasan

4.2.1 Preparasi Sampel

Metode pengambilan sampel tumbuhan paku (*Pteridophyta*) merupakan suatu parameter penting dalam melakukan suatu penelitian. Dimana pengambilan sampel ini nantinya akan mempengaruhi validitas data. Dalam penelitian ini, sampel yang diambil adalah tumbuhan paku (*Pteridophyta*) dari Desa Panton Bayam dimana dari 3 titik yang berbeda. Proses penentuan titik dan pengambilan sampel berada pada bekas kawasan pertambangan emas. Dimana tumbuhan paku (*Pteridophyta*) yang dijadikan sampel diantaranya adalah tumbuhan paku (*Pteridophyta*) yang masih segar dan memiliki daun yang banyak (Kosegeran, dkk 2015). Sampel yang sudah dipisahkan berdasarkan kriteria tersebut, kemudian dipotong menjadi kecil dan tipis. Hal ini bertujuan untuk memperkecil luas permukaannya, agar mudah kering saat dikeringkan.

Klasifikasi Taksonomi tumbuhan paku (*Pteridophyta*) :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Devisi	: <i>Pteridophyta</i>
Kelas	: <i>Filicinae</i>
Ordo	: <i>Filicinae</i>
Famili	: <i>Polypodiaceae</i>
Genus	: <i>Davallia</i>
Spesies	: <i>Davallia trichomanoides</i>



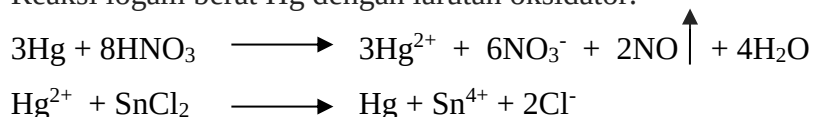
Gambar 4.1 Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)

Sampel diambil dan dipotong potong kecil, perlakuan tersebut bertujuan agar memudahkan proses destruksi. Destruksi ini bertujuan untuk menghilangkan komponen organik dari sampel dengan prinsip oksidasi. Destruksi dapat dibedakan menjadi dua yaitu destruksi kering dan destruksi basah. Destruksi kering tidak digunakan karena logam berat yang ingin dianalisis mudah menguap seperti merkuri (Hg). Destruksi basah adalah perombakan sampel dengan asam-asam kuat baik tunggal maupun campuran, kemudian dioksidasi dengan menggunakan zat oksidator. Pelarut-pelarut yang dapat digunakan untuk destruksi basah antara lain asam nitrat, asam sulfat, asam perklorat, dan asam klorida (Rusnawati, Yusuf, dan Alimuddin, 2018). Semua pelarut tersebut dapat digunakan baik tunggal maupun campuran. Kesempurnaan destruksi ditandai dengan diperolehnya larutan jernih pada larutan destruksi, yang menunjukkan bahwa semua konstituen yang ada telah larut sempurna atau perombakan senyawa-senyawa organik telah berjalan dengan baik. Senyawa-senyawa garam yang terbentuk setelah destruksi merupakan senyawa garam yang stabil (Raimon, 1993).

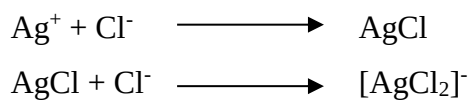
Dekstruksi basah dilakukan menggunakan asam nitrat (HNO₃) pekat. Asam nitrat (HNO₃) digunakan karena merupakan oksidator yang kuat dan tidak bersifat eksplosif dan tidak membentuk garam yang sukar larut dalam air seperti asam sulfat (H₂SO₄) (Herly, 2015). Kesempurnaan destruksi ditandai dengan terjadi perubahan asap putih menjadi asap coklat dan diperolehnya larutan jernih yang menunjukkan bahwa semua konstituen yang ada telah larut sempurna atau perombakan senyawa-senyawa organik telah berjalan dengan baik.

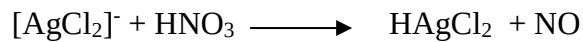
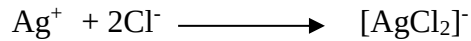
Adapun reaksi yang terjadi ketika penambahan larutan oksidator pada sampel saat didestruksi adalah sebagai berikut (Lestari, 2015) :

1. Reaksi logam berat Hg dengan larutan oksidator.

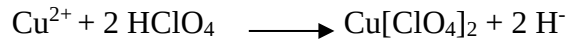
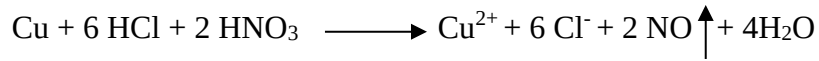


2. Reaksi logam berat Ag dengan larutan oksidator.





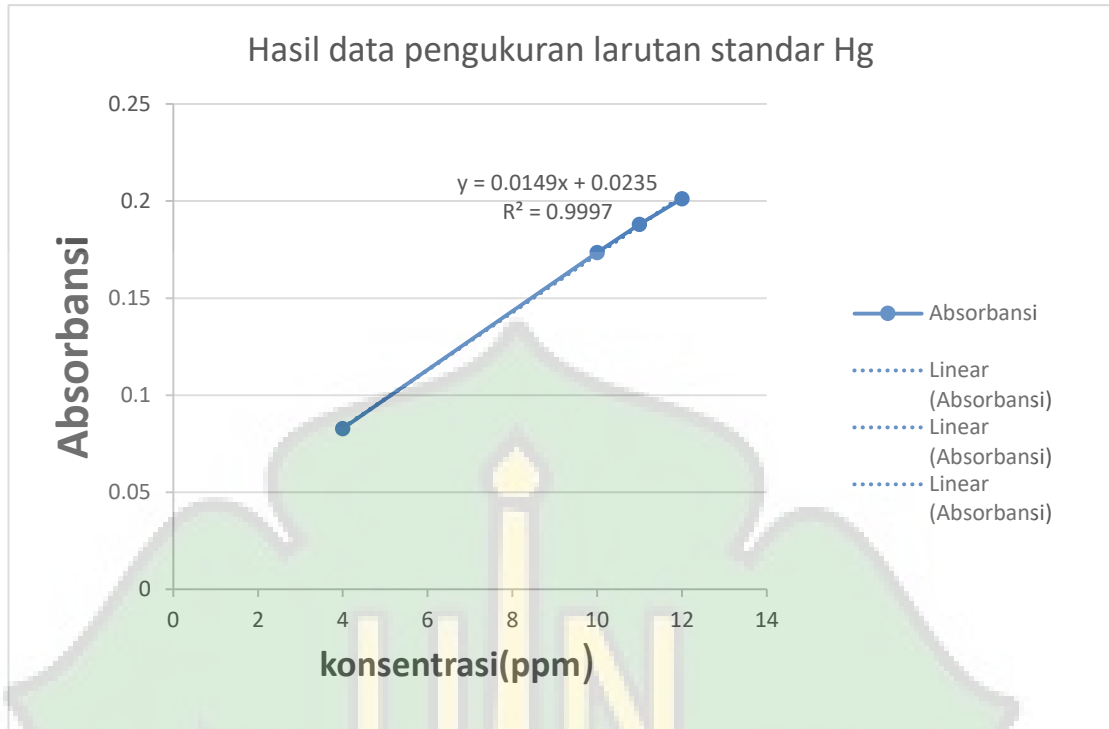
3. Reaksi logam berat Cu dengan larutan oksidator.



4.2.2. Kurva kalibrasi larutan Standar

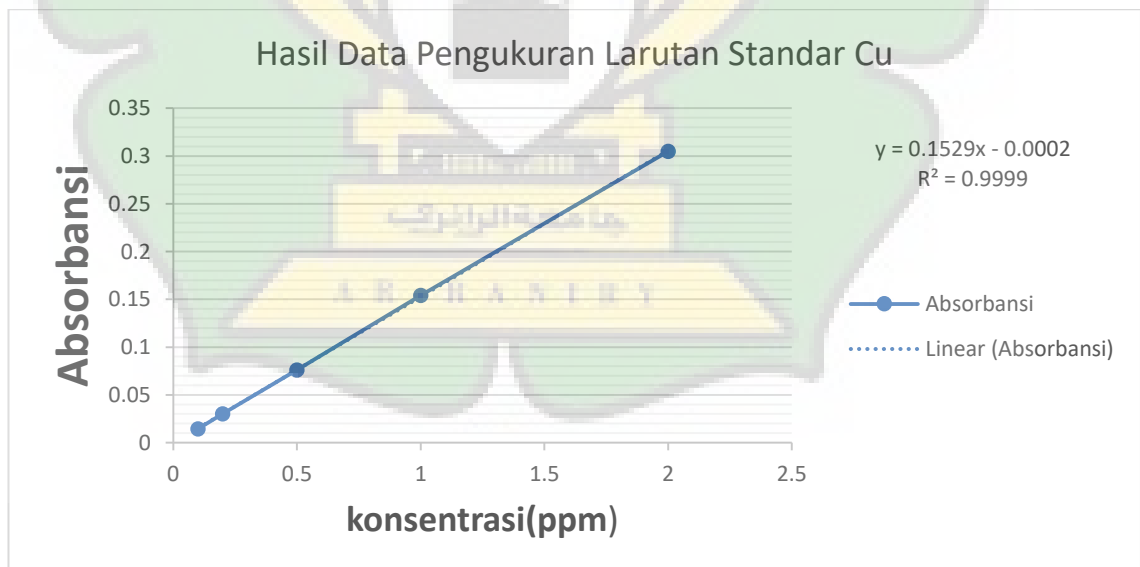
Kurva kalibrasi standar merupakan bagian penting dalam melakukan pengujian kadar suatu unsur dalam analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Kurva standar dibuat berdasarkan hukum Lambert-Beer, yaitu $A = a \cdot b \cdot C$. Dimana A adalah absorbansi, a adalah absorbtivitas, b adalah tebal nyala, dan C adalah konsentrasi. Dilihat dari persamaan ini, semakin besar nilai absorbansi yang dihasilkan, maka semakin besar nilai konsentrasi yang diperoleh. Analisis kadar logam berat Hg, Ag dan Cu pada tumbuhan paku di Desa Panton Bayam dilakukan dengan menggunakan alat SSA. Analisis diawali dengan pengukuran absorbansi larutan standar Hg, Ag dan Cu. Adapun hasil data absorbansi larutan standar yang diperoleh dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

4.2.2.1 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Merkuri (Hg).



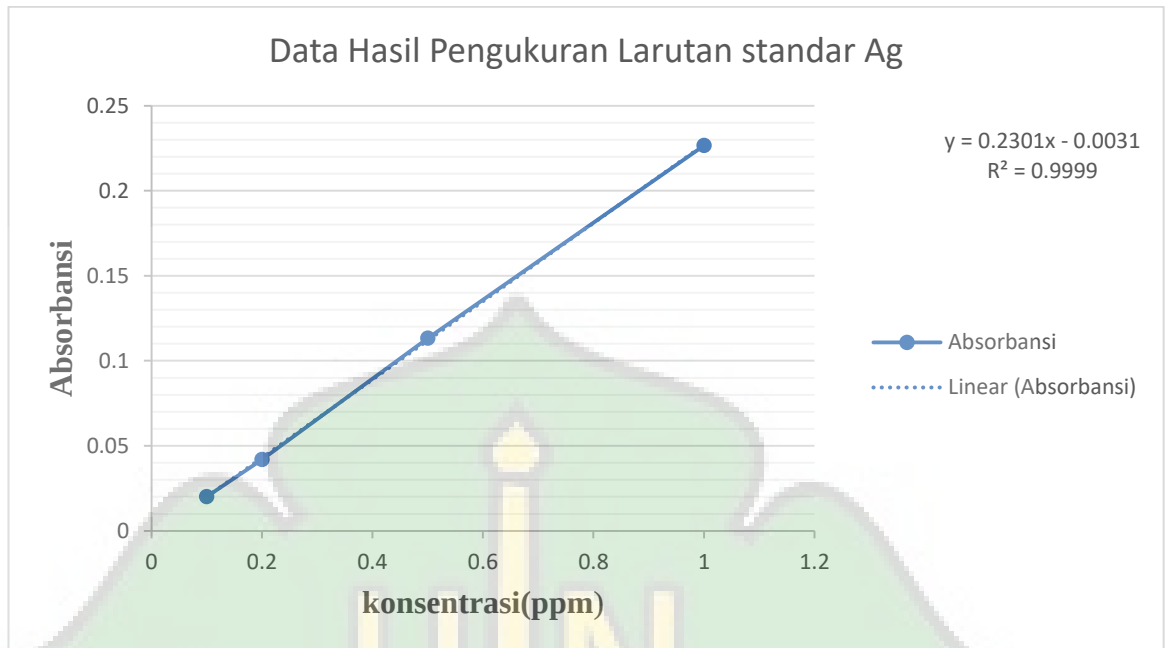
Gambar 4.2 Grafik Kurva Kalibrasi Standar Logam Berat Hg.

4.2.2.2 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Tembaga (Cu).



Gambar 4.3 Grafik Kurva Kalibrasi Standar Logam Berat Cu.

4.2.2.3 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Perak (Ag).



Gambar 4.4 Grafik kurva Kalibrasi Standar Logam Berat Ag.

Gambar dari ketiga grafik kurva di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka nilai absorbansi semakin naik. Kurva tersebut merupakan perbandingan antara konsentrasi yang mewakili sumbu x dan absorbansi yang mewakili sumbu y. berdasarkan hasil yang diperoleh kemudian dibuat persamaan garis linier $y = bx + a$. Dimana y adalah absorbansi, b adalah slope atau nilai kemiringan, x adalah konsentrasi dan a adalah intersep. Adapun persamaan yang dihasilkan dari kurva standar Hg adalah $y = 0,0149x + 0,0235$, kurva standar Cu adalah $y = 0,1529x - 0,0002$ dan kurva standar Ag adalah $y = 0,2301x - 0,0031$. Dari persamaan linier di atas menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) Hg, Cu dan Ag sebesar 0,9997, 0,9999 dan 0,9999 . Hal ini menunjukkan bahwa respon instrument Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) terhadap konsentrasi larutan standar telah memenuhi syarat, karena nilai R^2 telah mendekati +1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dalam

keadaan baik dan persamaan linier tersebut dapat digunakan dalam menghitung konsentrasi sampel.

Linearitas merupakan keabsahan kurva kalibrasi yang dihasilkan dengan menentukan harga koefisien korelasi (R^2). Dimana nilai R^2 menyatakan ukuran kesempurnaan antara nilai absorbansi dan nilai konsentrasi yang membentuk garis lurus. Linearitas dikatakan sempurna apabila nilai R^2 mendekati 1. Dari kurva standar Hg, Cu, dan Ag didapatkan nilai R^2 sebesar 0,9997, 0,9999 dan 0,9999, dimana nilai R^2 mendekati 1. Hal ini artinya titik-titik pada kurva kalibrasi yang dihasilkan sampel mendekati garis lerengnya. Oleh sebab itu, kurva kalibrasi standar Hg, Cu, dan Ag layak dijadikan sebagai acuan dalam mengukur kadar logam berat pada sampel.

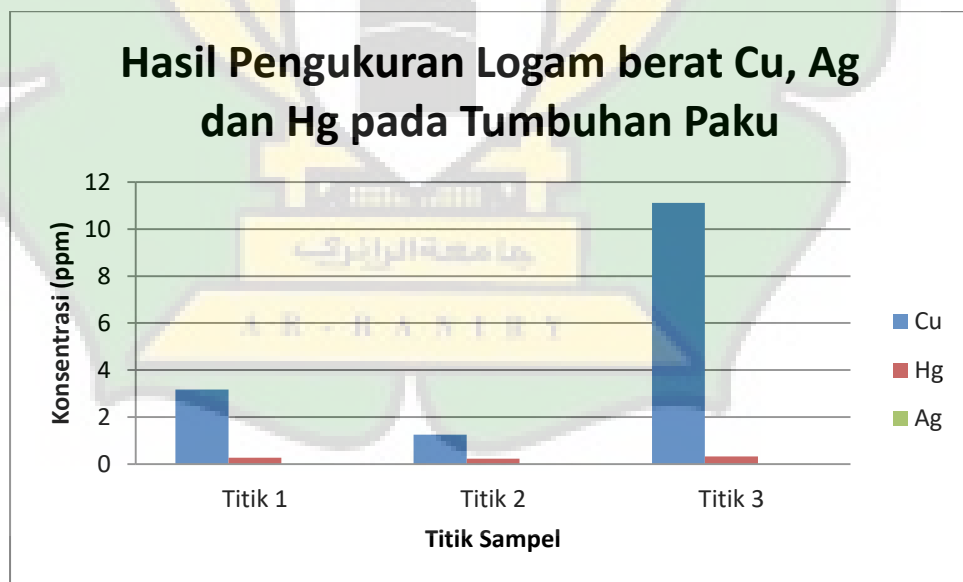
Hasil pengujian larutan standar logam berat Hg, Cu dan Ag menunjukkan bahwa nilai absorbansi meningkat seiring dengan meningkatnya nilai konsentrasi larutan standar (ppm). Hal ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Larutan Standar Pada Logam Berat Hg, Cu, dan Ag.

No	Hasil Pengujian Larutan Standar Pada Logam berat Hg, Cu dan Ag.					
	Larutan Standar Hg		Larutan Standar Cu		Larutan Standar Ag	
	Konsentrasi	Absorbansi	Konsentrasi	Absorbansi	Konsentrasi	Absorbansi
1	4	0,0828	0.1	0.0144	0.1	0.0201
2	10	0.1736	0.2	0.0303	0.2	0.042
3	11	0,188	0.5	0.0762	0.5	0.1132
4	12	0,2012	1	0,1542	1	0.2266
5	-	-	2	0,3048	2	0,4368

4.2.3 Analisis Logam Berat Hg, Cu, dan Ag pada Tumbuhan Paku (*Pteridhopyta*).

Analisis Logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu) dan perak (Ag) pada tumbuhan paku (*Pteridhopyta*) yang berasal dari penambangan emas di Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya dengan tujuan untuk mengetahui kadar logam berat merkuri (Hg), Tembaga (Cu) dan Perak (Ag) pada tumbuhan paku (*Pteridhopyta*). Kegiatan penambangan emas di Desa Panton Bayam masih dijadikan sebagai mata pencarian oleh sebagian masyarakat, hal ini dikhawatirkan adanya penggunaan logam berat untuk proses pemisahan emas dengan zat kotornya, salah satunya logam berat merkuri (Hg), merupakan logam berat yang berbahaya jika tercemar di lingkungan perairan. Hasil pengukuran serapan pada Tumbuhan paku (*Pteridhopyta*) untuk analisis logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu) dan perak (Ag) yang terdapat di kawasan pertambangan emas di Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya dengan instrumen SSA SHIMADZUU AA-7000 dapat dilihat dalam gambar 4.5 sebagai berikut:



Gambar 4.5 Konsentrasi logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu), dan perak (Ag) pada tumbuhan paku (*Pteridhopyta*).

Gambar 4.5 menunjukkan Konsentrasi logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu) dan perak (Ag) pada tumbuhan paku (*pteridhopyta*) di kawasan pertambangan emas Desa Panton Bayam Kecamatan Beutong. Penyerapan logam berat logam berat tersebut oleh tumbuhan paku berbeda – beda disetiap titik. Berdasarkan gambar 4.5 di atas dapat diketahui konsentrasi logam berat Hg tertinggi yang terakumulasi pada tumbuhan paku (*Pteridhopyta*) terdapat pada titik 3 sebesar 0,3281, pada logam berat Cu konsentrasi tertinggi terdapat pada titik 3 sebesar 11,1213 serta pada konsentrasi logam berat Ag tidak terdapat konsentrasi yang tertinggi disebabkan hasil konsentrasi logam berat Ag pada tumbuhan paku di bawah batas minimum keberadaan logam berat pada suatu sampel. Sedangkan konsentrasi logam berat Hg yang terkecil pada tumbuhan paku (*Pteridhopyta*) terdapat pada titik 2 sebesar 0,2364, pada logam berat Cu konsentrasi yang terkecil terdapat pada titik 2 sebesar 1,2470 sedangkan pada logam berat Ag tidak terdapat konsentrasi yang terkecil. Dari data diatas diketahui konsentrasi logam berat yang terabsorpsi tertinggi terdapat pada titik 3, hal ini disebabkan pada titik 3 merupakan tempat akhir dari aliran limbah, sehingga logam berat terakumulasi di titik ini. Untuk titik 1 merupakan titik kedua terbanyak yang mengandung logam berat. Hal ini diperkirakan karena titik 1 memiliki jarak yang lebih dekat terhadap akhir dari aliran limbah dibandingkan dengan titik 2. Alasan ini sesuai dengan keadaan lingkungan (jarak) sebagai penentu sedikit atau banyaknya penyerapan logam berat (Kosegeran, *dkk*, 2015).

Menurut Darmono (1995) mengatakan bahwa akumulasi logam berat dalam tumbuhan paku (*Pteridhopyta*) tidak hanya bergantung pada kandungan logam berat dalam tanah, tetapi juga tergantung pada unsur kimia, tanah, jenis logam berat, pH tanah, dan spesies tanaman.

Berdasarkan data yang diperoleh, konsentrasi logam berat Hg pada tumbuhan paku dinyatakan mengandung logam berat merkuri (Hg) di atas batas maksimum dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 101 Tahun 2014, sehingga tumbuhan paku dipastikan menyerap logam berat

membentuk enzim reduktase pada membran akar dan akan terjadi translokasi di dalam tubuh tanaman. (Darmono, 1995).

Hasil pengukuran logam berat Cu dan Ag pada tumbuhan paku di Desa Panton Bayam Kecamatan Beutong Kabupaten Nagan Raya dinyatakan konsentrasi logam berat Cu lebih besar dari pada konsentrasi logam berat Ag. Walaupun secara alami logam berat Cu dan Ag mempunyai sumber yang hampir sama, yaitu akibat erosi batuan mineral, partikel di udara yang dibawa hujan dan secara non alami akibat aktivitas manusia seperti limbah industri. Tingginya kandungan logam berat Cu juga dipengaruhi oleh kondisi medium disekitarnya, seperti suhu, pH dan salinitas yang sangat mendukung terjadinya peningkatan kelarutan logam berat, hal ini sesuai dengan Merian (1994) yang mengatakan kondisi tanah yang asam akan meningkatkan kelarutan Cu, sedangkan kondisi basa Cu cenderung dipresipitasi oleh tanah sehingga akan terlarut dan terbawa air yang mengakibatkan defisiensi Cu pada tanaman. Sedangkan konsentrasi logam berat Ag pada tumbuhan paku (*Pteridhopyta*) tidak terdapat konsentrasi yang berbeda disetiap titik, disebabkan oleh rendahnya kadar Ag pada yang terdapat pada tumbuhan paku sehingga hasil yang didapatkan di bawah standar keberadaan logam berat pada sampel tanaman.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian kesimpulan yang dapat dinyatakan yaitu:

1. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun menetapkan bahwa kadar logam berat perak (Ag) masih berada di bawah standar batas minimum yakni dimana standar batas minimum logam perak <5 . Sedangkan kandungan logam berat tembaga (Cu) dan merkuri (Hg) dinyatakan melebihi batas minimum yang ditetapkan yakni untuk tembaga (Cu) <10 sedangkan untuk merkuri (Hg) $<0,05$. Hal ini dikarenakan titik 3 berada di jarak yang lebih dekat pada akhir aliran limbah.
2. Konsentrasi kadar logam berat merkuri (Hg) pada tumbuhan paku (*pteridhopyta*) yang paling tinggi adalah pada titik 3 sebesar 0,3281 ppm, pada logam berat Cu konsentrasi yang tertinggi di titik 3 sebesar 11,1213, sedangkan pada konsentrasi tertinggi pada logam berat Ag tidak didapatkan, disebabkan hasil konsentrasinya di bawah jumlah minimum.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya hendak dilakukan pada lokasi penambangan yang terbaru serta pada tumbuhan akumulator yang lain sehingga data yang didapatkan merupakan data yang terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. 2014. Kontaminasi logam berat pada makanan dan dampaknya pada kesehatan. *Teknobuga*. 1(1), 53-65.
- Aziz, M. (2014). Model pertambangan emas rakyat dan pengelolaan lingkungan tambang di wilayah Desa Paningkaban, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah. *Dinamika Rekayasa*. 10(1), 20-28.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2016). *Statistik Pertambangan Non Minyak Dan Gas Bumi*.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). *SNI 6989.78:2011, Air Dan Air Limbah- Bagian 78: Cara Uji Raksa (Hg) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Uap Dingin Atau Mercury Analyzer*.
- Darmono. (1995). *Logam berat dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam berat*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Effendi, H. (2003). *Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: KANISIUS.
- Ernawan., Danang., Sudadi., & Sumami. (2010). Pengaruh penggenangan dan konsentrasi timbal (Pb) terhadap pertumbuhan dan serapan Pb *Azolla microphylla* pada tanah berkarakter kimia berbeda. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air Dan Udara*. Yogyakarta: KANISIUS.
- Hadi, M.C. (2013). Bahaya merkuri di lingkungan kita. *Jurnal Skala Husada*. 10(2), 175-183.
- Hadi, S. (1980). *Metodologi Research*. Yogyakarta: Yayasan Penerbit Fakultas Psikologi UGM.

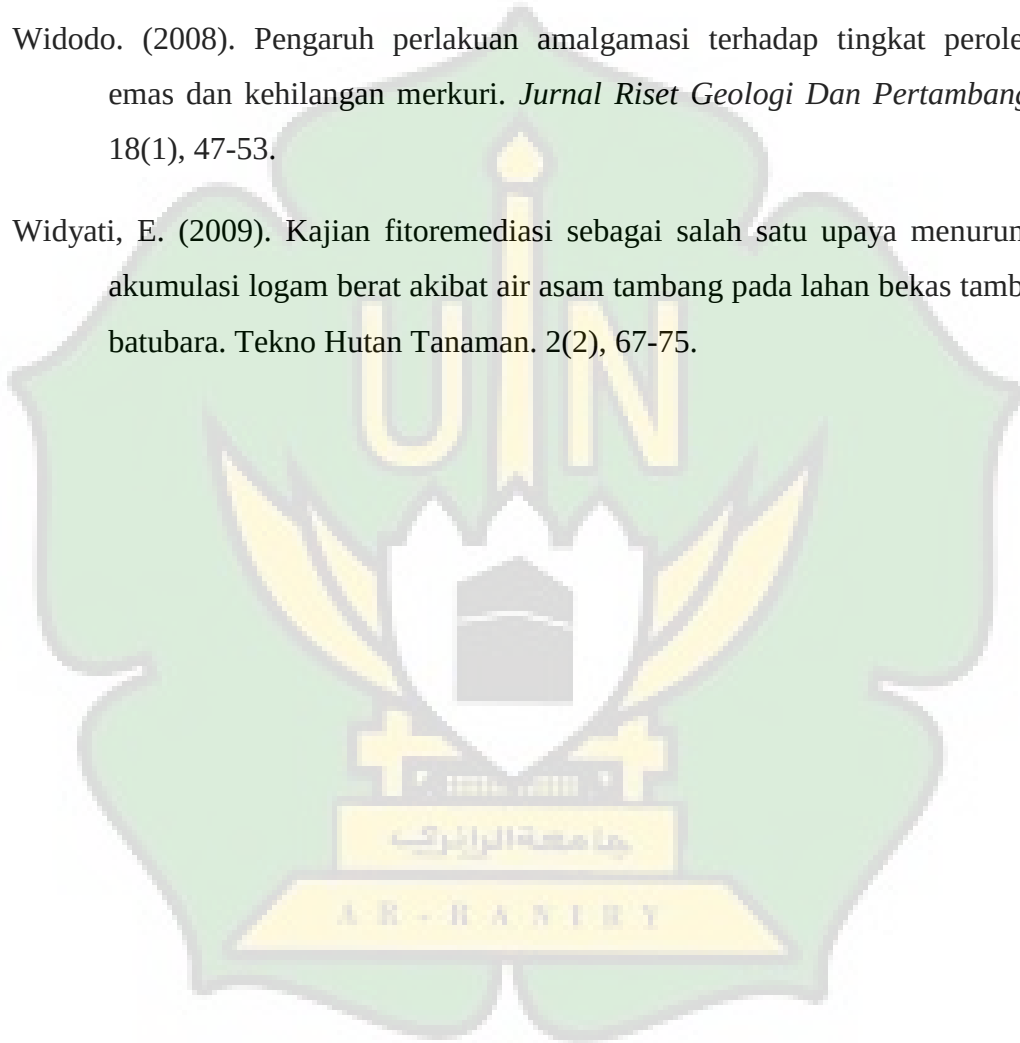
- Hidayat, F., Fadhilah., & Nasra, E. (2014). Penentuan kadar perak (Ag) dalam batuan termineralisasi menggunakan metode ekstraksi pelarut kelat ditizon dengan variasi pH dan waktu di wilayah tambang galian rakyat bukit Gunjo Jorong Tanjung Bungo Kec. Bonjol Kab. Pasaman. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*. Padang
- Hidayati, N. (2005). Fitoremediasi dan potensi tumbuhan hiperakumulator. *Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*. 12(1).
- Hidayati, N. (2013). Mekanisme fisiologi tumbuhan hiperakumulator logam berat. *Pusat Penelitian Biologi LIPI*. 14(2).
- Herman, D.Z. (2006). Tinjauan terhadap *tailing* mengandung unsur pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari sisa pengolahan bijih logam berat. *Jurnal Geologi Indonesia*. 1(1), 21-36.
- Hertika, A.M.S., & Putra, R.B.D.S. (2019). *Ekotoksikologi untuk Lingkungan Perairan*. Malang: UB Press.
- Irawati, D., Arini, D., & Kinho, J. 2012. Keragaman jenis tumbuhan paku (Pteridophyta) di Cagar Alam Gunung Ambang Sulawesi Utara. *Info BPK Manado*. 2(1), 17-39.
- Kitula, A.G.N. (2006). The environmental and socio-economic impacts of mining on local livelihoods in Tanzania: A case study of Geita District. *Journal of Cleaner Production*. 14, 405-414.
- Khopkar, S.M. (1990). *Basic Concepts Of Analitical Chemistry*. Jakarta: UI Press.
- Kosegeran, A.O., Randonuwu, S., Simbala, H., & Rumondor. (2015). Kandungan merkuri pada tumbuhan paku (*Diplazium accedens* Blume) di daerah tambang emas Tatelu-Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*. 15(1), 59-65.
- Larasati, R., Setyono, P., & Sambowo, K.A. (2012). Valuasi ekonomi eksternalitas penggunaan merkuri pada pertambangan emas rakyat dan peran pemerintah daerah mengatasi pencemaran merkuri (studi kasus

- pertambangan emas rakyat di Kecamatan Kokap Kulon Progo). *Jurnal EKOSAINS*. IV(1), 48-63.
- Lestaris, T. (2010). Faktor-faktor yang berhubungan dengan keracunan merkuri (Hg) pada Penambangan Emas Tanpa Ijin (PETI) di Kecamatan Kurun, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. *Skripsi*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Lestari, W.F. (2015). Analisis kadar logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb) pada tripang terung (*Phyllophorus sp.*) asal Pantai Kenjeran Surabaya secara Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Mahmud, M., Lihawa, F., Isa, I., & Patuti, I.M. (2013). *Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pengurangan Limbah Merkuri Akibat Pertambangan Emas Tradisional di Ekosistem Sungai Tulabolo, Kabupaten Bone Bolango*. Universitas Negeri Bolango.
- Merian, E. (1994). *Toxic Metal In The Environment*. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH.
- Mulja, M., & Suharman. (1995). *Analisis Instrumental*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mu'nisa, A., & Nurham. 2010. Analisis cemaran logam berat tembaga (Cu) pada ikan tambang (*Sardinella gibbosa*) yang dipasarkan di Makassar. *Bionature*. 11(2), 61-64.
- Muslim, A. (2014). *Merkuri Dan Keberadaannya*. Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Nuraini, T. (2009). Metode penentuan kadar logam berat timbal (Pb) dalam sosis kaleng menggunakan destruksi basah dengan variasi zat pengoksidasi secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. UIN Malang.
- Palar, H. (2004). *Pencemaran Dan Toksikologi Logam berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Panjaitan, G.Y. (2009). Akumulasi logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada pohon *Avicennia marina* di Hutan Mangrove. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (PMKRI), No 57. (2016). *Rencana Aksi Nasional Pengendalian Dampak Kesehatan Akibat Paparan Merkuri Tahun 2016-2020*.
- Puspitasari, R.F., Prasetya, A., & Rahayuningsih, E. (2019). Penurunan logam berat Hg dalam air menggunakan sistem *Sub-Surface Flow Constructed Wetland*: studi efektivitas. *Jurnal Rekayasa Proses*. 13(1), 41-46.
- Putra, D.M., Sungkowo, A., & Muryani, E. (2019). Arahan teknis pengolahan limbah hasil proses amalgamasi untuk menurunkan kadar merkuri di Desa Cihonje, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan Pelestarian Fungsi Bumi Dan Atmosfer*. 2(1), 13-23.
- Raimon. (1993). Perbandingan Metoda Destruksi Basah Dan Kering Secara Spektrofotometer Serapan Atom. *Lokakarya Nasional Jaringan Kerjasama Kimia Analitik Indonesia*. Yogyakarta.
- Rusnawati., Yusuf, B., & Alimuddin. 2018. Perbandingan metode destruksi basah dan destruksi kering terhadap analisis logam berat timbal (Pb) pada tanaman rumput bebek (*Lemna minor*). *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Universitas Mulawarman.
- Seno, A.J., Setyantoro, V., & Utami, B. (2009). Profil karakteristik bentuk sorus tumbuhan paku di kawasan wisata air terjun Ironggolo Kabupaten Kediri. *Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi FKIP Universitas Nusantara*. Kediri.

- Setiana, N., & Syahnur, S. (2018). Dampak pertambangan emas terhadap kehidupan social ekonomi dan lingkungan masyarakat di Kecamatan Beutong Kabupaten Nagan Raya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*. 3(4), 584-594.
- Setyaningsih, L. (2007). Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Kompos Aktif untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai Mindi (*Mella azedarach linn*) pada Media Tailing Tambang Emas Pongkor. *Tesis*. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Sidauruk, L., & Sipayung, P. (2015). Fitoremediasi lahan tercemar di kawasan industri Medan dengan tanaman hias. *Jurnal Pertanian Tropik*. 2(2).
- Sukandarrumidi. (2018). *Geologi Mineral Logam berat Untuk Explorer Muda*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sumampouw, O.J., & Risjani, Y. (2018). *Indikator Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Supriharyono. (2000). *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam Di Wilayah Pesisir Tropis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Tresna, S.A. (1991). *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tjitrosoepomo, G. (2009). *Taksonomi Umum (Dasar-Dasar Taksonomi Tumbuhan)*. Yogyakarta: UGM Press.
- Umacina, M., Liestianty, D., & Muliadi. (2014). Studi fitoremediasi tanah tercemar logam berat tembaga menggunakan tanaman keledai (*Glycine max* (L) merill) dengan penambahan arang (Charcoal). *Skripsi*. Universitas Khairun.
- Vogel. (1994). *Qualitative Inorganik Analysis*. Belfast, N. Ireland: Departement of Chemistry Queens University. .
- Waluyo, L. (2018). *Bioremediasi Limbah*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.

- Wardiah., Sarina, I., Hasanuddin., Nurmaliah, C., & Andayani, D. (2019). Pteridophyta di kawasan Air Terjun Suhom Kecamatan Lhoong Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Biotik*. 7(2), 89-95.
- Widhiyatna, D. (2005). Pendataan penyebaran merkuri akibat usaha pertambangan emas di Daerah Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat: A Review. *Indonesian Journal of Chemistry*. 12(1), 51-53.
- Widodo. (2008). Pengaruh perlakuan amalgamasi terhadap tingkat perolehan emas dan kehilangan merkuri. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*. 18(1), 47-53.
- Widyati, E. (2009). Kajian fitoremediasi sebagai salah satu upaya menurunkan akumulasi logam berat akibat air asam tambang pada lahan bekas tambang batubara. *Tekno Hutan Tanaman*. 2(2), 67-75.



LAMPIRAN

Lampiran 1 : Skema Kerja

1.1 Analisis Sampel Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)

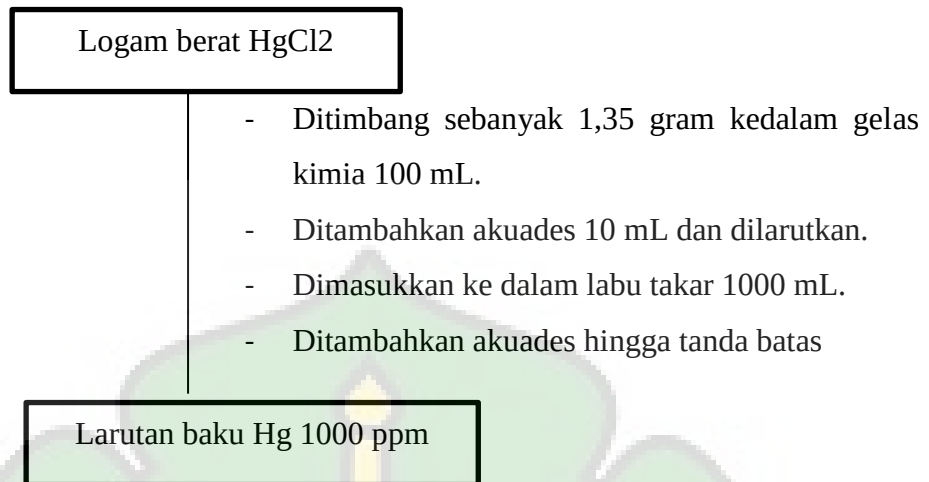
Tumbuhan paku (*Pteridophyta*)

- Sampel di potong keci-kecil dan dikeringkan di bawah sinar matahari $\pm$ 6 jam hingga kering.
- Digerus hingga berbentuk serbuk.
- Ditimbang $\pm$ 1 gram sampel.
- Ditambahkan 2,5 mL asam nitrat (HNO_3) pekat.
- Ditambahkan H_2SO_4 pekat sebanyak 5 mL.
- Ditambahkan KMnO_4 5% sebanyak 15 mL dan didiamkan selama 15 menit.
- Ditambahkan $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 5%.
- Dinginkan pada suhu kamar.
- Ditambahkan larutan hidrosilamin- NaCl .
- Disaring menggunakan kertas saring.
- Ditambahkan 1mL larutan timah (II) klorida (SnCl_2) 10% pada filtrat.
- Diukur kadar merkuri (Hg) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 253,7 nm.

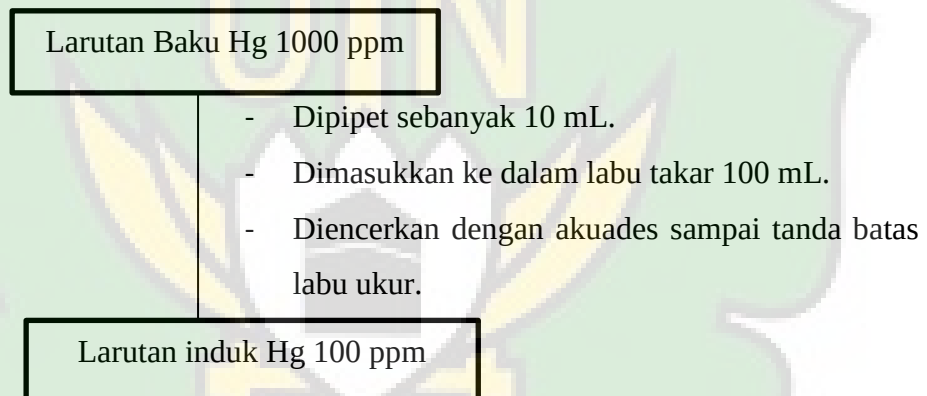
Hasil

1.2 Larutan Standar Logam Berat Merkuri

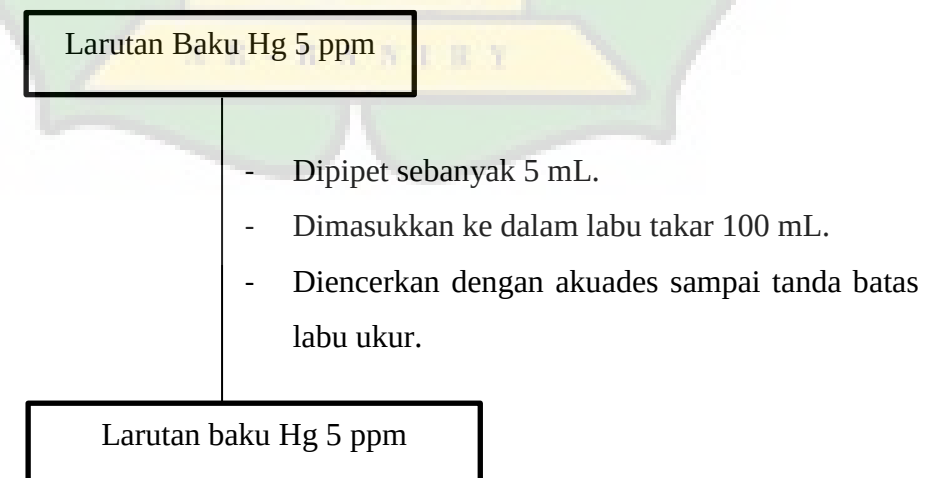
1.2.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Hg 1000 ppm



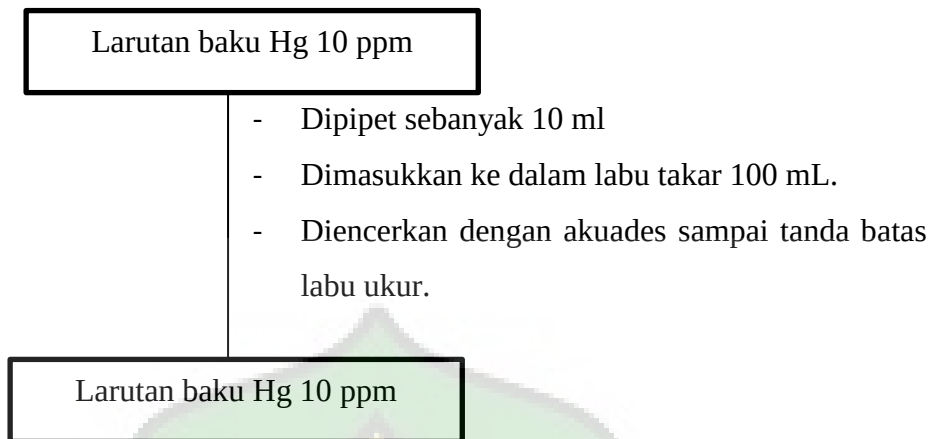
1.2.2 Pembuatan Larutan Induk Logam Berat Hg 100 ppm



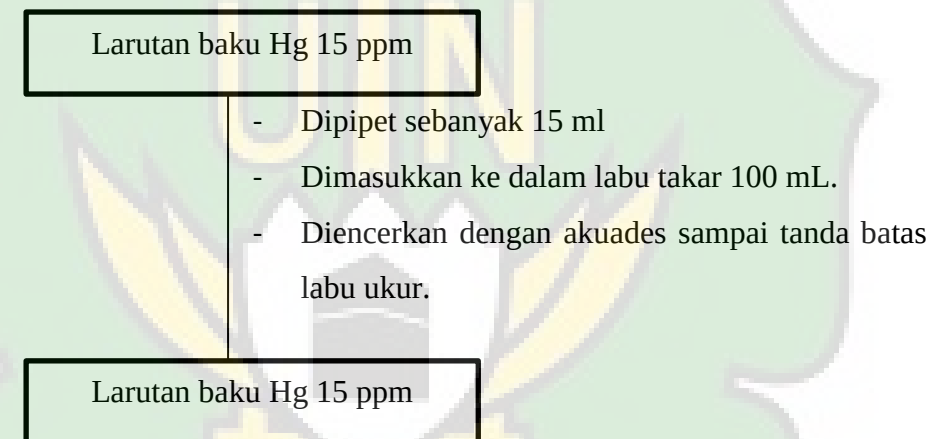
1.2.3 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Hg 5 ppm



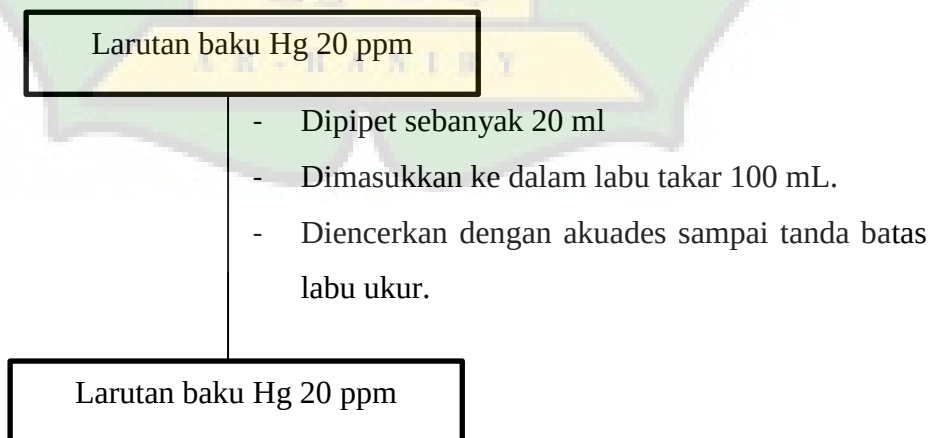
1.2.4 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Hg 10 ppm



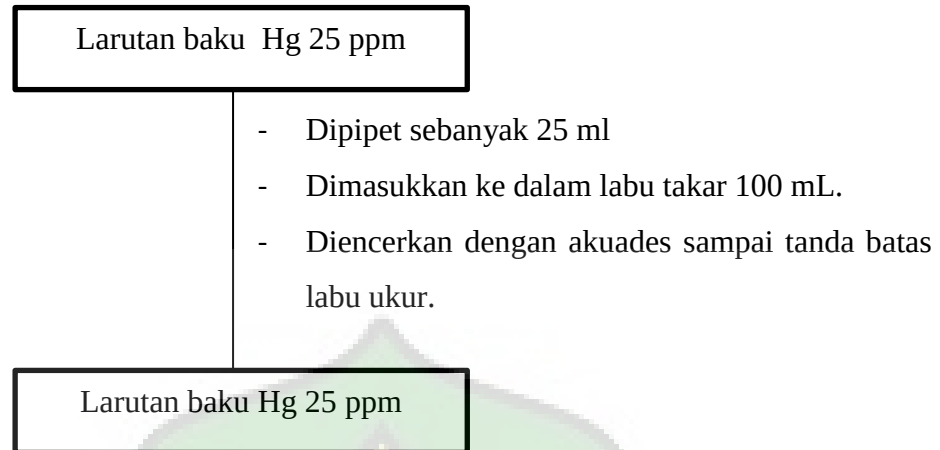
1.2.5 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Hg 15 ppm



1.2.6 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Hg 20 ppm



1.2.7 Pembuatan Larutan Standar Larutan Berat Hg 25 ppm

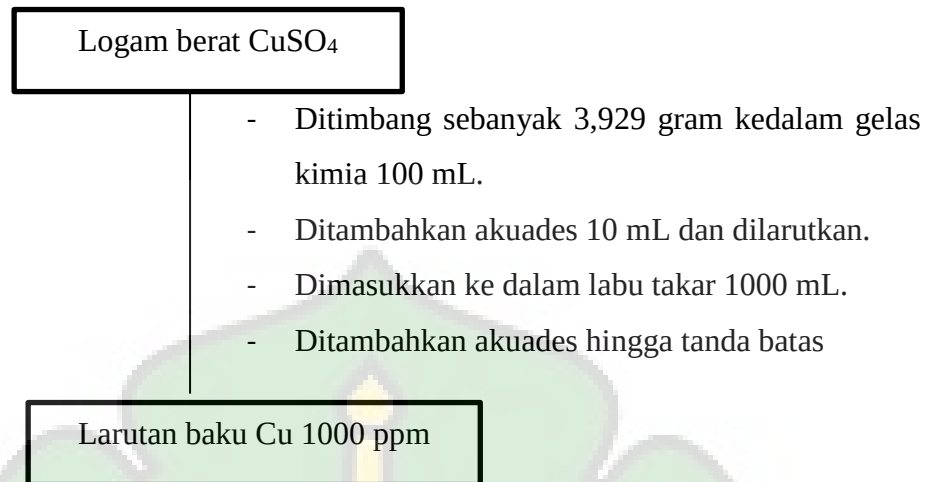


1.3 Analisis Kadar Logam Berat Tembaga (Cu) dan Perak (Ag) Pada Sampel Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)

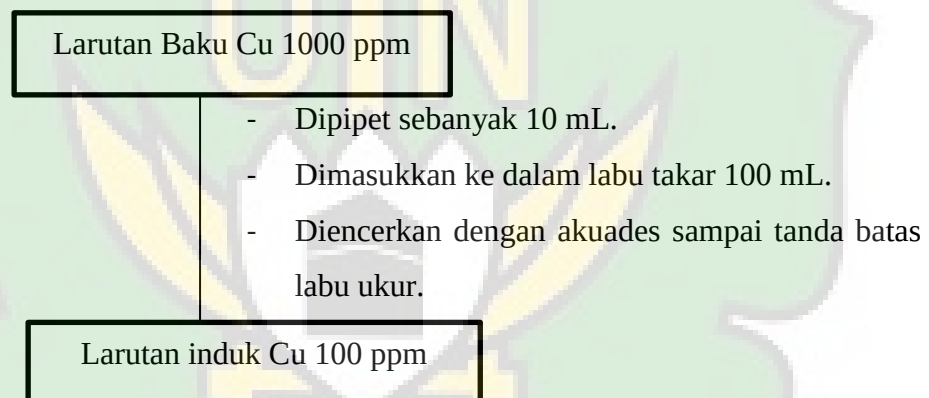


1.4 Larutan Standar Logam Berat Tembaga (Cu)

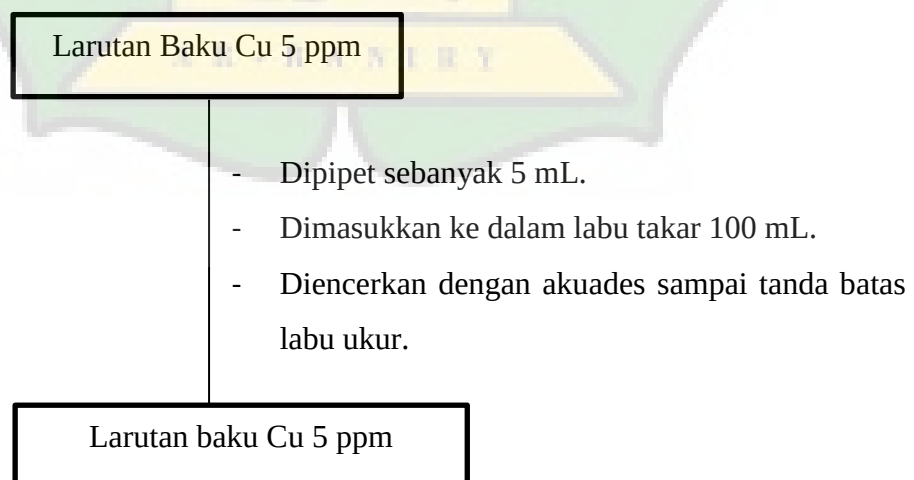
1.4.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Cu 1000 ppm



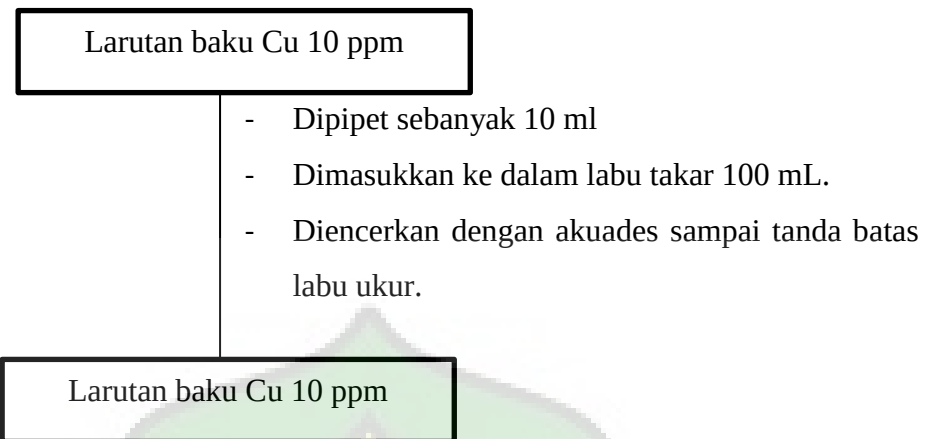
1.4.2 Pembuatan Larutan Induk Logam Berat Cu 100 ppm



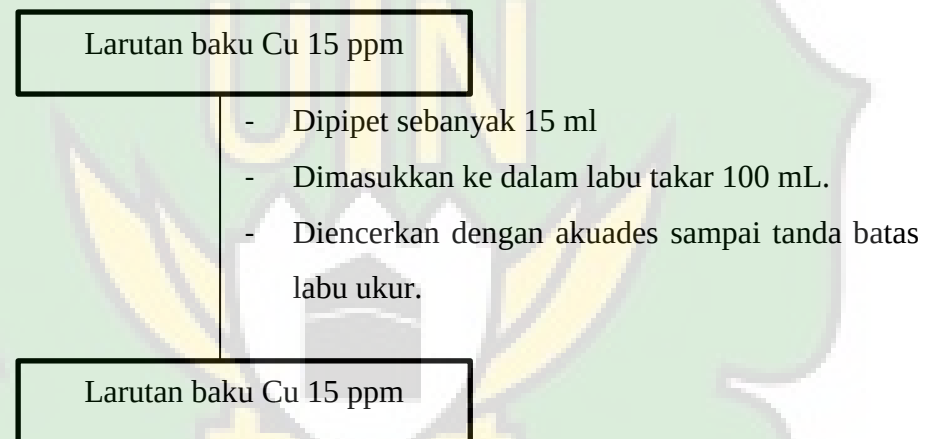
1.4.3 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Cu 5 ppm



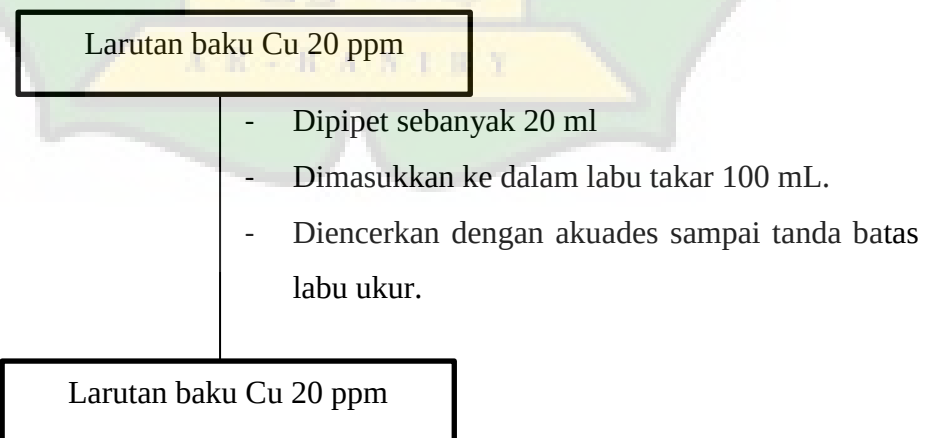
1.4.4 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Cu 10 ppm



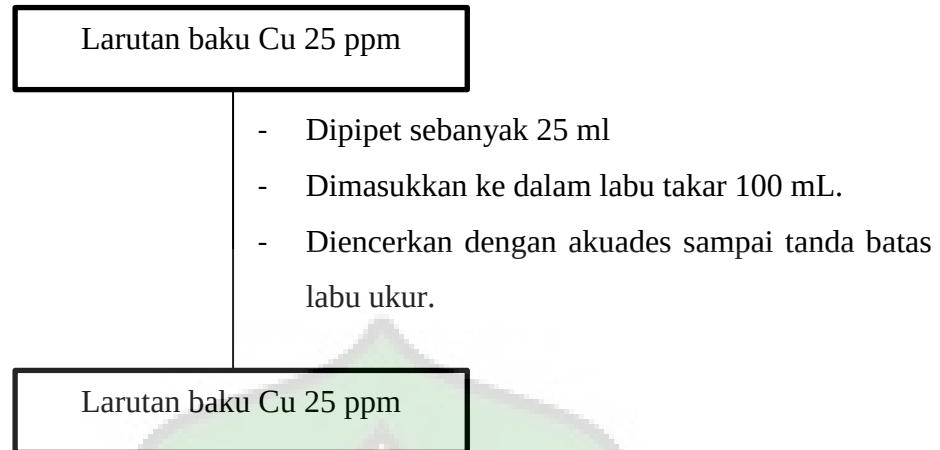
1.4.5 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Cu 15 ppm



1.4.6 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Cu 20 ppm

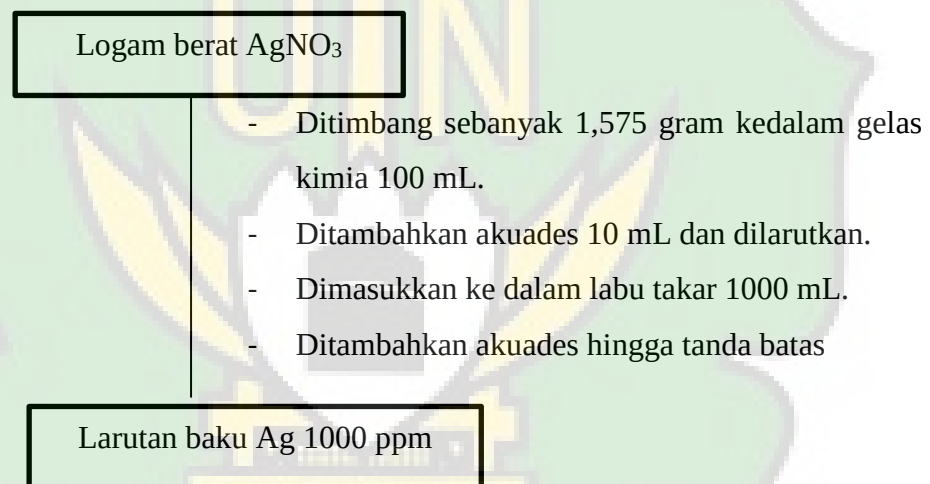


1.4.7 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Cu 25 ppm

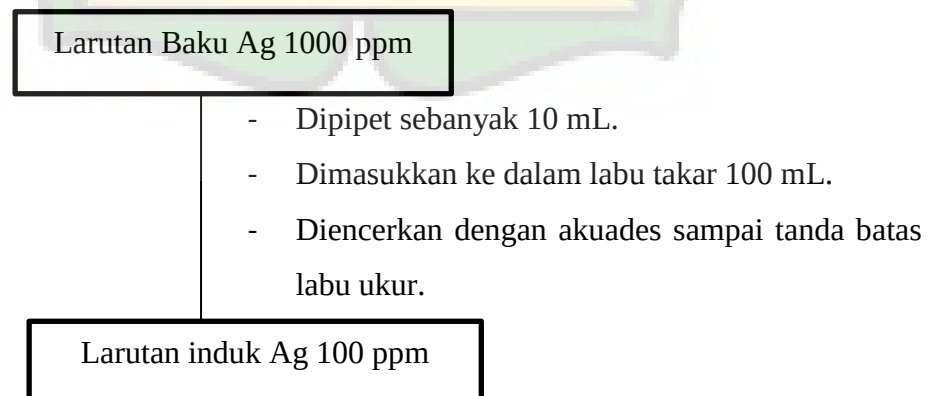


1.5 Larutan Standar Logam Berat Perak (Ag)

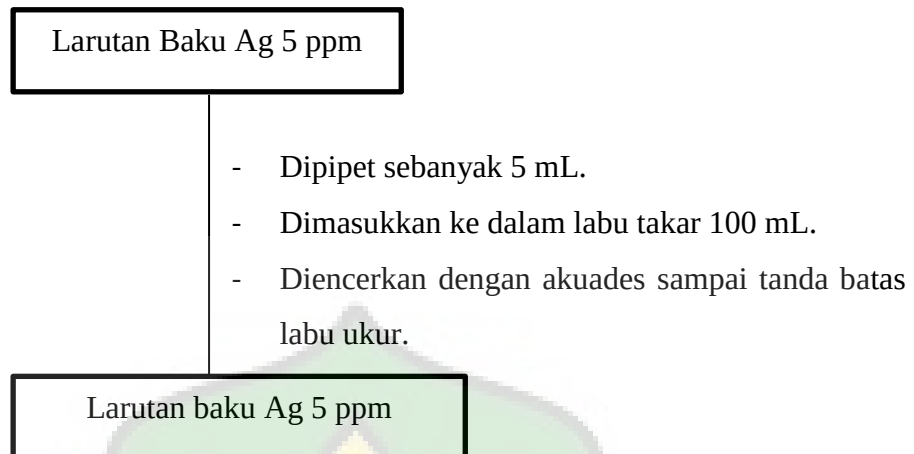
1.5.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Ag 1000 ppm



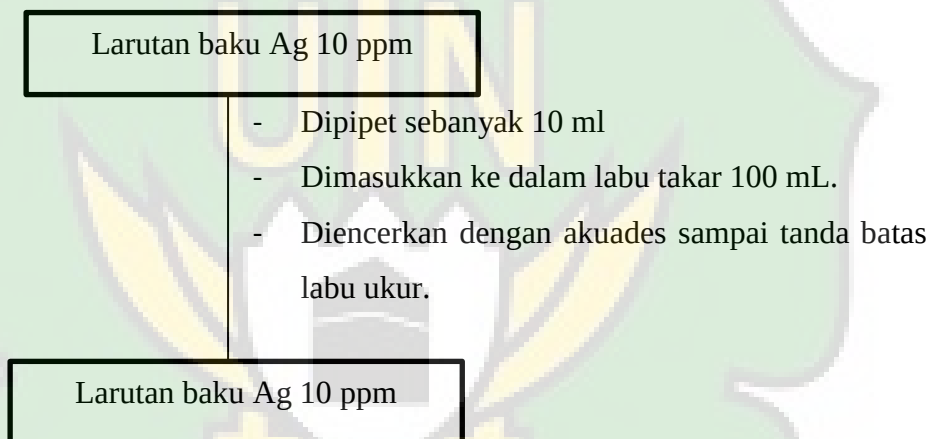
1.5.2 Pembuatan Larutan Induk Logam Berat Ag 100 ppm



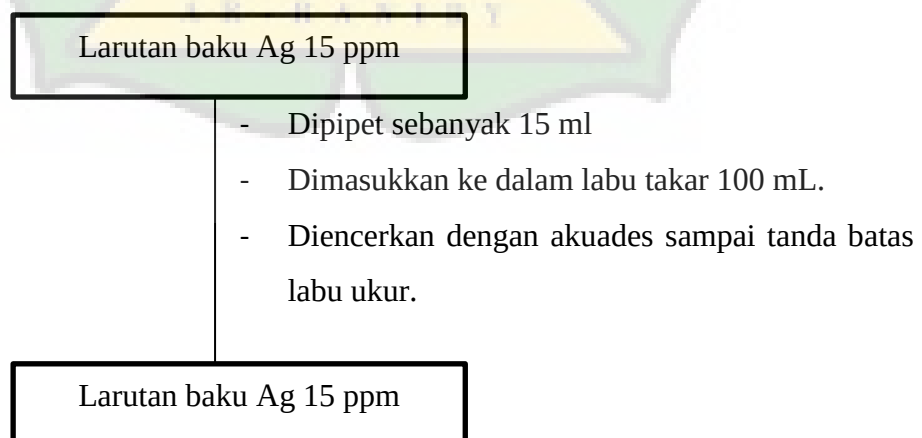
1.5.3 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Ag 5 ppm



1.5.4 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Ag10 ppm



1.5.5 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Ag 15 ppm



1.5.6 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Ag 20 ppm

Larutan baku Ag 20 ppm

- Dipipet sebanyak 20 ml
- Dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL.
- Diencerkan dengan akuades sampai tanda batas labu ukur.

Larutan baku Ag 20 ppm

1.5.7 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Ag 25 ppm

Larutan baku Ag 25 ppm

- Dipipet sebanyak 25 ml
- Dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL.
- Diencerkan dengan akuades sampai tanda batas labu ukur.

Larutan baku Ag 25 ppm

Lampiran 2 : Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Hg, Cu, dan Ag

2.1 Larutan Standar Logam Berat Hg

2.1.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Hg

Larutan baku induk dibuat dengan cara menimbang sebanyak 1,35 gram HgCl_2 p.a kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml. Diencerkan dengan akuades hingga 1000 ml.

$$\begin{aligned} \text{Gr} &= \frac{\text{BM HgCl}_2}{\text{BA Hg} \times 1 \text{ gram}} \\ &= \frac{271,52}{200,6 \times 1 \text{ gram}} \\ &= 1,35 \text{ gram} \end{aligned}$$

2.1.2 Pembuatan Larutan Induk 100 ppm

Larutan Hg 100 ppm dibuat dengan cara memipet 10 mL dari larutan baku induk 1000 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL.

Larutan 1000 ppm menjadi 100 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\ V_1 \times 100 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm} \\ V_1 &= \frac{100 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}} \\ V_1 &= 10 \text{ mL.} \end{aligned}$$

10 mL diencerkan dengan akuades hingga 100 mL.

2.1.3 Pembuatan Larutan induk 25 ppm

Larutan Hg 25 ppm dibuat dengan cara memipet 25 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL.

Larutan 100 ppm menjadi 25 ppm dalam labu ukur 100 mL.

$$\begin{aligned}
 V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\
 V_1 \times 100 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 20 \text{ ppm} \\
 V_1 &= \frac{100 \text{ mL} \times 20 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\
 V_1 &= 20 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

2.1.4 Pembuatan Larutan induk 20 ppm

Larutan Hg 20 ppm dibuat dengan cara memipet 20 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 20 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$\begin{aligned}
 V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\
 V_1 \times 100 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 20 \text{ ppm} \\
 V_1 &= \frac{100 \text{ mL} \times 20 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\
 V_1 &= 20 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

2.1.5 Pembuatan Larutan induk 15 ppm

Larutan Hg 15 ppm dibuat dengan cara memipet 15 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 15 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$\begin{aligned}
 V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\
 V_1 \times 100 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 15 \text{ ppm} \\
 V_1 &= \frac{100 \text{ mL} \times 15 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\
 V_1 &= 15 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

2.1.6 Pembuatan Larutan induk 10 ppm

Larutan Hg 10 ppm dibuat dengan cara memipet 10 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 10 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$\begin{aligned}V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\V_1 \times 100 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm} \\V_1 &= \frac{100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\V_1 &= 10 \text{ mL}\end{aligned}$$

2.1.7 Pembuatan Larutan induk 5 ppm

Larutan Hg 5 ppm dibuat dengan cara memipet 5 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 5 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$\begin{aligned}V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\V_1 \times 100 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 5 \text{ ppm} \\V_1 &= \frac{100 \text{ mL} \times 5 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\V_1 &= 5 \text{ mL}\end{aligned}$$

2.2 Larutan Standar Logam Berat Cu

2.2.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Cu

Larutan baku induk dibuat dengan cara menimbang sebanyak 3,929 gr $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ p.a kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 1000 mL

$$\begin{aligned}\text{Gr} &= \frac{BM \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{BA \text{ Cu} \times 1 \text{ gram}} \\&= \frac{249,5}{63,5 \times 1 \text{ gram}} \\&= 3,929 \text{ gr}\end{aligned}$$

2.2.2 Pembuatan Larutan Induk 100 ppm

Larutan Cu 100 ppm dibuat dengan cara memipet 10 mL dari larutan baku induk 1000 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 1000 ppm menjadi 100 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL.}$$

10 mL diencerkan dengan akuades hingga 100 mL.

2.2.3 Pembuatan Larutan induk 25 ppm

Larutan Cu 25 ppm dibuat dengan cara memipet 25 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 25 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 25 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 25 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

2.2.4 Pembuatan Larutan induk 20 ppm

Larutan Cu 20 ppm dibuat dengan cara memipet 20 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 20 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 20 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 20 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

2.2.5 Pembuatan Larutan induk 15 ppm

Larutan Cu 15 ppm dibuat dengan cara memipet 15 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 15 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 15 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 15 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 15 \text{ mL}$$

2.2.6 Pembuatan Larutan induk 10 ppm

Larutan Cu 10 ppm dibuat dengan cara memipet 10 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 10 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

2.2.7 Pembuatan Larutan induk 5 ppm

Larutan Cu 5 ppm dibuat dengan cara memipet 5 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 5 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 5 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 5 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

2.3 Larutan Standar Logam Berat Ag

2.3.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Ag

Larutan baku induk dibuat dengan cara menimbang sebanyak 1,575 gr AgNO_3 p.a kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml. Diencerkan dengan akuades hingga 1000 ml

$$\begin{aligned} \text{Gr} &= \frac{BM \text{ AgNO}_3}{BA \text{ Ag} \times 1 \text{ gram}} \\ &= \frac{169,8}{107,8 \times 1 \text{ gram}} \\ &= 1,575 \text{ gr.} \end{aligned}$$

2.3.2 Pembuatan Larutan Induk 100 ppm

Larutan Ag 100 ppm dibuat dengan cara memipet 10 mL dari larutan baku induk 1000 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 1000 ppm menjadi 100 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\ V_1 \times 100 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 1000 \text{ ppm} \\ V_1 &= \frac{100 \text{ mL} \times 1000 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\ V_1 &= 10 \text{ mL.} \end{aligned}$$

10 mL diencerkan dengan akuades hingga 100 mL.

2.3.3 Pembuatan Larutan induk 25 ppm

Larutan Ag 25 ppm dibuat dengan cara memipet 25 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 25 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\ V_1 \times 100 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 25 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 25 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

2.3.4 Pembuatan Larutan induk 20 ppm

Larutan Ag 20 ppm dibuat dengan cara memipet 20 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 20 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 20 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 20 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

2.3.5 Pembuatan Larutan induk 15 ppm

Larutan Ag 15 ppm dibuat dengan cara memipet 15 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 15 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 15 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 15 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 15 \text{ mL}$$

2.3.6 Pembuatan Larutan induk 10 ppm

Larutan Ag 10 ppm dibuat dengan cara memipet 10 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 10 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

2.3.7 Pembuatan Larutan induk 5 ppm

Larutan Ag 5 ppm dibuat dengan cara memipet 5 mL dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Diencerkan dengan akuades hingga 100 mL

Larutan 100 ppm menjadi 5 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 5 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 5 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL.}$$

2.4 Larutan Asam Nitrat (HNO₃) 4 M

$$M = \frac{10 \times \% \times \rho}{M_r}$$

Keterangan :

M = Molaritas (M)

% = Konsentrasi larutan (%)

ρ = Massa jenis larutan (gr/mL)

M_r = Massa molekul relatif zat terlarut (gr/mol)

Diketahui :

$$\% = 68 \%$$

$$\rho = 1,51 \text{ gr}/\text{mL}$$

$$M_r = 63 \text{ gr}/\text{mol}$$

$$V_2 = 25 \text{ mL}$$

$$M_2 = 4 \text{ M}$$

$$M = \frac{10 \times \% \times \rho}{M_r}$$

$$M = \frac{10 \times 68 \% \times 1,51 \text{ gr/mL}}{63 \text{ gr/mol}}$$

$$M = 16,29 \text{ M}$$

$$M_1 = 16,29 \text{ M}$$

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

$$V_1 \times 16,29 \text{ M} = 25 \text{ mL} \times 4 \text{ M}$$

$$V_1 = \frac{25 \text{ mL} \times 4 \text{ M}}{16,29 \text{ M}}$$

$$V_1 = 6,1 \text{ mL}$$

Lampiran 3 : Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Berat Hg, Cu, dan Ag.

3.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Berat Hg

3.1.1 Hasil Pengukuran Standar Kurva Kalibrasi Logam berat Hg

No	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0	0
2	5	0,0828
3	10	0,1736
4	15	0,1880
5	20	0,2012

3.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Berat Cu

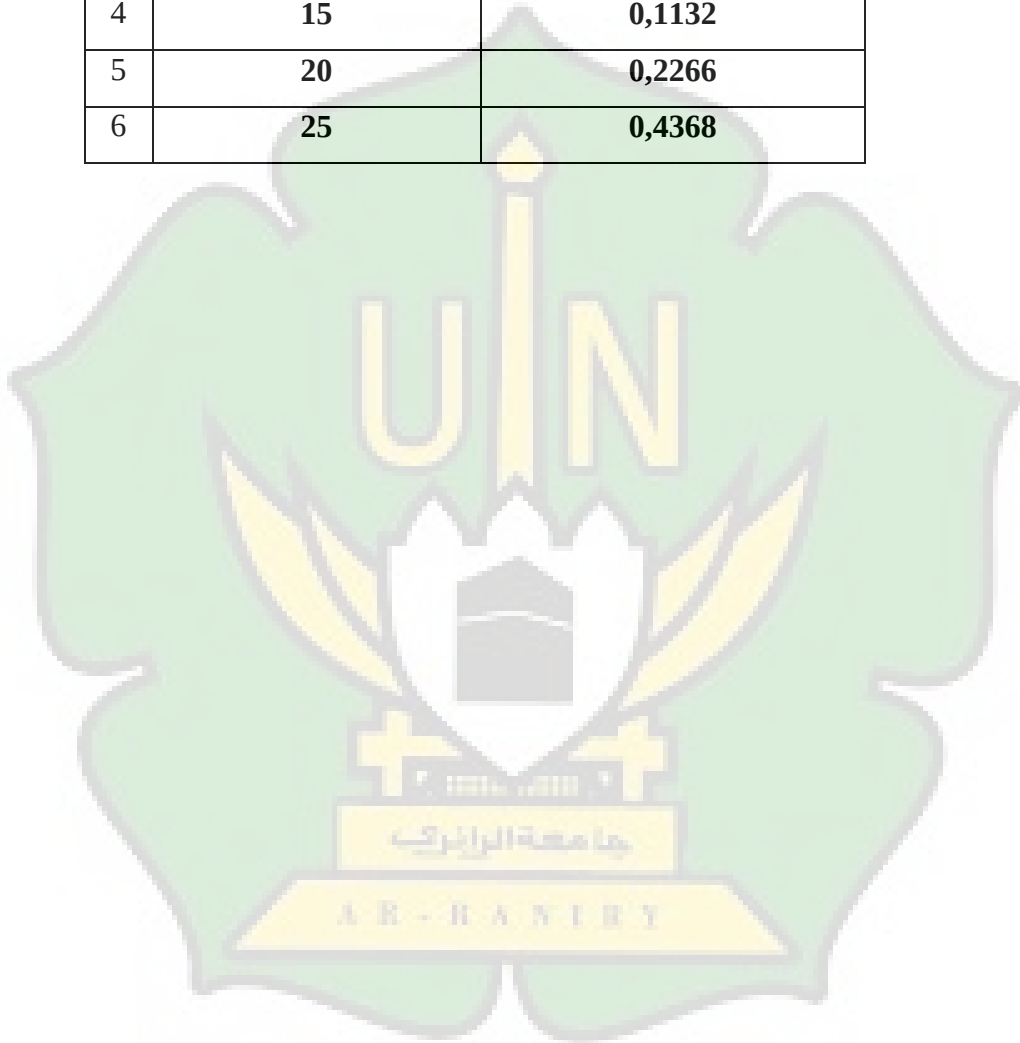
3.2.1 Hasil Pengukuran Standar Kurva Kalibrasi Logam Berat Cu

No	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0	0
2	5	0,0144
3	10	0,0303
4	15	0,0762
5	20	0,1542
6	25	0,3048

3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Berat Ag

3.3.1 Hasil Pengukuran Standar Kurva Kalibrasi Logam Berat Ag

No	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0	0
2	5	0,0201
3	10	0,0420
4	15	0,1132
5	20	0,2266
6	25	0,4368



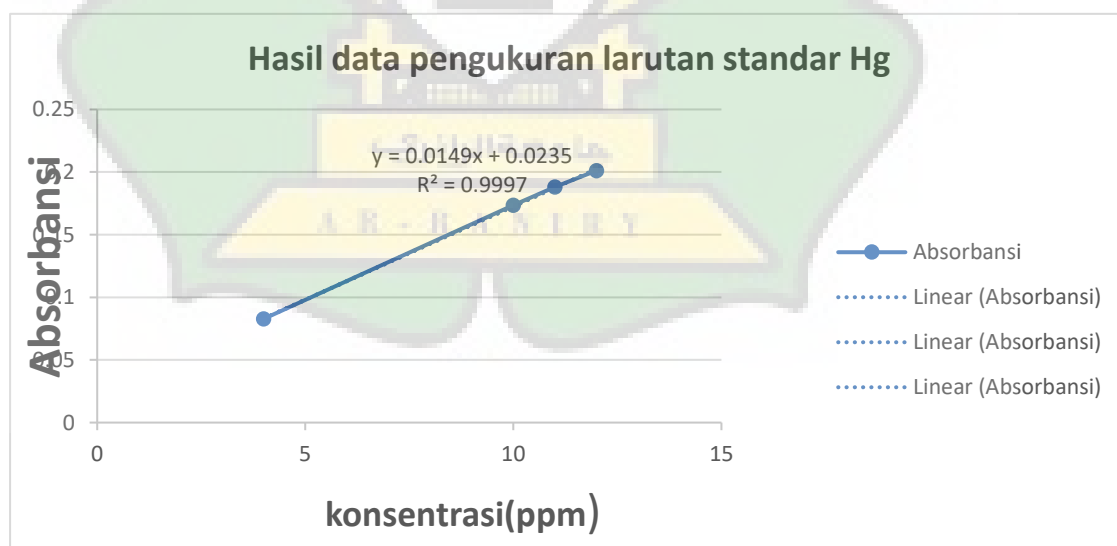
LAMPIRAN 4 : ANALISIS DATA.

4.1 Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Hg, Cu dan Ag

4.1.1 Data Kurva Standarisasi Larutan Standar Logam Berat Hg

No	Kosentrasi Standar (x)	Absorbansi (y)	x^2	y^2	$x.y$
1	4	0,0828	16	0,00685584	0,3296
2	10	0,1736	100	0,03013696	1,736
3	11	0,1880	121	0,035344	2,068
4	12	0,2012	144	0,04048144	2,4144
N= 4	$\Sigma x = 37$	$\Sigma y = 0,6456$	$\Sigma x^2 = 381$	$\Sigma y^2 = 0,11281824$	$\Sigma x.y = 6,5453$

4.1.2 Grafik Kurva Standarisasi Larutan Standar Logam Berat Hg



Analisis Data

Persamaan Garis Linier

$$y = a + bx$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{4 (6,5354) - (37)(0,6456)}{4 (381) - (37)^2}$$

$$b = \frac{(26,1416) - (23,8872)}{155}$$

$$b = 0,0148$$

$$a = \frac{0,5456 - 0,0148 (37)}{4}$$

$$= \frac{0,098}{4}$$

$$= 0,0245$$

Jadi, persamaan linier yang dihasilkan adalah :

$$y = a + bx$$

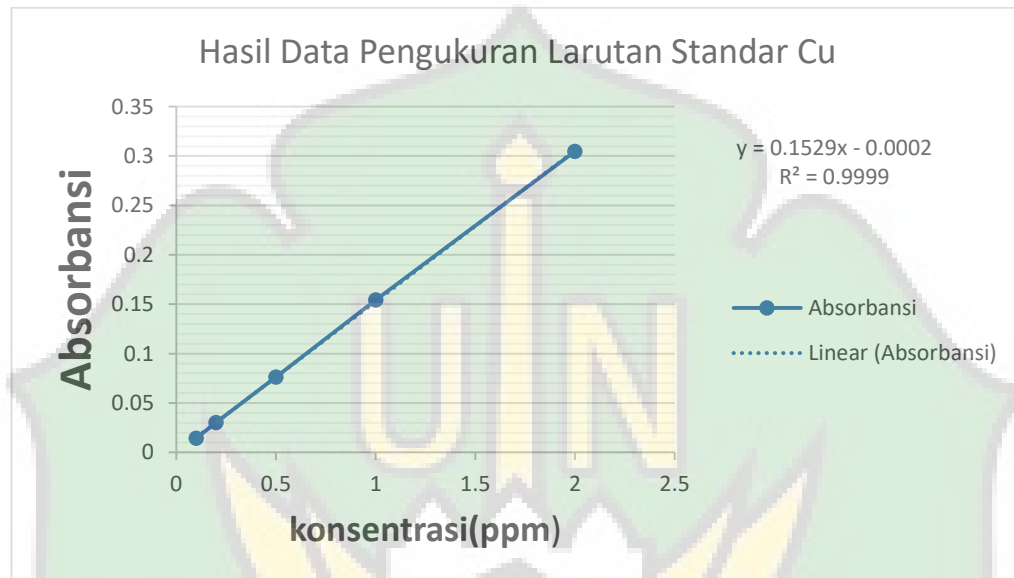
$$y = 0,0245 + 0,0149x$$

4.1.3 Data Kurva Standarisasi Larutan Standar Logam Berat Cu

No	Konsentrasi Standar (x)	Absorbansi (y)	x^2	y^2	$x.y$
1	5	0,0144	25	0,00020736	0,072
2	10	0,0303	100	0,00091809	0,303
3	15	0,0762	225	0,00582169	1,143
4	20	0,1542	400	0,02377764	3,084

5	25	0,3048	625	0,09290304	7,62
N= 5	$\Sigma x = 75$	$\Sigma y = 0,5802$	$\Sigma x^2 = 1375$	$\Sigma y^2 = 0,12362782$	$\Sigma x.y = 12,222$

4.1.4 Grafik Kurva Standarisasi Larutan Standar Logam Berat Cu



Analisis Data

Persamaan Garis Linier

$$y = a + bx$$

$$b = \frac{n \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n (\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{5 (12,222) - (75)(0,5802)}{5 (1375) - (75)^2}$$

$$b = \frac{17,595}{1250}$$

$$b = 0,0140$$

$$a = \frac{0,5802 - 0,0140 (75)}{5}$$

$$= \frac{0,4698}{5}$$

$$= 0,093$$

Jadi, persamaan linier yang dihasilkan adalah :

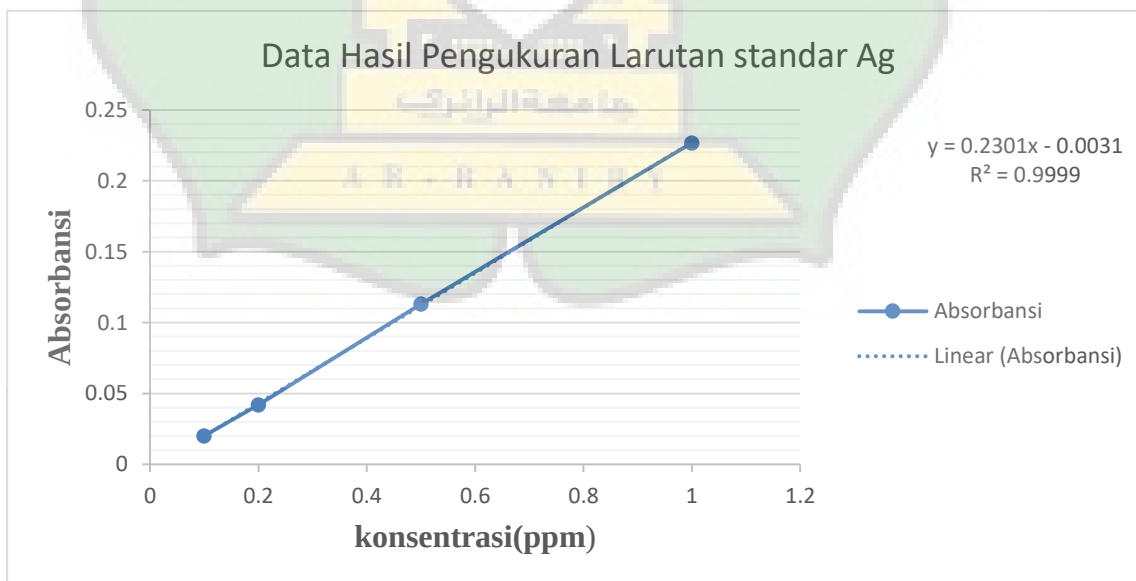
$$y = a + bx$$

$$y = 0,093 + 0,0140x$$

4.1.5 Data Kurva Standarisasi Larutan Standar Logam Berat Ag

No	Konsentrasi Standar (x)	Absorbansi (y)	x^2	y^2	$x \cdot y$
1	5	0,0201	25	0,00040401	0,1005
2	10	0,042	100	0,001764	0,42
3	15	0,1132	225	0,01281424	1,698
4	20	0,2266	400	0,05134756	4,532
5	25	0,4368	625	0,19079424	10,92
N= 5	$\Sigma x = 75$	$\Sigma y = 0,8387$	$\Sigma x^2 = 1375$	$\Sigma y^2 = 0,25712405$	$\Sigma x \cdot y = 17,2505$

4.1.6 Grafik Kurva Standarisasi Larutan Standar Logam Berat Ag



Analisis Data

Persamaan Garis Linier

$$y = a + bx$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{5 (17,25) - (75)(0,8387)}{5 (1375) - (75)^2}$$

$$b = \frac{(86,25) - (62,90)}{1250}$$

$$b = 0,018$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{0,8387 - 0,0148 (75)}{5} \\ &= \frac{0,05426}{5} \\ &= 0,054 \end{aligned}$$

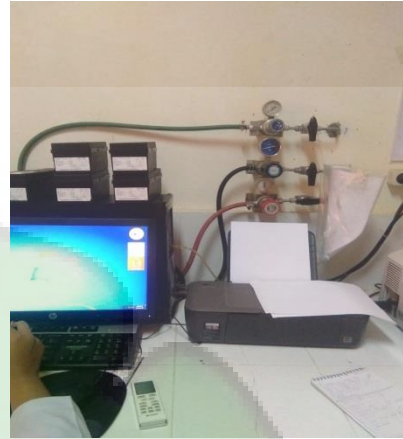
Jadi, persamaan linier yang dihasilkan adalah :

$$y = a + bx$$

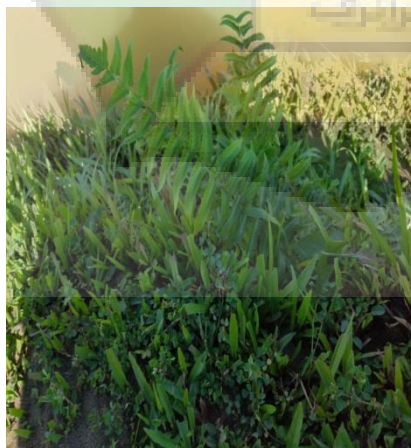
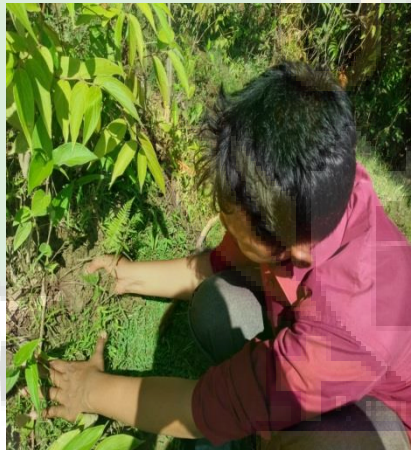
$$y = 0,054 + 0,018$$

Lampiran 5 : Foto Dokumentasi Penelitian

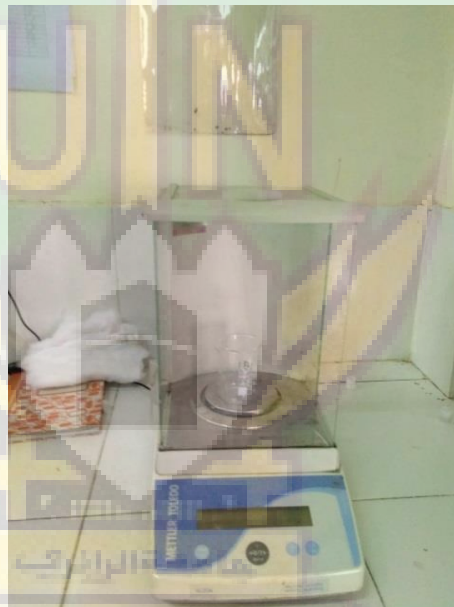
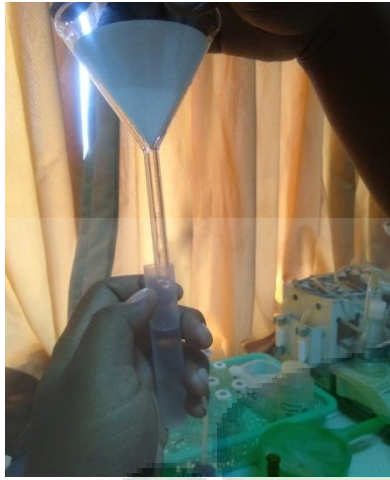
1. Gambar Peralatan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) Merek SHIMADZUU AA 7000



2. Gambar Sampel Tumbuhan Paku (*Pteridhopyta*)



3. Peralatan yang Digunakan pada Penelitian di Laboratorium



**Lampiran 6 : Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun
2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan
Beracun**



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

LAMPIRAN IV
PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK
INDONESIA
NOMOR 101 TAHUN 2014
TENTANG
PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA
DAN BERACUN

BAKU MUTU KARAKTERISTIK BERACUN MELALUI TCLP UNTUK PENETAPAN
STANDAR PENGOLAHAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN
SEBELUM DITEMPATKAN DI FASILITAS PENIMBUSAN AKHIR

ZAT PENCEMAR	TCLP
Satuan (berat kering)	(mg/L)
PARAMETER WAJIB	
ANORGANIK	
Antimoni, Sb	1
Arsen, As	0,5
Barium, Ba	35
Berilium, Be	0,5
Boron, B	25
Kadmium, Cd	0,15
Krom valensi enam, Cr ⁶⁺	2,5
Tembaga, Cu	10
Timbal, Pb	0,5
Merkuri, Hg	0,05
Molibdenum, Mo	3,5
Nikel, Ni	3,5
Selenium, Se	0,5
Perak, Ag	5
<i>Tributyltin oxide</i>	0,05
Seng, Zn	50
ANION	
Klorida, Cl ⁻	12500
Sianida (total), CN ⁻	3,5
Fluorida, F ⁻	75
Iodida, I ⁻	5
Nitrat, NO ₃ ⁻	2500



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 2 -

ZAT PENCEMAR	TCLP
Satuan (berat kering)	(mg/L)
Nitrit, NO ₂ ⁻	150
ORGANIK	
Benzena	0,5
Benzo(a)pirena	0,0005
Karbon tetraklorida	0,2
Klorobenzena	15
Kloroform	3
2 Klorofenol	5
Kresol (total)	100
Di (2 etilheksil) ftalat	0,4
1,2-Diklorobenzena	50
1,4-Diklorobenzena	15
1,2-Dikloroetana	2,5
1,1-Dikloroetana	3
1-2-Dikloroetana	2,5
Diklorometana (metilen klorida)	1
2,4-Diklorofenol	10
2,4-Dinitrotoluena	0,065
Etilbenzena	15
<i>Ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA)</i>	30
Formaldehida	25
Heksaklorobutadiena	0,03
Metil etil keton	100
Nitrobenzena	1
Fenol (total, non-terhalogenasi)	7
Stirena	1
1,1,1,2-Tetrakloroetana	4
1,1,2,2-Tetrakloroetana	0,65
Tetrakloroetana	2,5
Toluena	35
Triklorobenzena (total)	1,5
1,1,1-Trikloroetana	15
1,1,2-Trikloroetana	0,6
Trikloroetana	0,25
2,4,5-Triklorofenol	200



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 3 -

ZAT PENCEMAR	TCLP
Satuan (berat kering)	(mg/L)
2,4,6-Triklorofenol	1
Vinil klorida	0,015
Ksilena (total)	25
PESTISIDA	
Aldrin + dieldrin	0,0015
DDT + DDD + DDE	0,05
2,4-D	1,5
Klordana	0,01
Heptaklor	0,015
Lindana	0,1
Metoksiklor	1
Pentaklorofenol	0,45
PARAMETER TAMBAHAN	
Endrin	0,02
Heksaklorobenzena	0,13
Heksakloroetana	3
Piridina	5
Toksafena	0,5
2,4,5-TP (silvex)	1

Keterangan:

Analisis terhadap parameter tambahan dilakukan secara langsung (*purposive*) terhadap Limbah yang mengandung zat pencemar dimaksud.

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

DR. H. SUSILO BAMBANG YUDHOYONO

Salinan sesuai dengan aslinya

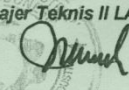
KEMENTERIAN SEKRETARIAT NEGARA
REPUBLIK INDONESIA

Asisten Deputi Perundang-undangan
Bidang Perekonomian,



Silvanna Djaman

**Lampiran 7 : Data Pengukuran Konsentrasi Logam Berat Hg, Cu, dan Ag
pada Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)**

 Kementerian Perindustrian REPUBLIK INDONESIA	BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI LABORATORIUM PENGUJI BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH (LABBA) Jln. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur Banda Aceh 23230 Telp. (0615) 49714 Fax. (0651) 49556 - 6302642 E-mail: brs_bna@yahoo.com Website: http://baristandaceh.kemperin.go.id	 KAN Laboratorium Penguji LP-800-ICN																																
LAPORAN HASIL UJI <i>Report of Analysis</i>																																		
Halaman : 1 dari 1 Page																																		
Tanggal Penerbitan <i>Date of issue</i>	: 20 April 2020	Nomor Laporan <i>Report Number</i>	: 606/LHU/LABBA/Baristand-Aceh/4/2020																															
Kepada <i>To</i>	: Majral Afkar di – Banda Aceh	Nomor Analisis <i>Analysis Number</i>	: KIM – 20.183 s.d 20.185																															
Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa : <i>The undersigned certifies that examination</i>																																		
Dari Contoh <i>Of the Sample (s)</i>	: Tumbuhan Paku	Nomor BAPC <i>BAPC Number</i>	: 83/INS/D/KIM/2/2020																															
Keterangan contoh <i>Identity Sample</i>	: Diantar	Untuk Analisis <i>For Analysis</i>	: Sesuai Parameter Uji																															
Kode Contoh <i>Code Sample</i>	: A, B, C	Diambil dari <i>Taken from</i>	: -																															
Tanggal Sampling <i>Date of Sampling</i>	: -	Tanggal Penerimaan <i>Received On</i>	: 28 Februari 2020																															
Tanggal Analisis <i>Date of Analysis</i>	: 28 Februari 2020	Hasil <i>Results</i>	:																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">NO</th> <th rowspan="2">PARAMETER UJI</th> <th rowspan="2">SATUAN</th> <th rowspan="2">METODE UJI</th> <th colspan="3">HASIL</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Tembaga (Cu)</td> <td>mg/kg</td> <td>AAS</td> <td>3,1671</td> <td>1,2470</td> <td>11,1213</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Perak (Ag)</td> <td>mg/kg</td> <td>AAS</td> <td><0,0001#)</td> <td><0,0001#)</td> <td><0,0001#)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Merkuri (Hg)</td> <td>mg/kg</td> <td>AAS</td> <td>0,2709</td> <td>0,2364</td> <td>0,3281</td> </tr> </tbody> </table>				NO	PARAMETER UJI	SATUAN	METODE UJI	HASIL			A	B	C	1	Tembaga (Cu)	mg/kg	AAS	3,1671	1,2470	11,1213	2	Perak (Ag)	mg/kg	AAS	<0,0001#)	<0,0001#)	<0,0001#)	3	Merkuri (Hg)	mg/kg	AAS	0,2709	0,2364	0,3281
NO	PARAMETER UJI	SATUAN	METODE UJI					HASIL																										
				A	B	C																												
1	Tembaga (Cu)	mg/kg	AAS	3,1671	1,2470	11,1213																												
2	Perak (Ag)	mg/kg	AAS	<0,0001#)	<0,0001#)	<0,0001#)																												
3	Merkuri (Hg)	mg/kg	AAS	0,2709	0,2364	0,3281																												
#) Bawah Limit Deteksi																																		
BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH Manajer Teknis II LABBA,  Nurdila, ST, MT NIP. 19621108 198303 2 002																																		
ARK-HANITY																																		
F. 5.10.01.02						Terbit/Revisi : 3/4																												
* Data Hasil Uji ini hanya berlaku untuk contoh tersebut di atas * Dilarang menggandakan tanpa izin tertulis dari Baristand Industri Banda Aceh																																		