

No. Reg: 201070000032297

Laporan Penelitian



**IDENTIFIKASI DAN KARAKTERISASI TANAMAN
BIOINDIKATOR KONTAMINASI MERKURI HG
PADA DAERAH TAMBANG EMAS KABUPATEN
NAGAN, PROVINSI ACEH**

Ketua Peneliti
Khairun Nisah, M.Si
NIDN: 2016027902
NIPN: 201602790210125

Anggota:
T. Muhammad Ashari

Klaster	Penelitian Dasar Interdisipliner
Bidang Ilmu Kajian	Sains dan Teknologi
Sumber Dana	DIPA UIN Ar-Raniry Tahun 2020

**PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA
MASYARAKAT
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
SEPTEMBER 2020**

**LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M UIN AR-RANIRY TAHUN 2020**

1. a. Judul Penelitian : Identifikasi Dan Karakterisasi Tanaman Bioindikator Kontaminasi Merkuri Hg Pada Daerah Tambang Emas Kabupaten Nagan, Provinsi Aceh
- b. Kategori Penelitian : Penelitian Dasar Interdisipliner
- c. No. Registrasi : 201070000032297
- d. Bidang Ilmu yang diteliti : Kimia Lingkungan
2. Peneliti/Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Khairun Nisah
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIP^(Kosongkan bagi Non PNS) : 197902162014032001
 - d. NIDN : 2016027902
 - e. NIPN (ID Peneliti) : 201602790210125
 - f. Pangkat/Gol. : III C/ Penata
 - g. Jabatan Fungsional : Lektor
 - h. Fakultas/Prodi : Fakultas Sains dan Teknologi/ Prodi Kimia
 - i. Anggota Peneliti 1
Nama Lengkap : T Muhammad Ashari
Jenis Kelamin : Laki-laki
Fakultas/Prodi : Fakultas Sains dan Teknologi/ Prodi Teknik Lingkungan
Banda Aceh
3. Lokasi Penelitian :
4. Jangka Waktu Penelitian : 7 (Tujuh) Bulan
5. Th Pelaksanaan Penelitian : 2020
6. Jumlah Biaya Penelitian : Rp.
7. Sumber Dana : DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2019
8. *Output* dan *outcome* Penelitian : a. Laporan Penelitian; b. Publikasi Ilmiah; c. HKI

Mengetahui,
Kepala Pusat Penelitian dan Penerbitan
LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

dto.

Dr. Anton Widyanto, M. Ag.
NIP. 197610092002121002

Banda Aceh, 31 Agustus 2020
Peneliti,

dto,

Khairun Nisah, M.Si
NIDN. 2016027902

Menyetujui:
Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

dto,

Prof. Dr. H. Warul Walidin, AK., MA.
NIP. 195811121985031007

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah Ini:

Nama : **Khairun Nisah**
NIDN : 2016027902
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat/ Tgl. Lahir : Tebing-Tinggi / 16 Februari 1979
Alamat : Khaju, Baitussalam, Aceh Besar
Fakultas/Prodi : Sains dan Teknologi/
Kimia

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang berjudul: **“Identifikasi Dan Karakterisasi Tanaman Bioindikator Kontaminasi Merkuri Hg Pada Daerah Tambang Emas Kabupaten Nagan, Provinsi Aceh”** adalah benar-benar Karya asli saya yang dihasilkan melalui kegiatan yang memenuhi kaidah dan metode ilmiah secara sistematis sesuai otonomi keilmuan dan budaya akademik serta diperoleh dari pelaksanaan penelitian pada kluster Penelitian Dasar Interdisipliner yang dibiayai sepenuhnya dari DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun Anggaran 2020. Apabila terdapat kesalahan dan kekeliruan di dalamnya, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Banda Aceh, 22 September 2020
Saya yang membuat pernyataan,
Ketua Peneliti,

Khairun Nisah
NIDN. 2016027902

IDENTIFIKASI DAN KARAKTERISASI TANAMAN BIOINDIKATOR KONTAMINASI MERKURI Hg PADA DAERAH TAMBANG EMAS KABUPATEN NAGAN, PROVINSI ACEH

Ketua Peneliti:

Khairun Nisah

Anggota Peneliti:

T. Muhammad Ashari

Abstrak

*Logam berat adalah komponen pencemar lingkungan cukup berbahaya seperti logam Hg. Untuk itu, diperlukan suatu solusi dalam menangani masalah pencemaran lingkungan tersebut. Bioakumulator adalah tumbuhan yang dapat mengakumulasi dan menyerap logam berat. Salah satu tanaman yang dapat dijadikan bioakumulator logam berat adalah tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L). Penelitian bertujuan untuk mengetahui tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) dapat berfungsi sebagai tumbuhan bioakumulator logam Hg serta untuk mengetahui kadar logam Hg yang diakumulasikan oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) dan sedimen. Pengambilan sampel tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) dan sedimen dilakukan dengan teknik *Purposive Sampling*. Sampel didestruksi dengan destruksi basah menggunakan larutan asam nitrat (HNO_3) dan asam sulfat (H_2SO_4). Larutan hasil destruksi yang diperoleh dianalisis konsentrasinya menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom-Uap Dingin (SSA-UD) pada λ 253,7 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) dapat digolongkan sebagai tanaman bioakumulator terhadap logam Hg karena dapat mengakumulasi logam Hg tanpa meracuni dirinya sendiri. Penyerapan kadar logam Hg oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) yang tertinggi terdapat pada titik 3 sebanyak 0,3281 mg/Kg. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa konsentrasi logam Hg pada titik 1,2 dan 3 telah melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan pemerintah No.101 tahun 2014 sebesar 0,02 mg/Kg.*

Kata Kunci : Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L), logam Hg, destruksi basah, dan spektrofotometer serapan atom-uap dingin.

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT dan salawat beriring salam penulis persembahkan kepangkuan alam Nabi Muhammad SAW, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis telah dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul **“Isi Judul Penelitian”**.

Dalam proses penelitian dan penulisan laporan ini tentu banyak pihak yang ikut memberikan motivasi, bimbingan dan arahan. Oleh karena itu penulis tidak lupa menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Rektor Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
2. Ibu Ketua LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
3. Bapak Sekretaris LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
4. Bapak Kepala Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
5. Bapak Kasubbag LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen, Staf dan Asisten Laboratorium Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry ;

Akhirnya hanya Allah SWT yang dapat membalas amalan mereka, semoga menjadikannya sebagai amal yang baik.

Harapan penulis, semoga hasil penelitian ini bermanfaat dan menjadi salah satu amalan penulis yang diperhitungkan sebagai ilmu yang bermanfaat di dunia dan akhirat. *Amin ya Rabbal 'Alamin.*

Banda Aceh, 2 Oktober 2020

Khairun Nisah

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
BAB II : LANDASAN TEORI	
2.1 Pencemaran Lingkungan.....	8
2.2 Pertambangan Emas.....	9
2.3 Logam Berat	12
2.4 Sedimen.....	14
2.5 Bioakumulator	15
2.6 Limbah Industri.....	19
2.7 metode Analisis Logam Hg	20
2.8 Spektrofotometer Serapan Atom	20
2.9 Penelitian Relevan	25
BAB III : METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu	27
3.2 Alat dan Bahan	27
3.3 Cara Kerja	27
BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	32
4.2 Pembahasan.....	33
BAB V : PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran-saran.....	32

DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN-LAMPIRAN	61
BIODATA PENELITI	72

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Hg Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) 7000.....	32
Tabel 4.1. Data Hasil Pengukuran kadar logam Hg yang terakumulasi pada tumbuhan paku (<i>Pityrogramma calomelanos L</i>).....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sungai tempat pembuangan limbah cair dari pertambangan emas di Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya.....	13
Gambar 2.2	Lokasi pengambilan titik sampling di kawasan pertambangan emas Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya.	13
Gambar 2.3	Tumbuhan Paku (<i>Pityrogramma calomelanos</i> L).	
Gambar 2.4	Mekanisme pembentukan senyawa kompleks oleh senyawa sistein dengan logam Hg (Irfandi, 2013).	18
Gambar 2.5	Instrumen Spektrofotometer Serapan Atom.....	19
Gambar 2.6	Spektrofotometer Serapan Atom SHIMADZUU AA-7000	22
Gambar 4.1	Kurva kalibrasi larutan standar logam Hg.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja	62
Lampiran 2 : Foto Dokumentasi Penelitian	67
Lampiran3 : Identifikasi Tumbuhan Paku (<i>Pityrogrammacalomelanos L</i>)	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah. Salah satu sumber daya alam yang dimiliki Indonesia yaitu sumber daya emas yang tersebar di seluruh pelosok Indonesia. Berdasarkan data statistik pertambangan, tercatat beberapa provinsi yang aktif dalam memproduksi emas seperti Jawa Barat, Banten, Nusa Tenggara Barat, Aceh, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah dan Papua (Badan Pusat Statistik, 2016). Sehingga banyak masyarakat yang bekerja sebagai penambang emas secara legal maupun ilegal (Syafuruddin, 2019). Hal ini memberikan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar penambangan seperti tercemarnya air sungai, tanah, dan tumbuhan. Namun, kegiatan penambangan emas juga memberikan dampak positif terhadap keuangan masyarakat di Provinsi Aceh (Agus, Sukandarrumidi, dan Wintolo, 2005).

Lingkungan yang tercemar oleh limbah pertambangan biasanya disebabkan oleh kandungan logam-logam berat dalam limbah pertambangan. Limbah pertambangan emas umumnya mengandung logam berat seperti tembaga (Cu), kadmium (Cd), zink (Zn), timbal (Pb), arsen (As), nikel (Ni), kromium (Cr), merkuri (Hg), dan sianida (CN) (Gani, Abidjulu, dan Wuntu, 2017).

Pencemaran lingkungan oleh logam Hg merupakan salah satu pencemaran yang sering terjadi di lingkungan pertambangan emas. Pencemaran logam Hg biasanya disebabkan oleh proses amalgamasi

atau disebut juga proses ekstraksi emas, karena proses amalgamasi biasanya menggunakan Hg dalam pencampuran bijih emas. Merkuri merupakan nama dagang dari logam Hg atau raksa. Logam Hg biasanya berbentuk cairan yang dapat menguap pada suhu kamar dan tidak berbau (Syafuruddin, 2019). Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 101 (2014), menetapkan standar mutu zat pencemar merkuri sebesar 0,02 mg/Kg atau 20 pbb.

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh logam Hg dari pertambangan emas dapat berdampak terhadap kualitas air dan tanah (Agus dkk, 2005). Pencemaran air dan tanah karena logam Hg dapat merusak dan meracuni tumbuhan serta hewan di daerah tersebut (Simange, Simbolon, dan Jusadi, 2011).

Pencemaran ini dapat berakibat buruk terhadap kesehatan apabila tumbuhan dan hewan akumulator pencemar dikonsumsi dan air tersebut digunakan dalam aktivitas masyarakat. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh logam Hg terhadap kesehatan diantaranya adalah merusak saraf, jaringan dalam tubuh, keguguran, mutasi genetik, hingga kematian (Puspitasari, Prasetya, dan Rahayuningsih, 2019).

Salah satu daerah di Provinsi Aceh yang merasakan dampak dari pertambangan emas secara ilegal adalah daerah Kabupaten Nagan Raya. Dampak yang dirasakan seperti tercemarnya sumber mata air, kerusakan ekosistem tanah, penebangan pohon secara liar, dan tercemarnya biota air yang disebabkan oleh proses amalgamasi (Asiah, Alfian, Anwar, Siregar, dan Bangun, 2012).

Salah satu cara untuk mengetahui adanya pencemaran logam Hg di lingkungan sekitar pertambangan adalah dengan melakukan

analisis terhadap logam Hg yang terakumulasi pada sedimen (Priyanto, Dwiwitno, dan Ariyani, 2008) dan organisme atau tumbuhan di lingkungan tersebut (Suprihatin, Manurung, & Mayangsari, 2014). Pencemaran logam Hg pada sedimen biasanya disebabkan oleh limbah yang dialirkan ke sungai, parit atau pembuangan limbah *tailing* ke tanah di sekitar pertambangan, sehingga logam Hg akan terakumulasi serta mengendap dalam tanah dan sedimen di perairan. Hal ini dibuktikan oleh Mirdat, Patadungan, dan Isrun (2013), tentang kandungan logam Hg yang terakumulasi kedalam tanah di kawasan pertambangan emas Kelurahan Poboya, Kota Palu, menunjukkan bahwa sampel tanah mengandung logam Hg dengan konsentrasi yang sangat tinggi yaitu 0,3-0,5 ppm dari standar mutu yang ditentukan adalah 0,1-0,3 ppm.

Berdasarkan penelitian Emelda, Supriatno, dan Ali (2017) tentang logam Hg yang terakumulasi pada beberapa organ tubuh ikan di Sungai Sikulat, Kecamatan Beutung, Kabupaten Nagan Raya seperti bagian kepala mengandung logam Hg sebanyak 0,679 ppm dan bagian badan ikan sebanyak 1,541 ppm. Hal ini dapat membahayakan kesehatan masyarakat apabila ikan yang telah terakumulasi logam berat merkuri dikonsumsi secara terus menerus oleh masyarakat setempat.

Sebagian organisme dan tumbuhan memiliki daya tahan yang relatif baik terhadap logam Hg. Tumbuhan dengan daya tahan yang baik terhadap logam Hg dapat dijadikan sebagai akumulator dalam mengakumulasi logam Hg untuk mengatasi pencemaran lingkungan (Irsyad, Sikanna dan Musafira, 2014).

Bioakumulator adalah tumbuhan yang memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat tanpa mengganggu morfologi tumbuhan tersebut. Tumbuhan bioakumulator memiliki karakteristik seperti tahan terhadap pencemaran yang bersifat toksik seperti logam berat, sehingga dapat mengakumulasi dan mentranslokasikan logam berat ke seluruh bagian tumbuhan (Rahayu, Faradilla, Verawati, dan Triana, 2014). Akumulasi logam berat oleh tumbuhan akan berdampak positif terhadap lingkungan yang tercemar logam berat karena tumbuhan tersebut dapat mengurangi kadar logam dalam lingkungan secara alami (Panjaitan, 2009). Tumbuhan bioakumulator yang sering dijumpai diantaranya adalah bakau (*Rhizophora mucronata*) (Triandy, Liong, dan Hala, 2016), paku (*Pteris vittata*) (Irfandi, 2013), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) (Rahayu dkk, 2014), nipah (*Nypa fruticans*) (Nafie, Liong, dan Arifin, 2019), *Neptunia oleracea* (Septiani, Rusmiyanto, dan Wardoyo, 2017), lamun (*Enhalus acoroides*) (Putra, Santoso, dan Riniatsih, 2019) dan mangrove (*Rhizophora apiculata*) (Suprihatin dkk, 2014).

Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) adalah salah satu tumbuhan bioakumulator yang dapat mengakumulasikan zat pencemar lingkungan seperti logam Hg (Akbar, 2017). Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) dapat dibedakan atas organ vegetatif dan generatif. Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) memiliki senyawa kelat (protein) yang berfungsi untuk mengikat logam berat (Irfandi, 2013). Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) dapat mereduksi dan mentranslokasikan logam ke bagian lainnya, karena tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) memiliki enzim reduktase pada membran akarnya (Mahmud, Lihawa, Isa, dan Patuti,

2013).

Berdasarkan penelitian Kosegeran, Rondonuwu, Simbala, dan Rumondor (2015) tentang kandungan merkuri pada tumbuhan paku (*Diplazium accedens blume*) di daerah pertambang emas Tatelu Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara menggunakan metode *direct mercury analyzer*, menunjukkan bahwa sampel tumbuhan paku tidak mengandung merkuri sedangkan sampel tanah mengandung merkuri sebanyak 0,06 ppm.

Menurut penelitian Irfandi (2016), tentang penyerapan tumbuhan paku (*Pteris vittata*) terhadap limbah logam Hg secara laboratorium dengan metode fitoremediasi membuktikan bahwa tumbuhan paku (*Pteris vittata*) dapat mengakumulasi logam berat merkuri (Hg) berturut-turut di hari ke 3, 6, 9 dan 12 yaitu 484,8 mg/Kg, 635 mg/Kg, 1579 mg/Kg dan 4703 mg/Kg. Sedangkan penelitian Akbar (2017), tentang penyerapan logam Hg oleh tumbuhan pakis (*Pteris vittata*) secara laboratorium dengan penambahan karbon aktif menggunakan metode fitoremediasi membuktikan bahwa tumbuhan pakis (*Pteris vittata*) dapat mengakumulasi logam berat merkuri (Hg) berturut-turut di hari ke 3, 6, 9 dan 12 yaitu 321,2 mg/Kg, 751,6 mg/Kg, 1206 mg/Kg dan 3488 mg/Kg. Penyerapan unsur hara oleh tumbuhan tidak selamanya dibutuhkan oleh tanaman tersebut dalam proses metabolismenya. Semakin lama tumbuhan tersebut hidup maka akan semakin banyak unsur hara atau ion logam yang terserap.

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis kadar atau jumlah suatu senyawa dalam suatu sampel. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) merupakan metode yang menggunakan analisa kuantitatif. Metode ini

biasanya digunakan untuk mengukur kadar logam yang ada dalam suatu sampel (Akbar, 2017).

Berdasarkan latar belakang di atas maka dilakukan penelitian tentang penyerapan logam berat merkuri (Hg) oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) sebagai bioakumulator dan sedimen di sekitar perairan pertambangan emas di Nagan Rayadengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) di kawasan pertambangan emas Nagan Raya dapat menjadi bioakumulator logam Hg ?
2. Berapakah kadar logam Hg yang diakumulasi oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) sebagai bioakumulator di kawasan pertambangan emas Kabupaten Nagan Raya?
3. Berapa kadar logam Hg dalam sedimen di perairan pertambangan emas Kabupaten Nagan Raya?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) sebagai bioakumulator logam Hg di kawasan pertambangan emas Desa Pantan Luwas.
2. Untuk mengetahui kadar logam Hg yang diakumulasi oleh

tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) sebagai bioakumulator di kawasan pertambangan emas Desa Pantan Luwas.

3. Untuk mengetahui kadar logam Hg dalam sedimen di perairan pertambangan emas Desa Pantan Luwas.

BAB II

LANDASAN TEORITIS

2.1 Pencemaran Lingkungan

Lingkungan adalah suatu tempat hidup dan tempat melakukan semua aktivitas makhluk hidup. Lingkungan memiliki kemampuan alami untuk membersihkan atau menetralkan keadaannya dalam standar batas daya dukung lingkungan tersebut. Pencemaran adalah suatu kondisi yang dapat mengurangi nilai dan fungsi lingkungan yang disebabkan individu lainnya. Pencemaran lingkungan identik dengan perubahan lingkungan yang merugikan makhluk hidup seperti perubahan kualitas air, tanah, udara, flora, fauna, dan mikroorganisme. Penyebab terbesar pencemaran lingkungan yaitu disebabkan oleh aktivitas manusia (Sumampouw dan Risjani, 2018).

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 hidup. 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 merupakan pertambangan emas. Pencemaran yang disebabkan diantaranya adalah rusaknya ekosistem tanah, air, udara dan

sebagainya. Pencemaran air dan tanah biasanya disebabkan oleh penggunaan bahan kimia pada proses ekstraksi emas ataupun pembuangan limbah padat yang tidak mudah terurai oleh sistem lingkungan secara alami. Penambangan 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). Berdasarkan standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah untuk konsentrasi logam Hg sebagai zat pencemar lingkungan dengan batas maksimum sebanyak 0,02 mg/Kg atau setara dengan 20 ppb (Peraturan Pemerintah No. 101, 2014).

2.2 Pertambangan Emas

Pertambangan merupakan sebagian atau seluruh tahapan suatu industri dalam mengambil dan memanfaatkan bahan mineral yang diperoleh melalui proses penggalian dan pemisahan dari bahan atau material pengotor yang tidak diperlukan. Mineral merupakan senyawa anorganik yang berupah bijih atau bebatuan dan banyak terdapat di alam. sebelum dimanfaatkan, mineral atau senyawa anorganik dari alam harus melalui tahap pengolahan dan pemurnian untuk meningkatkan mutu mineral tersebut. Salah satu mineral yang memiliki nilai jual dengan kualitas tinggi adalah emas. Emas merupakan suatu senyawa anorganik yang dihasilkan dengan melalui tahap penggalian, pengolahan dan pemurnian (Undang Undang Republik Indonesia, No. 4, 2009).

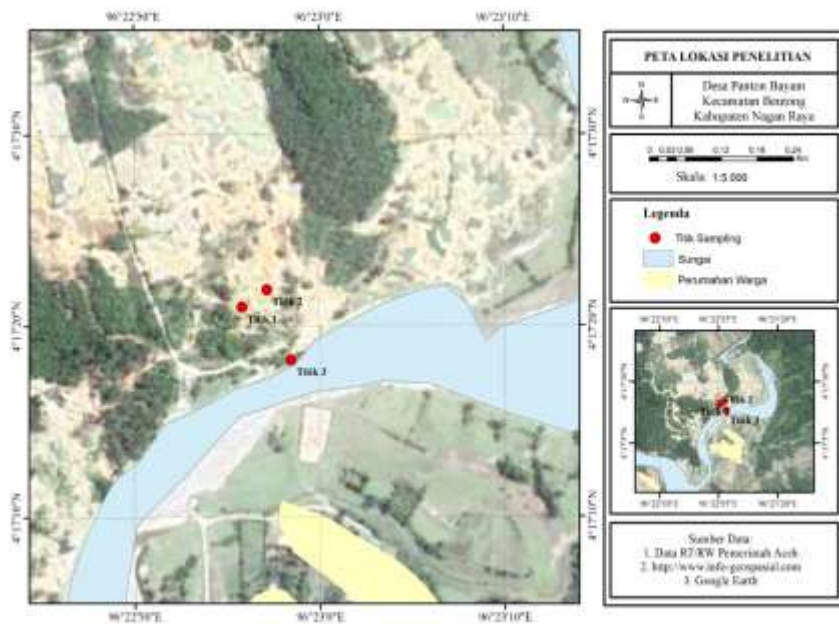
Pertambangan emas merupakan suatu industri yang mengelola dan melakukan pemurnian emas yang diperoleh dari alam. Adanya

pertambangan di suatu daerah selalu akan berdampak terhadap lingkungan sekitar. Dampak positif yang ditimbulkan oleh industri pertambangan emas yaitu meningkatnya peluang pekerja untuk masyarakat sekitar. Sehingga tingkat kesejahteraan hidup masyarakat akan meningkat dalam bidang ekonomi. Namun, industri pertambangan emas juga menimbulkan dampak negatif seperti pencemaran udara, air, tanah, tumbuhan, rusaknya ekosistem karena penebangan dan hilangnya habitat alami hewan di daerah tersebut (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 secara ilegal dilakukan oleh masyarakat secara tradisional. Aktivitas pertambangan secara legal maupun ilegal tetap berdampak langsung terhadap lingkungan sekitar seperti tercemarnya sumber air, tanah, tumbuhan dan hewan-hewan yang ada di daerah tersebut (Turrahmi, 2019). Proses ekstraksi bijih emas yang dilakukan oleh masyarakat secara tradisional biasanya menggunakan metode amalgamasi (Sumarjono, Aryanto, Purwiyono dan Subandrio, 2020) dan *agitated tank leached* (Adinata, Vie dan Kusdarini, 2015). Metode amalgamasi adalah proses ekstraksi bijih emas menggunakan merkuri sebagai pengikat unsur emas (Sumarjono dkk, 2020). Metode *agitate tank leached* merupakan proses ekstraksi bijih emas menggunakan sianida sebagai pengikat unsur emas (Adinata dkk, 2015).



Gambar 2.1 Sungai tempat pembuangan limbah cair dari pertambangan emas di Desa Pantan Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya.



Gambar 2.2 Lokasi pengambilan titik sampling di kawasan pertambangan emas Desa Pantan Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya.

2.3 Logam Berat

Logam berat merupakan unsur logam dengan nomor atom besar dari 20 dan mempunyai berat molekul yang relatif tinggi. Logam berat dengan konsentrasi rendah dapat berbahaya terhadap makhluk hidup karena bersifat toksik. Logam berat adalah istilah yang digunakan untuk unsur-unsur transisi dengan nomor atom yang besar dari 20 seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd), arsen (As), kromium (Cr), talium (Tl), dan timbal (Pb) (Handayanto, Nuraini, Muddarisna, Syam, dan Fiqri, 2017).

Menurut Alen dkk (2015) dalam Saiful (2017), efek logam berat di perairan secara langsung maupun tidak langsung tetap berbahaya terhadap makhluk hidup. Dampak secara langsung dapat dirasakan terhadap kesehatan makhluk hidup ataupun dalam suatu ekosistem. Sedangkan dampak secara tidak langsung dapat dirasakan dengan timbulnya pencemaran udara, air dan tanah.

Berdasarkan perannya, logam berat terbagi dua yaitu logam berat esensial dan non-esensial. Logam berat esensial adalah logam yang berperan dalam fungsi fisiologis dan biokimia. Logam berat esensial dibutuhkan oleh organisme namun dalam konsentrasi sedikit. Sedangkan logam berat non-esensial merupakan logam yang tidak memiliki peran pada fungsi fisiologis dan proses biokimia (Handayanto dkk, 2017).

2.3.1. Merkuri (Hg)

Merkuri adalah perak cair dengan nama lain *hydrargyrum* (Hg) (Handayanto dkk, 2017). Merkuri (Hg) merupakan logam dengan titik leleh 507,32 °C, titik didih 356,90 °C, titik beku 38,87 °C dan massa

molekul 200,6 gram/mol (Putranto, 2011). Logam Hg biasanya berbentuk cairan yang dapat menguap pada suhu kamar dan tidak berbau. Logam Hg adalah donor elektron yang baik dan konduktor panas atau listrik yang baik (Joyce, Baker, dan Swain, 2008).

Di alam merkuri dapat ditemukan dalam bentuk campuran yaitu cinnabar atau merkuri II sulfida (HgS). Unsur logam Hg akan terakumulasi dalam tanah, air, sedimen maupun biota, namun merkuri tidak akan terakumulasi dengan udara. Logam Hg dapat terakumulasi secara baik melalui proses biokumulasi ataupun secara biomagnifikasi. Unsur logam Hg sukar membentuk ikatan ion akan tetapi relatif membentuk ikatan kovalen. Logam Hg dapat diklasifikasikan menjadi logam reaktif dan non-reaktif. Merkuri bersifat reaktif seperti Hg^{3+} , HgX_n , HgO , dan Hg^{2+} . Sedangkan merkuri yang bersifat non-reaktif seperti $(\text{CH}_3)\text{Hg}^+$, CH_3HgCl , CH_3HgOH dan logam Hg yang terikat pada sulfur seperti HgS (Hutagalung, 1984)

Logam Hg merupakan logam yang bersifat toksik dan berbahaya terhadap kesehatan serta dapat menyebabkan kematian. Logam Hg yang sering dijumpai pada air limbah industri antara lain adalah metil merkuri (CH_3Hg^+) atau dimetil merkuri ($(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$). Senyawa merkuri membutuhkan siklus yang lama dalam makhluk hidup untuk terurai. Dalam siklus rantai makanan, senyawa merkuri terus mengalami perpindahan dari satu organisme ke organisme lainnya. Sehingga pada organisme yang berada pada rantai makanan yang paling rendah memiliki kadar merkuri (Hg) yang lebih rendah dari pada organisme di atasnya (Effendi, 2003).

Dampak negatif logam Hg terhadap kesehatan diantaranya

dapat merusak jaringan otak, saraf, ginjal, kulit sehingga dapat menimbulkan hipertensi, jantung berdebar, pingsan, diare, muntah, otot melemah, pendarahan di sistem pencernaan, insomnia, kanker, tumor dan dapat mengurangi daya ingat seseorang (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. No. 57, 2016). Sedangkan dampak negatif logam Hg terhadap lingkungan diantaranya adalah tercemarnya sumber air, tanah dan dapat meracuni flora dan fauna di lingkungan tersebut (Putranto, 2011). Namun, logam Hg juga memiliki dampak positif terhadap bidang perindustrian, pertanian, kedokteran, pertambangan dan ilmu pendidikan seperti kimia, biologi dan fisika (Lestaris, 2010).

2.4. Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu material yang akan di translokasikan oleh angin, erosi air, gelombang laut atau gletsyer sehingga terjadinya proses pengendapan. Proses sedimentasi terdiri dari beberapa tahap diantaranya adalah transportasi sedimen (*transport sediment*), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compactions*). Pembentukan sedimen tergantung pada kondisi perubahan hujan atau kemarau, kecepatan aliran, dan kecepatan yang di sebabkan oleh aktivitas manusia. Sedimentasi dapat mengontrol konsentrasi logam berat yang terserap ke dalam jaringan yang ada di perairan. Merkuri terakumulasi ke dalam sedimen karena adanya proses alamiah yaitu pelapukan batuan termineralisasi (Pangestu dan Haki, 2013). Merkuri juga dapat terakumulasi karena proses pengolahan emas (amalgamasi) (Sajidah, 2019), dan proses penggunaan bahan kimia oleh industri (Hardiani, Kaerdiansyah, dan Sugesty, 2011).

Akumulasi logam pada sedimen akan meninggalkan bekas

secara keseluruhan. Hal ini disebabkan oleh sifat logam Hg yang sulit terurai sehingga akan terus berada dalam sedimen. Reaksi fisika dan kimia sangat mempengaruhi konsentrasi logam Hg di perairan (Singh, Malik, Sinha, Singh, dan Murthy, 2005). Menurut standar baku mutu internasional IADC/CEDA (1997) di dalam Ronoko, Karwur, dan Lasut (2019), menyatakan bahwa konsentrasi logam Hg yang diperbolehkan dalam sedimen adalah 0,3 ppm. Logam Hg yang terkandung dalam sedimen biasanya berbentuk senyawa organik seperti metil merkuri (CH_3Hg). Logam Hg pencemar perairan biasanya berbentuk senyawa anorganik seperti (Hg^0) dan memiliki densitas yang relatif tinggi, sehingga logam Hg akan berada di sedimen dengan kedalaman 5-15 cm.

2.5. Bioakumulator

Bioakumulator merupakan tumbuhan yang dapat menyaring atau menyerap zat-zat pengotor dan pencemar secara alami di alam. Proses penyerapan tumbuhan bioakumulator dapat terjadi secara absorpsi. Bioakumulator pada umumnya mengabsorpsi atau mengakumulasi unsur logam. Logam-logam berat yang biasanya diakumulasi oleh bioakumulator diantaranya adalah Arsenic (As), Krom (Cr), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Aluminium (Al), Besi (Fe), dan Merkuri (Hg) (Ihrom dan Sulistyarsi, 2015).

Tumbuhan adalah suatu makhluk hidup yang dapat memproduksi makanan sendiri dengan bantuan cahaya matahari. Tumbuhan merupakan organisme hidup yang umumnya mendapat suplai makan dari tanah dan air di sekitar area tempat hidupnya. Proses pembuatan makanan pada tumbuhan disebut dengan proses

fotosintesis (Irfandi, 2013). Tumbuhan dapat mengalami proses absorpsi, difusi dan translokasi. Sehingga logam berat yang terakumulasi akan berada dalam seluruh bagian-bagian tumbuhan seperti pada akar, batang, daun, bunga dan buah (Panjaitan, 2009). Kadar penyerapan logam oleh tumbuhan sangat bervariasi, mulai dari konsentrasi rendah hingga konsentrasi tinggi. Semua tumbuhan dapat mengakumulasi zat-zat pencemar di lingkungan. Namun, tidak semua tumbuhan dapat bertahan dengan penyerapan logam berat dalam konsentrasi tinggi. Proses penyerapan logam berat atau zat pencemar oleh tumbuhan terjadi secara absorpsi. Proses absorpsi ini berlangsung secara alami di lingkungan hidup (Rondonuwu, 2014).

Akar tumbuhan adalah tempat awal terjadinya proses absorpsi zat pencemar yang berada dalam ekosistem air dan tanah. Akar tumbuhan dapat menyerap zat pencemar secara absorpsi karena memiliki senyawa fitokelatin. Senyawa fitokelatin berfungsi untuk mengikat senyawa logam. Membran sel pada tumbuhan berfungsi untuk membawa logam berat yang telah diakumulasi ke seluruh bagian tumbuhan. Proses absorpsi zat pencemar juga dapat terjadi pada bagian-bagian lain tumbuhan seperti pada daun (Puspita, Siregar, dan Hidayati, 2011).

Tumbuhan bioakumulator yang dapat mengakumulasi logam-logam berat diantaranya adalah tumbuhan *Neptunia oleracea* dapat mengakumulasi logam aluminium (Al) (Septiani dkk, 2017), Eceng gondong (*Eichhornia crassipes*) dapat mengakumulasi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) (Rahayu dkk, 2014), mangrove (*Rhizophora apiculata*) sebagai bioakumulator logam kromium (Cr) dan seng (Zn) (Suprihatin dkk, 2014), dan nipah (*Nypa fruticans*)

sebagai bioakumulator logam nikel (Ni) dan seng (Zn) (Nafie dkk, 2019).

2.5.1. Tumbuhan Paku (*Pityrogramma calomelanos L*)

Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) adalah salah satu jenis tumbuhan yang mudah hidup dan tersebar di seluruh daerah di Indonesia. Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) memiliki satu divisi yaitu *Pteridophyta* yang terdiri dari beberapa jenisnya dan memiliki sistem pembuluh sejati (kormus). Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) terdiri dari dua bagian utama yaitu organ vegetatif dan organ generatif. Organ vegetatif terbagi atas empat bagian yaitu akar, batang, rimpang, dan daun. Organ generatif terdiri dari empat bagian yaitu *spora*, *sporangium*, *anteridium*, dan *arkegonium* (Arini dan Kinho, 2012).

Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) mempunyai ciri khas tersendiri diantaranya seperti :

1. Memiliki akar serabut, batang, daun sejati dan berkembang biak menggunakan spora.
2. Memiliki *tropofil* (daun steril) dan *sporofil* (daun fertil).
3. Bersifat higrofit.
4. Dan berkembang biak secara seksual dan aseksual.

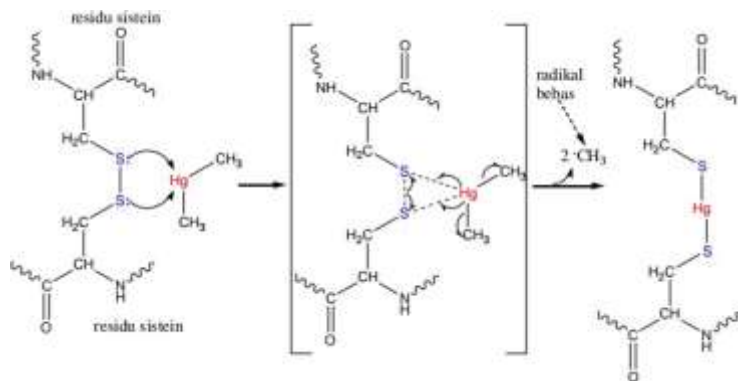
Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) dapat dikategorikan menjadi empat kelas dan sebelas famili. Kelas tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) terdiri dari paku purba (*Psilophytinae*), paku rambat atau paku kawat (*Lycopodiinae*), dan paku sejati (*Fillicinae*) (Tjitrosoepomo, 2009). Pertumbuhan tanaman paku (*Pityrogramma calomelanos L*) sangat di pengaruhi oleh faktor biotik dan

abiotik seperti iklim, tanah dan proses penyerapan unsur hara oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L). Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) memiliki ciri-ciri fisik seperti daun menggulung ketika masih muda. Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) memiliki akar yang adventif yang tumbuh secara horizontal di atas permukaan tanah dan di bawah tanah. Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) merupakan tanaman monokotil yang ditandai dengan akar serabut yang berfungsi untuk menyerap air dan unsur hara (Sugiarti, 2017).

Tumbuhan pada umumnya mengandung senyawa metabolit primer seperti karbohidrat, protein dan lemak. Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos* L) mengandung metabolit sekunder seperti alkaloid, steroid, saponin, dan flavonoid (Muhammad, Side, dan Sulastri, 2017).



Gambar 2.3 Tumbuhan Paku (*Pityrogramma calomelanos* L).



Gambar 2.4 Mekanisme pembentukan senyawa kompleks oleh senyawa sistein dengan logam Hg (Irfandi, 2013).

Fitokelatin adalah salah satu jenis protein yang dihasilkan oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L.*). Senyawa fotokelatin tersusun dari beberapa asam amino salah satunya adalah sistein. Sistein merupakan asam amino yang berfungsi mengikat logam Hg sehingga dapat membentuk senyawa kompleks. Senyawa kompleks yang dihasilkan kemudian ditranslokasikan ke bagian tumbuhan seperti akar, batang, daun, bunga dan buah (Triandy dkk, 2016).

2.6. Limbah Industri

Limbah merupakan suatu produk samping yang dihasilkan oleh suatu kegiatan atau usaha yang tidak memiliki nilai jual dan bersifat merugikan usaha atau kegiatan tersebut. Limbah industri biasanya berbentuk cair, padat dan gas. Rata-rata limbah industri bersifat toksik terhadap lingkungan dan makhluk hidup, sehingga bersifat merugikan lingkungan dan makhluk hidup. Dampak limbah industri terhadap kesehatan dan lingkungan diantaranya seperti tercemarnya sumber mata air, tanah, udara, dan menyebabkan kanker, tumor, penyakit kulit, dan lainnya. Bahan pencemar yang sering dijumpai di

lingkungan diantaranya adalah logam kadmium (Cd), arsen (As), merkuri (Hg), timbal (Pb), asam sulfida (H_2S) amoniak (NH_3), dan karbon dioksida (CO_2) (Arief, 2016).

2.7. Metode Analisis Logam Hg

Analisis logam Hg dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif merupakan suatu analisa yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya logam Hg. Sedangkan analisa kuantitatif adalah suatu analisa yang digunakan untuk mengetahui jumlah atau kadar logam Hg. Analisa kualitatif dapat dilakukan dengan uji warna (Rohaya, Ibrahim, dan Jamaluddin, 2017). Analisa kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) (Irsyad, Sikanna, dan Musafira, 2014), Flamefotometer, Spektrofotometer UV-VIS (Sari, Firdaus, dan Elvia, 2017), dan analisis aktivasi neutron (Taftazani, 2007). Berdasarkan SNI 6989.78:2011, pengujian logam Hg pada air atau sedimen dapat dilakukan dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-uap dingin atau *Mercury Analyzer*.

2.8. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer serapan atom (SSA) adalah instrumen yang digunakan untuk menganalisis unsur-unsur logam dan metaloid dengan pengukuran berdasarkan penyerapan cahaya pada panjang gelombang spesifik oleh atom dalam keadaan bebas. Prinsip utama dari spektrofotometer serapan atom adalah bila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas maka sebagian cahaya akan diserap dan intensitas penyerap berbanding lurus dengan banyaknya atom

bebas dalam sel tersebut. Senyawa dalam sel akan diuapkan oleh sumber cahaya dan diuraikan menjadi uap-uap atom bebas dalam proses atomisasi. Uap-uap atom bebas tersebut akan diserap oleh lampu katoda dan sebagiannya lagi akan transmisikan. Kemudian detektor akan mengukur absorbansi dari uap-uap atom bebas yang telah ditransmisikan (Yulianto dan Muchsin, 2011).

Instrumen spektrofotometer serapan atom terdiri dari :

1. Sel atom

Ada dua tahap pertama yang terjadi dalam sel atom yaitu:

- a. Nebulisasi, adalah tahap untuk menghasilkan suatu bentuk aerosol yang halus dari larutan contoh.
- b. Disosiasi, adalah tahap dimana analit menjadi atom-atom bebas dalam keadaan gas.

2. Sumber cahaya

Sumber cahaya spektrofotometer serapan atom adalah lampu katoda berongga. Lampu katoda berongga terdiri dari suatu anoda dan katoda yang terletak dalam suatu silinder gelas berongga yang terbuat dari kuarsa.

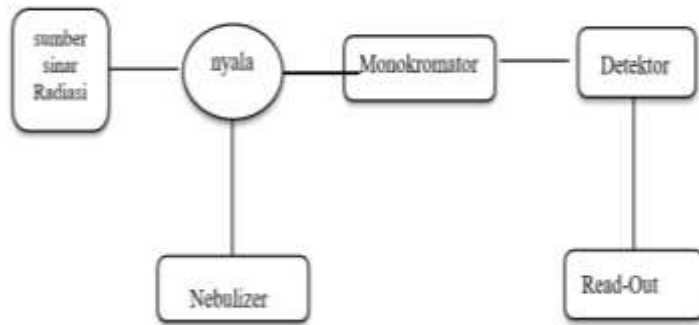
3. Monokromator

Monokromator yang digunakan dalam instrumen spektrofotometer serapan atom adalah difraksi grating. Difraksi grating menggunakan cermin untuk memancarkan cahaya.

4. Detektor

Detektor yang digunakan dalam instrumen spektrofotometer serapan atom adalah tabung pengganda proton yang terdiri dari katoda yang telah dilapisi senyawa

yang bersifat peka cahaya dan anoda yang mampu mengumpulkan elektron (Underwood dan Day, 2002).



Gambar 2.5 Instrumen Spektrofotometer Serapan Atom

Penggunaan instrumen spektrofotometer serapan atom memiliki keuntungan seperti menunjukkan hasil yang lebih spesifik, cukup ekonomis, dan dapat diaplikasikan pada banyak jenis unsur. Namun, instrumen spektrofotometer serapan atom mempunyai kelemahan seperti tidak mampu menguraikan larutan menjadi ion-ion dan pengaruh bionisasi dapat menimbulkan emisi pada panjang gelombang yang sama.



Gambar 2.6 Spektrofotometer Serapan Atom SHIMADZUU AA-7000.

Kelebihan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah :

1. Spesifik.
2. Batas deteksi yang cukup rendah.
3. Pengukurannya langsung terhadap contoh.
4. Output dapat langsung dibaca.
5. Ekonomis.

2.8.1. Spektroskopi Serapan Atom Uap Dingin (SSA-UD)

Spektroskopi serapan atom uap dingin merupakan metode pengukuran atom-atom logam yang menggunakan uap dingin untuk memasukkan sampel. Metode spektroskopi serapan atom uap dingin memiliki tingkat akurasi yang cukup baik karena kesalahan analisis kurang dari 1%. Metode spektroskopi serapan atom uap dingin

memiliki beberapa kelebihan seperti ketelitian, kepekaan dan ketepatan yang tinggi serta mampu mendeteksi konsentrasi sampel dalam konsentrasi rendah seperti dalam satuan pbb (*part per billion*). Logam Hg memiliki tekanan uap yang cukup tinggi pada suhu kamar, sehingga spektroskopi serapan atom uap dingin menggunakan alat tambahan yang disebut VGA (*Vapour Generation Accessories*). Penggunaan VGA pada Spektroskopi serapan atom uap dingin akan menghasilkan uap yang lebih stabil dan monokromatik. Hal ini menyebabkan logam merkuri akan terabsorpsi tanpa menggunakan nyala atau metode atomisasi lainnya (Mukharromah, 2015).

2.9. Penelitian Relevan

Beberapa penelitian tentang analisis pencemaran lingkungan oleh logam berat pada tumbuhan telah dilakukan oleh para peneliti dengan berbagai jenis tumbuhan. Ali dan Rina (2010) menjelaskan tentang kemampuan tanaman mangrove (*Rhizophora apiculata*) dalam menyerap logam berat dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), menyatakan bahwa tanaman mangrove jenis *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *Bruguiera gymnorrhiza* dapat menyerap logam berat namun tidak dapat bertahan terhadap konsentrasi toksik. Khairuddin dan Syukur (2018) meneliti tentang kandungan logam berat pada tumbuhan mangrove dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), menunjukkan bahwa tanaman mangrove spesies bakau dapat menyerap logam berat dengan rata-rata 3,74 ppm hingga 4,15 ppm.

Berdasarkan Putra dkk (2019), menganalisis tumbuhan lamun (*Nypa fruticans*) sebagai bioakumulator logam seng (Zn) pada perairan Jepara dengan metode *purposive sampling*, menyatakan bahwa

tumbuhan lamun dapat mengakumulasi logam berat seng sebanyak 1,14 mg/L hingga 1,70 mg/L. Menurut Triandy dkk (2016), tumbuhan bakau (*Rhizophora mucronata*) dapat mengakumulasi logam besi dan tembaga dengan analisis instrumen Spektrofotometer Serapan Atom, di musim hujan logam besi dan tembaga dapat terakumulasi sebanyak 6.761,17 mg/L dan 50 mg/L serta di musim kemarau sebesar 6.758,28 mg/L dan 37,98 mg/L.

Menurut Sugianto, Yona, dan Kasitowati (2016) tentang penyerapan logam berat timbal dan kadmium oleh tumbuhan lamun dengan metode *sampling*, menunjukkan bahwa konsentrasi logam timbal dan kadmium pada daun secara berturut-turut sebesar 0,2214 - 0,4210 ppm dan 0,0567 - 0,0794 ppm, sementara pada akar sebanyak 0,067 - 0,4224 dan 0,05 - 0,0684 ppm, pada daun terjadi penyerapan logam berat lebih tinggi dari pada di akar. Sementara menurut Nafie dkk (2019), tumbuhan nipah dapat mengakumulasikan logam berat seperti Ni dan Zn pada air Sungai Tallo Makassar, logam Ni dan Zn yang terakumulasi rata-rata sebanyak 20.441,2 ppm dan 1.560,3 ppm dari akar, pelepah dan daun, penyerapan terbanyak terjadi pada pelepah pohon nipah.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Multifungsi Universitas Islam Negeri 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

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000, neraca analitik, *hot plate*, Erlenmeyer 100 mL, gelas kimia 100 mL, gelas kimia 50 mL, kaca arloji, gelas ukur 5 mL, labu takar 250 mL, corong, spatula, batang pengaduk, pipet tetes, *cutter*, dan kantong sampel.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades (H_2O), tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*), sedimen, asam nitrat (HNO_3) pekat, asam sulfat (H_2SO_4) pekat, kalium permanganat ($KMnO_4$) 5%, kalium persulfat ($K_2S_2O_8$) 5%, hidrosilamin-NaCl, timah (II) klorida ($SnCl_2$) 10%, kertas saring, dan larutan standar merkuri.

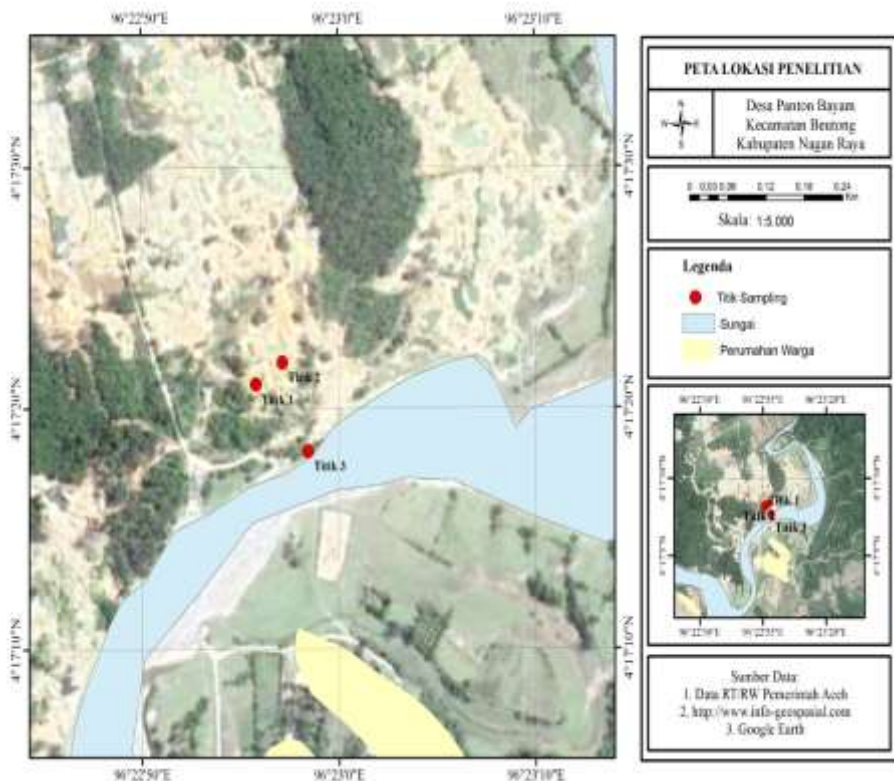
3.3. Cara Kerja

3.3.1. Penentuan Titik Pengambilan Sampel

Penentuan titik sampel dilakukan di wilayah sisa

penambangan emas yang terdapat di Desa Pantan 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, Pantan Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya.Preparasi Sampel

Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) dan sedimen diambil dari 5 titik yang berbeda. Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) diambil sebanyak 1 Kg di setiap titik. Sampel sedimen diambil pada kedalaman 7 cm hingga 15 cm. Selanjutnya sampel tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) dibersihkan dengan air hingga bersih. Sedangkan sedimen dibersihkan dari sampah yang ikut terangkat saat pengambilan sampel. Kemudian kedua sampel tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) dan sedimen dikeringkan di bawah sinar matahari selama 6 jam hingga sampel kering. Selanjutnya kedua sampel dipotong- potong dan digerus hingga berbentuk serbuk (Kosegeran dkk, 2015).

3.3.2. Analisis Sampel Tumbuhan Paku (*Pityrogramma calomelanos L*)

Sampel tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) ditimbang sebanyak $\pm 1,0$ gram sampel kering dan 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% kemudian didiamkan sampai 15 menit (jika warna ungu hilang, maka tambahkan kembali larutan kalium permanganat (KMnO_4) hingga warna ungu tidak hilang). Kemudian tambahkan 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 hidrosilamin-NaCl 10% secukupnya untuk mereduksi kelebihan KMnO_4 , selanjutnya sampel disaring. Filtrat yang dihasilkan kemudian ditambahkan 5 mL larutan timah (II) klorida (SnCl_2) 10%. Selanjutnya diukur kadar merkuri (Hg) pada sampel menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

SHIMADZUU AA-7000 pada λ 253,7 nm (SNI-698978:2011).

3.3.3. Analisis Sampel Sedimen

Ditimbang sampel sedimen sebanyak $\pm 1,0$ gram sampel kering dan 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% kemudian didiamkan sampai 15 menit (jika warna ungu hilang, maka tambahkan kembali larutan kalium permanganat (KMnO_4) hingga warna ungu tidak hilang).

Kemudian tambahkan 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 hidrosilamin- NaCl 10% secukupnya untuk mereduksi kelebihan KMnO_4 , selanjutnya sampel disaring. Filtrat yang dihasilkan kemudian ditambahkan 5 mL larutan timah (II) klorida (SnCl_2) 10%. Selanjutnya diukur kadar merkuri (Hg) pada sampel menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000 pada λ 253,7 nm (SNI-698978:2011).

3.3.4. Pembuatan Larutan Standar Logam Hg

Dilarutkan 1,35 gram HgCl_2 dengan akuades lalu dimasukkan kedalam labu takar 1000 mL dan diencerkan hingga tanda batas serta dikocok hingga homogen. Larutan standar merkuri kemudian dipipet 10 mL dan diencerkan kedalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas labu takar 100 mL, kemudian dihomogenkan.

3.3.5. Pembuatan Deret Standar Logam Hg

Larutan deret standar merkuri (Hg) dibuat dengan konsentrasi 0 ppm, 4 ppm, 8 ppm, 12 ppm, 16 ppm, dan 20 ppm dalam labu tukur 100 mL. Ukurlah kadar logam merkuri (Hg) dalam larutan deret dengan λ 253,7 nm menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000 pada λ 253,7 nm (SNI-698978:2011).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Pengukuran Larutan Standar Logam Hg

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

Tabel 4.1. Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Hg menggunakan 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. Analisis Kadar Logam Hg pada Tumbuhan Paku (*Pityrogramma calomelanos*) dan Sedimen.

Kandungan logam Hg yang terserap oleh tanaman paku (*Pityrogramma calomelanos* L) dan sedimen secara alami di lingkungan pada kawasan pertambangan emas di Desa Pantan Luwas, dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran kadar logam Hg yang

terakumulasi dalam tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) dan sedimen menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SHIMADZUU AA-7000

No	Titik Sampel	Konsentrasi (ppm)
		Hg
1	1	0,2709
2	2	0,2364
3	3	0,3281

4.2. Pembahasan

4.2.1. Preparasi Sampel

Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) merupakan sayuran hijau yang tidak dapat dikonsumsi dan termasuk dalam divisi *Pteridophyta*. Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) memiliki ciri-ciri fisik seperti warna daun hijau muda, batang berwarna coklat kehitaman, dan batang yang tegak serta memiliki akar serabut (Ayatusa'adah dan Dewi, 2017). Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) berpotensi untuk dijadikan bioakumulator logam berat, karena memiliki kandungan protein yang cukup tinggi. Selain dapat dimanfaatkan sebagai bioakumulator, tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) juga dimanfaatkan sebagai inhibitor organik (Amburika dan Sutoyo, 2019) dan antibakteri (Julita, 2012). Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) biasanya hidup di tanah berbatu dan hidup secara berkelompok (Hasibuan, Rizalinda dan Rusmiyanto, 2016). Identifikasi tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) dilakukan di Laboratorium Biologi Fakultas MIPA Universitas Syiah

Kuala.

Klasifikasi taksonomi tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*):

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Sub Kingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Divisi	: <i>Pteridophyta</i>
Kelas	: <i>Filicopsida</i>
Sub Kelas	: <i>Polypoditae</i>
Ordo	: <i>Polypodiales</i>
Famili	: <i>Pteridaceae</i>
Genus	: <i>Pityrogramma Link</i>
Spesies	: <i>Pytirogramma calomelanos (L) Link</i>

Teknik pengambilan sampel tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanosL*) merupakan suatu parameter yang sangat penting dalam melakukan suatu penelitian. Karena pengambilan sampel tersebut sangat mempengaruhi keakuratan data dan kebenaran dari hipotesis. Dalam penelitian ini, sampel yang diambil merupakan tumbuhan paku dengan jenis *Pityrogramma calomelanos L* yang berada di kawasan pertambangan emas Desa Pantan Luwas. Dimana tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) dan sedimen diambil dari 5 titik lokasi yang berbeda.

Dalam penentuan sampel tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) sebagai biokumulator logam Hg, kriteria yang harus dipenuhi diantaranya adalah :

1. Lingkungan tersebut positif tercemar logam Hg.
2. Pengambilan sampel tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) tidak memperhatikan umur.
3. Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) yang

digunakan sebagai sampel barasal dari tumbuhan subur dengan ciri-ciri fisik daun rimbun, batang tinggi dan keras serta tumbuh dalam jumlah yang banyak (Kosegeran dkk, 2015).

Daerah tempat pengambilan sampel telah dilaporkan positif tercemar logam Hg. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Asiah dkk (2015), menunjukkan bahwa kadar logam Hg dalam urin pekerja tambang emas di Nagan Rayadinyatakan positif. Rata-rata konsentrasi logam Hg pada urin pekerja adalah $2,82\mu\text{g/L}$. Namun, konsentrasi logam Hg dalam urin masih dalam batas normal yang ditetapkan oleh WHO yaitu $4\mu\text{g/L}$. Berdasarkan penelitian Emelda dkk (2017), menyatakan bahwa di kawasan perairan sungai Sikulat, Kecamatan Beutung telah tercemar oleh logam Hg. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji kadar logam Hg pada organ tubuh ikan yang terdiri bagian kepala sebesar $0,679\text{ ppm}$ dan bagian badan ikan sebanyak 1.541 ppm . Konsentrasi logam Hg yang terakumulasi pada ikan telah melebihi nilai standar mutu yang ditetapkan oleh peraturan pemerintah No.82 tahun 2001 untuk perikanan yaitu $0,001\text{ ppm}$.

Preparasi sampel adalah tahapan yang sangat penting dalam menganalisis kadar logam Hg. Suatu komponen atau elemen yang terdapat dalam sampel dapat mengganggu konsentrasi logam Hg yang ingin kita amati dan analisis. Sehingga diperlukan pemanasan, penambahan larutan kimia dan pengenceran larutan sampel agar konsentrasi komponen atau elemen yang tidak kita inginkan dapat mengalami penurunan sehingga dapat diperoleh hasil yang diinginkan (Lestari, 2009).

Proses preparasi sampel diawali dengan memotong dan

menggerus sampel yang telah kering sehingga diperoleh sampel dalam bentuk serbuk. Tahap ini bertujuan untuk memperBayam permukaan sampel, sehingga dapat mempercepat laju reaksi kimia dan mempercepat proses destruksi (Sitorus, 2014). Sampel yang telah dihaluskan, kemudian dipreparasi dengan metode destruksi basah (Sajidah, 2019).

Menurut Hidayati (2013), metode destruksi basah lebih bagus dari pada metode destruksi kering karena suhu yang digunakan tidak terlalu tinggi sehingga dapat mengurangi tingkat kehilangan senyawa yang diinginkan dan prosesnya berlangsung lebih cepat. Metode destruksi basah juga dapat digunakan untuk mengetahui unsur-unsur dengan konsentrasi yang rendah. Metode destruksi ini digunakan untuk membantu proses oksidasi serta perubahan senyawa-senyawa organik dengan bantuan energi panas dan larutan oksidator kuat pada proses destruksinya. Larutan oksidator yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam sulfat, asam nitrat, kalium permanganat dan kalium persulfat.

Metode destruksi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu destruksi basah terbuka menggunakan penagas air. Proses pemanasan dilakukan pada suhu 95°C karena asam nitrat memiliki titik didih pada suhu 120°C. Hal ini dilakukan agar larutan asam nitrat tidak menguap ketika proses destruksi dilaksanakan (Amalullia, 2016). Menurut Akbar (2017), proses pemanasan berfungsi untuk mempercepat terjadinya proses pemutusan antara logam dengan senyawa organik pada ikatan senyawa kompleks. Pada dasarnya kekuatan ikatan kovalen lebih kecil dari pada ikatan ionik. Sehingga ikatan kovalen akan lebih cepat mengalami pemutusan ikatannya

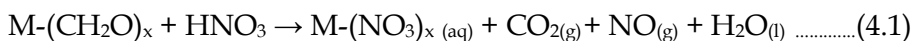
dengan senyawa organik.

Penambahan HNO_3 berfungsi untuk membentuk logam anorganik dari bentuk logam organik. Ketika dilakukan pemanasan akan terbentuk gas CO_2 . Gas CO_2 terbentuk akibat terjadinya penguraian bahan organik yang ditandai dengan timbulnya gelembung-gelembung gas ketika destruksi dilakukan. Selain gas CO_2 pada tahap ini juga dapat terbentuk gas NO_x (Wulandari dan Sukesri, 2013). Sedangkan penambahan H_2SO_4 berfungsi sebagai oksidator kuat untuk mempercepat serta menyempurnakan proses destruksi sampel. Asam nitrat merupakan oksidator utama dalam proses destruksi sampel, sedangkan asam perklorat merupakan oksidator pembantu (katalis) yang membantu memaksimalkan kinerja asam nitrat (Nurmalasari, 2016).

Penggunaan larutan KMnO_4 dan $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ dalam proses destruksi juga berfungsi sebagai larutan oksidator untuk memutuskan ikatan logam Hg organik menjadi Hg anorganik. Sedangkan penggunaan larutan hidrosilamin- NaCl berfungsi sebagai larutan reduktor untuk mereduksi KMnO_4 yang berlebih (Arel, Andayani, Rahmi dan Ningsih, 2020). Proses destruksi yang telah sempurna dapat dilihat dari perubahan warna larutan menjadi jernih saat dilakukan proses pemanasan (Irfandi, 2016). Setelah proses destruksi selesai, kemudian sampel disaring. Sebelum dilakukan pengujian logam Hg, sampel yang telah disaring harus ditambahkan larutan SnCl_2 dengan konsentrasi 10%. Larutan SnCl_2 berfungsi sebagai larutan reduktor untuk mentralkan muatan logam Hg. Setelah tahap destruksi selesai, atom-atom Hg dalam sampel akan berada dalam kondisi ion positif yaitu Hg^{2+} . Sehingga harus direduksi terlebih dahulu agar atom-atom

Hg dapat bermuatan netral (Hg). Hal ini dilakukan karena atom Hg yang netral akan mudah menguap menjadi atom-atom Hg pada suhu normal (Lertari, 2015).

Berikut ini reaksi yang terjadi ketika proses destruksi logam menjadi bentuk garamnya yaitu (Agusti, 2019):



4.2.2. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Hg

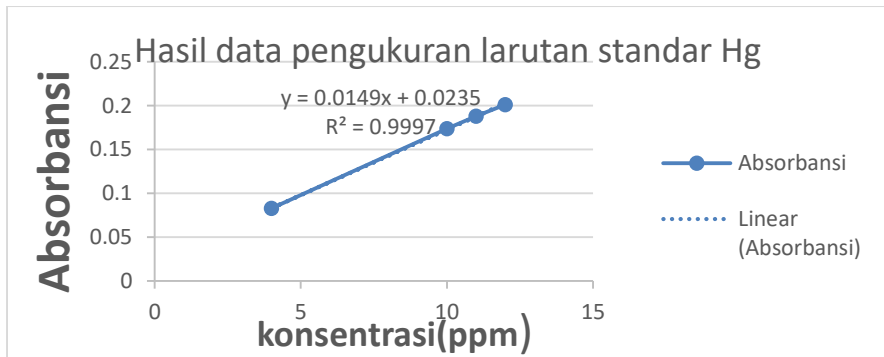
Kurva kalibrasi larutan standar merupakan bagian penting yang tidak dapat dihilangkan dalam pengujian konsentrasi suatu unsur dalam analisis menggunakan instrumen SSA. Hukum Lambert-Beer adalah dasar dalam pembuatan kurva kalibrasi larutan standar. Bentuk hukum Lambert-Beer yaitu A adalah absorbansi sampel, a adalah *intersep*, b adalah tebal nyala dan C adalah konsentrasi sampel. Dilihat dari persamaan hukum Lambert-Beer, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi sampel maka akan semakin tinggi absorbansi yang dihasilkan (Underwood dkk, 2002).

Larutan Hg dibuat dari 1,35 gram $HgCl_2$ yang dilarutkan dengan H_2O dalam labu ukur 1000 mL untuk menghasilkan konsentrasi logam Hg 1000 ppm. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses pengenceran larutan Hg ke konsentrasi yang lebih kecil. Kemudian larutan Hg 1000 ppm diencerkan ke konsentrasi 100 ppm. Selanjutnya diencerkan kembali untuk memperoleh konsentrasi larutan logam Hg 4 ppm, 8 ppm, 12 ppm, 16 ppm dan 20 ppm, lalu diukur pada panjang gelombang maksimum 253,7 nm. Pengukuran logam Hg dilakukan pada panjang gelombang 253,7 nm. Hal ini disebabkan oleh panjang

gelombang 253,7 nm yang memiliki sensitivitas paling bagus serta logam selain Hg yang terdapat dalam sampel tidak dapat berinteraksi pada panjang gelombang ini (Robinson, 1996). Cahaya pada panjang gelombang 253,7 nm juga memiliki energi yang cukup untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom, sehingga transisi elektronik suatu atom dapat bersifat spesifik (Khopkar, 1990).

Menurut Hadi dan Asiah (2017), perbedaan konsentrasi pada pengukuran kurva kalibrasi larutan standar dilakukan agar dapat diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) untuk mengetahui respon instrumen SSA terhadap konsentrasi analit. Jika $R^2 \leq 1$, maka instrumen memberikan respon yang kuat terhadap perubahan konsentrasi analit.

Penyerapan radiasi cahaya elektromagnetik oleh sampel terjadi pada panjang gelombang maksimum, sehingga dapat menghasilkan nilai absorbansi. Kurva larutan standar Hg dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kurva kalibrasi larutan standar logam Hg.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan Hg maka akan semakin tinggi nilai absorbansi yang dihasilkan. Berdasarkan data yang di hasilkan dari grafik di atas, maka

dapat dibuat persamaan garis linier $y = bx + a$. Dimana y adalah absorbansi sampel, a adalah *intersep*, b adalah *slope* dan x adalah konsentrasi sampel, sehingga dari persamaan linier tersebut dapat diperoleh persamaan kurva larutan standar logam Hg berbentuk $y = 0.0149x + 0.0235$. Dari persamaan linier di atas menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9997. Hal ini menunjukkan bahwa respon instrumen SSA terhadap konsentrasi larutan standar telah memenuhi syarat, karena nilai R^2 telah mendekati +1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa instrumen SSA dalam keadaan baik dan persamaan linier tersebut dapat digunakan dalam menghitung konsentrasi sampel (Hadi dan Asiah, 2017).

Uji linieritas adalah metode yang sering digunakan dalam membuktikan hubungan linier dengan konsentrasi larutan standar yang sebenarnya dengan respon instrumen. Nilai koefisien korelasi (R^2) menunjukkan hubungan antara konsentrasi dan absorbansi secara linear. Persamaan regresi linier yang dihasilkan dari kurva larutan standar logam Hg pada gambar 4.1 di atas adalah $y = 0.0149x + 0.0235$ dan nilai $R^2 = 0,9997$. Hal ini menunjukkan bahwa hasil tersebut sesuai dengan hukum *Lambert-Beer*. Sensitivitas yang dihasilkan dari kurva larutan standar Hg ditunjukkan dengan nilai *slope* (kemiringan) sebesar 0,0034. Dari nilai *slope* (kemiringan) tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap perubahan konsentrasi pada sumbu x akan memberikan perubahan terhadap nilai absorbansi pada sumbu y sebanyak 0,0034.

Hasil pengujian larutan standar logam Hg menunjukkan bahwa nilai absorbansi meningkat seiring dengan meningkatnya nilai konsentrasi larutan standar (ppm). Pada konsentrasi larutan standar 0 ppm diperoleh nilai absorbansinya sebesar 0,0, konsentrasi 4 ppm

diperoleh nilai absorbansinya sebesar 0,0114, pada konsentrasi 8 ppm diperoleh nilai absorbansinya sebesar 0,0250, konsentrasi 12 ppm diperoleh nilai absorbansinya sebesar 0,0372, konsentrasi 16 ppm dihasilkan nilai absorbansi sebesar 0,0522 dan konsentrasi larutan standar 20 ppm diperoleh nilai absorbansinya sebesar 0,0683.

	Titik Sampel	Konsentrasi (ppm)
		Hg
1	1	0,2709
2	2	0,2364
3	3	0,3281

4.3. Analisis kadar Logam Hg pada Tumbuhan Paku (*Pityrogramma calomelanos L*)

Tabel diatas, menunjukkan konsentrasi logam Hg yang terakumulasi pada tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) secara alami di alam yang berasal dari limbah amalgamasi di kawasan pertambangan emas Desa Panton Bayam. Penyerapan konsentrasi logam Hg oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) berbeda-beda untuk setiap titik. Berdasarkan data di atas dapat diketahui bahwa konsentrasi logam Hg tertinggi yang terakumulasi pada tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) terdapat pada titik 3 sebesar 0,3281mg/kg, sedangkan konsentrasi logam Hg terkecil yang terakumulasi oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) sebesar 0,0114 mg/kg yang terdapat pada titik 1 sebanyak 0,2709 mg/kg.

Berdasarkan data pada tabel diatas dapat diketahui bahwa

konsentrasi yang terakumulasi pada tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) berbeda-beda untuk setiap titik. Perbedaan penyerapan konsentrasi tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Menurut Supriyantini dan Soenardjo (2015), penyerapan logam berat di lingkungan secara alami dapat dipengaruhi oleh musim (hujan dan kemarau), salinitas, pH, jenis logam dan spesies tumbuhan.

Perbedaan konsentrasi logam yang terakumulasi oleh tumbuhan juga dapat disebabkan oleh penurunan mobilitas logam karena terikat pada bahan organik sehingga menyebabkan logam lebih mudah terakumulasi pada tumbuhan dengan terikat pada partikel-partikel di tumbuhan. Berdasarkan penelitian Basri dan Hamzah (2015), menyatakan bahwa penyerapan logam-logam berat lebih banyak terjadi pada tumbuhan yang berada di air dari pada tumbuhan yang ada di darat. Hal ini disebabkan oleh mobilitas logam di tanah lebih lambat dari pada di air. Menurut Hidayati (2013), perbedaan konsentrasi yang terakumulasi pada tumbuhan juga dapat disebabkan oleh mobilitas logam pada akar. Sehingga proses translokasi logam dari akar ke tajuk terjadi secara lambat.

Faktor lingkungan dan perbedaan genetik dalam penyerapan juga merupakan faktor yang mempengaruhi proses penyerapan logam berat. Umur tanaman merupakan salah satu faktor lingkungan yang menentukan banyaknya akumulasi logam Hg terjadi. Penyerapan logam Hg juga dapat dipengaruhi oleh banyaknya logam Hg yang berada pada tanah tercemar logam Hg (Kosegeran dkk, 2015).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa titik 1 merupakan titik dengan penyerapan logam Hg terendah. Hal ini dapat

disebabkan oleh kondisi pertambangan yang sudah tidak aktif lagi, sehingga air yang mengalir ke badan sungai tidak mengandung logam Hg dalam jumlah tinggi. Konsentrasi penyerapan logam merkuri tertinggi terjadi pada titik 3. Pada titik 3 akumulasi logam Hg tertinggi terjadi pada tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*), sehingga presentase terjadinya penyerapan logam Hg oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) di titik 3. Menurut penelitian Sulistiana dkk (2015), perbedaan konsentrasi yang diserap oleh tumbuhan dapat disebabkan oleh jarak lokasi pencemaran logam berat. Semakin dekat tumbuhan dengan lokasi pencemaran, maka akan semakin banyak konsentrasi logam berat yang diserap.

Berdasarkan data penyerapan konsentrasi logam Hg yang diakumulasi oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) yang tertinggi sebesar 0,3281mg/Kg. Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) memiliki kandungan protein 4,5 lebih besar dari pada tumbuhan sayur lainnya, sehingga logam Hg dapat terakumulasi pada tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) tanpa meracuni tumbuhan tersebut. Protein merupakan suatu polimer yang tersusun dari beberapa gugus asam amino yang mengandung amina dan gugus samping (karbamida, merkupto dan imina). Gugus amina dan gugus samping berfungsi sebagai ligan dalam mengakumulasi logam berat. Salah satu gugus asam amino yang terkandung dalam tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) adalah sistein. Sistein merupakan salah satu asam amino yang memiliki gugus sulfhidril (-SH). Gugus sulfhidril akan membentuk senyawa kompleks dengan logam Hg yang diakumulasi oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) dan ditransfer ke seluruh bagian tumbuhan (Umacina, Liestianty dan

muliadi, 2014)

Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) akan membentuk enzim reduktase pada membran akar tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) ketika menyerap logam Hg. Hal ini merupakan bentuk mekanisme toleransi tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) terhadap logam Hg. Setelah mengakumulasi logam Hg, enzim reduktase yang terbentuk akan ditranslokasikan keseluruh bagian tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) seperti batang dan daun melalui jaringan pengangkut xylem dan floem (Irfandi, 2016). Enzim reduktase merupakan enzim yang berfungsi untuk mereduksi logam untuk ditranslokasikan keseluruh jaringan yang ada. Enzim reduktase diproduksi oleh tumbuhan maupun mikroorganisme ketika proses akumulasi logam berat berlangsung (Abdullah, Hakim, Fitriandi dan Rahmawati, 2018).

Umumnya proses akumulasi logam tertinggi terjadi pada bagian akar. Hal ini dikarenakan tumbuhan menyerap sumber makanan melalui akar, sehingga unsur logam juga terserap oleh akar. Unsur logam yang terserap oleh akar akan terikat pada senyawa fitokelatin, Sehingga unsur logam akan terbawa ke bagian sel tumbuhan. Proses distribusi logam terjadi secara aktif yang bergantung pada anion dan kation yang ada tumbuhan tersebut (Puspita dkk, 2011).

Menurut Akbar (2017), senyawa fitokelatin terbentuk secara bersamaan dengan sintesis enzim glutathione sintetase. Unsur logam umumnya bersifat beracun terhadap tumbuhan. Namun, tumbuhan paku (*Pteris vittata*) dapat menetralkan logam dengan cara dikelat oleh zat khelat seperti senyawa fitokelatin. Penentralan logam Hg oleh senyawa fitokelatin akan membentuk senyawa kompleks. Dalam

senyawa kompleks, logam Hg akan terikat oleh gugus sulfur (S) yang terdapat pada asam amino senyawa fitokelatin. Senyawa fitokelatin dapat dijumpai pada tumbuhan yang terdapat di daerah yang tercemar logam dengan konsentrasi yang tinggi. Senyawa fitokelatin merupakan produk yang terbentuk secara alami untuk beradaptasi terhadap lingkungan yang tercemar logam berat.

Hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa kandungan logam Hg pada titik 1,2,3, yang terdapat di pertambangan emas Kabupaten Nagan Raya telah melebihi batas maksimum logam Hg sebagai zat pencemar lingkungan yang telah ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No.101 tahun 2014 yaitu 0,02 mg/Kg. Penyerapan konsentrasi logam Hg oleh tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) masih dalam baku mutu yang ditetapkan. Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) yang diambil di setiap titik di kawasan pertambangan Desa Panton Bayam, Kecamatan Beutung, Kabupaten Nagan Raya tidak memperlihatkan tanda-tanda keracunan, yang ditandai dengan tanaman layu, gangguan pada morfologi tumbuhan, tumbuhan yang mati dan memiliki potensi reproduksi secara banyak (Kosegeran dkk, 2015). Hal ini membuktikan bahwa tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) dapat dijadikan sebagai tumbuhan bioakumulator logam Hg, sehingga dapat mengurangi pencemaran logam Hg akibat adanya aktivitas pertambangan emas di Desa Panton Bayam Kecamatan Beutung, Kabupaten Nagan Raya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) pada Tumbuhan Paku (*Pityrogramma calomelanos L*) sebagai Bioakumulator Di Kawasan Pertambangan Emas Desa Panton Luwas”, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Tumbuhan Paku (*Pityrogramma calomelanos L*) dapat dijadikan tumbuhan bioakumulator, karena dapat mengakumulasi logam Hg tanpa meracuni tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*).
2. Konsentrasi logam Hg yang terakumulasi pada tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) di kawasan pertambangan emas Nagas Rayadiantaranya yaitu titik 3 sebanyak 0,3281 mg/Kg.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis yaitu :

1. Perlu dimanfaatkan tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) sebagai bioakumulator logam Hg untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah pertambangan emas.
2. Perlu adanya analisis konsentrasi logam Hg pada tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*) secara spesifik dengan membedakan antara batang, akar, dan daun.

3. Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap pencemaran logam Hg pada air sumur di Desa Pantan Bayam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Hakim, L., Fitriandi, E., dan Rahmawati. (2018). Deteksi Keberadaan Bakteri Resisten Logam Merkuri (Hg) Pada Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) Di Simpi, Sekadau, Kalimantan Barat. *Indonesia Journal Of Pure and Applied*, 1(2), 56-61.
- Adinata, D. Y., Vie, A. R. C. D. C., dan Kusdarini, E. (2015). Identifikasi Limbah Pengolahan Emas dan Kualitas Air Di Sekitar Penambangan Emas Rakyat Jampang Kulon, Desa Kertajaya, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya: 503-511.
- Agusti, A., N. (2019). Analisis Logam Timbal Dan Tembaga Terhadap Daya Serap Rumpun Laut Gracilaria sp. sebagai Bioabsorben. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Ar-raniry.
- Agus, C., Sukandarrumidi, S., dan Wintolo, D. (2005). Dampak Limbah Cair Hasil Pengolahan Emas Terhadap Kualitas Air Sungai Dan Cara Mengurangi Dampak Dengan Menggunakan Zeolit. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 12(1), 13-19.
- Akbar, S. (2017). Fitoremediasi Tanaman Paku Pakis (*Pteris vittata*) dengan Penambahan Karbon Aktif Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Limbah Merkuri (Hg). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Ali, M., dan Rina. (2010). Kemampuan Tanaman Mangrove Untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) Dan Timbal (Pb). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2), 28-36.
- Amalullia, D. (2016). Analisis Kadar Timbal (Pb) pada Eyeshadow dengan Variasi Zat Pengoksidasi dan Metode

Destruksi Basah Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Amburika, A. N., dan Sutoyo, S. (2019). Penggunaan Ekstrak Metanol Tumbuhan Paku Perak (*Pityrogramma calomelanos*) sebagai inhibitor Organik dalam Penurunan Laju Korosi Baja ASTM A36. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 5-Oktober : 122-131.

Arel, A., Andayani, R., Rahmi, A., dan Ningsih, W. (2020). Analisis Merkuri (Hg) pada Lotion Pemutih Yang Beredar di Pasar Raya Kota Padang Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik (JIFFK)*. 1(2), 134-138.

Arif, L. M. (2016). *Pengolahan Limbah Industri (Dasar-dasar Pengetahuan dan Aplikasi di Tempat Kerja)*. Yogyakarta : CV Andi Offset.

Arini, D. I. D., dan Kinho, J. (2012). Keragaman Jenis Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*) Di Cagar Alam Gunung Ambang Sulawesi Utara. *Info BPK Manado*. 2(1). 17-40.

Asiah, N., Alfian, Z., Anwar, J., Siregar, Y., dan Bangun, D. (2012). Pengaruh Lama Kerja Terhadap Kadar Merkuri (Hg) Dalam Urin Pekerja Tambang Emas (Studi Kasus Di Desa Pantan Bayam Kecamatan Beutung Kabupaten Nagan Raya). *Jurnal Pendidikan Kimia (JPKim)*, 7(2), 8. 50-61.

Ayatus'adah dan Dewi, N., A. (2017). Inventarisasi Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*) Di Kawasan Kampus IAIN Palangka Raya Sebagai Alternatif Media Pembelajaran Materi Klasifikasi Tumbuhan. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematika*, 5(2),

Aziz, M. (2014). The Model of Traditional Gold Mining and Its

Environmental Management in The Paningkaban Village, Gumelar District, Banyumas Regency, Central Java. *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*.

Basri, S., dan Hamzah, E. (2015). Studi Eksperimen: Efektivitas Kemampuan Tanaman Jeringau (*Acorus calamus*) Untuk Menurunkan Kadar Logam Berat Di Air. *Higiene*, 1(1), 49-59.

Effendi, H. (2003). *Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.

Emelda, C., Supriatno, dan Ali, M. (2017). Tingkat Akumulasi Merkuri (Hg) Pada Organ Tubuh Kelas Gastropoda Di Kawasan Perairan Sungai Sikulat Kecamatan Beutung Kabupaten Nagan Raya. *Jurnal EduBio Tropika*, 5(April), 21-26.

Gani, P. R., Abidjulu, J., dan Wuntu, A. D. (2017). Analisis Air Limbah Pertambangan Emas Tanpa Izin Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal MIPA*, 6(2), 6.
<https://doi.org/10.35799/jm.6.2.2017.16927>

Hadi, A., dan Asiah. (2017). *Statistika Pengendalian Mutu Internal*. Bogor : Press Printing.

Hadi, M. C. (2013). Bahaya Merkuri Di Lingkungan Kita. *Jurnal Skala Husada*, 10(2), 175-183.

Hadi, S. (1980). *Metodologi Research*. Yayasan Penerbit Fakultas Psikologi UGM
: Yogyakarta.

Handayanto, E., Nuraini, Y., Muddarisna, N., Syam, N., dan Fiqri, A., (2017).
Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemaran Tanah. UB Press
: Malang.

Hardiani, H., Kardiansyah, T., dan Sugesty, S. (2011). Bioremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah Terkontaminasi Limbah *Sludge* Industri Kertas Proses *Deinking*. *Jurnal Selulosa*. 1(1). 31-41.

Hasibuan, H., Rizalinda, dan Rusmiyanto, E. (2016). Inventarisasi Jenis Paku- pakuan (*Pteridophyta*) Di Hutan Sebelah Darat Kecamatan Sungai Ambawang Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*, 5(1), 46-58.

Hidayati, N. (2005). Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *HAYATI Journal of Biosciences*, 12(1), 35-40.
[https://doi.org/10.1016/S1978-3019\(16\)30321-7](https://doi.org/10.1016/S1978-3019(16)30321-7)

Hidayati, E., N. (2013). Perbandingan Metode Destruksi Pada Analisis Pb Dalam Rambut Dengan AAS. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.

Hidayati, N. (2013). Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 14(2), 75-82.

Hutagalung, H. P. (1984). Logam berat dalam lingkungan laut.

Pewartia Oceana IX, 1, 45-59.

- Ihrom, A., dan Sulistyarsi, A. (2015). Biomonitoring Pencemaran Udara Menggunakan Bioindikator Lichenes Di Kota Madiun. *Florea*, 2(2), 43-46. <https://doi.org/10.25273/florea.v2i2.414>
- Irfandi, R. (2016). *Fitoremediasi Tanaman Paku Pakis (Pteris Vittata) Terhadap Limbah Merkuri (Hg) Sintetik*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Irsyad, M., Sikanna, R., dan Musafira. (2014). Translokasi Merkuri (Hg) Pada Daun Tanaman Bayam Duri (*Amaranthus Spinosa* L) Dari Tanah Tercemar. *Online Journal of Natural Science*, 3(1), 8-17.
- Julita, N. (2012). Aktifitas Antibakteri Senyawa Flavonoid dari Tumbuhan Paku Perak (*Pityrogramma calomelanos*). *UNESA Journal of Chemistry*. 1(1).
- Joyce, J., Baker, C., dan Swain, H. (2008). *Prinsip-Prinsip Sains Untuk Keperawatan*. Jakarta : Erlangga.
- Khairuddin, M. Y., dan Syukur, A. (2018). Analisis Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(1), 69-79.
- Kitong, M. T., Abidjulu, J., dan Koleangan, H. S. J. (2012). Analisis Merkuri (Hg) dan Arsen (As) di Sedimen Sungai Ranoyapo Kecamatan Amurang Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA UNSRAT Online*. 1(1). 16-19.
- Khopkar, S. M. (1990). *Konsep Dasar Analitik*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Kosegeran, A. O., Rondonuwu, S., Simbala, H., dan Rumondor, M. (2015). Kandungan Merkuri Pada Tumbuhan Paku

(*Diplazium Accedens* Blume) Di Daerah Tambang Emas Tatelu-Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(1), 59. <https://doi.org/10.35799/jis.15.1.2015.8303>

Larasati, R., Setyono, P., dan Sambowo, K. A. (2012). VaBayami 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.

Lestari, F. (2009). *Bahaya Kimia Sampling dan Pengukuran Kontaminan Kimia Di Udara*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.

Lestari, W. F. (2015). Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Teripang Terung (*phyllophorus* sp.) Asal Pantai Kenjeran Surabaya secara Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Lestaris, T. (2010). Faktor-faktor Yang Berhubungan Dengan Keracunan Merkuri (Hg) Pada Penambang Emas Tanpa Ijin (PETI) Di Kecamatan Kurun, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. *Skripsi*. Universitas Diponegoro Semarang.

Mahmud, M., Lihawa, F., Isa, I., dan Patuti, I. M. (2013). *Fitoremediasi sebagai Alternatif Pengurangan Limbah Merkuri Akibat Penambangan Emas Tradisional Di Ekosistem Sungai Tulabolo Kabupaten Bone Bolango*. Universitas Negeri Gorontalo.

Mirdat., Patadungan, Y. S., dan Isrun. (2013). Status Logam Berat Merkuri (Hg) dalam Tanah pada Kawasan Pengolahan Tambang Emas Di Kelurahan Poboya, Kota Palu. *Jurnal Agrotekbis*. 1(2). 127-134.

- Muhammad, M., Side, Sumiati., dan Sulatri. (2017). Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Ekstrak n-Heksana Dari Rimpang Tanaman Paku Ekor Tupai *Drynaria quercifolia* Lin. *Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia*. 71-76.
- Mukharromah, I. Y. (2015). Penentuan Kadar Merkuri (Hg) dalam Ikan Lemuru (*Sardinella Lemuru*) Menggunakan Destruksi Basah Secara Spektroskopi Serapan Atom Uap Dingin (SSS-UD). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Nafie, N. La, Liong, S., dan Arifin, R. (2019). Fitoakumulasi Logam Ni dan Zn Dalam Tumbuhan Nipah (*Nypa fruticans*) Di Sungai Tallo Makassar. *Indo. J. Chem. Res.*, 7(1), 84-92. <https://doi.org/10.30598//ijcr.2019.5-nur>
- Nurmalasari, D. (2016). Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) pada Cat Rambut dengan Variasi Zat Pengoksidasi Menggunakan Destruksi Basah secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Panjaitan, G. Y. (2009). Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon *Avicennia marina* di Hutan Mangrove. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara Medan.
- Pangestu, H., dan Haki, H. (2013). Analisis Angkutan Sedimen Total Pada Sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 1(1). 103-109.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (PMKRI), No. 57. (2016). *Rencana Aksi Nasional Pengendalian Dampak Kesehatan Akibat Paparan Merkuri Tahun 2016-2020*.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PPRI), No. 101. (2014). *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*.

- Puspita, U. R., Siregar, A. S., dan Hidayati, N. V. (2011). Kemampuan tumbuhan air sebagai agen fitoremediator logam berat kromium (Cr) yang terdapat pada limbah cair industri batik. *Berkala Perikanan Terubuk*, 39(1).
- Puspitasari, R. F., Prasetya, A., dan Rahayuningsih, E. (2019). Penurunan Logam Hg dalam Air Menggunakan Sistem Sub-Surface Flow Constructed Wetland: Studi Efektivitas. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(1), 41–46.
- Putra, B. A., Santoso, A., dan Riniatsih, I. (2019). Kandungan Logam Berat Seng pada Enhalus acoroides di Perairan Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 8(1), 9. <https://doi.org/10.14710/buloma.v8i1.21378>
- Putranto, T. T. (2011). Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air Tanah. *TEKNIK*, 32(1), 62–71.
- Priyanto, N., Dwiyitno., dan Ariyani, F. (2008). Kandungan Logam Berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) pada Ikan, Air, dan Sedimen Di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 3(1). 69-78.
- Rahayu, S. T., Faradilla, M., Verawati, E. Y., dan Triana, M. (2014). Respon Bioakumulator Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Logam Berat Pb Dan Cd Di Sungai Pegangsaan Dua. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 1(1), 32– 37.
- Robinson, J. W. (1996). *Atomic Spectroscopy*. 2nd ed. Departement of Chemistry University of Lousiana : Baton Rouge.
- Rohaya, U., Ibrahim, N., dan Jamaluddin. (2017). Analysis Of The Content Of Merkuri (Hg) In Unregistered Facial Whitening Creams Circulating In The Inpres Market Palu.

GALENIKA Journal of Pharmacy, 3(1), 77-83.

- Rondonuwu, S. B. (2014). Fitoremediasi limbah merkuri menggunakan tanaman dan sistem reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains*, 14(1), 52-59.
- Ronoko, S. R., Karwur, D. B. A., dan Lasut, M. T. (2019). Mercury (Hg) Contamination In Manado Bay, North Sulawesi, Indonesia. *Journal Of Aquatik Science & Management*. 7(1). 1-6.
- Sajidah. (2019). *Analisis Kandungan Megrkuri (Hg) pada Air dan Sedimen Sungai Geumpang, Pidie, Aceh*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Sari, P. I., Firdaus, M. L., dan Elvia, R. (2017). Pembuatan Nanopartikel perak (NPP) Dengan Bioreduktor Ekstrak Buah *Muntingia calabura* L Untuk Analisis Logam Merkuri. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 1(1), 20-26.
- Septiani, M. N., Rusmiyanto, E., dan Wardoyo, P. (2017). Pertumbuhan Dan Karakter Anatomi Mimosa Air (*Neptunia Oleracea* Lour .) Pada Air Yang Terpapar Logam Aluminium (Al). *Jurnal Protobiont*, 6(3), 75-82.
- Simange, S. M., Simbolon, D., dan Jusadi, D. (2011). Analisis Kandungan Merkuri (Hg) Dan Sianida (CN) Pada Beberapa Jenis Ikan Hasil Tangkapan Nelayan Di Teluk Kao, Halmahera Utara. *Agroforestri*, 4(2), 335-353.
- Singh, K. P., Malik, A., Sinha, S., Singh, V. K., dan Murthy, R. C. (2005). Estimation Of Source Of Heavy Metal Contamination In Sediments Of Gomti River (India) Using Principal Component Analysis. *Water, Air and Soil Pollution*. 166. 321-341.

- Sitorus, D. O. (2014). Peningkatan Potensi Campuran Serat Sabut Kelapa Dan Serbuk Kayu Gergaji Teraktivitas H_2SO_4 Sebagai Media Adsorben Zat Warna Terhadap Limbah Kain Songket. *Laporan Akhir*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Sugiarti, A. (2017). Identifikasi Jenis Paku-pakuan (*Pityrogramma calomelanos*) Di Kawasan Cagar Alam Pagerwunung Darupono Kabupaten Kendal Sebagai Media Pembelajaran Sistematika Tumbuhan Berupa Herbarium. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
- Sugiyanto, R. A. N., Yona, D., dan Kasitowati, R. D. (2016). Analisis Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Lamun *Enhalus acoroides* Sebagai Agen Fitoremediasi Di Pantai Paciran, Lamongan. *Seminar Nasional Perikanan Dan Kelautan VI*. Universitas Brawijaya Malang.
- Sulistiana, S. (2015). Kemampuan Penyerapan Timbal (Pb) Pada Beberapa Kultivar Tanaman Puring (*Codiaeum Variegatum*). *Jurnal Matematika Sains Dan Teknologi*, 16(1), 10-17.
- Sumampouw, O. J., dan Risjani, Y. (2018). *Indikator Pencemaran Lingkungan*. Deepublish : Yogyakarta.
- Sumarjono, E., Aryanto, R., Purwiyono, T. T., dan Subandrio. (2020). Topografi sebagai Faktor Pengontrol Terhadap Penyebaran Merkuri Limbah Pengolahan Bijih Emas dengan Metode Amalgamasi pada Sedimen Sungai. *Prosiding Seminar Nasional Pakar Ke 3*. Institut Nasional Yogyakarta: 1.3.1-1.3.6.
- Suprihatin, I. E., Manurung, M., dan Mayangsari, D. (2014). Logam Kromium (Cr) dan Seng (Zn) Dalam Akar, Batang Dan Daun Tumbuhan Mangrove *Rhizophora apiculata* Di

Muara Sungai Bandung. *Jurnal Kimia*, 8(2), 178– 182.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

Supriyantini dan Soenardjo, N. (2015). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Akar dan Buah Mangrove *Avicennia marina* Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18(2). 98-106.

Syafruddin. (2019). The Impact Of Longer Working To Mercury Level (Hg) In Blood Of Those Traditional Gold Miners At Desa Panton Bayam Kabupaten Nagan Raya. *Buletin Farmatera*, 4(3), 140–150.

Taftazani, A. (2007). *Distribusi Konsentrasi Logam Berat Hg Dan Cr Pada Sampel Lingkungan Perairan Surabaya*. Yogyakarta: Batam.

Tjitrosoepomo, G. 2009. *Taksonomi Umum (Dasar-dasar Taksonomi Tumbuhan)*.
Yogyakarta : UGM Press.

Triandy, H., Liong, S., dan Hala, Y. (2016). *Fitoakumulasi Fe Dan Cu Dalam Tumbuhan Bakau Rhizophora mucronata Di Sungai Tallo Makassar*.

Turrahmi, A. (2019). Kebijakan Pemerintah Terhadap Eksplorasi Pertambangan Secara Individual Dalam Perspektif Hukum Islam (Studi Kasus Eksplorasi Pertambangan Emas Di Kawasan Panton Bayam Kabupaten Nagan Raya). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

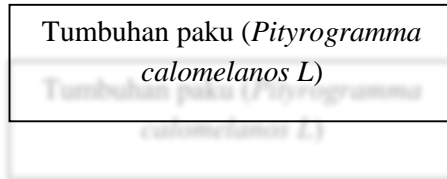
Umacina, M., Liestianty, D., dan Muliadi. (2014). Studi Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Tembaga Menggunakan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) merill) Dengan Penambahan Arang (Charcoal). *Skripsi*. Universitas Khairun.

- Undang-Undang Republik Indonesia (UURI), No. 4. (2009).
Pertambangan Mineral Dan Batubara.
- Underwood, A. L., dan Day, R.A. (1998). *Analisis Kimia Kuantitatif*. Edisi Keenam. Terjemahan H. Wibi & L. Simarmata. (2002). Jakarta : Erlangga.
- Wulandari, E. A. R., dan Sukei. (2013). Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd dan Cu dalam Nagget Ayam Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*). *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, 2(3). 15-17.
- Yulianto, T., dan Muchsin, A. (2011). Komparasi Hasil Analisis Komposisi Kimia Di Dalam Paduan U-Zr-Nb Dengan Menggunakan Teknik Comparison Of Results Analysis Of Chemical Composition Of Alloys Inside. *Urania*, 17(3), 152-159

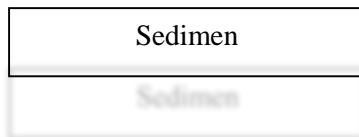
LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja

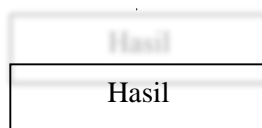
1.1. Preparasi Sampel



- Dibersihkan dengan air bersih
- Dijemur di bawah sinar matahari \pm 6 jam hingga kering
- Dipotong kecil-kecil
- Digerus hingga berbentuk serbuk



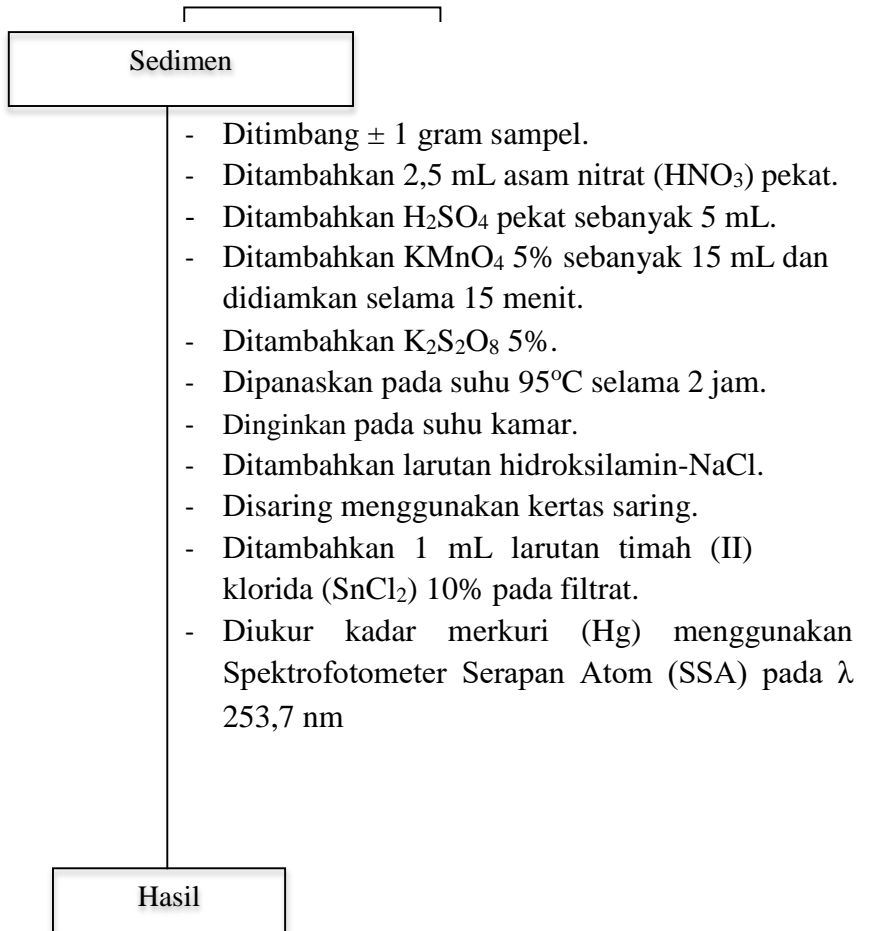
- Dibersihkan dengan air bersih
- Dijemur di bawah sinar matahari \pm 6 jam hingga kering
- Dipotong kecil-kecil
- Digerus hingga berbentuk serbuk



1.2. Analisis Sampel Tumbuhan Paku (*Pityrogramma calomelanos L*)

Tumbuhan paku (*Pityrogramma calomelanos L*)

- Ditimbang ± 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%.
- Dipanaskan pada suhu 95°C selama 2 jam.
- Dinginkan pada suhu kamar.
- Ditambahkan larutan hidrosilamin- NaCl .
- Disaring menggunakan kertas saring.
- Ditambahkan 1 mL larutan timah (II) klorida (SnCl_2) 10% pada filtrat.
- Diukur kadar merkuri (Hg) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada λ 253,7 nm.



Analisis Sampel Sedimen

1.3. Larutan Standar Merkuri

1.4.1. Pembuatan Larutan Standar Hg 1000 ppm

Logam HgCl₂

- Ditimbang sebanyak 1,35 gram kedalam gelas kimia 1000 mL
- Ditambahkan akuades 10 mL dan dilarutkan.
- Dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL.
- Ditambahkan akuades hingga tanda batas labu.

Larutan baku Hg-1000-ppm

1.4.2.

1.4.3. Pembuatan Larutan Standar Hg 100 ppm

Larutan Baku Hg 1000 ppm

- Dipipet sebanyak 10 mL
- Dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- Diencerkan dengan akuades sampai tanda batas labu ukur.

Larutan Baku 100 ppm

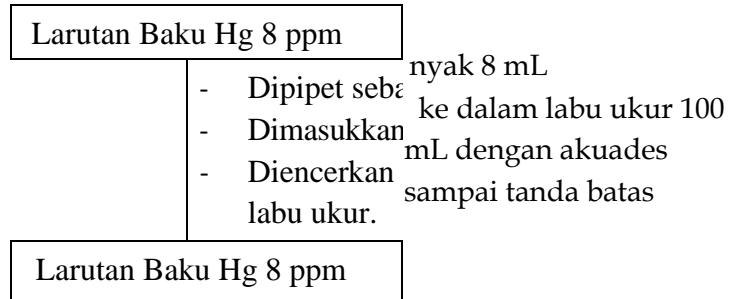
1.4.1. Pembuatan Larutan Standar Hg 4 ppm

Larutan Baku Hg 4 ppm

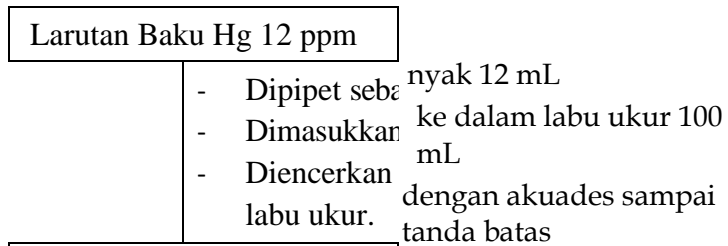
- Dipipet sebanyak 4 mL ke dalam labu ukur 100 mL
- Dimasukkan dengan akuades
- Diencerkan sampai tanda batas labu ukur.

Larutan Baku Hg 4 ppm

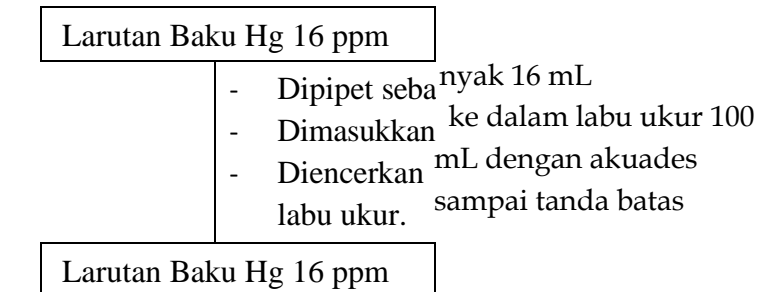
1.4.4. Pembuatan Larutan Standar Hg 8 ppm



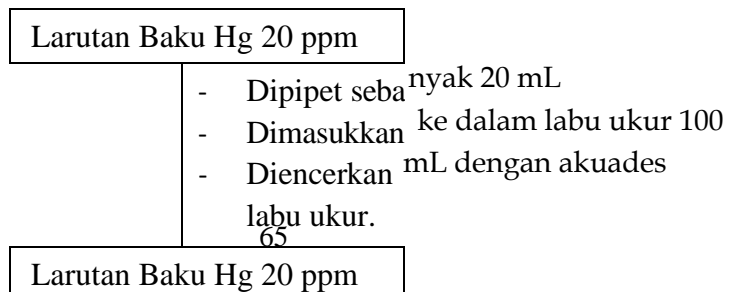
1.4.5. Pembuatan Larutan Standar Hg 12 ppm



1.4.6. Pembuatan Larutan Standar Hg 16 ppm



1.4.7. Pembuatan Larutan Standar Hg 20 ppm



sampai tanda batas

Lampiran 2 : Foto Dokumentasi Penelitian

1. **Gambar Alat Instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Merek SHIMADZUU AA 7000**



2. **Gambar Sampel Tumbuhan Paku (*Pityrogramma calomelanos*)**



3. Gambar Sampel Sedimen



4. Gambar Lokasi Sampling







Lampiran3 : Identifikasi Tumbuhan Paku (*Pityrogrammacalomelanos* L)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN BIOLOGI

Jalan Syech Abdurruf Namor 3, Darussalam, Banda Aceh 23111, Gedung F Lt. 2
Telepon: (0651) 7428212, Faksimile: (0651) 7552291

Laman: www.biologi.unsyiah.ac.id/mbio, Surel: mbio.pps@unsyiah.ac.id

Nomor : B/68/UN11.1.8.4/TA.00.01/2020
Lampiran : -
Hal : *Identifikasi Sampel Herbarium*

4 Februari 2020

Yth Sdr. **Ade Andriani**
Mahasiswa UIN Ar-Raniry
Fakultas Sain & Teknologi
Program Studi Kimia
Darussalam - Banda Aceh

Bersama ini kami sampaikan bahwa telah dilakukan identifikasi tumbuhan **paku** dengan klasifikasi taksonomi sebagai berikut :

Regnum/Kingdom	: Plantae
Sub Regnum/Sub Kingdom	: Tracheobionta
Divisio/Division	: Pteridophyta
Classis/Class	: Filicopsida
Sub Classis/Sub Class	: Polypoditae
Ordo/Order	: Polypodiales
Familia/Family	: Pteridaceae
Genus/Genus	: <i>Pityrogramma</i> Link.
Species/Species	: <i>Pityrogramma calometanos</i> (L.) Link.

Staf Pengajar yang mengidentifikasi: **Dr. Saida Rasnovi, S.Si., M.Si**
(NIP 197111131997022002)

Demikian hasil identifikasi ini dibuat untuk dapat digunakan sesuai keperluan.



Lampiran 3 dan 4



BIODATA PENELITI
PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRYBANDA ACEH
TAHUN 2020

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap <i>(dengan gelar)</i>	Khairun nisah, M.Si
2.	Jenis Kelamin L/P	Perempuan
3.	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
4.	NIP	19790216 201403 2 001
5.	NIDN	2016027902
6.	NIPN <i>(ID Peneliti)</i>	201602790210125
7.	Tempat dan Tanggal Lahir	Tebing-Tinggi 16 Februari 1979
8.	E-mail	nisah.khairun79@gmail.com
9.	Nomor Telepon/HP	081376655235
10.	Alamat Kantor	Program Studi Kimia Gedung Fak. Saintek
11.	Nomor Telepon/Faks	-
12.	Bidang Ilmu	Kimia Anorganik
13.	Program Studi	Kimia
14.	Fakultas	Sains dan Teknologi

B. Riwayat Pendidikan

No.	Uraian	S1	S2	S3
1.	Nama Perguruan Tinggi	Universitas Sumatera Utara	Universitas Sumatera Utara	
2.	Kota dan Negara PT	Medan, Indonesia	Medan, Indonesia	
3.	Bidang Ilmu/ Program Studi	Kimia Fisika/Kimia	Kimia Polimer/Kimia	
4.	Tahun Lulus	2004	2010	

C. Pengalaman Penelitian dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
1.	2016	Karakteristik Kemampuan Batang Tanaman Rubik Sebagai Pengisi Plastitiser (Penelitian Kolektif UIN Ar-raniry Banda Aceh)	DIPA UIN 2016
2.	2017	Optimasih Metode Melt-Intercalation ZnO dan Gliserol Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable	DIPA UIN 2017
3.	2017	Pati Sagu (Genus Metroxxylen,SP)	Mandiri
4.	2017	Uji Toksinitas Dari Penyalut Layak Makan Berbasis Pati Sagu (Genus Metroxxylen,SP)	Mandiri
5.	2018	Studi pengaruh kandungan amilosa dan amilopektin umbi-umbian terhadap karakteristik fisik plastik <i>biodegradable</i> dengan <i>plastizicer</i> gliserol	DIPA UIN 2018
6.	2018	Pemanfaatan minyak jelantah sebagai Plastisizer pada plastic biodegradable	Mandiri
7.	2018	berbahan pati sagu <i>Development of bioplastic of carrageen (Eucheuma Cottonii) as future trend</i> Pembuatan plastik <i>biodegradable</i> dari polimer alami	Mandiri

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian	Sumber Dana
1.	2016	Bakti Sosial di Desa Seumantok Kecamatan Sampoiniet Kabupaten Aceh Jaya	Mandiri
2.	2017	Pengenalan K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja)	Mandiri

3.	2017	Pengenalan Zat Aditif pada Pelaku Usaha Kopi Khas Aceh Tengah	Mandiri
4.	2017	Pengenalan Zat Aditif pada Pelaku Usaha Olahan Makanan Ikan Depik	Mandiri
5.	2018	Penyuluhan dan Pengujian Pengawet Boraks dalam Makanan di Gampong jalin Jantho Aceh Besar Menggunakan Bahan Dasar Kunyit	Diktis 2018

E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun/Url
1.	Ekstraksi Alumina Oksida (Al_2O_3) Dari Tanah Liat dengan variable Suhu dan Konsentrasi Asam Sulfat	Lantanida Jurnal	2016
2	Responitas Dalam Kalangan Civitas Akademika UIN Ar-Raniry terhadap Isu Perlindungan Anak	Gender Equality	2016
3	Uji Toksinitas Dari Penyalut Layak Makan Berbasis Pati Sagu (Genus <i>Metroxxylen,SP</i>)	Biotik	2017
4.	Studi pengaruh kandungan amilosa dan amilopektin umbi-umbian terhadap karakteristik fisik plastik <i>biodegradable</i> dengan <i>plastizicer</i> gliserol	Biotik	2017
5	<i>Development of bioplastic of</i>	Prosiding ARICIS II	2018

	<i>carrageen (Eucheuma Cottonii) as future trend</i>		
6	Pembuatan plastik <i>biodegradable</i> dari polimer alami	Elkaunie	2018

F. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Tebal Halaman	Penerbit
1.	Air Dalam Pandangan Alquran dan sains	2017	76	Bandar Publishing
2.	Teknik Laboratorium	2018	140	Bandar Publishing
3.	Kimia Dasa	2018	74	Bandar Publishing

G. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.	Pemanfaatan minyak jelantah sebagai <i>plastisizer</i> pada plastik <i>biodegradable</i> berbahan pati Sagu (<i>Genus metroxylen, sp</i>)	2018	Artikel jurnal	(No: EC00201852823)
2.	Sintesis Dan Karakteristik Batang Tanaman Rubik (<i>Calotropis Gigantea</i>) Sebagai Matriks Plastik Biodegradable (No: EC00201928108)	2018	Hasil penelitian	(No: EC00201928108)

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penugasan Penelitian pada Pusat Penelitian dan Penerbitan LP2M Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 1 September
2020
Ketua/Anggota Peneliti,

Khairun Nisah, M.Si
NIDN. 2016027902