

HASIL PENELITIAN
KERJASAMA UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
DAN EHIME UNIVERSITY
DANA PNBP TAHUN ANGGARAN 2014



KAJIAN PENCEMARAN MERKURI TERHADAP
LINGKUNGAN
DI KABUPATEN GORONTALO UTARA

Dr. Marike Mahmud, ST.M.Si
Dr. Fitriyane Lihawa, M.Si
Hendri Iyabu S.Pd.M.Si
Prof. Masayuki Sakakibara, Ph.D

PUSAT STUDI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEPENDUDUKAN
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
AGUSTUS 2014

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN PENELITIAN KERJASAMA (PEMDA, BUMD/N,SWASTA)

Judul Kegiatan : KAJIAN PENCEMARAN MERKURI TERHADAP LINGKUNGAN
DI KABUPATEN GORONTALO UTARA

KETUA PENELITI

A. Nama Lengkap : Dr. Marike Mahmud, M.Si
B. NIDN : 0007086905
C. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
D. Program Studi : S1 Teknik Sipil
E. Nomor HP : 08124463239
F. Email : marikemahmud@yahoo.com

ANGGOTA PENELITI (1)

A. Nama Lengkap : Dr. Fitryane Lihawa, M.Si
B. NIDN : 0009126902
C. Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

ANGGOTA PENELITI (2)

A. Nama Lengkap : -. Hendri Iyabu, S.Pd.M.Si
B. NIDN : 0009018002
C. Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

Lama Penelitian Keseluruhan : 6 bulan
Penelitian Tahun Ke : 1
Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp 55.000.000,-
Biaya Tahun Berjalan : - Diusulkan Ke Lembaga : Rp 55.000.000,-
- Dana Internal PT : -
- Dana Institusi Lain : -

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik



(Ir. Rawiyah Husnan, MT)
NIP/NIK. 196404271994032001

Gorontalo, 20 Agustus 2014
Ketua Peneliti,



(Dr. Marike Mahmud, M.Si)
NIP/NIK. 196908071995012001

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian



(Dr. Fitryane Lihawa, M.Si)
NIP/NIK. 196912091993032001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas ridho Nya penulisan penelitian ini dapat diselesaikan. Disertasi dengan judul “Kajian Pencemaran Merkuri Terhadap Lingkungan di Kabupaten Gorontalo Utara ” ini bertujuan mengkaji aktivitas penambangan emas di Kabupaten Gorontalo Utara, kondisi kualitas air, sedimen dan tumbuhan di penambangan emas tradisional kabupaten Gorontalo Utara dan menyusun strategi pengelolaan ekosistem di lokasi tambang emas tradisional .

Selama proses penelitian, sejak dari tahap persiapan, pengumpulan data, analisis laboratorium, analisis data hasil pengukuran hingga ke penulisan laporan penelitian ini banyak dibantu oleh berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian dan terutama pihak Lemlit yang telah mengupayakan dana sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Juga terima kasih kepada Tim Reviewer Dikti yang sudah meluangkan waktu untuk mengevaluasi penelitian ini.

Gorontalo, Agustus, 2014

Peneliti

Dr. Marike Mahmud ST. M.Si

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAKS	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Urgensi Penelitian	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Konsep Penambangan Emas Tradisional	7
2.2. Pencemaran Merkuri	9
BAB III. METODE PENELITIAN	16
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2. Data yang diperlukan	16
3.3. Bahan Penelitian	17
3.4. Alat Penelitian	17
3.5. Teknik Pengumpulan Data	18

3.6. Teknik Pengambilan Sampel	19
3.7. Teknik Analisis Data	24
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Gambaran Umum Lokasi Penambangan Emas Tradisional	26
4.2. Hasil konsentrasi merkuri di dalam air, sedimen dan tumbuhan akibat penambangan emas di Sungai Hulawa dan Sungai Ilangata.....	29
4.2.1. Konsentrasi Merkuri Pada Air	29
4.2.1. 1. Konsentrasi Merkuri Pada Air Sungai Hulawa di Desa Sumalata ..	29
4.2.1. 2. Konsentasi Merkuri Pada Air Tailing di Desa Sumalata.....	30
4.2.1.3. Konsentrasi Merkuri Pada Air Tanah Dangkal di Desa Ilangata.....	32
4.2.1.4. Konsentrasi Merkuri Pada Air Tailing di Lokasi Tambang Desa Ilangata	32
4.2.1.5 Hasil Analisis Air di Desa Padengo	33
4.2.2. Konsentrasi Merkuri Pada Sedimen	34
4.2.2.1. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Sedimen pada Tailing di Sekitar Tambang Desa Sumalata	34
4.2.2.2. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Sedimen di Sungai di Sekitar Tambang Desa Sumalata	36
4.2.2.3. Hasil Konsentrasi Merkuri di dalam Sedimen di Desa Padengo	38
4.2.2.4. Hasil Konsentrasi Merkuri di dalam Sedimen di Desa Ilangata	39
4.2.3. Hasil Konsentrasi Merkuri Pada Tumbuhan	39
4.2.3.1. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Tumbuhan di Sekitar Perumahan Penduduk Desa Sumalata	39
4.2.3.2. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Tumbuhan di Sekitar Tailing Lokasi Desa Sumalata.....	40

4.3. Menyusun strategi pengelolaan lingkungan akibat penambangan tradisional di ekosistem Sungai Hulawa dan Sungai Ilangata Kabupaten Gorontalo Utara.....	43
4.4. BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1. Kesimpulan	48
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

Tabel

1. Tabel 1. Jenis Data dan Teknik Pengukuran	16
2. Karakteristik Penambangan Emas Tradisional di Kecamatan Sumalata dan Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara	28
3. Data Kualitas Air Sungai Hulawa Desa Sumalata	30
4. Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri di Tailing di Desa Sumalata.....	31
5. Data Hasil Analisis Kualitas Air Tanah Dangkal di Sekitar Lokasi Tambang Desa Ilangata.....	32
6. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri Pada Air Tailing di Sekitar Tambang Desa Ilangata	33
7. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri Pada Air di Sekitar Tambang Desa Padengo	34
8. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri di Sedimen pada Tailing di Desa Sumalata.....	36
9. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri di Sedimen pada Sungai Hulawa di Desa Sumalata	37
10. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri di Sedimen di Tambang Desa Padengo.....	38
11. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri di Sedimen di Tambang Desa Ilangata	39
12. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Tumbuhan di Sekitar Perumahan Penduduk di Desa Sumalata	40
13. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Tumbuhan di Sekitar Tailing di Desa Sumalata.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
1. Diagram Alir Konseptual	15
2. Peta Lokasi Penelitian	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Karakteristik Lokasi Penambangan Desa Hulawa Kecamatan Sumalata ...	53
2. Karakteristik Penambangan Tradisional Desa Ilangata Kecamatan Kwandang.....	55
3. Gambar aktivitas penambangan tradisional di Gorontalo Utara	57

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas penambangan emas di Kecamatan Sumalata dan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara.. Mengkaji pencemaran merkuri terhadap lingkungan (air, sedimen dan tanaman) di sekitar penambangan emas dan menyusun strategi pengelolaan lingkungan untuk mengantisipasi pencemaran lingkungan sehingga tidak membahayakan masyarakat Kecamatan Sumalata dan Kecamatan Anggrek dan Kabupaten Gorontalo Utara pada umumnya.

Penelitian ini berlokasi di daerah penambangan emas tradisional yang berada di Kecamatan Sumalata dan Kecamatan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara. Lokasi kajian Kecamatan Sumalata di pusatkan pada Desa Hulawa dan Kecamatan Anggrek dilakukan di Desa Ilangata dan Ilangata Barat Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada tailing, Sungai Hulawa, air tanah dangkal Desa Ilangata dan Perairan Laut Sulawesi. Analisis merkuri di air dan sedimen dilakukan di laboratorium Perikanan Provinsi Gorontalo. Analisis konsentrasi merkuri pada tanaman dilakukan pada Laboratorium Terpadu Universitas Gadjah Mada.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa jumlah tromol yang aktif di lokasi Sumalata sebesar 152 tromol, Padengo sebesar 52 tromol, Ilangata Barat 133 tromol dan Ilangata 128 tromol.

Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam air Sungai Hulawa berkisar antara 0,009 – 0,013 mg/l. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa kualitas air pada muara Laut Sulawesi sebesar 0.008 mg/l. Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri di dalam air tailing berkisar antara 0,002 – 0,007 mg/l (Sumalata) dan 0.00129-0.00801 (Ilangata). Kualitas air tanah dangkal (Ilangata) berkisar antara 0 – 0,10731 mg/l. Berdasarkan hasil ini maka kualitas air di dalam sungai, tailing dan muara laut Kecamatan Sumalata cenderung berada di atas baku mutu yang ditetapkan.

Hasil analisis konsentrasi merkuri di sedimen pada Tailing di Desa Sumalata berkisar antara 4.35 – 23.85 mg/kg dan tailing Desa Ilangata sebesar 27.33 – 35.25 mg/kg.

Pada sedimen di Sungai Hulawa berkisar antara 10.82 – 73.75 mg/kg dan Muara Laut Sulawesi sebesar 5.42 mg/kg. Berdasarkan hasil ini maka konsentrasi merkuri di dalam tailing sudah berada di atas baku mutu *European safety standard* yaitu 2 mg/kg. Hasil analisis merkuri pada tanaman padi sebesar (*Oryza Sativa L*), tanaman paku (*Diplazium Esculentum*) dan pada tanaman salam (*Syzygium Polyantum*) cenderung berada di atas baku mutu yang disyaratkan sesuai dengan SK Dirjen POM : No:03725/B/SK/VII/89 sebesar 0.5 mg/kg. Berdasarkan hasil penelitian ini maka lingkungan di sekitar Desa Sumalata dan Desa Ilangata Kabupaten Gorontalo Utara sudah tercemar dengan merkuri.

Kata Kunci:

Merkuri, emas tradisional dan lingkungan

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup. Oleh karena itu, sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup yang lain. Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan harus dilakukan secara bijaksana, dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang maupun generasi mendatang. Aspek penghematan dan pelestarian sumber daya air harus ditanamkan pada segenap pengguna air.

Sampai saat ini, manusia masih memerlukan dukungan hasil sumberdaya pertambangan dan komoditi tambang untuk mempertahankan serta meningkatkan kesejahteraannya. Keberadaan pertambangan secara signifikan merupakan sektor yang strategis dalam kerangka pembangunan umat manusia. Sumberdaya mineral merupakan satuan tatanan geologis sebagai bagian dari ekosistem. Keberadaan sumberdaya pertambangan dapat berbentuk logam dan non logam serta dalam kualitas dan kuantitasnya. Bagi Indonesia, keberadaan sektor pertambangan masih strategis dan bagi daerah yang kaya sumberdaya pertambangannya merupakan tulang punggung pendapatan daerah.

Data Dinas Kehutanan, Pertambangan dan Energi Kabupaten Gorontalo utara Tahun 2011 menunjukkan bahwa Gorontalo Utara memiliki potensi non logam seperti emas seluas 47.534 Ha yang tersebar pada Kecamatan Sumalata 8.500 Ha, Kecamatan Atinggola 5.000 Ha, Galena seluas 6.200 Ha terdapat di Kecamatan Kwandang dan Sumalata, batuan 8.72 Ha (Anonymous, 2011).

Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi emas di daerah Buladu oleh Pemerintah Hindia Belanda yang dimulai sejak Zaman Hindia Belanda (abad ke-18). Bukti sejarah yang terdapat di daerah ini antara lain 3 buah kuburan Belanda di Pantai Buladu yang meninggal tahun 1899, lubang-lubang tambang dengan rel dan lori, alat pengolahan bijih emas berupa belanga berukuran besar, dan tailing padat yang

terdapat di sekitar lokasi tambang. Sekitar tahun 1970an, Kegiatan eksploitasi tersebut dilanjutkan dengan model pertambangan rakyat. Lokasi pertambangan dibuka kembali oleh masyarakat setempat, pada saat itu aktivitas pencarian emas dilakukan secara tradisional dengan cara mendulang endapan-endapan pasir dan batuan di sepanjang Sungai Buladu (Balihristi, 2008).

Secara umum penambangan emas di Provinsi Gorontalo merupakan salah satu potensi Sumber Daya Alam (SDA) yang memberikan prospek yang lebih baik dalam peningkatan taraf ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Peningkatan ekonomi ini terutama dalam hal pendapatan, penyerapan tenaga kerja dan peluang kegiatan baru, di luar sektor pertanian dan perkebunan. Jumlah tenaga kerja di lapangan diperoleh keterangan bahwa jumlah tenaga kerja pada penambangan rakyat di Kecamatan Sumalata sebanyak 2250 orang (Balihristi, 2008). Hasil orientasi lapangan Tahun 2012 jumlah pekerja tambang tradisional sebesar 300 orang. Jumlah ini berfluktuasi tergantung hasil emas yang ditemukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Husodo, *et al*, (2005), yaitu adanya bukti kontaminasi merkuri di lokasi penambangan emas Kulonprogo, pada sedimen sungai dan biota yang hidup di sungai, yang melintasi Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo. Penelitian yang dilakukan Roeroe (2000) di Teluk Buyat menunjukkan konsentrasi merkuri rata-rata di dalam kerang berkisar 0,5019 - 2,1529 ppm, dalam sedimen berkisar 0,1150 – 1,2341 ppm. Penelitian di Ponce Enriquez Equador menunjukkan konsentrasi merkuri di sedimen dasar berkisar 0,1 – 13 mg/kg, partikel tersuspensi berkisar 0,01 – 9,61 mg/kg dan pada mineral logam rata-rata berkisar 0,01 – 5,0 mg/kg. Ukuran dan beban partikel kontaminan dalam lingkungan perairan akan dipindahkan dalam bentuk partikel tersuspensi di dalam sungai. Konsentrasi dari logam berbahaya yang berada di sedimen dasar akan membahayakan biota sebagai akibat dari hasil remobilisasi dari metilasi dan proses lain yang ada di dalam air (Appleton, *et al*, 2001 dalam Mahmud, (2012).

Merkuri merupakan elemen yang beracun bagi manusia dan yang dapat menyebabkan penyakit kronis dalam populasi di San Joaquin, Queretaro, Mexico.

Penggunaan merkuri, seperti biasa pada tingkat rendah, adalah berhubungan keracunan akut dan kronis dalam tubuh, menghasilkan berbagai penyakit seperti penyakit syaraf, serangan jantung, kerusakan sistem pusat syaraf, kerusakan ginjal dan autism (Li *et al*, 2008; Bose-O'Reilly *et al.*, 2010 dalam Trinidad *et al*, 2012). Hal ini akan memberi pengaruh terhadap biota dan selanjutnya akan berpengaruh terhadap hubungan rantai makanan.

Kurangnya pengaturan terhadap penambangan cinnabar pada wilayah sebelah kiri dari San Joakin, daerah dengan konsentrasi merkuri tinggi pada tanah berkisar (2.4 – 4164 mg/kg). Penambangan cinnabar memberikan kontribusi terhadap sebaran merkuri ke dalam tanah pertanian (0.5 – 314 mg/kg) dan hutan 0.2 – 69 mg/kg). Sedimen memiliki arti sebagai transpor merkuri, menyebabkan terjadinya sebaran merkuri, khususnya dekat dengan lokasi penambangan (0.6 -687 mg/kg). Kedekatan kebun jagung terhadap akumulasi merkuri berbeda pada struktur tumbuhan seperti akar, batang, daun dan bulir (0.04 – 8.2 mg/kg). Ini terjadi karena penguapan merkuri dan akumulasi merkuri di dalam tanah (Trinidad *et al*, 2012).

Hidayati *et al*, (2009) melakukan penelitian terhadap kontaminan merkuri dan cianida akibat penambangan rakyat skala kecil dan industri penambangan emas skala besar. Karakterik perbedaan antara media limbah industri skala besar dan pertambangan rakyat skala kecil adalah berbeda dalam keanekaragaman spesies. Perbedaan hasil limbah yang dihasilkan memberi respon berbeda terhadap adaptasi fisiologi dari tanaman. Tanaman yang tumbuh di area PETI, menunjukkan kecenderungan toleran yang tinggi terhadap akumulasi Hg pada akar, dan yang tumbuh di bak tailing menunjukkan toleran terhadap cianida dan kecenderungan lebih tinggi CN dibanding Hg pada jaringan tanaman. Sungai disekitar penambangan emas skala besar lebih terkontaminasi oleh sianida.

Kontaminasi lahan oleh logam berat merupakan salah satu masalah lingkungan yang penting yang dihadapi baik di negara berkembang maupun negara sedang berkembang (Rodriguez *et al*, 2007). Logam termasuk kontaminan yang unik karena tidak dapat mengalami degradasi baik secara biologis maupun kimiawi yang

dapat menurunkan kadar racunnya sehingga dampaknya bisa berlangsung sangat lama. Kemungkinan yang terjadi adalah logam akan mengalami transformasi sehingga dapat meningkatkan mobilitas dan sifat racunnya. Hal ini perlu mendapat perhatian serius karena dapat menjadi potensi polusi pada permukaan tanah maupun air tanah dan dapat menyebar ke daerah sekitarnya melalui air, penyerapan oleh tumbuhan dan bioakumulasi pada rantai makanan (Juheiti *et al*, 2009 dalam Mahmud, 2012).

Penambangan emas di Gorontalo Utara Tahun 2012 dilakukan di Desa Hulawa dan Desa Ilangata. Pentingnya penelitian ini karena sungai-sungai penerima limbah pada akhirnya akan bermuara ke laut. Sebagaimana diketahui bahwa laut merupakan mata pencaharian masyarakat lokal untuk mencari ikan. Jumlah produksi ikan di Sumalata di perairan laut sebesar 2500 ton.

Hal ini sangat mengkhawatirkan jika ikan yang hidup di perairan laut sudah terkontaminasi merkuri sehingga membahayakan masyarakat yang mengkonsumsinya. Hasil penelitian yang dilakukan oleh UNG kerjasama dengan Balihrisi Tahun 2008 jumlah penambang sebesar 2250 dengan jumlah 61 tromol mengolah emasnya dengan menggunakan sianida dan merkuri dan membuang limbahnya ke Sungai Wubudu, Buladu, Sungai Bumela dan Sungai Paguyaman dan akhirnya bermuara ke laut. Hasil penelitian Tahun 2008 menunjukkan bahwa pada badan air, khususnya muara Sungai Buladu konsentrasi merkuri terukur di sedimen di dalam Sungai Buladu Kecamatan Sumalata pada lokasi tambang sebesar 0.9456 mg/l. Demikian pula konsentrasi merkuri di Muara Sungai Buladu sebesar 3.5218 ppm sudah berada di atas baku mutu yang ditetapkan sebesar 2 ppm.

Masalah yang terjadi akibat pencemaran merkuri akibat penambangan emas di sungai tidak akan teratasi dengan baik apabila kebijakan pengelolaan ekosistem perairan tidak terarah berdasarkan sejauh mana sebaran merkuri tersebut mencemari lingkungan. Data konsentrasi sebaran merkuri perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pencemaran itu dapat terjadi. Penelitian sebaran kewilayahan

konsentrasi merkuri diperlukan sebagai dasar pengelolaan ekosistemi yang berada di Kabupaten Gorontalo Utara.

Penelitian ini penting karena untuk meminimalisir pengaruh pencemaran konsentrasi merkuri di ekosistem sungai di Kabupaten Gorontalo Utara. Pentingnya penelitian ini karena banyaknya masyarakat yang bergantung hidupnya sebagai nelayan yang mencari ikan dilaut untuk dikonsumsi oleh masyarakat Gorontalo. Hal ini ditunjukkan oleh jumlah produksi ikan Tahun 2010 sebesar 13.728 ton yang dihasilkan di Kabupaten Gorontalo Utara (Anonymous, 2011).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian permasalahan pada lokasi penelitian, maka beberapa rumusan masalah yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana aktivitas penambangan emas tradisional di Kabupaten Gorontalo Utara.
2. Bagaimana kondisi lingkungan (air, sedimen dan tumbuhan) akibat aktivitas tambang emas tradisional di Kabupaten Gorontalo Utara.
3. Bagaimanakah strategi pengelolaan ekosistem di lokasi penambangan emas tradisional untuk mengantisipasi terjadinya pencemaran lingkungan.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengkaji aktivitas tambang emas tradisional di Kabupaten Gorontalo Utara
2. Menentukan konsentrasi merkuri di dalam air, sedimen dan tumbuhan akibat penambangan emas di Kecamatan Sumalata dan Kecamatan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara.
3. Menyusun strategi pengelolaan lingkungan akibat penambangan emas tradisional di Kecamatan Sumalata dan Kecamatan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara.

1.4. Urgensi

Urgensi penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik kualitas air, sedimen, tanah dan tumbuhan di lokasi penambangan Sumalata, Penambangan Padengo, Penambangan Ilangata Kecamatan Sumalata dan Angrek Kabupaten Gorontalo Utara.
2. Dapat menjadi data dasar dalam pendataan sebaran konsentrasi merkuri akibat penambangan emas di Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo.
3. Dapat menjadi dasar pengelolaan dan monitoring evaluasi sebaran merkuri akibat penambangan emas di Kecamatan Sumalata Kabupaten Gorontalo Utara serta untuk pengembangan ilmu dan teknologi.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipahami oleh masyarakat dan menjadi bahan pertimbangan untuk memilih pekerjaan sebagai penambang dan mendapatkan pemahaman tentang upaya pengelolaan lingkungan daerah tambang. Bagi pemerintah dapat menjadi bahan referensi untuk pengambilan keputusan dalam rangka penanganan kegiatan Pertambangan Emas Tradisional di Kabupaten Gorontalo Utara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Penambangan Emas Tradisional

Pertambangan rakyat tanpa ijin atau yang dikenal dengan penambangan tradisional adalah kegiatan masyarakat dibidang pertambangan pada suatu wilayah yang tidak memiliki ijin dari pemerintah daerah di mana dalam aktivitasnya menggunakan alat-alat sederhana, seperti kegiatan pertambangan galian C dan usaha pertambangan umum lainnya seperti pertambangan emas, penggalian benda-benda berharga (Balihristi, 2008).

Kegiatan penambangan emas primer secara tradisional yang dilakukan oleh masyarakat di Indonesia dicirikan oleh penggunaan teknik eksplorasi dan eksploitasi yang sederhana dan relatif murah. Untuk pekerjaan penggalian atau penambangan dipakai peralatan cangkul, linggis, ganco, palu dan beberapa alat sederhana lainnya. Batuan dan urat kuarsa mengandung emas atau bijih hasil penambangan ditumbuk sampai berukuran 1-2 cm, selanjutnya digiling dengan alat gelundung (*trommel*, berukuran panjang 55 – 60 cm dan diameter 30 cm dengan alat penggiling 3 -5 batang besi). Bijih seberat 5-10 kg dimasukkan ke dalam gelundung dan diputar selama beberapa jam, gelundung dibuka, dibuang ampas (*tailing*) dan ditambahkan bijih baru, selanjutnya gelundung diputar kembali (Balihristi, 2008).

Proses pengisian ulang biasanya dilakukan beberapa kali dan penggilingan bijih berlangsung sampai 24 jam. Proses pengolahan emasnya biasanya menggunakan teknik amalgamasi, yaitu dengan mencampur bijih dengan merkuri untuk membentuk amalgam (logam paduan Au-Hg) dengan media air. Bijih atau pulp yang telah digelundung disaring dan diperas dengan kain parasut untuk memisahkan amalgam dengan ampasnya. Selanjutnya emas dipisahkan dengan proses penggarangan (penguapan merkuri) pada suhu ± 400 °C di tempat terbuka sampai didapatkan logam

paduan emas dan perak (bullion). Produk akhir dijual dalam bentuk bullion dengan memperkirakan kandungan emas pada bullion tersebut (Balihristi, 2008).

Mekanisme pengolahan batuan emas oleh kegiatan pertambangan rakyat di Wilayah Gorontalo Utara sama seperti daerah lainnya diawali dengan penambangan batuan yang mengandung emas. Hasil yang diperoleh dimasukkan ke dalam karung (goni) yang diangkut ke unit pengolahan dengan menggunakan tenaga manusia. Di tempat pengolahan batuan tersebut dihancurkan dengan martil yang selanjutnya dimasukkan ke dalam *trommel*, sebanyak 40 kg untuk setiap *trommel*. *Trommel* diputar selama 3 jam untuk lebih menghaluskan batuan tersebut. Sesudah itu, ke dalam masing masing *trommel* di tambahkan 1 kg Hg lalu *trommel* diputar kembali kurang lebih setengah jam untuk memungkinkan terjadinya proses amalgamasi antara partikel emas dengan Hg. Selanjutnya isi *trommel* dikeluarkan dan dilakukan pemisahan antara batuan yang telah halus, Hg, amalgam (ikatan antara butiran emas dengan Hg) dengan bantuan aliran air. Batuan yang telah halus tersebut yang dihasilkan disimpan dalam karung goni untuk diolah kembali dan selanjutnya menjadi limbah padat yang sangat mungkin masih mengandung merkuri (Bapedal, 2000).

Untuk memisahkan emas dengan merkuri ditempuh dengan cara membakar amalgam. Karena titik uap merkuri jauh di bawah titik uap emas, maka di dalam proses pembakaran tersebut merkuri akan terlebih dahulu menguap dan terlepas dari emas. Pembakaran dilakukan dengan memakai kompor gas minyak tanah.

Amalgam diletakkan pada sebuah piringan yang terbuat dari tanah liat dan pembakarannya dilakukan secara langsung dan terbuka, sehingga uap merkuri akan tersebar ke lingkungan dan dapat terhirup oleh pekerja atau setiap orang yang berada di unit pengolahan. Akan tetapi biasanya pekerja tidak suka menggunakan masker. Limbah cair pengolahan dialirkan ke bak penampung. Hanya saja setelah penuh limbah cair tersebut akhirnya dialirkan ke sungai.

2.2. Pencemaran Merkuri

Logam merkuri (Hg) adalah salah satu *trace element* yang mempunyai sifat cair pada temperatur ruang dengan *specific gravity* dan daya hantar listrik yang tinggi. Karena sifat-sifat tersebut, merkuri banyak digunakan baik dalam kegiatan perindustrian maupun laboratorium. Merkuri yang terdapat dalam limbah atau *waste* di perairan umum diubah oleh aktivitas mikro organisme menjadi komponen metil merkuri ($\text{CH}_3\text{-Hg}$) yang memiliki sifat racun dan daya ikat yang kuat disamping kelarutannya yang tinggi terutama dalam tubuh hewan air. Hal tersebut mengakibatkan merkuri terakumulasi melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam jaringan tubuh hewan-hewan air, sehingga kadar merkuri dapat mencapai level yang berbahaya baik bagi kehidupan hewan air maupun kesehatan manusia, yang makan hasil tangkap hewan-hewan air tersebut.

Kepekatan merkuri dalam spesies perairan sangat berhubungan dengan kedudukannya pada rantai makanan (Ratkowsky dkk, 1975), khususnya jika bergerak dari herbivore ke predator besar (Bryan, 1979). Young dkk.(1980) tidak menemukan adanya biomagnifikasi pada Ag, Cd, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, dan Zn pada beberapa ekosistem perairan di selatan California, tetapi merkuri, khususnya dalam bentuk organik pada umumnya meningkat sesuai dengan tingkat tropik (Connel dan Miller, 2006).

Merkuri anorganik dapat mengalami *transformasi* menjadi merkuri organik dengan bantuan aktivitas mikroba, baik pada kondisi aerob maupun anaerob. Pada kadar merkuri anorganik yang rendah, akan terbentuk dimetil merkuri; sedangkan pada kadar merkuri anorganik yang tinggi, akan terbentuk monometil merkuri. Pada perairan alami, kadar monometil merkuri dan dimetil merkuri dipengaruhi oleh mikroba, karbon organik, kadar merkuri anorganik, pH dan suhu. Kedua bentuk senyawa metil merkuri tersebut dapat dipecah oleh bakteri yang hidup pada sedimen. Metil merkuri dapat mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi pada biota perairan, baik secara langsung ataupun melalui jala makanan (*food web*) (Efendi, 2003; Palar , 1994; Darmono, 1995).

Kadar merkuri pada perairan tawar alami berkisar antara 1- 100 ng/liter, sedangkan pada perairan laut berkisar < 10 – 30 ng/liter Moore, 1991). Senyawa merkuri bersifat sangat sangat toksik bagi manusia dan hewan. Garam-garam merkuri terserap dalam usus dan terakumulasi di dalam ginjal dan hati. Metil merkuri diangkut oleh sel darah merah dan dapat mengakibatkan kerusakan pada otak, Ion meil merkuri lima puluh kali lebih toksik daripada garam-garam merkuri anorganik. Senyawa merkuri mengalami masa tinggal (retention time) yang cukup lama di dalam tubuh manusia (Efendi, 2003).

Proses peresapan dari bahan-bahan pencemar yang terjadi pada lapisan tanah dipengaruhi oleh banyak hal (Palar, 1994). Diantaranya :

- a. Karakteristik atau ciri khas dari struktur bahan pencemar akan mengalami pertukaran ion ketika melewati lapisan lempung dan organik.
- b. Kandungan bahan organik yang terdapat dalam lapisan tanah. Hal ini menjadi penentu apakah bahan pencemar yang ada akan ditahan atau direruskan oleh lapisan tanah.
- c. pH tanah yang sangat dipengaruhi oleh seberapa besar kadar lapisan lempung yang ada pada tanah. Bila lapisan lempung ini sangat besar jumlahnya, maka proses peresapan akan menjadi sangat rendah atau tidak terjadi peresapan sama sekali. Hal ini disebabkan partikel tanah lempung sangat halus dan tersusun sangat rapat sehingga sulit untuk dilalui.
- d. Ukuran partikel tanah. Besar kecilnya ukuran partikel tanah akan sangat menentukan besar kecilnya pori-pori tanah. Semakin besar partikel tanah akan semakin besar pula pori-pori tanah dan keadaan itu akan semakin mempermudah proses peresapan oleh lapisan tanah. Sebaliknya semakin kecil partikel tanah, maka pori-pori tanah akan semakin ini kecil pula sehingga proses peresapan akan semakin sulit terjadi.
- e. Kemampuan pertukaran ion. Hal ini bergantung pada jumlah residu bermuatan dari bahan pencemar dan struktur lapisan lempung pada badan tanah.

- f. Temperatur. Pada setiap peristiwa peresapan temperatur mempunyai pengaruh yang besar terhadap laju peresapan karena umumnya semakin tinggi temperatur maka daya serap tanah terhadap bahan pencemar akan semakin besar.

Berdasarkan kelimpahannya logam dibedakan atas logam berkelimpahan dan logam jarang. Kelompok logam jarang salah satunya adalah merkuri. Logam jarang dalam lapisan bumi, lebih banyak ditemukan dalam batuan. Keberadaan logam ini biasanya dalam bentuk persenyawaan dengan logam-logam lain yang melimpah. Untuk mendapatkan logam-logam jarang dari dalam lapisan tanah dan batuan adalah proses-proses pertambangan dan pengolahan seperti penggalian, pengerukan, pencucian, pembakaran, pemurnian dan lain-lain. Proses-proses ini untuk mendapatkan logam-logam ini dalam bentuk murni, semuanya merupakan sumber dari pencemaran lingkungan. Contohnya adalah proses pemurnian dari penambangan emas. Cara untuk mendapatkan emas murni dari bentuk persenyawaannya adalah melalui pencucian dengan menggunakan air raksa. Sisa dari pencucian ini berupa buangan air raksa akan jatuh ke lingkungan dan menjadi penyebab terjadinya perubahan dari tatanan lingkungan (Palar, 1994).

Organo logam merkuri yang terdapat di udara dapat berasal dari pelepasan senyawa merkuri sebagai efek dari aktivitas bakteri yang hidup pada perairan yang telah tercemar oleh merkuri. Proses berawal dari perombakan logam merkuri dari bentuk ion Hg^{2+} yang mengendap pada dasar lumpur perairan tercemar oleh dukungan faktor-faktor suhu, pH dan lingkungan redoks yang terdapat pada lumpur yang ada pada dasar perairan itu oleh aktivitas bakteri yang ada akan membentuk ion-ion metil merkuri (CH_3Hg^+) atau senyawa metil merkuri $(CH_3)_2Hg$. Senyawa-senyawa tersebut sangat beracun bagi biota perairan dan dengan sangat mudah dapat menguap ke udara.

Pencemaran perairan oleh merkuri mempunyai pengaruh terhadap ekosistem setempat yang disebabkan oleh sifatnya yang stabil dalam sedimen, kelarutannya yang rendah dalam air dan kemudahannya diserap dan terkumpul dalam jaringan tubuh organisme air, baik melalui proses bioakumulasi maupun biomagnifikasi yaitu

melalui *food chain*. Dikatakan pula bahwa fluktuasi merkuri di lingkungan laut terutama di daerah estuarin dan daerah pantai ditentukan oleh proses *precipitation*, *sedimentation*, *floculation* dan *reaksi adsorpsi desorpsi*.

Dalam suatu badan air bahan pencemar dapat berkurang dengan meningkatnya debit air disebabkan karena proses pengenceran dan pencucian. Sistem perairan memindahkan zat-zat sejauh mana air bergerak, baik zat kimia tersebut dalam larutan atau terserap pada partikel atau tidak. Pergerakan zat kimia tersebut dirumuskan dalam suatu parameter hidrologi yang tepat. Terdapat beberapa proses perubahan bentuk yang berfungsi secara masing-masing ataupun serempak untuk mengubah suatu zat kimia dari satu bentuk ke bentuk lainnya atau untuk mendegradasi zat kimia tersebut. Perpindahan zat kimia dan hasil perubahan bentuknya termasuk kepekatan sebagai fungsi waktu dan tempat. Hubungan antara pengangkutan dan bahan pencemar ada dua anggapan dasar yaitu : (1) Kepekatan zat kimia dan laju pengurangannya pada setiap tempat dan waktu ditentukan oleh gabungan laju tidak bergantung pada proses penyebaran, (2) untuk setiap proses, hubungan kuantitatif terjadi antara sifat-sifat lingkungan dan kimiawi.

Proses sedimentasi diawali dengan proses erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (*deposition*) dan pepadatan (*compaction*) dari sedimentasi itu sendiri. Proses tersebut berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran air sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen. Besarnya volume sedimen angkutan sedimen terutama tergantung daripada perubahan musim hujan dan musim kemarau, serta perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Pada sungai-sungai aluvial besarnya muatan material dasar tergantung pada kondisi hidrolis. Untuk volume muatan bilas umumnya tidak tergantung pada kondisi hidrolis sungai, akan tetapi tergantung daripada kondisi daerah pengaliran sungai.

Logam dapat diserap oleh makhluk hidup air dapat juga diserap oleh tanaman. Terdapat dua jalan masuk utama logam ke dalam tanaman yaitu melalui permukaan daun di atas tanah dan melalui sistem perakaran. Sifat yang mengatur masuknya partikel ke dalam tanaman dan permukaan tanah telah dirangkum oleh Hughes dkk, (1980) sebagai berikut : (1) ukuran partikel, (2) morfologi permukaan deposisi, (3) umur aerosol, dan (4) kecepatan angin. Sekali tertimbun, sifat kimiawi bentuk logam tertentu yang ada merupakan hal penting. Proses melarutnya bahan metalik pada permukaan daun menyebabkan bahan ini dapat masuk ke dalam tanaman, sedangkan yang masuknya melalui sistem perakaran pertama-tama harus lewat melalui tanah. Interaksi logam dan tanah merupakan proses yang sangat rumit yang bergantung pada kandungan organik tanah sebagaimana bahan penting lainnya seperti tanah liat dan oksida logam hidrat (Connell dan Miller, 2006).

Sesudah masuk, logam dapat disebarkan melalui proses yang rumit ke bagian lain dari tanaman tersebut. Tetapi mereka dapat juga menjadi tidak bergerak oleh penyerapan ke permukaan atau detoksifikasi oleh pengkelatan dengan senyawa yang ada dalam tanaman (Malone dkk., 1974). Namun, secara umum akumulasi logam terjadi di permukaan daun, batang, dan akar (Connell dan Miller, 2006).

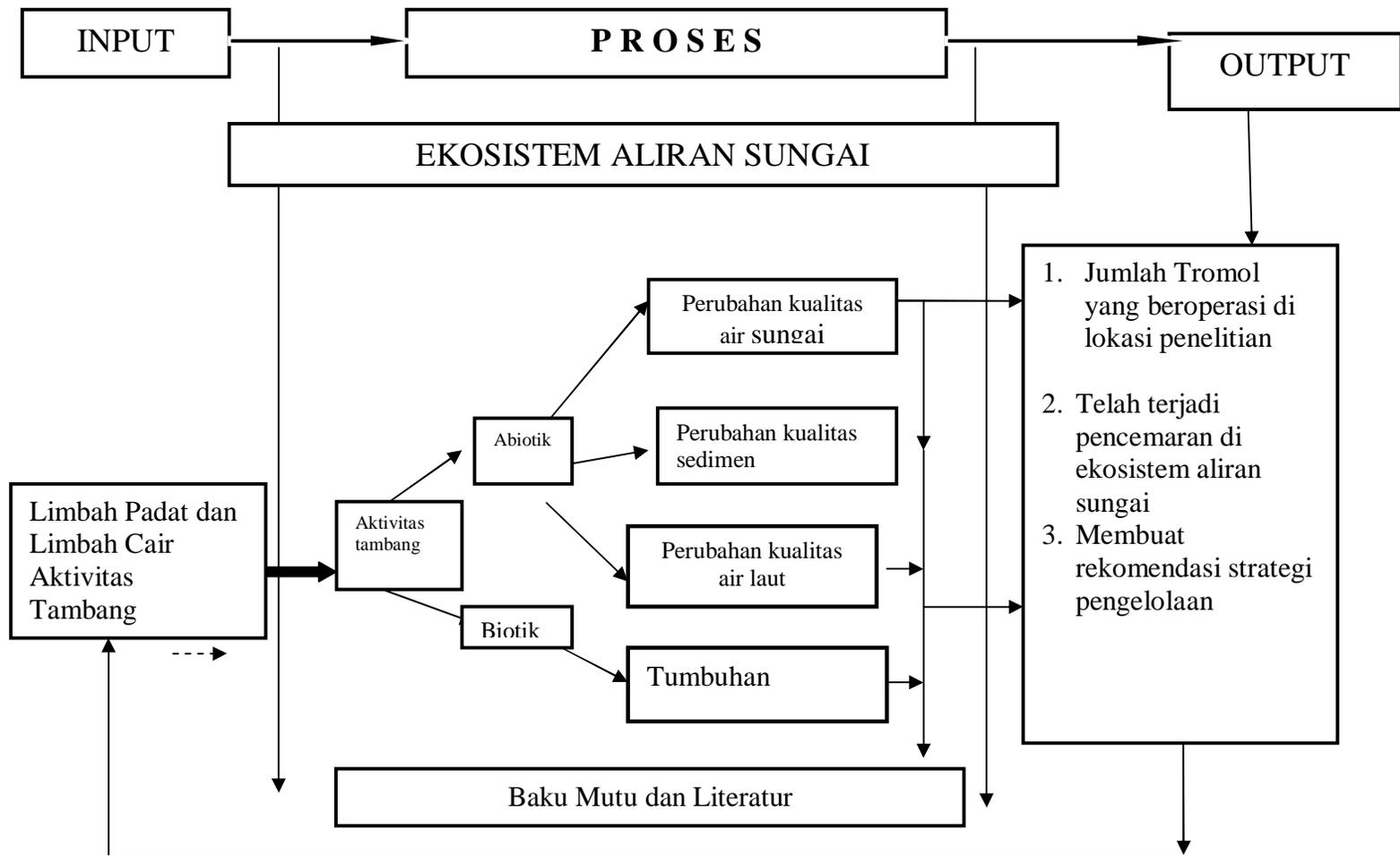
Menurut Priyanto dan Prayitno (2007), logam berat dalam media dengan cepat diserap oleh tanaman, walaupun berada pada konsentrasi yang sangat rendah. Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, sebagai berikut :

1. Penyerapan oleh akar, agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tanaman. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar.
2. Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke

bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian tanaman lainnya.

3. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar. Tumbuhan pada saat menyerap logam berat, akan membentuk suatu enzim reduktase di membran akarnya. Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui mekanisme khusus di dalam membran akar. Pada saat terjadi translokasi di dalam tubuh tanaman, logam yang masuk ke dalam sel akar, selanjutnya diangkut ke bagian tumbuhan yang lain melalui jaringan pengangkut yaitu xilem dan floem. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan logam diikat oleh molekul kelat. Pada konsentrasi rendah logam berat tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman tetapi pada konsentrasi tinggi akan menyebabkan kerusakan baik pada tanah, air maupun tanaman.

Diagram alir kerangka konseptual disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka konseptual

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian di lapangan dilakukan pada dua lokasi yaitu lokasi pertama dilakukan Desa Hulawa dan lokasi ke dua terdapat di Daerah Ilangata. Pengambilan sampel dilakukan di Sungai Hulawa dan Sungai Ilangata dan bermuara di Laut Sulawesi.

3.2. Data yang diperlukan

Data utama dalam penelitian ini adalah Karakteristik lokasi Daerah Mohutango dan Tulabolo, kandungan merkuri pada air dan sedimen. Data lain ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Data dan Teknik Pengukuran

Jenis Data	Tipe Data	Teknik Pengukuran	
		Di Laboratorium	Di lapangan
Data Karakteristik DAS Kabupaten Gorontalo Utara			
1	2	3	4
Luas wilayah Sub DAS	P	Peta RBI	
Batas Sub DAS	P	Peta RBI	
Panjang Sungai	P	Peta RBI	
Jarak tiap lokasi sampel	P	Peta RBI	
Lebar Sungai	P		Pengukuran langsung
Dalam Sungai	P		Pengukuran langsung
Kecepatan aliran	P		Pengukuran langsung
Debit aliran	P		Pengukuran langsung
Geologi	S	Peta Geologi	
Jenis Tanah	S	Peta Tanah	
Iklm	S	Stasiun klimatologi	
Penggunaan lahan	S	Data Dalam Angka (DDA)	Kuesioner
Identifikasi lokasi penambangan			
Banyaknya unit pengolahan emas	P	-	Wawancara
Jumlah Penambang	P	-	Wawancara
Banyaknya merkuri yang digunakan	P	-	Wawancara
Data Merkuri			
Air	P	Metode AAS	-
Sedimen Dasar	P	Metode AAS	-
Tumbuhan	P	Metode AAS	

*) S = Sekunder; P = Primer

3.3. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Peta DAS Kabupaten Gorontalo Utara, Skala 1: 50.000 untuk pembuatan peta dasar guna menentukan batas daerah penelitian Sub DAS Tulabolo.
2. Peta Jenis Tanah, Skala 1 : 50.000 digunakan untuk mengetahui jenis tanah dan sebarannya serta karakteristik tanah secara umum di lokasi penelitian
3. Peta Geologi, Skala 1 : 50.000 digunakan untuk mengetahui jenis batuan dan karakteristiknya yang ada di lokasi penelitian.
4. Peta wilayah administrasi Skala 1 : 50.000 digunakan untuk menentukan batas administrasi wilayah penelitian sekaligus sebagai peta lokasi sampel penelitian.
5. Data iklim berupa data curah hujan digunakan untuk menganalisis keadaan iklim pada lokasi penelitian.
6. Asam Nitrat $\text{pH} < 2$ digunakan untuk mengawetkan air sebelum diperiksa di laboratorium.

3.4. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perangkat komputer + printer + scanner untuk pengolahan data lapangan dan data laboratorium serta untuk pengetikan laporan.
2. Program komputer (perangkat lunak) *Arc View* untuk pemrosesan data spasial.
3. Jerigen berisi sampel air untuk pemeriksaan kimia.
4. GPS untuk menentukan koordinat lokasi titik sampel.
5. Tongkat yang mempunyai skala sebagai alat pengukur kedalaman sungai.
6. Perangkat alat laboratorium untuk analisis sampel air di lapangan.
7. Kamera digital.
8. *Sediment Sampler* yakni *Grab Sampler* untuk mengambil sedimen di dasar sungai.

3.5. Teknik Pengumpulan Data

a) Pengumpulan Data Konsentrasi Merkuri

Pengumpulan data merupakan langkah penting dalam suatu kegiatan penelitian yang menentukan baik tidaknya kualitas suatu hasil penelitian dan keberhasilan dalam mencapai tujuan penelitian. Teknik pengumpulan data primer dalam penelitian ini dilakukan dengan pengukuran dan pengamatan langsung di lapangan yaitu survei lokasi penambang, jumlah unit pengolahan pada setiap lokasi tambang, jumlah tromol setiap unit pengolahan dan metode yang digunakan dalam pengolahan limbah buangan merkuri dan pengambilan sampel air dan sedimen.

Pengambilan sampel air dan sedimen untuk mengukur kandungan merkuri yang berada di saluran tailing dan sungai. Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada titik-titik yang sudah ditentukan berdasarkan pada jarak dan perubahan debit air.

▪ Pengambilan sampel air untuk pemeriksaan merkuri :

Cara pengambilan sampel air untuk pemeriksaan merkuri adalah sebagai berikut :

- 1) Sampel air diambil menggunakan jerigen sebesar 2 liter.
- 2) Jerigen diisi air sampai penuh dengan cara dibilas dahulu 2-3 kali dengan air yang akan diambil sampelnya.
- 3) Pengambilan sampel air di sungai menggunakan metode pengambilan contoh berstrata. Penampang sungai dibagi tiga bagian yaitu : bagian penampang atas (permukaan air), bagian tengah penampang dan bagian bawah penampang. Dari ketiga bagian inilah contoh air diambil secara acak untuk dianalisa.
- 4) Bagi parameter logam berat seperti merkuri diadakan pengawetan contoh dengan menggunakan asam nitrat pekat $\text{pH} < 2$.
- 5) Sampel yang telah dimasukkan ke dalam wadah, diberi label. Pada label tersebut dicantumkan keterangan mengenai lokasi pengambilan, tanggal pengambilan dan jam pengambilan, cuaca, jenis pengawet dan sketsa lokasi.

6) Wadah-wadah contoh yang telah ditutup rapat dimasukkan ke dalam kotak yang telah dirancang secara khusus agar contoh tidak tertumpah selama pengangkutan ke laboratorium.

▪ **Pengambilan sampel di sedimen dasar pemeriksaan merkuri.**

Pengambilan sampel di sedimen dasar digunakan *grab sampler*. Peralatan yang digunakan harus cukup menjamin keamanan dari sampel. Untuk sungai dangkal dapat diambil dengan penyebaran yang merata di dalam air dan dimasukkan ke dalam wadah yang tepat. Untuk sungai yang dalam dengan menggunakan galah atau tiang. Endapan sedimen dapat diambil secara langsung di dasar pada permukaan air dan harus mewakili adanya endapan dari sistem sungai di tempat tersebut. Prinsip kerja alat *grab sampler* adalah apabila alat ini diturunkan sampai dasar sungai, alat keruk (*grab*) kedua-duanya terbuka, kabel penggantung dikendorkan dan kemudian ketika sampel ini diangkat, alat keruk sampel akan tertutup.

3.6. Teknik Pengambilan Sampel

a) Pengambilan Sampel Merkuri di air

Penentuan lokasi pengambilan sampel untuk kajian kualitas air dan sedimen dilakukan dengan dua variasi debit air. Sampel air dan sedimen yang diambil yang memiliki ciri-ciri yang khusus dari populasi sehingga dianggap cukup representatif. Adapun pengambilan sampel air di sungai dilakukan di lokasi yang belum pernah atau masih sedikit mengalami pencemaran, di lokasi air yang tercemar dan pada sumber air yang dimanfaatkan (Effendi, 2003). Oleh karena itu titik sampel air dan sedimen dalam penelitian ini diambil pada air sungai sebelum pengolahan tambang tradisional pada *effluent* lokasi pengolahan tambang dan sesudah pengolahan air dan pada sungai yang dimanfaatkan sebagai sumber air minum. Pengambilan sampel sedimen dan TSS juga dilakukan setelah pertemuan-pertemuan sungai dimana terjadi perubahan debit air (Chapman, 1992).

Kriteria penetapan lokasi adalah

- a. Pada sungai yang mewakili lokasi pengolahan penambangan emas pada hulu, *output* tailing dan hilir.
- b. Pada pertemuan sungai yang mewakili perubahan debit air.
- c. Sungai yang mewakili daerah pertanian dan pemukiman dan sumber air minum.

Kriteria penetapan lokasi pengambilan sampel untuk pengukuran parameter kualitas air adalah :

1. Sampel air limbah diambil pada lokasi yang mewakili seluruh karakteristik limbah dan kemungkinan pencemaran yang akan ditimbulkannya.
2. Sampel air dari badan air diambil dari lokasi yang dapat menggambarkan karakteristik keseluruhan badan air. Oleh karena itu, sampel air perlu diambil dari beberapa lokasi dengan debit air yang diketahui.

Adapun pengambilan sampel air sungai dapat dilakukan di lokasi-lokasi (Efendi, 2002) sebagai berikut :

1. Sumber air alamiah, yaitu lokasi yang belum pernah atau masih sedikit mengalami pencemaran.
2. Sumber air tercemar, yaitu lokasi yang telah mengalami perubahan atau di bagian hilir dari sumber pencemar.
3. Sumber air yang dimanfaatkan, yaitu lokasi penyadapan/pemanfaatan.

Titik pengambilan sampel air permukaan dapat dilakukan terhadap air sungai ditetapkan dengan ketentuan (Efendi, 2002) :

1. Pada sungai dengan debit kurang dari $5 \text{ m}^3/\text{detik}$, sampel air diambil pada satu titik di tengah sungai pada $0.5 \times$ kedalaman sungai.
2. Pada sungai dengan debit antara $5 - 150 \text{ m}^3/\text{detik}$, sampel air diambil pada dua titik, masing masing pada jarak $0,33$ dan $0,67$ lebar sungai pada $0,5$ kedalaman sungai.
3. Pada sungai dengan debit lebih dari $150 \text{ m}^3/\text{detik}$, sampel air diambil minimum pada enam titik, masing-masing pada jarak 0.25 , 0.50 dan 0.75 lebar sungai pada $0,2 \times$ kedalaman sungai dan $0,8 \times$ kedalaman sungai.

Pengambilan sampel air dapat dilakukan melalui langkah-langkah kerja sebagai berikut :

1. Disiapkan alat pengambil sampel yang sesuai dengan keadaan sumber air.

2. Alat-alat tersebut dibilas sebanyak tiga kali dengan sampel air yang akan diambil.
3. Dilakukan pengambilan sampel sesuai dengan keperluan; sampel yang diperoleh dicampur secara merata di dalam penampung sementara.
4. Jika pengambilan sampel dilakukan pada beberapa titik maka volume sampel dari setiap titik harus sama.

Setelah pengambilan sampel, sampel air sebaiknya segera dianalisis. Jika terpaksa harus disimpan, setiap parameter kualitas air memerlukan perlakuan tertentu. Bagi parameter merkuri jika pemeriksaan tidak segera dilakukan maka diadakan pengawetan contoh dengan menggunakan asam nitrat pekat sampai $\text{pH} < 2$.

b) Pengambilan sampel pada air dan sedimen dasar

Lokasi pengambilan sampel air dan sedimen dasar diambil pada 2 lokasi yaitu Desa Hulawa dan Desa Ilangata. Desa Hulawa terdapat 2 lokasi penambangan yakni penambangan Sumalata dan Padengo. Desa Ilangata terbagi atas Desa Ilangata dan Ilangata Barat. Untuk menentukan daerah jangkauan dari sampel pada sedimen dasar diambil pada bagian atas dari dasar sungai. Pengambilan sampel harus diambil pada anak sungai yang mempengaruhi sungai utama dan pertemuan anak sungai dengan sungai utama. Pengaruh yang mungkin dari *point source* dalam hal ini lokasi penambangan tradisional diambil pada hulu dan hilir dari sumber. Sampel harus diambil pada jarak yang sama dari sisi sungai sebagai input, baik pada hulu maupun hilir sungai. Pengaruh guna lahan dan pemukiman juga perlu diambil sampelnya. Suatu sampel sedimen dasar adalah cukup menyediakan objektivitas atas penentuan kualitatif pengaruh komposisi dari sedimen.

Lokasi pengambilan sampel air di Sungai Sumalata meliputi :

- a. Sampling pada air di Sungai Sumalata terdiri :

Titik As 1 : Sungai Hulawa

Titik As2 : Sungai Hulawa

Titik As3 : Sungai Hulawa

Titik As4 : Muara Sungai Hulawa

Titik As5 : Air Laut

- b. Sampling diambil pada tailing penambangan setempat di Desa Sumalata terdiri:
 - Titik A1 : Tailing
 - Titik A2 : Tailing
 - Titik A3 : Tailing
 - Titik A4 : Tailing
 - Titik A5 : Air Baku Air Minum Penduduk
- c. Sampling diambil Pada Sedimen di Tailing Penambang Desa Sumalata meliputi :
 - Titik A1 : Tailing
 - Titik A2 : Tailing
 - Titik A3 : Tailing
 - Titik A4 : Tailing
 - Titik A5 : Sedimen Pada Laut Sulawesi
- d. Sampling diambil Pada Sedimen Dasar di Sungai Hulawa meliputi :
 - Titik As 1 : Sungai Hulawa
 - Titik As2 : Sungai Hulawa
 - Titik As3 : Sungai Hulawa
 - Titik As4 : Muara Sungai Hulawa

Pengambilan sampel pada Daerah Ilangata dilakukan pada air sumur dangkal dan sedimen dasar pada tailing penambang meliputi :

- a. Sampling diambil pada air meliputi :
 - Titik C 1 : Air Bor
 - Titik C 2 : Air Sumur
 - Titik C3 : Air Sumur
 - Titik C4 : Air Sumur
 - Titik C6 : Air Sumur
- b. Sampling diambil pada sedimen meliputi :
 - Titik C 1 : Air tailing
 - Titik C 2 : Air tailing
 - Titik C3 : Air tailing

Titik C4 : Air tailing

Titik C6 : Air tailing

c. Sampling diambil pada sedimen di Tailing Desa Ilangata meliputi :

Titik C 1 : sedimen di tailing

Titik C 2 : sedimen di tailing

Titik C3 : sedimen di tailing

Titik C4 : sedimen di tailing

Titik C6 : sedimen di tailing

d. Pengambilan sampling pada air sungai, air minum dan tailing Desa Padengo meliputi :

Titik D1 : sampling diambil pada air minum

Titik D2 : sampling diambil pada air sungai

Titik D3 : sampling diambil pada air tailing

e. Pengambilan sampel pada sedimen Desa Padengo meliputi :

D1 : Sedimen pada tailing

D2 : Sedimen pada sungai

Pengambilan sampel diambil pada 2 lokasi yakni Desa Hulawa dan Desa Ilangata. Desa Hulawa diambil pada Sungai Hulawa dan Desa Ilangata diambil pada Sungai Ilangata. Masing-masing sungai diambil pada 6 titik. Total jumlah titik sampel 12 titik. Sampel air sebanyak 12 sampel dan sampel sedimen sebanyak 12 sampel. Total jumlah sampel air dan sedimen sebanyak 24 sampel. Sampling dilakukan sebanyak 2 kali sehingga total jumlah sampel air dan sedimen sebanyak 48 sampel.

c) **Pengambilan Sampel Merkuri pada Tanaman**

Data yang dikumpulkan berupa data primer. Pengumpulan data dengan pengukuran langsung di lapangan. Sampel dilakukan untuk mengetahui kadar merkuri dari jenis-jenis tumbuhan air yang hidup di lokasi dekat dengan pemukiman penduduk dan yang hidup disekitar tailing. Pemeriksaan merkuri pada tanaman diambil pada akar, batang dan daun. Masing- masing sampel diambil beratnya 20 gram. Daun atau akar tersebut dikeringkan

kemudian dikemas dalam plastik yang kedap air. Selanjutnya di kirim dan diperiksa di laboratorium.

Sampel pada tanaman diambil pada Desa Hulawa Kecamatan Sumalata dan Desa Ilangata. Pengambilan sampel meliputi tanaman padi, kangkung dan tanaman paku.

Jumlah sampel yang diambil di lokasi Desa Sumalata sekitar perumahan penduduk sebanyak 2 tanaman dan 6 sampel yaitu tanaman padi dan kangkung. Tanaman padi dianalisis pada padi, batang dan akar. Tanaman kangkung dianalisis pada daun, batang dan akar.

Jumlah tanaman yang dijadikan sampel pada lokasi tambang sekitar tailing sebanyak 6 tanaman dengan 14 sampel yakni sampel diambil pada daun, batang dan akar. Total jumlah sampel pada tanaman sebesar 20 sampel.

d) **Pengambilan data karakteristik penambang di Lokasi Tambang Sumalata dan Tambang Ilangata.**

Pengumpulan data karakteristik penambangan dilakukan dengan teknik wawancara dan daftar pertanyaan pada masyarakat yang tinggal di lokasi penambangan.

Aspek yang diwawancarai meliputi kondisi wilayah studi, jumlah penambang tiap lokasi, jumlah tromol yang digunakan, jumlah penggunaan merkuri pada saat amalgamasi dan bagaimana proses pengolahan emas tradisional. Lokasi wawancara dilakukan pada Desa Sumalata dan Desa Ilangata Kecamatan Kwandang.

3.7. Teknik Analisis Data

Untuk mengetahui tentang bagaimana dampak penambangan tradisional terhadap lingkungan baik air, sedimen dan vegetasi maka dengan menggunakan standar baku mutu yang ditetapkan dan literatur-literatur.

Tolok Ukur dampak :

Baku mutu yang digunakan untuk melihat konsentrasi merkuri di air dengan menggunakan Peraturan Pemerintah Tahun 1982 Kelas I tentang pengendalian pencemaran air pada air permukaan dimana disyaratkan tidak melebihi 0.001 mg/l. Baku mutu yang digunakan untuk melihat konsentrasi merkuri dalam sedimen digunakan *European Safety Standard* dengan nilai batas aman yaitu sebesar 2 ppm.

Standar baku mutu yang digunakan untuk tolok ukur dampak limbah *effluent* yang digunakan untuk pengolahan bijih emas adalah KepMen LH 202 /2004 yaitu baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan pertambangan bijih emas dengan standar maksimum yang ditetapkan adalah 0,005 mg/l. Tolok ukur kualitas air tanah dangkal menggunakan Peraturan Menteri Kesehatan 416/menkes/per/ix/1990 tentang syarat kualitas air bersih.

Nilai ambang batas kadar merkuri dalam tumbuhan secara nasional sebesar 0,5 mg/kg berdasarkan Sk Dirjen POM No: 03725/B/SK/VII/89 (Sudarmadji, *et al.* 2004 dan Inswiasri, 2008).

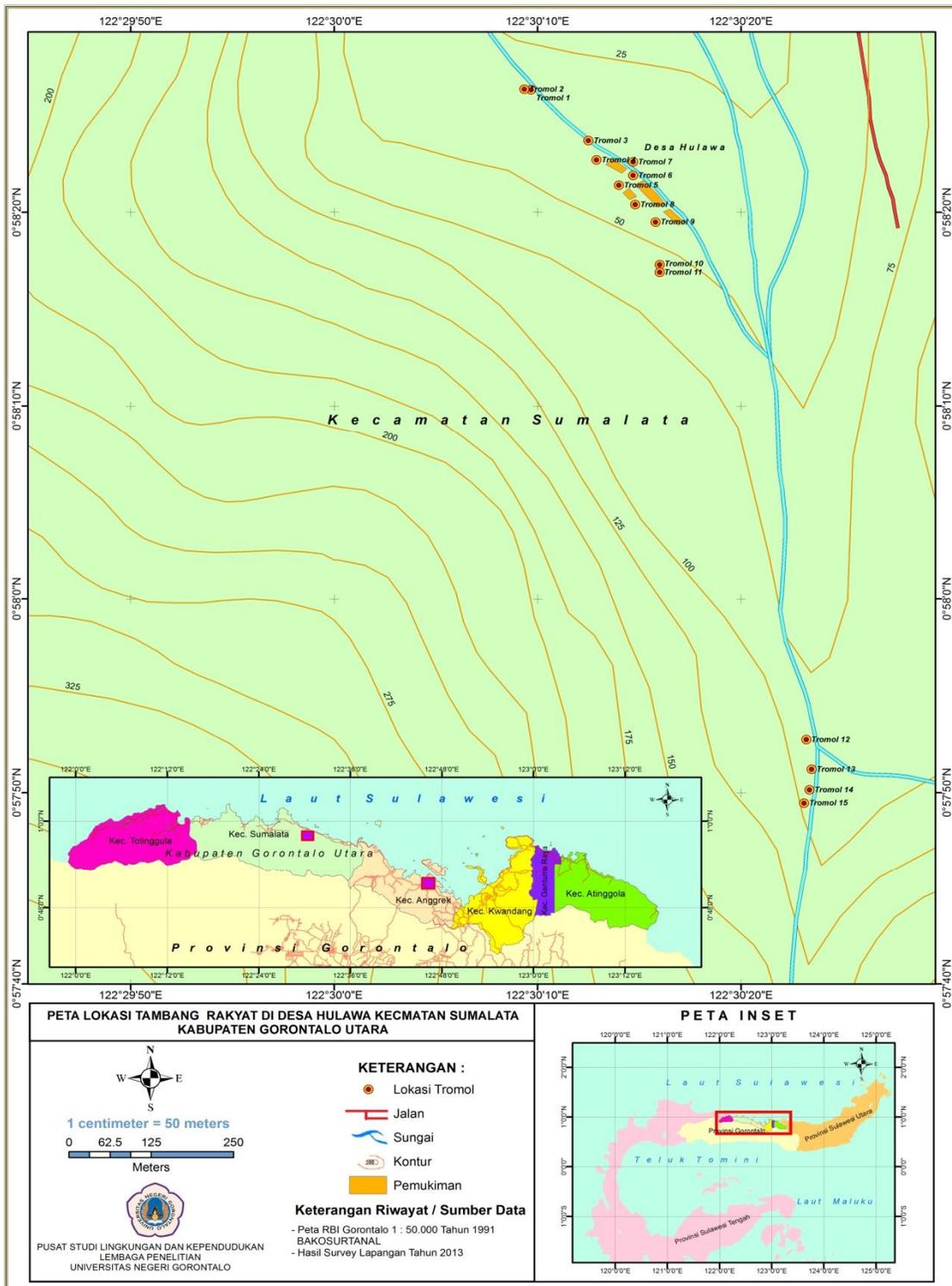
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4. 1. Gambaran Umum Lokasi Penambangan Emas Tradisional

Lokasi penambangan emas tradisional di Kabupaten Gorontalo Utara yang dijadikan lokasi penelitian terdiri atas 2 bagian yakni lokasi penambangan yang terdapat di Kecamatan Sumalata dan lokasi penambangan yang terdapat di Kecamatan Anggrek. Pada lokasi penambangan di Desa Sumalata di bagi atas dua bagian yakni lokasi penambangan emas tradisional Sumalata dan lokasi penambangan emas Padengo. Kedua lokasi ini sangat berdekatan. Penambangan emas di Kecamatan Anggrek berada pada Desa Ilangata. Lokasi Penambangan Ilangata dibagi lagi atas dua bagian yakni Desa Ilangata Barat dan Desa Ilangata. Jumlah penduduk di Desa Hulawa Kecamatan Sumalata berjumlah 558 jiwa dan Desa Ilangata Barat berjumlah 1256 jiwa dan Desa Ilangata berjumlah 2076 jiwa.

Lokasi penambangan emas tradisional pada Desa Sumalata, Desa Ilangata Barat dan Desa Ilangata ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Karakteristik penambangan yang meliputi jumlah penambang, jumlah tromol dan jumlah merkuri yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Penambangan Emas Tradisional di Kecamatan Sumalata dan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara

Lokasi Penambangan	Jumlah Penambang	Jumlah Tromol	Total Jumlah Merkuri Yang Digunakan sekali putaran g/l
Sumalata	43	152	76.000
Padengo	5	52	15.600
Ilangata Barat	16	133	51.000
Ilangata	16	128	62.000

Sumber Data Primer

Hasil wawancara baik dengan masyarakat sekitar maupun masyarakat penambang menunjukkan bahwa jumlah tromol yang berada pada Tambang Sumalata sebesar 152 tromol, Tambang Padengo sebesar 52 tromol, Tambang Ilangata Barat sebesar 133 tromol dan Tambang Ilangata sebesar 128 tromol. Total sebanyak 204 tromol sisa limbah yang dibuang dan dialirkan ke sungai dan selanjutnya aliran limbahnya mengalir masuk ke Laut Sulawesi dan sebanyak 261 tromol mencemari air tanah di daerah sekitar Desa Ilangata. Total jumlah tromol di Kabupaten Gorontalo Utara berjumlah 465 tromol. Jumlah ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan tromol yang terdapat di Kecamatan Tulabolo berjumlah 188 tromol (Mahmud, 2012).

Khusus Lokasi Tambang Sumalata jumlah tromol sebanyak 152 tromol, dan masing-masing tromol menggunakan 500 gr Hg sekali putar, dengan 5 kali putar dalam 24 jam. Setiap 1 kg Hg, yang menjadi limbah adalah 10 gram Hg (Balihristi, 2008). Maka setiap 500 gr Hg, diperkirakan limbah yang terbang ke lingkungan sebesar 5 gr Hg. Pada lokasi Sumalata dengan total jumlah tromol sebesar 152 tromol x 0,005 kg Hg maka akan ada 0.76 kg Hg yang terbang ke lingkungan untuk satu kali putaran. Jika sehari terdapat 5 kali putaran maka akan ada sebanyak $5 \times 0.76 \text{ kgHg} = 3.8 \text{ kg Hg}$ yang akan terbang ke

lingkungan. Hal ini akan mengkhawatirkan terutama Sungai Hulawa yang dijadikan sebagai penerima aliran pembuangan limbah. Sungai Hulawa bermuara di Laut Sulawesi.

Hal ini akan mengkhawatirkan bagi kesehatan masyarakat terutama karena Laut Sulawesi digunakan sebagai sumber mencari ikan bagi masyarakat di Gorontalo Utara. Dalam penelitian ini tidak diukur konsentrasi merkuri pada hewan akuatik. Hal ini perlu penelitian lanjutan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Mahmud (2012) menunjukkan bahwa akibat penambangan tradisional di Desa Tulabolo maka konsentrasi merkuri yang terukur pada hewan *aquatic* yang ditemukan di hulu Sungai Tulabolo, memiliki kecenderungan yang tinggi mendekati ambang batas yang ditetapkan. Hal ini perlu diperhatikan mengingat banyaknya masyarakat yang mengkonsumsi ikan yang berasal dari Laut Sulawesi.

Pada lokasi Daerah Sumalata, total jumlah tromol sebanyak 133 tromol. Setiap tromol menggunakan 500 gram Hg sekali putar. Maka setiap 1 tromol menggunakan 500 gram Hg sekali putar, maka yang akan menjadi limbah diasumsikan sebesar 5 gr Hg atau 0.005 kg Hg yang akan terbuang ke lingkungan. Total jumlah tromol sebesar 133×0.005 kg Hg = 0.665 kg Hg/ sekali putar. Jika sehari 5 kali putaran maka jumlah Hg yang mencemari tanah di sekitar lokasi penambangan Desa Ilangata sebesar 3.325 kg Hg yang akan terbuang ke lingkungan. Kondisi merkuri yang terbuang akan mencemari tanah disekitarnya dan selanjutnya akan membahayakan tanaman yang tumbuh di sekitar lokasi penelitian. Hujan yang turun juga akan membawa konsentrasi merkuri ini dan mencemari ladang-ladang yang ada, untuk itu perlu perhatian dari pemerintah.

4.2. Hasil konsentrasi merkuri di dalam air, sedimen dan tumbuhan akibat penambangan emas di Sungai Hulawa dan Sungai Ilangata.

4.2.1. Konsentrasi Merkuri Pada Air

4.2.1.1. Konsentrasi Merkuri Pada Air Sungai Hulawa di Desa Sumalata

Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam air Sungai Hulawa berkisar antara 0,009 – 0,013 mg/l. Berdasarkan hasil ini maka air Sungai Hulawa sudah tercemar merkuri karena sudah melebihi standar yang ditetapkan oleh PP 82 Tahun 2001 sebesar 0.001 mg/l. Hasil analisis kualitas air di Sungai Hulawa Desa Sumalata ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Kualitas Air Sungai Hulawa Desa Sumalata

Titik Sampel	Hasil Analisis (mg/l)	Standar Baku Mutu (mg/l)
AS 1	0.013	0.001
AS2	0.009	0.001
AS3	0.005	0.001
AS4 (DOWN STREAM)	0.003	0.001
AS5(Sea water)	0.008	0.001

Sumber data primer, 2013.

Tingginya konsentrasi merkuri di Sungai Hulawa karena tambang tradisional ini berada dipinggiran Sungai Hulawa. Para penambang menggunakan merkuri sebagai amalgam. Pada proses pengolahan merkuri maka butir-butir halus sisa merkuri akan ikut terbangun bersama air masuk ke bak pengolahan. Dalam bak pengolahan, jika air bak sudah penuh maka pada akhirnya air akan mengalir dan masuk ke lingkungan perairan. Pada musim hujan sisa-sisa buangan ini juga akan terbawa oleh air dan masuk ke Sungai.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa kualitas air pada muara Laut Sulawesi sebesar 0.008 mg/l. KepMen LH No.Kep 51 tahun 2004 Tentang Baku Mutu Kualitas Air Laut bagi Kehidupan Biota Laut, untuk parameter air raksa tidak melebihi 0.001 mg/l. Konsentrasi merkuri sebesar 0.008 mg/l sudah berada di atas ambang yang disyaratkan. Hal ini akan membahayakan utamanya hewan aquatik yang hidup di perairan Laut Sulawesi.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Seheryanto *et al*, (2013) menunjukkan bahwa analisis pencemaran merkuri total di perairan Sungai Rupit sebesar 2.10 – 2.33 ng/mL dengan rerata konsentrasi sebesar 2.21 ng/mL. Hasil ini lebih rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi merkuri di Sungai Hulawa Kecamatan Sumalata yang berkisar 0,003-0.009 mg/l. Hal ini perlu penanganan segera sehingga tidak membahayakan masyarakat sekitar.

4.2.1. 2. Konsentasi Merkuri Pada Air Tailing di Desa Sumalata

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri di dalam air tailing berkisar antara 0,002 – 0,007 mg/l. Berdasarkan hasil ini maka kondisi kualitas air di dalam tailing cenderung berada di atas baku mutu limbah sesuai dengan Kep Men LH 202/2004 yang

ditetapkan oleh pemerintah untuk kualitas air limbah maksimum sebesar 0.005 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kualitas air limbah sisa pengolahan telah mengandung merkuri. Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam air tailing di Desa Sumalata ditunjukkan pada Tabel 4.

Kondisi konsentrasi merkuri yang sangat tinggi pada air tailing menunjukkan bahwa pengolahan emas dengan menggunakan merkuri ternyata menghasilkan limbah sisa ke dalam bak tailing. Jika kualitas air tailing masuk ke lingkungan perairan seperti sungai mencemari sungai sekitarnya.

Hasil analisis konsentrasi merkuri yang diambil pada bak air minum sebesar 0.004 mg/l. Berdasarkan hal ini maka konsentrasi merkuri pada sumber air minum masyarakat sudah berada di atas baku mutu air minum yang dianjurkan oleh pemerintah PP 82 Tahun 2001 Kelas I yakni sebesar 0.001 mg/l. Kontaminan merkuri akibat penambangan cinnabar yang terdapat pada air minum ditemukan di San Jaoquin sebesar 10 – 170 ng/l. Hasil ini berada di bawah standar yang ditetapkan oleh Official Mexican Norm (NOM) dan the World Health Organization (WHO). Hasil ini lebih rendah jika dibandingkan dengan kontaminan yang terjadi pada air minum penduduk pada lokasi tambang Sumalata sebesar 0,004 mg/l. Kondisi ini menunjukkan bahwa air minum yang digunakan oleh masyarakat di Desa Hulawa berbahaya untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Untuk itu perlu perhatian baik para peneliti maupun pemerintah untuk mengatasi permasalahan tersebut. Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam air tailing dan air minum di Desa Sumalata ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri di Tailing di Penambangan Sumalata

Titik Sampel	Hasil Analisis (ppm)	Standar Baku Mutu (ppm)
A 1	0.007	0.005
A 2	0.002	0.005
A 3	0.003	0.005
A 4	0.003	0.005
A 5 (drinking water)	0.004	0.001

Sumber data primer, 2013.

4.2.1.3. Konsentrasi Merkuri Pada Air Tanah Dangkal di Desa Ilangata

Hasil analisis kualitas air tanah dangkal berkisar antara 0 – 0,10731 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri cenderung berada di atas baku yang disyaratkan oleh pemerintah PERMENKES 416/menkes/per/ix/1990 yakni 0.001 mg/l. Hasil analisis kualitas air tanah dangkal di Desa Ilangata ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Analisis Kualitas Air Tanah Dangkal di Sekitar Lokasi Tambang Desa Ilangata

Titik Sampel	Hasil Analisis (mg/l)	Standar Baku Mutu (mg/l)	Metode
C1 (AIR BOR)	0.00081	0.001	SNI 01-3554-2006
C2 (AIR SUMUR)	0.00065	0.001	
C3 (AIR SUMUR)	Ttd	0.001	
C4 (AIR SUMUR)	0.01689	0.001	
C6(AIR SUMUR)	0.10731	0.001	

Sumber Data Primer 2013

Berdasarkan hasil ini maka tambang tradisional yang berada di Desa Ilangata sudah mencemari air sumur yang dikonsumsi oleh masyarakat. Hal ini dapat ditunjukkan pada Titik sampel C5, konsentrasi merkuri sudah sebesar 0.10731 mg/l. Para penambang di Desa Ilangata harus melakukan pengolahan air limbah sisa tambang dengan lebih seksama sehingga air limbah yang mengandung merkuri akan lebih diminimalisir. Hasil konsentrasi merkuri didapatkan akan berada di bawah baku mutu yang distandarkan yakni sebesar 0,005 mg/l.

4.2.1.4. Konsentrasi Merkuri Pada Air Tailing di Lokasi Tambang Desa Ilangata

Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam air tailing di lokasi penambangan Desa Ilangata berkisar antara 0.00129 – 0.00801 mg/l. Berdasarkan hasil ini maka konsentrasi merkuri dalam air tailing cenderung sudah berada di atas ambang batas baku mutu limbah sesuai dengan Kep Men LH 202/2004 tentang kegiatan pertambangan bijih emas dengan standar maksimum yang ditetapkan adalah 0,005 mg/l.

Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas air di dalam tailing sudah tercemar merkuri. Hasil analisis konsentrasi merkuri pada air tailing di sekitar tambang Desa Ilangata ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri Pada Air Tailing di Sekitar Tambang Desa Ilangata

Titik Sampel	Hasil Analisis (mg/l)	Standar Baku Mutu (mg/l)	Metode
C1 (AIR TAILING)	0.00801	0.005	SNI 01-3554-2006
C2 (AIR TAILING)	0.00331	0.005	
C3 (AIR TAILING)	0.00465	0.005	
C4 (AIR TAILING)	0.00531	0.005	
C6(AIR TAILING)	0.00129	0.005	

Sumber Data Primer, 2013

Hasil konsentrasi merkuri yang sudah berada di atas baku mutu yang disyaratkan mengindikasikan bahwa bak tailing sebagai penerima limbah buangan akan mencemari tanah di sekiranya apabila tidak ditangani lebih cepat. Kualitas air tailing ini akan mencemari air sumur, air bor dan juga tanaman yang dikonsumsi oleh masyarakat Desa Ilangata khususnya dan masyarakat Kabupaten Gorontalo Utara pada umumnya.

4.2.1.5 Hasil Analisis Air di Desa Padengo

Hasil analisis menunjukkan bahwa kualitas air pada air minum penduduk di penambangan Desa Padengo Kecamatan Sumalata sebesar 0.00402 mg/l. Hasil analisis kualitas air di Sungai Hulawa sebesar 0.00509 mg/l. Hasil analisis kualitas air di dalam tailing sebesar 0.00509 mg/l. Kualitas air untuk tiga jenis sampel sudah berada di atas ambang baku mutu yang disyaratkan sesuai dengan peruntukannya.

Penelitian yang dilakukan oleh Hidayati, *et al* 2013 menunjukkan bahwa banyak sungai dan lingkungan aquatik seperti Daerah Bogor dan Cikotok dipengaruhi oleh aktivitas tambang dan terindikasi adanya kontaminan merkuri dan cyanida. Merkuri dipengaruhi oleh penambangan rakyat skala kecil dan cyanida dipengaruhi oleh industri penambangan skala besar.

Penelitian yang dilakukan oleh Triana *et al*, (2012) yang melakukan penelitian terhadap merkuri pada air dan ikan menunjukkan bahwa konsentrasi Hg rata-rata di dalam air sebesar 2.15 ppb dan pada udang rata-rata sebesar 0.18 mg/kg. Hasil konsentrasi merkuri pada air cenderung sama jika dibandingkan dengan pencemaran yang terjadi di Sungai Hulawa Kabupaten Gorontalo Utara. Dalam penelitian yang dilakukan di Kecamatan Sumalata ini adalah masih belum diteliti berapa besar pengaruh aktivitas penambangan tradisional ini terhadap hewan aquatik baik di sungai maupun di laut. Hasil analisis konsentrasi merkuri pada air di sekitar tambang Desa Padengo ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri Pada Air di Sekitar Tambang Padengo

Titik Sampel	Hasil Analisis (mg/l)	Standar Baku Mutu (mg/l)	Metode
D1 (AIR MINUM)	0.00402	0.001	SNI 01-3554-2006
D2 (AIR SUNGAI)	0.00509	0.001	
D3 (AIR TAILING)	0.00589	0.005	

Sumber Data Primer, 2013

Hasil analisis kualitas air secara umum baik air minum, air sungai maupun air tailing Desa Padengo sudah tercemar dengan merkuri. Kondisi ini akan membahayakan bagi masyarakat yang mengkonsumsi terutama air minum. Konsentrasi yang tinggi ini akan masuk ke tubuh manusia melalui air minum yang dikonsumsinya. Merkuri sangat membahayakan kesehatan manusia. Tambah Dampak pada kesehatan.

4.2.2. Konsentrasi Merkuri Pada Sedimen

4.2.2.1. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Sedimen pada Tailing di Sekitar Tambang Desa Sumalata.

Hasil analisis konsentrasi merkuri di sedimen pada Tailing di Desa Sumalata berkisar antara 4.35 – 23.85 mg/kg. Hasil analisis sedimen di dalam dasar Laut Sulawesi (sekitar muara) sebesar 5.42 mg/l. Berdasarkan hasil ini maka konsentrasi merkuri di dalam tailing sudah berada di atas baku mutu *European safety standard* yaitu 2 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa di dalam tailing telah terjadi pencemaran merkuri.

Hasil konsentrasi merkuri sebesar 23.85 mg/kg ini lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil analisis konsentrasi merkuri rata-rata di dalam sedimen dasar di Sungai Tulabolo yang berkisar antara 0,0639 - 147 mg/kg (debit rendah), 1,015 - 44,308 mg/kg (debit sedang) dan 0,6115 - 41,2693 mg/kg (debit tinggi) (Mahmudd 2012). Hasil yang diperoleh di tailing Desa Sumalata lebih masih lebih rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi merkuri di sedimen di Teluk Buyat berkisar 0,1150 - 2.8290 ppm. Demikian pula konsentrasi merkuri di dalam sedimen di setiap desa di Kecamatan Betung Kabupaten Landak Kalimantan Barat menunjukkan konsentrasi merkuri sebesar 2,25 ppb - 4,50 ppb lebih kecil dari tailing tambang Sumalata.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Suheryanto, *et al*, (2013) menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri total pada sedimen berkisar antara 209.56 - 2207.41 ng/g dengan rerata konsentrasi 876.66 ng/g (berat kering). Berdasarkan hasil ini maka konsentrasi merkuri dalam sedimen di Sungai Hulawa Kecamatan Sumalata lebih tinggi dibandingkan dengan pencemaran yang terjadi Sungai Rupit Musi Rawas Sumatera Selatan. Hal ini menunjukkan bahwa pencemaran konsentrasi merkuri di tailing sudah harus mendapat perhatian dari pemerintah Kabupaten Gorontalo Utara.

Berdasarkan penelitian Wilken dan Hintelmann (1991) dalam Suheryanto, (2013), menyatakan bahwa kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air. Menurut Schnoor (1996) , dalam Suheryanto, (2013) perjalanan perpindahan ion logam dalam air ke dalam sedimen terutama melalui proses partisi air-sedimen, yaitu perpindahan logam dari bentuk terlarut dalam air ke dalam sedimen melalui fenomena adsorpsi. Hal inilah yang menyebabkan merkuri yang berada pada ekosistem sungai terakumulasi dalam sedimen. Proses yang terjadi menyebabkan adanya akumulasi logam berat dalam sedimen. Adanya logam berat dalam air akan mengalami proses pengenceran dengan adanya pengaruh pola pasang surut. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Lestaris & Budiyanto (2013) menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri pada perairan Gresik sebesar 0,04 - 0,33 mg/kg dengan rereta 0.13 mg/kg menunjukkan bahwa hasil ini masih lebih rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi merkuri di sedimen pada perairan laut Sulawesi Kecamatan Sumalata sebesar 5.42 mg/kg. Berdasarkan hasil ini maka harus diperhatikan lebih seksama dan butuh perhatian dari pemerintah untuk menanggulangi pencemarannya.

Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam sedimen pada tailing di Desa Hulawa Kecamatan Sumalata ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri di Sedimen pada Tailing di Desa Hulawa

Titik Sampel	Hasil Analisis mg/kg	Standar Baku Mutu (mg/kg)
S 1 (Tailing)	23.85	2
S 2 1 (Tailing)	4.81	2
S 3 1 (Tailing)	8.08	2
S 4 1 (Tailing)	4.35	2
S5 (In Sea)	5.42	2

Sumber Data Primer 2013

4.2.2.2. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Sedimen di Sungai di Sekitar Tambang Desa Sumalata.

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri pada sedimen di Sungai Hulawa berkisar antara 10.82 – 73.75 mg/kg. Berdasarkan hasil ini maka kualitas sedimen sudah berada di atas ambang baku mutu *European Safety Standard* di mana standar maksimum sebesar 2 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi sedimen di dalam dasar sungai sudah tercemar dengan merkuri.

Penelitian yang dilakukan oleh Kitong, *et al*, (2012) menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri di dalam sedimen di Sungai Ranoyapo diambil di Desa Lompad, Desa Picuan, Desa Karinbow I dan II, Muara Sungai berturut-turut yaitu 0.05 ppm, 0.05 ppm, 1.3 ppm, 0.18 ppm dan 0.05 ppm. Hasil ini lebih rendah dibandingkan dengan kandungan merkuri yang terdapat di sedimen di Sungai Hulawa yang berkisar 10.82 – 73.75 mg/kg.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hidayati, *et al*, 2009 menunjukkan bahwa sungai, kolam dan sawah terkontaminasi sangat tinggi oleh merkuri akibat adanya penambangan emas masyarakat skala kecil di Sebelah Barat Jawa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri dalam sedimen pada masing-masing lokasi sawah (Nunggul dan Leuwijamang, Pongkor) sebesar 22.68 ppm dan 7.73 ppm. Hasil ini

cenderung sama dibandingkan yang terjadi di Desa Hulawa Kecamatan Sumalata Kabupaten Gorontalo Utara.

Berdasarkan hasil ini maka konsentrasi merkuri di sedimen Sungai Hulawa sebesar 10.82 – 73.75 mg/kg. Hasil ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi merkuri di sedimen pada Sungai Tahi Ite yang berkisar 0,0001 – 0,0057 mg/kg (Trisnawaty, *et al.* 2013). Kondisi ini menunjukkan bahwa pencemaran sudah sangat tinggi. Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam sedimen pada Sungai Hulawa pada lokasi Penambangan Sumalata ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri di Sedimen pada Sungai Hulawa di Desa Sumalata

Titik Sampel	Hasil Analisis (mg/kg)	Baku Mutu Standar (mg/kg)
SS 1 (River)	44.97	2
SS 2 1 (River)	59.82	2
S S3 1 (river)	73.75	2
SS 4 1 (downstream)	10.82	2

Sumber Data Primer 2013

Kontaminasi logam merupakan salah satu kontaminan yang ada dimana mana, persistan, dan merupakan warisan masa lalu serta yang akan datang serta salah satu issue yang dapat menimbulkan kerusakan lingkungan (Luoma dan Rainbow, (2008) dalam Lestaris & Budiyanto (2013)). Peningkatan konsentrasi logam berat dalam air laut akan menyebabkan logam berat seperti Cu, Ni, Zn akan berubah menjadi racun bagi organisme laut. Selain bersifat racun, logam berat juga akan terakumulasi dalam sedimen dan dalam biota melalui proses biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi. Peningkatan konsentrasi logam berat dalam air laut yang berlangsung terus menerus, akan berakhir dengan timbulnya pencemaran (Lestaris & Budiyanto, 2013). Penelitian yang dilakukan oleh Trisnawaty, *et al* (2013) menunjukkan bahwa logam berat merkuri pada sedimen di Perairan Sungai Tahi Ite menunjukkan bahwa merkuri berkisar antara 0.0001 – 0.0057 ppm. Penelitian yang dilakukan oleh Edwad, (2008) menunjukkan bahwa kadar merkuri pada sedimen di Perairan Anggai berkisar antara 0.013 – 0.117 ppm dengan kadar rerata 0.061 ppm. Kadar ini masih lebih rendah dibandingkan kadar merkuri di Sungai Hulawa

Kecamatan Sumalata. Kajian akumulasi dari logam berat dalam sedimen di lingkungan estuari dan pesisir sebagai hasil dari limbah domestik dan industri mendapat perhatian yang lebih dibandingkan dengan penelitian yang hanya mengenai konsentrasi logam berat yang ada (Everaarts, 1989 dalam Lestarisa & Budiyanto, 2013). Hasil ini menunjukkan bahwa sedimen di Sungai Hulawa sudah mengalami pencemaran merkuri akibat penambangan tradisional. Kondisi ini harus dipikirkan cara penanganannya sehingga tidak membahayakan masyarakat sekitar dan masyarakat Kabupaten Gorontalo Utara pada umumnya.

4.2.2.3. Hasil Konsentrasi Merkuri di dalam Sedimen di Desa Padengo

Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam sedimen Sungai Hulawa sebesar 12.31 mg/kg dan sedimen di dalam tailing sebesar 32.47 mg/kg. Berdasarkan hasil ini maka konsentrasi merkuri akibat penambangan Padengo sudah berada di atas ambang baku mutu *European Safety Standard* yakni 2 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa sedimen sungai maupun di dalam tailing sudah tercemar dengan merkuri.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hidayati *et al*, (2009) menunjukkan bahwa Hg terkontaminasi pada Sungai Cierang, Ciawitali dan Cipamancalan masing-masing 101.37 ppm, 61.52 ppm dan 23.41 ppm pada sedimen. Hasil ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi merkuri yang terdapat di Lokasi Tambang Padengo. Hal ini terjadi karena jumlah konsentrasi merkuri yang dilepaskan tergantung seberapa banyak aktivitas penambangan. Penambangan Desa Padengo menunjukkan bahwa jumlah tromol yang aktif hanya sebesar 52 tromol. Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam sedimen di Desa Padengo ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri di Sedimen di Tambang Desa Padengo

Titik Sampel	Hasil Analisis (ppm)	Standar Baku Mutu (ppm)	Metode
D1 (sedimen Tailing)	12.31	2	SNI 06-6992.2-2004
D2 (Sedimen Sungai)	32.47	2	

Sumber Data Primer, 2013

4.2.2.4. Hasil Konsentrasi Merkuri di dalam Sedimen di Desa Ilangata

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri pada sedimen di tailing di Desa Ilangata berkisar antara 27.33 – 35.25 mg/kg. Berdasarkan hasil ini maka sedimen di dalam tailing lokasi penambang Desa Ilangata sudah berada di atas syarat baku mutu *European safety standard* sebesar 2 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa sedimen pada tailing Desa Sumalata sudah tercemar dengan merkuri. Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam sedimen di Desa Ilangata ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Data Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri di Sedimen di Tambang Desa Ilangata

Titik Sampel	Hasil Analisis (ppm)	Baku Mutu (ppm)	Metode
C1 (SEDIMEN)	35.25	2	SNI 06-6992.2-2004
C2 (SEDIMEN)	27.33	2	
C3 (SEDIMEN)	34.75	2	
C4 (SEDIMEN)	34.54	2	
C6(SEDIMEN)	34.71	2	

Sumber Data Primer 2013

4.2.3. Hasil Konsentrasi Merkuri Pada Tumbuhan

4.2.3.1. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Tumbuhan di Sekitar Perumahan Penduduk Desa Sumalata.

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri pada tanaman padi (*Oryza Sativa L*) bagian batang sebesar 61.36 ug/kg, pada akar sebesar 43.53 ug/kg dan pada bulir padi sebesar 0.09 ug/kg. Berdasarkan hasil ini maka tanaman padi di sekitar pemukiman penduduk cenderung sudah berada di atas baku mutu Baku Mutu : SK Dirjen POM : No:03725/B/SK/VII/89 sebesar 0.5 mg/kg.

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri pada bagian tanaman kangkung (*Ipomoea Aquatica*) pada daun 20.70 ug/kg, pada batang < 0.09 ug/kg dan pada akar sebesar 68.94 ug/kg. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman kangkung sudah terdeteksi

dengan merkuri, tapi belum berada di atas ambang baku mutu SK Dirjen POM : No:03725/B/SK/VII/89 sebesar 0.5 mg/kg.

Berdasarkan hal ini maka tanaman padi maupun kangkung yang dikonsumsi masyarakat di sekitar lokasi penambangan emas Desa Sumalata sudah tercemar dengan merkuri. Hasil analisis tumbuhan di sekitar perumahan penduduk Desa Sumalata ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Tumbuhan di Sekitar Perumahan Penduduk di Desa Sumalata

Titik Sampel	Tipe Tanaman	Hasil Analisis (ug/kg)
B1	Oryza Sativa L (Rice)	0.09
B1	Oryza Sativa L (Stem)	61.36
B1	Oryza Sativa L (Root)	43.53
B2	Ipomoea Aquatica (Leaf)	20.70
B2	Ipomoea Aquatica (Stem)	< 0.09
B2	Ipomeomea Aquatica (Roof)	68.94

Sumber Data Primer 2013

4.2.3.2. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Tumbuhan di Sekitar Tailing Lokasi Desa Sumalata.

Hasil analisis tanaman pada sayur paku (*Diplazium Esculentum*) pada bagian daun sebesar 380.97 ug/kg, pada batang sebesar 25.88 ug/kg. Pada tanaman salam (*Syzygium Polyantum*) merkuri di daun sebesar 4778 ug/kg dan pada batang sebesar 447.99 ug/kg. Berdasarkan hasil ini maka merkuri pada tanaman paku cenderung berada di atas baku mutu yang disyaratkan sesuai dengan SK Dirjen POM : No:03725/B/SK/VII/89 sebesar 0.5 mg/kg.

Pada tanaman Kemangi (*Ocinum Bassilicum Ferina Citratum*) konsentrasi merkuri di daun sebesar 1235 ug/kg, di batang sebesar 516.95 ug/l dan di akar sebesar 1688 ug/l. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri pada tanaman kemangi sudah berada di atas syarat baku mutu yang ditetapkan. Pada tumbuhan paku / *pteris vitata* konsentrasi merkuri pada daun sebesar 8698 ug/l, pada batang sebesar 3870 ug/l dan pada akar sebesar

20855 ug/l. Berdasarkan hasil ini maka tanaman paku berada di atas baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Demikian juga pada tanaman kangkung (*Ipomoea Aquatica*) konsentrasi merkuri pada daun sebesar 7549 ug/l, pada batang sebesar 308.94 ug/l dan pada akar sebesar 37064 ug/l. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri pada tanaman kangkung sudah berada di atas ambang baku mutu yang ditetapkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanaman yang hidup di sekitar tailing lokasi penambang Sumalata sudah tercemar dengan merkuri.

Hasil analisis kontaminan merkuri pada tanaman jagung di San Joaquin Mexico, menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri baik pada akar, batang, daun dan biji berkisar antara 0.04 – 8.2 mg/kg. Kehadiran kontaminan merkuri ini akibat penguapan merkuri dari tambang cinnabar ke udara dan akibat akumulasi merkuri di dalam tanah (Trinidad *et al*, 2012). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tarore *et al*, (2002) menunjukkan bahwa akibat penambangan tradisional maka konsentrasi merkuri pada daging buah kelapa terdeteksi sebesar 0.00086 – 0.0017 ppm. Hasil ini masih cenderung sama jika dibandingkan dengan kontaminasi merkuri pada bulir padi di Desa Sumalata sebesar 0.09 ug/kg. Hasil ini cenderung sama jika dibandingkan konsentrasi merkuri yang terjadi pada tanaman di Desa Hulawa Kecamatan Sumalata akibat penambangan emas tradisional. Hal ini perlu mendapat perhatian oleh pemerintah setempat.

Penelitian yang dilakukan oleh Hidayati *et al*, (2009) menunjukkan bahwa beberapa tanaman yang ditemukan di lokasi PETI Pongkor dan memiliki potensi hipertoleran terhadap Hg seperti *Lidernia crustacean* (L), F.M. terakumulasi 89.13 ppm Hg, *Digitaria radicata* (Presl) Mig terakumulasi 50.93 ppm dan zingiber sp terakumulasi 49.33 Hg. Paku terakumulasi 10.79 – 16.18 ppm Hg dan paspalum conjugatum terakumulasi 1.78 Hg. Konsentrasi Hg di lokasi PETI di penambangan Pongkor terakumulasi sangat tinggi jika dibandingkan dengan penambangan Sumalata. Hal ini terjadi karena semakin tinggi pertambahan aktivitas penambangan maka semakin banyak merkuri yang dilepaskan ke lingkungan. Jadi apabila penambangan Sumalata tidak diperhatikan maka konsentrasi merkuri akan semakin tinggi seperti yang terjadi di Penambangan Pongkor. Banyak sungai dan lingkungan aquatic lainnya dipengaruhi oleh aktivitas penambangan emas.

Pentingnya penanggulangan pencemaran merkuri karena merkuri dapat masuk dalam rantai makanan dan akan membahayakan makhluk hidup yang mengkonsumsi makanan tersebut. Mekanisme masuknya merkuri ke dalam rantai makanan adalah bervariasi sesuai ekosistemnya. Penggunaan merkuri (Hg) dalam proses pengolahan bijih emas akan menyebabkan terkontaminasinya merkuri pada tanaman di lokasi tersebut.

Hasil analisis tumbuhan di sekitar tailing di penambangan Desa Sumalata ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Konsentrasi Merkuri pada Tumbuhan di Sekitar Tailing di Desa Sumalata

Titik Sampel	Jenis Tanaman	Hasil Analisis (ppb)
A1	Sayur paku / <i>Diplazium Esculentum (leaf)</i>	380.97
A1	Sayur paku / <i>Diplazium Esculentum (stem)</i>	25.88
A2	Tanaman Salam (<i>Syzygium Polyantum</i>) (Leaf)	4778
A2	Tanaman salam / <i>Syzygium Polyantum (Stem)</i>	447.99
A3	Tanaman Kemangi / <i>Ocinum Bassilicum Ferina Citratum (Leaf)</i>	1235
A3	Tanaman Kemangi <i>Ocinum Bassilicum Ferina Citratum (Stem)</i>	516.95
A3	Tanaman Kemangi <i>Ocinum Bassilicum Ferina Citratum (Roof)</i>	1688
A4	Tumbuhan paku / <i>Pteris Vittata (Leaf)</i>	8698
A4	Tumbuhan paku / <i>Pteris Vitata (Stem)</i>	3870
A4	Tumbuhan paku / <i>Pteris Vitata (Roof)</i>	20855
A5	Kangkung / <i>Ipomoea Aquatica (Leaf)</i>	7549
A5	Kangkung / <i>Ipomoea Aquatica (Stem)</i>	308.94
A5	Kangkung / <i>Ipomoea Aquatica (Roof)</i>	37064

Sumber Data Primer, 2013

4.3. Menyusun strategi pengelolaan lingkungan akibat penambangan tradisional di ekosistem Sungai Hulawa dan Sungai Ilangata Kabupaten Gorontalo Utara.

Untuk mengatasi berbagai persoalan lingkungan akibat penambangan emas tradisional maka dilakukan berbagai upaya pencegahan pencemaran, utamanya di Desa Hulawa dan di Desa Ilangata tempat dilakukannya penambangan tradisional. Hasil analisis konsentrasi merkuri yang sudah berada di atas ambang baku mutu yang ditetapkan, menunjukkan perlunya pencegahan pelaksanaan untuk segera dilakukan.

Pencemaran lingkungan mempunyai dampak yang sangat luas dan sangat merugikan manusia maka perlu diusahakan pengurangan pencemaran lingkungan bila mungkin meniadakan sama sekali. Usaha untuk mengurangi dampak yang sangat luas dan menanggulangi pencemaran tersebut ada 2 macam cara yaitu penanggulangan secara non-teknis dan secara teknis (Wardana, 2004). Melalui cara penanggulangan dengan cara non-teknis dan teknis diharapkan bahwa pencemaran lingkungan akan jauh berkurang dan kualitas hidup dapat lebih ditingkatkan.

a) Penanggulangan Secara Non-Teknis

Dalam usaha mengurangi dan menanggulangi pencemaran lingkungan dikenal dengan cara menciptakan peraturan perundangan yang dapat merencanakan, mengatur dan mengawasi segala macam bentuk kegiatan penambangan sehingga tidak terjadi pencemaran lingkungan. Salah satu cara kegiatan non-teknis yang dapat dilakukan adalah dengan :

- a. Salah satu upaya adalah mengalihkan penambang untuk menjadi peternak, berkebun atau nelayan. Hasil wawancara dengan penambang setempat menunjukkan bahwa masyarakat ada upaya ingin mengalihkan pekerjaan dari menambang ke usaha yang lain selama ada prospek untuk itu. Prospek yang cukup terbuka salah satunya adalah dengan beternak sapi. Pemerintah perlu memberikan penyuluhan berupa ketrampilan cara beternak sapi yang baik, jenis sapi yang terbaik, dan bagaimana memasarkannya

sehingga bisa di dijual dan dibeli oleh masyarakat di Provinsi Gorontalo maupun dapat dikirim ke luar Gorontalo atau bahkan bisa diekspor.

- b. Melakukan pembinaan-pembinaan melalui kegiatan penyuluhan dan melakukan pengawasan secara berkala. Meningkatkan kesadaran pemilik tambang dan para penambang dalam pengelolaan lingkungan.

Cara non teknis lainnya adalah dimasukkannya unsur pendidikan pada mata pelajaran di sekolah terutama mengenai lingkungan dan pengelolaannya dan bagaimana cara hidup sehat sehingga sejak dini masyarakat sudah mengetahui dampak kegiatan tambang terhadap ekosistem dan kesehatan masyarakat dan cara pencegahannya. Pemerintah harus sering melakukan penyuluhan pentingnya pendidikan dalam masyarakat. Masyarakat tidak memiliki ketrampilan lain dalam berusaha dan mencari pekerjaan lain, selain menambang. Pendidikan yang rendah menyebabkan masyarakat tidak dapat menggunakan uang dari hasil penambangan dengan membuka usaha lain. Hal ini menyebabkan rendahnya pendapatan dan menyebabkan ketergantungan pekerjaan terhadap kegiatan penambangan dan memberi efek terhadap kesehatan masyarakat karena masyarakat tidak mampu berobat dengan layak dan tidak mengetahui cara hidup yang sehat. Pemerintah perlu memberi pelatihan yang berkaitan dengan usaha membuka lapangan kerja baru.

Pemerintah perlu mengadakan penataan kelembagaan, mengorganisir kegiatan pertambangan emas tradisional dan penataan wilayah untuk memudahkan pengawasan dan monitoring pembuangan dan pengelolaan limbah yang dilakukan oleh kegiatan penambangan emas tradisional di sekitar lokasi penambangan.

b) Penanggulangan Secara Teknis

Banyak macam dan cara yang dapat ditempuh dalam penanggulangan secara teknis. Adapun kriteria yang digunakan dalam memilih dan menentukan cara yang digunakan dalam penanggulangan secara teknis tergantung pada faktor berikut yaitu mengutamakan keselamatan lingkungan, teknologinya telah dikuasai dengan baik dan secara teknis dan ekonomis dapat dipertanggung jawabkan.

Berdasarkan kriteria tersebut di atas diperoleh beberapa cara dalam hal penanggulangan secara teknis, antara lain dengan mengubah proses, mengganti sumber energi, mengelola limbah dan menambah alat bantu (Wardhana, 2004).

Alternatif lain, cara mereduksi merkuri adalah dengan menggunakan karbon aktif batubara *sub-bituminus* yang dikarbonisasi atau disebut juga coalite (Sugarba *et al*, 2009 dalam Mahmud, 2012). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karbon aktif bahwa dapat menurunkan konsentrasi merkuri dengan tingkat penyerapan 70-80%. Adapun media yang digunakan adalah karbon aktif yang dibuat dari batubara jenis sub bituminous yang telah di karbonisasi (*coalite*) dan berasal dari P.T. Bukit Asam, Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Provinsi Gorontalo memiliki limbah sisa batubara atas beroperasi PLTU Molotabu di Gorontalo tetapi belum diteliti apakah jenis batubara ini bisa digunakan untuk mereduksi merkuri di lokasi penambangan.

Strategi di bidang kesehatan

Strategi di bidang kesehatan masyarakat untuk menghindari masyarakat terpapar dengan merkuri adalah dengan membiasakan hidup sehat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air minum yang digunakan oleh para penambang di kolam penampungan air sudah terkontaminasi dengan merkuri. Untuk itu perlu mengurangi keterpaparan dengan meminum air yang benar-benar bersih dan bebas dari kontaminasi. Salah satu cara dengan membuat sumur air bersih yang jauh dari lokasi penambangan sehingga bebas digunakan dari kontaminasi air kotor baik karena logam berat merkuri atau karena bakteri.

Maka diharapkan masyarakat untuk mempunyai sarana Mandi Cuci Kakus (MCK) sendiri dengan menggunakan air yang bersih dari air sumur yang jauh dari sungai. Kebutuhan akan air, baik untuk konsumsi maupun untuk mandi sebaiknya diolah terlebih dahulu. Air yang sehat harus mempunyai persyaratan sebagai berikut : persyaratan fisik, persyaratan bakteriologis dan syarat kimia.

Cara lain untuk menanggulangi pencemaran terhadap merkuri adalah dengan system fitoremediasi. Penelitian yang dilakukan oleh Palapa (2009) menemukan bahwa tumbuhan air seperti kangkung air, teratai dan enceng gondok mampu mengakumulasi logam berat merkuri. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Palapa, (2009) menunjukkan

bahwa tumbuhan air : kangkung air (*I.aquatica*), teratai (*N.nelumbo*), enceng gondok (*E.crssipes*) mampu mengakumulasi logam berat merkuri dari air limbah tambang emas rakyat di kecamatan Dimembe. Pada umur 30 hari bioakumulasi merkuri oleh kangkung air sebesar 54,525 ppm, teratai 75, 120 ppm dan enceng gondok 42,425 ppm

Su *et al*, 2007 menunjukkan bahwa ada beberapa species tumbuhan seperti bear grass (*Polygon monospeliensis*), terakumulasi sangat mendekati batas jumlah merkuri pada pucuk/ tunas sebesar < 65 mg/kg, meskipun akumulasi merkuri pada akar significant (maksimum 2298 mg/kg). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Su *et al*, (2007) menunjukkan bahwa tidak semua spesies tumbuhan dapat cocok dijadikan fitoremediasi. Spesies tumbuhan lain seperti Indian mustard (*Brassica juncea*), merupakan akumulator logam yang baik, menunjukkan kondisi yang tidak wajar atau gejala kerusakan hebat selama beberapa kali experiment. Hasil beberapa spesies tumbuhan yang dipelajari Chinese brake fern (*Pteris Vittata*) significant terhadap jumlah merkuri pada akar, pucuk dan dipertimbangkan sebagai tanaman yang diusulkan untuk *phytoextraction*. Dalam satu experiment, brake fern mengakumulasi 540 mg/kg dan 1469 mg/kg pada pucuk daun setelah 18 hari tumbuh di tanah uji dengan masing-masing pada 500 ppm dan 1000 ppm HgCl₂ bubuk. Hasilnya tidak terlihat gejala stress pada penyelidikan. Han *et al*, (2007) juga mempelajari phitoremédiation dengan menggunakan tanah yang terkontaminasi HgS, HgCl₂ dan Hg(NO₃)₂. Hasil penelitian menemukan bahwa seratus ppm merkuri yang dapat terakumulasi dalam akar tumbuhan Indian mustard yang tumbuh dengan tanah yang terkontaminasi merkuri sulfide. HgS diperkirakan yang paling stabil dan paling menonjol merkurnya terambil secara mekanik seperti pada akar pada tanah yang terkontaminasi dan akumulasi merkuri pada daun-daunan dari udara ambient.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Utami *et al*, (2013) menunjukkan bahwa pembersihan merkuri di tailing diuji dengan menggunakan sweet sorghum. Dua jenis sweet sorghum yang digunakan yaitu FS501 dan KC105. Biji sweet Sorghum ditanam pada tailing yang mengandung merkuri atau dicampur pada tanah yang belum terkontaminasi. Biomassa tumbuhan ditentukan selama 35 hari sesudah penanaman. Hanya FS501 yang dapat tumbuh pada tailing dengan kandungan merkuri sebesar 26.94 ppm. Penyuntikan dari sweet sorghum dengan menggunakan rhizobacteria tidak memberi efek terhadap biomassa

atau penambahan pengambilan merkuri secara significant. Campuran material tailing dengan tanah yang tidak terkontaminasi menyebabkan penambahan pada biomassa atau pengurangan kandungan merkuri pada tumbuhan adalah signifikan. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pengurangan jumlah merkuri dengan menggunakan tumbuhan menurun secara signifikan. Penyuntikan dengan menggunakan rhizobacteria tidak memberi pengaruh terhadap campuran material.

Hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Muddarisna *et al*, 2013, menunjukkan bahwa penambangan emas di Barat Lombok oleh penambangan emas skala kecil diperoleh dengan 2 cara yakni dengan cyanidasi dan amalgamasi. Penelitian ini menyelidiki potensi tanaman liar untuk dijadikan fitoremediasi. Studi dilakukan pada lokasi dekat fasilitas pemrosesan cyanidasi dari ASGM di Sekotong.. Sembilan bibit tanaman yang tumbuh pada pot plastic yang mengandung 15 kg dari campuran tanah-tailing dari sampel tailing cyanida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada species tumbuhan yang teridentifikasi sebagai hiperakumulator. Didasarkan pada BCFs dan BAC, *L. crustacean*, *D. Radicosa*, *P. conjugatum* and *C. Kyllingia* dapat digunakan untuk phytoextraction Hg karena efisien mengangkat dan memindahkan merkuri dari akar ke pucuk tumbuhan. Oleh karena itu *Z. purpureum* dan *C. bicolor* dapat digunakan untuk phytostabilisasi dari merkuri.

Berdasarkan penelitian penelitian sebelumnya bahwa fitoremediasi dapat digunakan untuk membersihkan tanah yang tercemar dengan merkuri maka perlunya penelitian lanjutan untuk memeriksa berbagai tanaman yang hidup di lokasi penambangan emas tradisional Kecamatan Sumalata dan Anggrek di Kabupaten Gorontalo Utara.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- 1) Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa jumlah tremol yang aktif di lokasi Sumalata sebesar 152 tremol, Padengo sebesar 52 tremol, Ilangata Barat 133 tremol dan Ilangata 128 tremol.
- 2) Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam air Sungai Hulawa berkisar antara 0,009 – 0,013 mg/l. Hasil analisis kualitas air laut pada muara Laut Sulawesi sebesar 0.008 mg/l. Hasil analisis merkuri di dalam air tailing berkisar antara 0,002 – 0,007 mg/l (Sumalata) dan 0.00129-0.00801 (Ilangata). Kualitas air tanah dangkal Desa Ilangata berkisar antara 0 – 0,10731 mg/l. Penambangan Desa Padengo Kecamatan Sumalata menunjukkan kualitas air minum sebesar 0.00402 mg/l, Sungai Hulawa sebesar 0.00509 mg/l dan pada tailing sebesar 0.00509. Kondisi pencemaran lokasi Tambang Padengo dan Tambang Sumalata cenderung sama karena kedua lokasi pada lokasi yang berdekatan dan mengalirkan limbahnya pada Sungai Hulawa. Berdasarkan hasil ini maka kualitas air di dalam sungai, tailing dan muara laut Kecamatan Sumalata dan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara cenderung berada di atas baku mutu yang ditetapkan.

Hasil analisis konsentrasi merkuri di dalam sedimen pada tailing di Desa Sumalata berkisar antara 4.35 – 23.85 mg/kg dan tailing Desa Ilangata sebesar 27.33 – 35.25 mg/kg. Konsentrasi merkuri pada sedimen di dalam Sungai Hulawa lokasi penambangan Sumalata berkisar antara 10.82 – 73.75 mg/kg dan Muara Laut Sulawesi sebesar 5.42 mg/kg. Konsentrasi merkuri pada sedimen lokasi penambangan Padengo menunjukkan 12.31 (tailing) dan 32.47 (sungai). Berdasarkan hasil ini maka konsentrasi merkuri pada sedimen di dalam tailing, sungai maupun muara laut Sulawesi sudah berada di atas baku mutu *European safety standard* dengan kadar maksimum yaitu 2 mg/kg.

Hasil analisis merkuri pada tanaman padi sebesar (*Oryza Sativa L*), tanaman paku (*Diplazium Esculentum*) dan pada tanaman salam (*Syzygium Polyantum*)

cenderung berada di atas baku mutu yang disyaratkan sesuai dengan SK Dirjen POM : No:03725/B/SK/VII/89 sebesar 0.5 mg/kg. Berdasarkan hasil penelitian ini maka aktivitas penambangan emas tradisional maka lingkungan di sekitar Desa Hulawa Kecamatan Sumalata dan Desa Ilangata dan Ilangata Barat Kecamatan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara sudah tercemar dengan merkuri

- 3) Melakukan fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan yang dapat menyerap merkuri dan toleran terhadap pencemar merkuri. Cara ini dilakukan untuk meminimasi pencemaran merkuri pada lokasi tailing. Fitoremediasi dapat juga untuk membersihkan lahan-lahan yang sudah tercemar dengan merkuri. Cara lainnya dengan membiasakan pola hidup bersih.

5.2. Saran

- 1) Perlu penelitian lanjutan untuk mengetahui berapa kadar merkuri yang berada pada hewan akuatik terutama ikan. Mengingat mata pencaharian penduduk setempat adalah menangkap ikan.
- 2) Perlu penelitian lanjutan untuk mengetahui berapa kadar merkuri yang telah terindikasi pada masyarakat sekitar. Hal ini perlu penanganan yang serius mengingat merkuri sangat berbahaya bagi kesehatan masyarakat.
- 3) Perlu penelitian lanjutan untuk fitoremediasi sehingga didapat tumbuhan yang cocok sebagai tanaman fitoremediasi. Perlu penyuluhan kepada masyarakat tentang bahaya merkuri bagi masyarakat dan penerapan cara hidup sehat dan bersih.

DAFTAR PUSTAKA

- Appleton, J.D., Williams, T.M., Orbea, H, and Carrasso, M. *Fluvial Contamination Associated With Artisanal Gold Mining in The Ponce Enriquez, Portovelo-Zaruma And Nambija Areas, Equador*. Water, Air, and Soil Pollution 131 : 19 – 39, 2001.
- Anonimous , 2011. Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Gorontalo Utara. Pemerintah Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo.
- BAPEDAL dan CEPI, 2000. Lokakarya Demo Proyek Pengembangan Rencana Strategis Pengendalian Dampak Pertambangan Emas Rakyat Manado, 7 – 8 November 2000.
- BALIHRESTI, 2008. Laporan Akhir Kegiatan Pengawasan Pelaksanaan PETI. Provinsi Gorontalo.
- Connell, D.W., dan Miller, G.J. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Chapman, Deborah. 1992. *Water Quality Assesments*. First Edition.. Great Britain at the University Press, Cambridge.
- Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius, Yogyakarta.
- Edward, 2012. Pengamatan Kadar Merkuri di Perairan Teluk Kao (Halmahera) dan Perairan Anggai (Pulau Obi) Maluku Utara. *Makara Saints*, Volume 12, No 2. November 2008: 97-101.
- Hidayati. N, Juheity T & Syarif F, 2009. *Mercury and Cyanide Contamination in Gold Mine Environment and Possible Solution of Cleaning Up by Using Phutoextraction*. *Hayati Journal of Biosciences*, September 2009.p 88-94.
- Husodo, KRT Adi Heru, Sarwono, R.J, Suhardini, S.M, Wijanarko D, Siran, Mardani,T, Iskandar G, Kasjono, H.S dan Supriadi, T, 2005. Kontaminasi Merkuri di Kalangan Pekerja Yogyakarta. Kasus Penambangan Emas Kulonprogo. *Jurnal Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Gadjah Mada*.ISSN 1693-1033. Hal 51 – 58.
- Mahmud, M. 2012. Model Sebaran Spasial Temporal Konsentrasi Merkuri Akibat Penambangan Emas Tradisional Sebagai Dasar Monitoring dan Evaluasi Pencemaran di Ekosistem Sungai Tulabolo Provinsi Gorontalo. *Disertasi*. Program Studi Geografi,UGM.Yogyakarta

- Lembaga Penelitian (Lemlit), Universitas Negeri Gorontalo (UNG) dan Institut Teknologi Bandung (ITB), 2006. Studi Rona Awal Kegiatan Pertambangan di Kabupaten Bone Bolango. Kabupaten Bone Bolango.
- Lestari dan Fitri Budiyanto, 2013. Konsentrasi Hg, Cd, Cu, Pb dan Zn Dalam Sedimen di Perairan Gresik. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol 5. No.1. Hlm.182-191, Juni 2013.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam berat*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Priyanto, B & Prayitno, J. 2006. Fitoremediasi sebagai sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran. Khususnya Logam Berat. *lt.bppt.tripod*
- Melin T Kitong, Abidjulu Jemmy, & Koleangan Harry.S.J, 2012. Analisis Merkuri (Hg) dan Arsen (As) di Sedimen Sungai Ranoyapo Kecamatan Amurang Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA Unstrat 1(1) 16-19*.
- Muddarisna. N,2013, Krisnayanti. B.D. Utami S.R, and Handayanto Eko. *The Potential of Wild Plants for Phytoremediation of Soil Contaminated With Mercury of Gold Cyanidation Tailings*.IQSR Journal Of Environmental Science. Toxicology And Food Tecnology(IQSR-JESTFT)e-ISSN : 2319-2399. Volume 4.Issue (May-Jun 2013). PP 15-19.
- Triana, L. Nurjazuli, W.Endah Nur, 2012. Analisis Cemar Logam Berat Merkuri pada Air dan Udara di Sungai Kecamatan Mandor Kabupaten Landak. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. Vol .11.No.2/ Oktober 2012.
- Trinidad S.Martinez, Silva Gilberto H, Islas Martha Elena Ramirez, Juventino Martinez Reyez, Munguiia Gregorio Solorio, Validez S.Solid and Martinez R Garcia, 2013. *Total Mercury in Terrestrial System (Air-Soil-Water) at The Mining Region of San Joaquin, Queretaro, Mexico*. *Geofisica International* , 2013 52-1 : 43-58.
- Trisnawaty, F.N.,Emiyati & Afu,L.O.A, 2013. Hubungan Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) pada Sedimen dengan Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Sungai Tahi Ite Kecamatan Rarowatu Kabupaten Bombana. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. Vol 03.No.12. September 2013.Hal 68-80).ISSN : 2303-3959.
- Utami. D, Takahi Sachico & Prijambada Irfan Dwidya, 2013. *Mercury Accumulation In Gold Mine Tailing By Sweet Sorghum Inoculated With Chromium Uptake Enhancing Rhizobacteria*. *International Journal Of Biociences and Biotechnology*. Vol 1 No 2. March 2013.

- Su. Y, Han F, Shiyab S. Monts D.L, 2007. Phytoextraction and Accumulation of Mercury in Selected Plant Species Grown in Soil Contaminated With Different Mercury Compounds. W.M.07 Conference, February 25-March 1, 2007. Tucson A.Z.
- Roeroe, P, 2000. Kandungan Merkuri Dalam Air, Sedimen dan Kerang (Studi Kasus Perairan Teluk Buyat dan Sekitarnya, Provinsi Sulawesi Utara). *Tesis*. Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana. Universitas Indonesia.
- Suwarno, 1991. Hidrologi. *Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. NOVA, Bandung.
- Suheryanto, Poedji Loekitowaty H, Erwin Doyosi, 2013. Kajian Pencemaran Merkuri Total Di Perairan Sungai Rupit Musi Rawas Sumatera Selatan. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. Hal : 385- 391.
- Tarore A, Marietje R Kereh & Dinda Adipadi. 2002. Studi Kandungan Merkuri Pada Daging Buah Kelapa di Tempat Pengolahan Bijih Emas Desa Tatelu Rondor Kecamatan Dimembe Kabupaten Minahasa. *Ekoton Vol 2., No 1 : 47 -54, April 2002.*
- Widhiyatna, D.2005. Pendataan Penyebaran Merkuri Akibat Pertambangan Emas di Daerah Tasikmalaya, Propinsi Jawa Barat. Kolokium Hasil Lapangan-DIM 2005.

Lampiran 1 Karakteristik Lokasi Penambangan Desa Hulawa Kecamatan Sumalata

Zone	Location	Miner	Latitude North	Longitude (East)	Elevasition (m)	Number Of tromol	Volume Of Mercury Used (gram)/unit/ 1 circle (gram)	Number Of Worker	Remark
Sumalata Village									
Hulawa Location	T1	Ka Jiu	0°58'26.47"	122°30'11"	98	13	6500	10	mercuri/tromol 500 gram. 1 hari 5 kali putar. seminggu 3 kali putar. 1 bulan 13 putaran. Jumlah penduduk 558
	T2	Rahman Gobel	0°58'23.84	122°30'12.66"	-	48	24000	10	
	T3	Pak Anshak				8	4000	-	
	T4	Kandjoro				12	6000	-	
	T5	Pak Iwan	0°58'21'44"	122°30'13.78	12	6	3000	4	
	T6	Daeng Cambang	0.58'22.21"	122°30'14.18"	102	13	6500	-	
	T7	Pak Harun	0°58.22.21"	122°30'14.18"	108	8	4000	-	
	T8	Bolong				4	1600	-	
	T9	Anonim				4	1600	-	
	T10	Bu Marni	0°58.20.72"	122.30'15.9	84	8	4000	2	

				3"					
	T11	Pak Nani	0.58.19.25.1 6"	122.30.15.2 9"	74	8	4000	5	
	T 12	Pak Agus	0.58.16.63	122.30'15.9 6"	102	10	5000	12	
	T13	Ka Tuni				8	4000		
				Total		152	76.000 gram/ 1 cycling	43	
Padengo Mining									
Padeng o Locati on						52	15600/ 1 cycling	?	
Total : 202 tromol									

Lampiran 2. Karakteristik Penambangan Tradisional Desa Ilangata Kecamatan Kwandang

Zone	Location	Miner	Nort	(East)	Elevation (m)	Number Of tromol	Mercury/ 1 package tromol	Remark
						unit	gram	
a	b	c	d	e	f	g	i	n
I Barat Village : 1256 people								
Desa Ibarat Dusun Dotuanggubu C1	Yanto	4	0°50'58.14"	122°46'05.50"	77	16	8.000	mercuri/tromol 500 gram. 1 hari 5 kali putar. seminggu 3 kali putar. 1 bulan 13 putaran. Jumlah penduduk 1256
C2	Ishak Abas	3	0°50'54.16	122°46'05.82"	61	16	6400	400 gr/tromol
C3	Daeng Sada	3	0°50'59.20"	122°46'14.90"	92	10	5000	500 gr/tromol
C4	Daeng Endeng	3	0°51'07.74"	122°46'08.86"	73	6	2400	400gr/tromol
C5	Pak Haris	-	0°52'04.48"	122°46'17.11"	79	7	2800	400gr/tromol
C6	Sulama Yunus		0°51'59.69"	122°46'16.81"	61	8	3200	400gr/tromol
C7	Lokasi Pertigaan		0°51'43.65"	122°46'23.56"	83	38	15.200	400gr/tromol
C8	Pertigaan Aktif Saiful Adam	1	0°51'43.04"	122°46'23.68"	77	12	4800	400gr/tromol
C9	Kadus	2	0°51'43.04"	122°46'23.68"	77	8	3200	400gr/tromol
Total		16				133	51.000 g/ 1 package tromol/ 1 cycling	
Ilangata village: 2076 people								
Ilangata Village Sekitar Pasar D1	Udin Naki	2	0°50'42.48"	122°46'25.34"	97	12	6000	Amount of people : 2076 500 gr/tromol

D2	Herson	2	0°50'42.48"	122°46'25.34"	97	12	6000	500 gr/tromol
D3	Wani Naki	2	0°50'42.48"	122°46'25.34"	97	12	6000	500 gr/tromol
D4	Maja	2	0°50'42.48"	122°46'25.34"	97	12	6000	500 gr/tromol
D5	Maja	2	0°50'42.48"	122°46'25.34"	97	12	6000	500 gr/tromol
D6	Nippon naki	2	0°50'42.48"	122°46'25.34"	97	16	6400	500 gr/tromol
D7	Mito	1	0°50'42.48"	122°46'25.34"	97	14	7.000	500 gr/tromol
D8	Mito	1	0°50'42.48"	122°46'25.34"	97	14	7.000	500 gr/tromol
D9		2	0°50'42.48"	122°46'25.34"	97	24	12.000	500 gr/tromol
		16				128	62.000 g/ 1 package tromol/ 1 cycling	

Lampiran 3. Gambar aktivitas penambangan tradisional di Gorontalo Utara



Gambar Aktivitas Tromol di Kecamatan Sumalata



Gambar 2. Persiapan Pembakaran Amalgam



Gambar 3. Bak Penampungan Limbah Cair Sisa Pengolahan



Gambar 4. Limbah Cair Sisa Pengolahan



Gambar 5. Tumbuhan di Sekitar Lokasi Pengolahan