

Volume 1 Nomor 3 Tahun 2017
D e c e m b e r 2 0 1 7

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

Journal of Environmental Sustainability Management

Jurnal ini dikelola oleh :
Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) Indonesia
Sekretariat Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan
Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) Lantai 4
Kampus IPB Darmaga Bogor 16680
Telp. 0251 – 8621262; Fax. 0251 – 8622134
Email : jplb@bkpsl.org

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN (JPLB)/ *Journal of Environmental Sustainability Management (JESM)*

Penanggung Jawab

Ketua Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) Indonesia

Dewan Editor

Lingkungan Geofisik dan Kimia

Prof. Tjandra Setiadi, Ph.D (ITB)

Dr. M. Pramono Hadi, M.Sc (UGM)

Lingkungan Sosial dan Humaniora

Prof.Dr.Ir. Emmy Sri Mahreda, M.P (ULM)

Andreas Pramudianto, S.H., M.Si (UI)

Lingkungan Biologi (Biodiversity)

Prof.Dr. Okid Parama Astirin, M.S (UNS)

Dr. Suwondo, M.Si (Unri)

Kesehatan Masyarakat dan Kesehatan Lingkungan

Dr. Drs. Suyud Warno Utomo, M.Si (UI)

Dr. Indang Dewata, M.Sc (UNP)

Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan

Dr. Ir. Agus Slamet, DiplSE, M.Sc (ITS)

Dr. Ir. Sri Utami, M.T (UB)

Ketua Editor Pelaksana

Dr. Ir. Hefni Effendi, M.Phil (IPB)

Asisten Editor

Dr. Melati Ferianita Fachrul, M.Si (Usakti)

Sri Muslimah, S.Si (IPB)

Sekretariat

Dra. Nastiti Karlansyah, M.Si (UI)

Alamat Redaksi

Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan

Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH-LPPM) IPB

Darmaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262, 8621085; Fax. 0251 – 8622134

Homepage jurnal : <http://www.bkpsl.org/ojswp/index.php/jplb>

Email : jplb@bkpsl.org

Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) Indonesia bekerjasama dengan Pusat Penelitian Lingkungan Hidup – Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor (PPLH-LPPM, IPB) mengelola bersama penerbitan JPLB sejak tahun 2017, dengan periode terbit tiga nomor per tahun. Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB) menyajikan artikel ilmiah mengenai pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan dari segala aspek. Setiap naskah yang dikirimkan ke Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan ditelaah oleh mitra bestari.

Metode pengukuran serapan karbondioksida pada pertumbuhan anakan

Y. Ludang^{1*}, Alpian¹, A. Junaedi¹

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya, Kalimantan, Indonesia

Abstrak.

Pengembangan inovasi teknologi dalam pengukuran serapan CO₂ tumbuhan, salah satunya dengan menggunakan metode sungkup (*chamber*) sampai saat ini metode tersebut belum banyak digunakan oleh para peneliti sehingga diperlukan adanya penjelasan terkait gambaran metode sungkup dalam pengukuran serapan CO₂, khususnya pada pertumbuhan anakan. Tujuan dari penulisan makalah ilmiah adalah memberikan gambaran secara umum terkait prosedur pengukuran serapan CO₂ pada tingkat pertumbuhan anakan dengan menggunakan metode sungkup. Metode sungkup pada awalnya digunakan untuk mengukur emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di lahan gambut, namun seiring dengan perkembangan teknologi metode ini dapat juga digunakan untuk mengukur serapan CO₂ pada tumbuhan. Ukuran sungkup yang digunakan adalah 50 x 50 x 30 cm dilengkapi dengan termometer, kipas angin dan baterai kering. Pengambilan sampel gas CO₂ dalam sungkup digunakan *syringe*/jarum suntik berukuran 10 ml. Alat untuk menganalisis sampel gas CO₂ adalah Gas Chromatography (GC). Proses pengukuran serapan CO₂ dengan metode sungkup relatif cepat dan sederhana serta data yang didapatkan dapat digunakan untuk memprediksi serapan CO₂ berdasarkan pertambahan umur tumbuhan. Namun demikian, keterbatasan dari metode ini adalah hanya dapat digunakan untuk mengukur serapan CO₂ pada tingkat pertumbuhan anakan.

Kata kunci: metode sungkup, pengukuran serapan CO₂, tumbuhan

Abstract.

Development of technological innovation in plant CO₂ absorption measurement, one of them by using method of hood (chamber), until now the method has not been widely used by the researchers so that the necessary explanations related to the description of the method of containment in measurement of CO₂ uptake, especially in the growth of saplings. The purpose of this research was to provide a general overview of CO₂ absorption measurement procedures at the growth rate of saplings by using hood method. The hood method was originally used to measure Greenhouse Gas (GHG) emissions in peatlands, but along with technological developments this method can also be used to measure CO₂ uptake in plants. The size of the hood used is 50 x 50 x 30 cm equipped with thermometer, fan and dry battery. Sampling of CO₂ gas in the hood is used syringe measuring 10 ml. While the tool for analyzing CO₂ gas samples is Gas Chromatography (GC). The process of measuring CO₂ uptake by hood method is relatively fast and simple and the data can be used to predict CO₂ uptake based on the age of plant growth. However, the limitation of this method is only to be for CO₂ uptake at the growth rate of saplings.

Keywords: chamber method, measurement of CO₂ absorption, plant

1. PENDAHULUAN

Tumbuhan memiliki kemampuan dalam menyerap karbondioksida (CO₂) dari udara melalui proses fotosintesis. Fotosintesis merupakan proses perubahan senyawa anorganik (CO₂ dan H₂O) pada tumbuhan menjadi senyawa organik (karbohidrat) dan O₂ (oksigen) dengan bantuan cahaya matahari (Ai & Banyo 2011). Aktivitas proses fotosintesis pada tumbuhan dapat diamati secara eksponensial seperti jumlah bahan baku yang digunakan atau dilepaskan maupun berbagai reaksi yang terjadi didalamnya dan tidak terkecuali adalah jumlah CO₂ yang diserap oleh tumbuhan.

* Korespondensi Penulis
Email : yetrie@pplh.upr.ac.id

Berbagai metode pengukuran serapan CO₂ oleh tumbuhan sudah sangat berkembang saat ini, baik itu metode pengukuran secara langsung maupun metode secara tidak langsung. Metode pengukuran CO₂ secara langsung adalah dengan cara melakukan perusakan terhadap bagian tumbuhan (akar, batang, daun) yang akan diteliti, seperti pengukuran serapan CO₂ tumbuhan dengan metode karbohidrat. Purwaningsih (2007) dalam Sukmawati *et al.* (2015), pengukuran serapan karbondioksida dapat diukur dengan metode karbohidrat, karena dalam proses fotosintesis jumlah massa karbondioksida berbanding lurus dengan jumlah karbon dalam karbohidrat. Metode pengukuran serapan CO₂ secara tidak langsung adalah dengan menggunakan alat pengukur tanpa merusak dari tumbuhan itu sendiri. Contoh metode tersebut adalah dengan menggunakan sungkup (*chamber*) ukuran 50 x 50 x 30 cm yang dilengkapi baterai kering, termometer dan kipas angin kecil. Analisis sampel gas CO₂ menggunakan alat Gas Chromatography (GC). Metode pengukuran dengan sungkup ini hanya dapat digunakan untuk mengukur serapan CO₂ pada tingkat anakan tumbuhan dan penggunaan metode ini di kalangan peneliti masih sangat terbatas.

Sehubungan dengan itu, untuk lebih memperkenalkan penggunaan metode pengukuran serapan CO₂ dengan sungkup ini diperlukan penjelasan gambaran secara umum terkait tahapan prosedur yang harus dilakukan. Tujuan dari penulisan makalah ini adalah memberikan gambaran secara umum terkait prosedur pengukuran serapan CO₂ pada tingkat pertumbuhan anakan dengan menggunakan metode sungkup (*chamber*).

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penyusunan makalah ini adalah melalui studi literatur dari berbagai jurnal nasional, jurnal internasional atau laporan hasil penelitian yang terkait dengan penggunaan metode sungkup (*chamber*) dalam pengukuran serapan CO₂ pada tingkat pertumbuhan anakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penggunaan metode sungkup (*chamber*) dalam pengukuran serapan karbondioksida

Metode sungkup pada awalnya digunakan untuk mengukur emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di lahan gambut. Kementerian Pertanian (2011), beberapa ukuran sungkup yang digunakan untuk pengambilan sampel GRK di lahan gambut terdiri dari 3 ukuran, yaitu :

1. Sungkup ukuran 50 x 50 x 30 cm, digunakan untuk mengukur fluks GRK untuk tanaman perkebunan.

2. Sungkup ukuran 50 x 15 x 30 cm, digunakan untuk mengukur fluks GRK untuk tanaman pangan (sela).
3. Sungkup ukuran 50 x 50 x 100 cm, digunakan untuk mengukur fluks GRK untuk tanaman dengan sistem surjan (padi sawah dan gogo).

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, penggunaan metode tersebut kemudian berkembang tidak hanya terbatas dalam pengukuran emisi GRK, namun dapat juga digunakan untuk mengukur serapan CO₂ pada pertumbuhan tingkat anakan. Ukuran sungkup yang digunakan dalam pengukuran serapan CO₂ pada pertumbuhan anakan adalah 50 x 50 x 30 cm. Metode tersebut pertama kali digunakan oleh Ludang (2013), pada penelitian dengan judul "Keragaman Hayati Ruang Terbuka Hijau Berbasis Pengetahuan Ulayat di Kota Palangka Raya". Ludang dan Junaedi (2015), menerapkan pengukuran serapan CO₂ pada anakan tumbuhan buah-buahan dengan judul "*The Role of Plant Tillers toward Carbon Dioxide Sequestration*". Selanjutnya Ludang (2015), menggunakan metode tersebut untuk mengukur serapan CO₂ pada tumbuhan ulayat dengan judul "Serapan Karbon Dioksida Tumbuhan Ulayat untuk Ruang Terbuka Hijau di Kota Palangka Raya".

3.2. Pengukuran Serapan Karbondioksida pada Pertumbuhan Anakan dengan Metode Sungkup (*chamber*)

3.2.1. Peralatan yang digunakan

Ukuran sungkup dalam pengukuran serapan karbondioksida (CO₂) pada pertumbuhan anakan 50 x 50 x 30 cm. Sungkup dilengkapi dengan beberapa peralatan pendukung diantaranya :

1. Sungkup berbentuk empat persegi panjang berukuran 50 x 50 x 30 cm untuk pengambilan sampel gas CO₂. Sungkup dilengkapi dengan septum, lubang termometer, kipas angin kecil, baterai kering serta ukuran ketinggian pasir untuk menutupi keliling sungkup.
2. Termometer terdiri dari: termometer yang ditempatkan di dalam sungkup dan termometer yang ditempatkan di luar sungkup. Fungsi termometer di dalam sungkup adalah untuk mengukur perubahan suhu pada setiap interval pengambilan sampel gas, sedangkan termometer yang di luar sungkup digunakan untuk mengukur suhu luar di sekitar lokasi penelitian pada setiap interval pengambilan sampel gas CO₂.
3. *Syringe* (jarum suntik ukuran 10 ml), fungsinya adalah untuk mengambil sampel gas CO₂ di dalam sungkup pada setiap interval pengukuran.
4. Karet penutup *syringe*, berfungsi untuk menutup ujung *syringe*/jarum suntik agar supaya sampel gas CO₂ yang sudah diambil tidak keluar.

5. Kipas angin, digunakan untuk meratakan udara/sampel gas CO₂ yang ada di dalam sungkup.
6. Baterai kering, digunakan untuk menggerakkan kipas angin di dalam sungkup.
7. *Stop watch*, digunakan sebagai penanda interval waktu pada saat awal pengambilan sampel gas CO₂ di dalam sungkup.

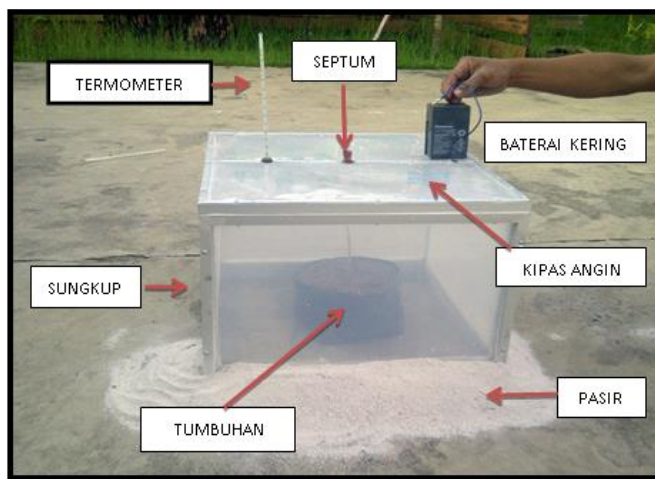
3.2.2. Prosedur Pengukuran Serapan CO₂ pada Pertumbuhan Anakan dengan Sungkup (*Chamber*)

Anakan tumbuhan yang akan diukur kemampuan serapan CO₂ idealnya memiliki ketinggian maksimal 30 cm. Hal ini untuk memudahkan ketika anakan tumbuhan tersebut dimasukkan ke dalam sungkup agar tidak mengalami kerusakan/patah. Adapun prosedur pengukuran serapan CO₂ pada pertumbuhan anakan sebagai berikut:

1. Pastikan anakan tumbuhan yang di ukur dalam keadaan sehat dan tidak mengalami stres.
2. Anakan tumbuhan tersebut kemudian ditutup dengan sungkup dan di setiap sisinya ditutupi dengan pasir agar gas CO₂ dalam sungkup tidak keluar.
3. Pasang termometer untuk pengukuran suhu di dalam sungkup dan termometer untuk pengukuran suhu luar di sekitar lokasi penelitian.
4. Hidupkan kipas angin yang ada di dalam sungkup dan penutup karet/septum di atas sungkup dibuka 2-3 menit agar konsentrasi udara dalam sungkup merata serta stabil, kemudian ditutup kembali.
5. Mempersiapkan *syringe*/jarum suntik untuk pengambilan sampel gas CO₂ dengan cara membuka tutup karet pada ujung *syringe*.
6. Proses pengambilan sampel gas CO₂ di dalam sungkup dapat dilakukan sesuai dengan periode waktu dan interval pengambilan gas CO₂.
7. Catat suhu di dalam sungkup dan suhu luar di sekitar lokasi penelitian sesuai dengan periode waktu dan interval pengambilan sampel gas CO₂.
8. Setelah proses pengambilan gas CO₂ selesai, sungkup yang menutupi anakan tumbuhan di buka kembali.
9. Sampel gas CO₂ kemudian di analisis dengan alat Gas Chromatography untuk mendapat data konsentrasi CO₂ pada masing-masing periode dan interval waktu pengambilan gas CO₂.
10. Data hasil analisis sampel gas CO₂ tersebut kemudian dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan data serapan dan fluktuasi CO₂ oleh anakan tumbuhan setiap periode waktu dan interval pengambilan gas CO₂.

11. Proses pengambilan sampel gas CO₂ tersebut dapat dilaksanakan secara berulang sesuai dengan periode waktu dan interval yang telah ditentukan.
12. Jika proses pengambilan sampel gas CO₂ sudah selesai dilaksanakan, sebaiknya dilakukan analisis biomassa, persen dan kandungan karbon setiap anakan tumbuhan dengan metode gravimetri untuk mendapatkan data pendukung.

Sungkup yang digunakan dalam proses pengukuran serapan CO₂ pada pertumbuhan anakan, seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Pengukuran serapan CO₂ anakan tumbuhan dengan metode sungkup (*Chamber*).

Pengukuran serapan CO₂ pada anakan tumbuhan dengan metode sungkup, memiliki beberapa kelebihan, yaitu prosesnya relatif sederhana dan cepat serta data serapan CO₂ pada anakan tumbuhan tersebut dapat digunakan untuk memprediksi jumlah CO₂ yang mampu diserap seiring dengan pertambahan umur tumbuhan. Kelemahan dari metode ini adalah ketinggian anakan tumbuhan maksimal 30-40 cm, sampel gas CO₂ yang sudah diambil dengan *syringe* harus segera dianalisis sebelum gas CO₂ tersebut kadaluarsa (maksimal 3 hari dari mulai proses pengambilan gas CO₂).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengukuran serapan CO₂ pada pertumbuhan anakan dengan metode sungkup (*chamber*) merupakan pengembangan inovasi teknologi dalam mengukur jumlah CO₂ yang diserap tumbuhan. Proses pengukuran yang relatif cepat, sederhana dan data yang dihasilkan dapat digunakan untuk memprediksi

serapan CO₂ berdasarkan penambahan umur tumbuhan. Namun demikian metode ini hanya dapat digunakan untuk mengukur serapan CO₂ pada tingkat pertumbuhan anakan dengan ketinggian maksimal 30-40 cm dari permukaan tanah.

Peneliti yang tertarik untuk menggunakan metode sungkup (*chamber*) dalam pengukuran serapan CO₂ anakan tanaman, sebaiknya memerlukan kerjasama dengan Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Jakenan, Pati, Jawa Tengah.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada (1) Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (2) Rektor Universitas Palangka Raya (3) Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat atas dukungannya terhadap penelitian ini yang dibiayai dana BOPTN tahun anggaran 2017.

6. Daftar Pustaka

- Ai NS dan Banyo Y. 2011. Konsentrasi klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains* 11(2):166–173.
- Kementerian Pertanian. 2011. Panduan Teknis Pengukuran emisi gas rumah kaca. Penelitian dan pengembangan teknologi pengelolaan lahan gambut berkelanjutan untuk meningkatkan sekuestrasi karbon dan mitigasi gas rumah kaca. Badan penelitian dan pengembangan pertanian. Indonesia climate change trust fund (ICCTF-Kementan).
- Ludang Y. 2013. Keragaman hayati ruang terbuka hijau berbasis pengetahuan ulayat di Kota Palangka Raya [Disertasi]. Program Doktor Bidang Keahlian Teknik Lingkungan. Jurusan Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Ludang Y and Junaedi A. 2015. The role of plant tillers toward carbon dioxide sequestration. *Journal of Agriculture and Food Technology* 5(2):15-20.
- Ludang Y. 2015. Serapan karbon dioksida tumbuhan ulayat untuk ruang terbuka hijau di kota Palangka Raya. *Jurnal Purifikasi* 15(2):114-120.
- Sukmawati T, Fitrihidajati H dan Indah KN. 2015. Penyerapan karbon dioksida pada tanaman hutan kota di Surabaya. *Jurnal Lentera Bio* 4(1):108-111.

Konsentrasi merkuri pada ikan di perairan laut Sulawesi akibat penambangan emas tradisional Buladu Kabupaten Gorontalo Utara

M. Mahmud^{1*}, F. Lihawa², B. Banteng¹, F. Desei¹, Y. Saleh²

¹Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

²PSLK, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

Abstrak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi merkuri pada ikan di perairan Laut Sulawesi akibat Penambangan Emas Tradisional Buladu. Lokasi penelitian dilakukan di perairan laut di Desa Buladu Kecamatan Sumalata Kabupaten Gorontalo Utara. Jenis ikan yang dijadikan sampel yakni jenis-jenis ikan kakap dan kerapu. Pengambilan sampel pada ikan dilakukan secara acak sebanyak 18 sampel. Analisis sampel merkuri pada ikan dilakukan pada laboratorium pembinaan dan pengujian mutu hasil perikanan provinsi Gorontalo dengan menggunakan AAS tanpa nyala. Baku mutu yang dijadikan acuan untuk konsentrasi merkuri pada ikan menggunakan Sk Dirjen POM No: 03725/B/SK/VII/89 sebesar 0,5 mg/kg. Hasil analisis konsentrasi merkuri pada ikan berkisar 0,3154 - 2,2977 mg/kg. Konsentrasi rata-rata sebesar 1,1882 mg/kg. Hasil analisis ini sudah berada diatas baku mutu yang ditetapkan sebesar 0,5 mg/kg (SK Dirjen POM No: 03725/B/SK/VII/89). Salah satu faktor penyebab tingginya konsentrasi merkuri pada ikan yaitu akibat penambang yang membuang limbah ke sungai dan bermuara ke Laut Sulawesi. Hal ini dapat membahayakan kesehatan masyarakat di Kecamatan Sumalata dan Kabupaten Gorontalo Utara pada umumnya.

Kata kunci: merkuri, ikan

Abstract.

Study location was conducted at the gold mining, Buladu Village, North Gorontalo Regency, The study was conducted in offshore area at Buladu Village Sumalata District North Gorontalo Regency. The fish samples were kakap fish and kerapu fish family. As many as 18 fish were sampled randomly. The mercury analysis of the fish was done in laboratory of Quality and Development Testing of Fishery Resources of Gorontalo province by using inflammable AAS. Quality standard for mercury concentration in the fish used letter of General Director of Food and Medicine Supervisor No : 03725/B/SK/VII/89 mentioning that the concentration limit is 0.5 mg/kg. The results of mercury concentration in the fish was 0.3154 - 2.2977 mg/kg. The average concentration was 1.1883 mg/kg. Mercury concentration had exceeded the limit of 0.5 mg/kg. One of the factors causing high rate of mercury concentration in the fish was that the community tended to throw the waste to the rivers finally flow to Sulawesi Sea. It will endanger community health particularly in Sulamata District and generally in North Gorontalo Regency.

Keywords: mercury, fish

1. PENDAHULUAN

Pekerjaan menambang secara tradisional disatu sisi memberi dampak positif, karena dapat meningkatkan pendapatan masyarakat tetapi di sisi lain dapat memberi dampak negatif. Salah satu dampak negatif yaitu tercemarnya merkuri baik pada tanah, air, tumbuhan, hewan aquatik, dan manusia. Salah satu penyebab terjadinya pencemaran adalah karena masyarakat menggunakan merkuri untuk memisahkan emas dari amalgam. Salah satu faktor yang menyebabkan merkuri tinggi di perairan karena buangan dari sisa-sisa *tailing* dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu. Buangan sisa *tailing* jika masuk pada badan perairan akan mencemari sungai dan akhirnya masuk ke laut.

* Korespondensi Penulis
Email : marikemahmud@yahoo.com

Merkuri telah mulai dimanfaatkan sejak abad ke 18 untuk pembuatan "*felt hats*". Amalgam emas adalah campuran dengan merkuri banyak digunakan dalam penyepuhan, sehingga banyak menyebabkan kecelakaan bagi para pekerja. Hingga saat ini merkuri masih digunakan secara luas dalam pertambangan rakyat di seluruh Indonesia untuk memisahkan atau memurnikan emas yang baru ditambang dari bahan-bahan lain yang ikut bersamanya saat digali. Di Indonesia, pertambangan berskala kecil atau pertambangan emas tanpa izin (PETI) sampai saat ini masih terus bertambah karena harga emas semakin melonjak tinggi dibanding pada tahun 1980-an. Diperkirakan saat ini terdapat sekitar 250.000 penambang tanpa izin dan sekitar 1 juta orang pekerja lainnya terlibat dalam kegiatan ini. Menurut perkiraan secara kolektif para penambang tanpa izin ini bisa memproduksi sekitar 60 ton emas setiap tahun, dibandingkan dengan jumlah ekspor emas Indonesia secara resmi berjumlah 100 ton per tahun (Wihardandi 2013). Simson *et al.* (2005) melaporkan bahwa air laut di atas pertambangan emas Ratatotok, Minahasa Selatan mengandung peningkatan kadar As dan Hg (Sembel 2015).

Metil merkuri adalah sumber utama dari merkuri organik serta bentuk yang paling penting dari segi toksisitas yang pernah terjadi di Minamata Bay dan Niigata yang menyebabkan terjadinya penyakit yang disebut *Minamata Diseases*. Air limbah dari pabrik pembuatan Asetaldehida oleh Chisso Corp di Pantai Laut Yatsushiro dan Showa Denko Co. Ltd. di Sungai Agano, Nigata mencemari air sungai dan laut. Limbah dari pabrik mengandung metil merkuri dibuang ke Minamata Bay dan mencemari sungai dan laut. Ikan dan kerang serta air laut tercemar oleh limbah pabrik tersebut dan mengakibatkan terjadinya bioakumulasi metil merkuri dalam ikan yang dikonsumsi oleh masyarakat. Orang yang mengkonsumsi ikan yang sudah tercemar mengalami sakit yang dikenal dengan *Minamata Disease* (Sembel 2015).

Bahan kimia beracun berupa *methyl* (CH_3Hg_x) atau *ethyl mercury* ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Hg}_x$) yang ada di perairan, masuk ke dalam phytoplankton. Plankton masuk ke dalam tubuh zooplankton dan langsung disantap ikan pemakan daging (karnivora) dan akhirnya dikonsumsi oleh binatang dan manusia. Akibat keracunan kedua bahan toksik tersebut binatang mengalami gangguan reproduksi dan bisa mati. Demikian pula manusia yang mengkonsumsi kedua bahan beracun tersebut akan mengalami efek *sub lethal*, cacat lahir, dan bisa mengalami kematian.

Pengambilan awal logam oleh makhluk hidup akuatik dapat dianggap dalam tiga proses utama yaitu (1) dari air melalui permukaan pernapasan (misalnya insang); (2) penyerapan dari air ke dalam permukaan tubuh; dan (3) dari makanan, partikel atau air yang dicerna melalui sistem pencernaan (Connell & Miller 1995).

Lasut *et al.* (2005) menyimpulkan bahwa total merkuri dan metal merkuri terakumulasi dalam berbagai kelompok biota laut di Buyat yang merupakan tempat penempatan *tailing* dari pertambangan emas PT.Newmont Minahasa Raya di Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara bervariasi dari konsentrasi yang relatif rendah pada koral lembut (*Soft coral*), rumput laut (*Seagrass*) dan gulma laut (*Sea weeds*) tetapi relatif tinggi pada ikan. Dalam penelitian yang sama ditunjukkan bahwa konsentrasi total merkuri pada ikan lebih $<0,5$ mg/kg (Sembel 2015).

Ikan adalah anggota vertebrata Poikilothermik (berdarah dingin) yang hidup di air dan bernafas dengan insang. Ikan karang merupakan ikan yang hidup, berkembang biak dan mencari makan di sekitar karang. Potensi ikan karang yang melimpah dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi serta merupakan komoditi ekspor mendorong eksploitasi secara besar-besaran. Pengelompokan ikan karang berdasarkan periode aktif mencari makan dibagi atas ikan *Nocturnal*, ikan *Diurnal* dan ikan *Crepuscular*. Pengelompokan ikan karang berdasarkan peranannya dibagi atas ikan mayor, ikan target dan ikan indikator. Biasanya kelompok ikan target menjadikan terumbu karang sebagai tempat pemijahan dan sarang asuhan. Ikan yang diburu dan ditangkap biasanya sebagai ikan hias dan ikan ekonomis penting. Ikan yang merupakan target lebih dikenal dengan ikan dengan nilai ekonomis penting seperti: *Serranidae*, *Lutjanidae*, *Kyphosidae*, *Letrinidae*, *Acanthuridae*, *Mulidae*, *Siganidae* *Labridae* (*Chelinus*, *Himigymnus*, *Choerodae*) dan *Haemulidae*. Ikan target diwakili oleh *family Serranidae* (ikan kerapu), *Lutjanidae* (ikan kakap), *Letrinidae* (ikan lencam), *Nemipteridae* (ikan kurisi), *Caesionidae* (ikan ekor kuning), *Siganidae* (ikan baronang), *Haemulidae* (ikan bibir tebal), *Scaridae* (ikan kakak tua) dan *acanthuridae* (ikan pakol) (Anggrainia 2014).

Ikan kakap adalah keluarga ikan laut dasar yang hidup secara berkelompok di dasar karang atau terumbu karang. Mempunyai ciri tubuh yang bulat pipih dengan sirip memanjang sepanjang punggung. Ikan kerapu adalah ikan anggota sejumlah genus dalam anak suku *Epinephelinae*, suku *Serranidae* dalam seri *Perciformes*. Ikan ini juga dikenal dengan nama *Grouper* atau *Groper*, asal nama *Garoupa* yang berasal bahasa Portugis. Ikan kerapu biasanya hidup di perairan dangkal, berterumbu karang dan sekitarnya, meskipun ada pula ikan kerapu yang hidup di pantai dekat muara sungai (Biota Dunia Perairan 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Husodo *et al.* (2005) menunjukkan bahwa adanya pencemaran merkuri pada sedimen sungai dan pada biota perairan akibat penambangan emas Kulonprogo. Demikian pula penelitian yang dilakukan oleh Mahmud (2012) menunjukkan bahwa merkuri sudah mencemari hewan akuatik yang hidup di Sungai Tulabolo dan Sungai Bone. Udang di muara Tulabolo memiliki akumulasi terbesar yaitu 0,445 mg/kg. Hasil analisis

menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri berkisar 0,0223 - 0,4515 mg/kg. Hasil ini sudah berada diatas standar baku mutu yang ditetapkan. Penelitian yang dilakukan oleh Dorea *et al.* (2004) pada jenis ikan piranha di Brazil menunjukkan terdapat perbedaan antara ukuran ikan dengan konsentrasi merkuri pada ikan piranha. Dua spesies ikan yang sama kebiasaan makannya menunjukkan kecenderungan yang sama terhadap bioakumulasi merkuri. Jonston (2016) meneliti pola konsumsi ikan dan pengetahuan nelayan terhadap merkuri di Haw River Basin Carolina Utara. Ikan yang dikonsumsi adalah *Catfish*, *Crappie*, *Sunfish* and *Large Mouth Bass*, hasilnya 8 nelayan melaporkan makan ikan lebih dari satu daging ikan per minggu yang memiliki merkuri yang tinggi, melebihi batas yang direkomendasikan di Carolina Utara. Pada penelitian yang dilakukan di Laut Sulawesi, ikan yang berhasil ditangkap dan dijadikan sampel adalah ikan kakap family *lutjanidae* dan ikan kerapu family *Serranidae*. Penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui berapa besar konsentrasi merkuri masuk pada ikan yang dikonsumsi oleh masyarakat yang hidup di Desa Buladu Kecamatan Sumalata Kabupaten Gorontalo Utara.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Kajian dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Penambangan Emas Buladu. Penelitian dilakukan Tahun 2016. Pengambilan sampel pada ikan sebanyak 18 sampel. Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel ikan adalah perahu dan alat pancing ikan. Pengambilan sampel dilakukan pada ikan yang hidup pada perairan dasar dan pada terumbu karang dan batuan. Jenis ikan yang dijadikan sampel yakni ikan kakap putih, merah dan kerapu. Pengambilan sampel dilakukan secara acak. Analisis sampel merkuri pada ikan dengan menggunakan AAS Tanpa Nyala. Analisis dilakukan pada di Laboratorium Pembinaan dan Pengujian Mutu Hasil Perikanan di Provinsi Gorontalo.

2.2. Analisis Data

Baku mutu yang dijadikan acuan untuk merkuri pada ikan yakni SK Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89 sebesar 0,5 mg/kg. Analisis data secara deskriptif dengan menggunakan tabel, selanjutnya diinterprestasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis konsentrasi merkuri pada ikan sesuai hasil analisis laboratorium dicantumkan dalam tabel dibandingkan dengan standard baku mutu yang ditetapkan. Dalam penelitian ini, juga dicatat berat ikan untuk mengetahui seberapa jauh kontaminasi merkuri, pada berbagai ukuran hasil tangkapan ikan.

3.1. Konsentrasi Merkuri pada Ikan di Perairan Laut Sulawesi

Dinamika logam dalam air baik jenis air, maupun makhluk yang hidup di air telah banyak diteliti, terutama dalam memonitor pencemaran logam berat pada lingkungan perairan. Dalam memonitor pencemaran logam, analisis biota air sangat penting artinya daripada analisis air itu sendiri. Hal ini disebabkan kandungan logam dalam air dapat berubah-ubah dan sangat tergantung pada lingkungan dan iklim. Pada musim hujan, kandungan logam lebih kecil karena proses pelarutan, sedangkan pada musim kemarau kandungan logam akan lebih tinggi karena logam menjadi terkonsentrasi. Kandungan dalam biota air biasanya akan selalu bertambah dari waktu ke waktu karena sifat logam yang bioakumulatif, sehingga biota air sangat baik digunakan sebagai indikator pencemaran logam dalam lingkungan perairan (Darmono 1995).

Pada penelitian ini jenis ikan yang dijadikan sampel yakni terbanyak adalah ikan kakap merah dan ikan kakap putih dan 1 sampel ikan kerapu. Ikan kakap merah (*Lutjanus* sp.) umumnya menghuni daerah perairan karang ke daerah pasang surut di muara, bahkan beberapa species cenderung menembus sampai ke perairan tawar. Biasanya kakap merah tertangkap pada kedalaman dasar 40 – 50 meter dengan substrat sedikit karang dan salinitas 30 – 33 psu serta suhu antara 5 – 32°C. Jenis yang berukuran kecil seringkali dijumpai beragregasi di dekat permukaan perairan karang pada waktu siang hari. Pada malam hari umumnya menyebar guna mencari makanan baik berupa jenis ikan maupun krustacea.

Aktivitas penambangan yang terus menerus telah memberi kontribusi terhadap pencemaran merkuri pada air dan sedimen di sungai dan pada akhirnya masuk ke laut sebagai penerima limbah. Hal ini menyebabkan hewan aquatik di perairan Laut Sulawesi akan tercemar. **Tabel 1** menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri tertinggi pada ikan kakap putih atau dikenal dengan Snapper (*Chrysaphrys aurata*) sebesar 2,2977 mg/kg. Konsentrasi merkuri pada ikan di Laut Sulawesi berkisar antara 0,3154 sampai 2,2977 mg/kg. Konsentrasi rata-rata sebesar 1,1882 mg/kg, sudah berada di atas nilai ambang batas kadar merkuri dalam hewan aquatik secara nasional sebesar 0,5 mg/kg (SK Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89).

Tabel 1. Hasil konsentrasi merkuri pada ikan.

No	Jenis (Ikan)	Hasil mg/kg	Baku Mutu mg/kg
1	Ikan kakap putih (<i>Snappers/ Chrysaphrys aurata</i>)	1,5023	0,5
2	Ikan kakap (<i>Snappers/ Lutjanus gibbus</i>)	1,3155	0,5
3	Ikan kakap putih (<i>Lethrinus/ Lentjan</i> sp.)	1,3002	0,5
4	Ikan kakap (<i>Lethrinus/ Lentjan</i> sp.)	1,2313	0,5
5	Ikan Kerapu (<i>Epinephelus Bleekeri</i>)	0,3154	0,5
6	Ikan kakap (<i>Snappers/ Lutjanus gibbus</i>)	0,5297	0,5

No	Jenis (Ikan)	Hasil mg/kg	Baku Mutu mg/kg
7	Ikan kakap merah keemasan (<i>Lutjanus russelli</i>)	2,0071	0,5
8	Ikan kakap merah keemasan (<i>Lutjanus russelli</i>)	1,5424	0,5
9	Ikan kakap merah keemasan (<i>Lutjanus russelli</i>)	1,1201	0,5
10	Ikan kakap merah (<i>Latjanus fulviflamma</i>)	0,9080	0,5
11	Ikan kakap merah (<i>Latjanus fulviflamma</i>)	1,4139	0,5
12	Kakap Merah (<i>Lutjanus malabaricus</i>)	1,2488	0,5
13	Kakap Merah (<i>Lutjanus malabaricus</i>)	0,6534	0,5
14	Ikan kakap (<i>Lutjanus russeli</i>)	1,1619	0,5
15	Ikan kakap putih (<i>Snapper/ Chrysaphrys aurata</i>)	2,2977	0,5
16	Ikan batu putih keemasan (<i>Lutjanus malabaricus</i>)	1,2760	0,5
17	Ikan kakap putih (<i>Lutjanus malabaricus</i>)	1,1664	0,5
18	Ikan kakap merah kekuningan (<i>Lutjanus russelli</i>)	1,5859	0,5

Sumber : Mahmud *et al.* (2016)

Menurut Palar (2004) polutan logam berat dalam badan perairan pada konsentrasi tertentu menjadi sumber racun bagi kehidupan perairan. Dalam penelitian ini sebagian sampel ikan merupakan jenis ikan kakap dan kerapu. Ikan kakap adalah ikan laut dasar yang hidup secara berkelompok di dasar karang. Mempunyai ciri tubuh yang bulat pipih dengan sisip memanjang sepanjang punggung. Jenis ikan kakap yang banyak ditemui di Indonesia adalah jenis kakap merah, beberapa jenis yang lain adalah kakap kuning, kakap hitam dll. Ikan karang merupakan salah satu komoditi unggulan disektor perikanan tangkap. Habitat ikan kakap banyak dijumpai hidup di pantai/laut (kedalaman 1- 10m). Ikan kakap secara umum adalah ikan yang hidup di dasar perairan laut terutama di terumbu karang. Selaku ikan dasar perairan, ikan kakap merah sebagian besar waktunya akan berada di dasar perairan. Pakan utamanya yakni udang, ikan-ikan kecil, cumi-cumi dan kerang di dasar lautan.

Daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur (fase siklus hidup), daya tahan (detoksifikasi) dan kemampuan individu menghindarkan diri dari polusi (Darmono 2001). Logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan yaitu pernapasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit. Absorpsi melalui pernapasan biasanya cukup besar, baik pada hewan air yang masuk melalui insang maupun hewan darat melalui debu di udara ke saluran pernapasan (Darmono 2001).

Spesies kehidupan dalam air sangat terpengaruh oleh hadirnya logam yang terlarut dalam air, terutama pada konsentrasi yang melibihi normal. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya toksisitas logam dalam air terhadap makhluk yang hidup di dalamnya yaitu:

- Bentuk ikatan kimia dari logam yang terlarut.
- Pengaruh interaksi antara logam dan jenis toksikan lainnya.

- c. Pengaruh lingkungan seperti suhu, kadar garam, pH dan kadar oksigen yang terlarut dalam air.
- d. Kondisi hewan, fase siklus hidup (telur, larva, dewasa), besarnya ukuran organisme, jenis kelamin dan kecukupan kebutuhan nutrisi.
- e. Kemampuan hewan untuk menghindari dari pengaruh polusi.
- f. Kemampuan organisme untuk beraklimitasi terhadap bahan toksik logam.

Supriharyono (2007) dalam Simage (2011) menunjukkan bahwa kadar logam berat dalam tubuh ikan dan tumbuhan yang terdapat di perairan dapat mencapai 100.000 kali lebih tinggi dibandingkan dengan kadar logam berat di dalam perairan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Simage (2011) menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri pada kakap merah pada hati 0,13 – 0,38 ppm dan pada daging 0,06 – 0,19 ppm. Konsentrasi merkuri pada ikan Belanak 0,16 -0,36 ppm (hati) dan 0,05 – 0,25 ppm (daging). Konsentrasi merkuri pada ikan biji angka 0,16 – 0,36 ppm pada hati dan 0,02 ppm pada daging ikan. Doke dan Julia (2014) meneliti konsentrasi merkuri pada ikan yang dikonsumsi di Ghana dan menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri rata sebesar 0,10 mg/kg $\pm$ 0,15 berat basah dari 65 sampel ikan. Konsentrasi tertinggi dari merkuri terdeteksi pada ikan di sungai pada area penambangan emas sebesar 0,25 $\pm$ 0,23 mg/k berat basah dibandingkan dengan ikan yang dikumpulkan dari danau sebesar 0,04 mg/kg $\pm$ 0,04 berat basah dan laut sebesar 0,06 $\pm$ 0,04 mg/kg berat basah. Berdasarkan hasil ini maka konsentrasi merkuri pada ikan yang hidup di Laut Sulawesi lebih tinggi jika dibandingkan dengan ikan yang terdapat di Teluk Kao Kabupaten Halmahera Utara. Hal ini harus menjadi perhatian Pemerintah Kabupaten Gorontalo Utara.

3.2. Berat Ikan dan Konsentrasi Merkuri pada Ikan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri tertinggi pada ikan kakap putih (*Chrysaphrys urata*) sebesar 2,2977 mg/kg dengan berat 380 gr. Tertinggi ke dua yakni terdapat pada ikan kakap (*Lutjanus russeli*) dengan konsentrasi merkuri sebesar 2,0071 mg/kg dengan berat ikan sebesar 310 gr. Terendah pada ikan jenis kerapu sebesar 0,3154 mg/kg dengan berat ikan sebesar 140 gr. Berat ikan antara 220 – 700 gr baik jenis ikan kakap merah dan putih family *Lutjanidae* memiliki konsentrasi merkuri berkisar 1,1201 -2,2977 mg/kg. Hasil ini sudah berada di atas baku mutu yang ditetapkan sesuai SK Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89, merkuri tidak melebihi 0,5 mg/kg. Berat ikan antara 120 - 180 gr, konsentrasi merkuri berkisar 0,3154-0,9080 mg/kg. Berdasarkan hasil ini maka konsentrasi merkuri cenderung berada di atas baku mutu yang ditetapkan. Hubungan berat ikan dengan jumlah konsentrasi merkuri ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Berat ikan dan konsentrasi merkuri dalam tubuhnya.

No	Jenis (Ikan)	Berat (g)	Merkuri (mg/kg)
1	Ikan kakap putih (<i>Snappers/ Chrysaphrys urata</i>)	270	1,5023
2	Ikan kakap merah (<i>Snappers/ Lutjanus gibbus</i>)	700	1,3155
3	Ikan kakap putih (<i>Lethrinus/ Lentjan sp</i>)	678	1,3002
4	Ikan kakap putih (<i>Lethrinus/ Lentjan sp</i>)	480	1,2313
5	Ikan Kerapu (<i>Epinephelus bleekeri</i>)	140	0,3154
6	Ikan kakap merah (<i>Snappers/ Lutjanus gibbus</i>)	180	0,5297
7	Ikan kakap merah keemasan (<i>Lutjanus russelli</i>)	310	2,0071
8	Ikan kakap merah keemasan (<i>Lutjanus russelli</i>)	260	1,5424
9	Ikan kakap merah (<i>Lutjanus russelli</i>)	240	1,1201
10	Ikan kakap merah (<i>Latjanus fulviflamma</i>)	140	0,9080
11	Ikan kakap merah (<i>Latjanus fulviflamma</i>)	280	1,4139
12	Kakap Merah (<i>Lutjanus malabaricus/ Malabar Blood Snapper</i>)	280	1,2488
13	Kakap Merah (<i>Lutjanus Malabaricus/ Malabar Blood Snapper</i>)	120	0,6534
14	Ikan kakap (<i>Lutjanus russeli</i>)	240	1,1619
15	Ikan kakap putih (<i>Snapper/ Chrysaphrys aurata</i>)	380	2,2977
16	Ikan batu putih keemasan (<i>Lutjanus lutjanus/ Bigeye Snapper</i>)	570	1,2760
17	Ikan kakap putih keemasan (<i>Lutjanus lutjanus/ Bigeye Snapper</i>)	360	1,1664
18	Ikan kakap merah kekuningan (<i>Lutjanus russelli</i>)	220	1,5859

Sumber : Mahmud *et al.* (2016)

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Narasiang *et al.* (2015) menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri pada di Teluk Manado tertinggi pada Ikan Gora (*Myripritis/Apogon compressus*) dengan nilai rata-rata 0,43 ppm, dan nilai tertinggi kedua yaitu pada Ikan Capungan (*Apogon compressus*) dengan nilai rata-rata 0,3 ppm. Nilai terendah pada ikan Baronang kuning (*Siganus Virgatus*) dengan nilai rata-rata 0,1 ppm. Hasil ini lebih rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi merkuri pada ikan kakap yang hidup di perairan Laut Sulawesi yang sudah mencapai 2,2977 mg/kg. Hikmawati dan Lilis (2006) juga menyimpulkan bahwa kadar rata-rata Hg dalam ikan tongkol sebesar 0,15 mg/kg. Kecenderungan perubahan Hg setelah mengalami penggorengan dan pembakaran, kadar Hg mengalami kenaikan, sedangkan metode perebusan mengalami kecenderungan penurunan kadar Hg.

Bioakumulasi adalah peningkatan konsentrasi suatu zat sepanjang rantai makanan. Berikut ini adalah gambaran bagaimana perjalanan metil-merkuri dari air hingga masuk ke dalam tubuh manusia dan binatang:

1. Metil-merkuri di dalam air dan sedimen dimakan oleh bakteri, binatang kecil dan tumbuhan kecil yang dikenal sebagai plankton.
2. Ikan kecil dan sedang kemudian memakan bakteri dan plankton tersebut dalam jumlah yang sangat besar sepanjang waktu.

3. Ikan besar kemudian memakan ikan kecil tersebut dan terjadilah akumulasi metil-merkuri di dalam jaringan. Ikan yang lebih tua dan besar mempunyai potensi yang lebih besar untuk terjadinya akumulasi kadar merkuri yang tinggi di dalam tubuhnya.
4. Ikan tersebut kemudian ditangkap oleh manusia dan binatang, menyebabkan metil merkuri berakumulasi di dalam jaringannya (Daud 2009).

Ikan dapat mengabsorbsi metil-merkuri melalui makanannya langsung dari air dengan melewati insang. Oleh karena merkuri terkait dengan protein di seluruh jaringan ikan, termasuk otot, maka tidak ada metoda pemasakan atau pencucian ikan untuk mengurangi kadar merkuri di dalamnya (Daud 2009).

Konsentrasi merkuri yang tinggi di Laut Sulawesi menandakan adanya pencemaran logam berbahaya yang diakibatkan oleh penambangan tradisional yang dilakukan oleh masyarakat. **Tabel 2** menunjukkan bahwa ada pengaruh secara deskriptif antara berat ikan dan kadar merkuri dalam ikan. Berdasarkan hal ini maka penting bagi pemerintah untuk memberikan sosialisasi tentang masuknya merkuri pada ikan dan bahayanya bagi masyarakat. Konsumsi ikan yang mengandung merkuri secara terus menerus akan membahayakan tidak hanya bagi nelayan tapi juga bagi masyarakat yang mengkonsumsinya.

Pengaruh langsung polutan terhadap ikan biasa dinyatakan sebagai lethal (akut), yaitu akibat yang timbul pada waktu kurang dari 96 jam atau sublethal (kronis), yaitu akibat yang timbul pada waktu lebih dari 96 jam (empat hari). Sifat toksik yang lethal dan sublethal dapat menimbulkan baik efek genetik maupun teratogenik terhadap biota. Pengaruh lethal disebabkan gangguan pada saraf pusat sehingga ikan tidak bergerak atau bernapas akibatnya cepat mati. Pengaruh sub lethal terjadi pada organ tubuh, menyebabkan kerusakan pada hati, mengurangi potensi untuk berkembangbiakan, pertumbuhan dan sebagainya (Daud 2009).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis konsentrasi merkuri pada ikan berkisar 0,3154 – 2,2977 mg/kg. Konsentrasi rata-rata sebesar 1,1882 mg/kg. Hasil analisis ini sudah berada di atas baku mutu yang ditetapkan sebesar 0,5 mg/kg, sesuai SK Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89. Salah satu faktor tingginya konsentrasi merkuri pada ikan karena penambang membuang limbahnya ke sungai dan bermuara ke Laut Sulawesi. Hal ini akan membahayakan kesehatan masyarakat di Kecamatan Sumalata dan Kabupaten Gorontalo Utara pada umumnya. Pengolahan limbah perlu dilakukan untuk mengurangi pencemaran ke lingkungan sekitar.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kemenristekdikti yang telah memberikan bantuan dana dan ucapan terima kasih kepada Rektor, Kepala Lembaga Penelitian dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua penulis buku yang dijadikan sumber pada telaah pustaka ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anggrainia JA. 2014. Paper konservasi terumbu karang “Pengelompokan ikan karang berdasarkan peranannya”. Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Biota Dunia Perairan. 2013. Ikan kerapu macan (*Epinephelus Fuscoguttatus*) [internet]. Tersedia di: www.dunia-perairan.com.
- Connell DW dan Miller GJ. 1995. Kimia dan ekotoksikologi pencemaran. UI Press. Jakarta.
- Darmono. 1995. Logam dalam sistem biologi makhluk hidup. UI Press. Jakarta.
- Darmono. 2001. Lingkungan hidup dan pencemaran, hubungannya dengan toksikologi senyawa logam. UI Press. Jakarta.
- Daud A. 2009. Bahaya logam berat pada ikan [internet]. Tersedia di: <http://maddaud.blogspot.co.id>.
- Doke DA and Julia MG. 2014. Estimation of human health risk from exposure to methylmercury via fish consumption in Ghana. *Journal of Health and Pollution* 4(6):8-25.
- Dorea JG, Barbosa AC, Souza J, Fadini P and Jardim FW. 2004. Piranhas (*Serrasalmus* spp) as marker of mercury bioaccumulation in Amazonian Ecosystems. *Jurnal Ecotoxicology and Environmental Safety* 59(1):57-63.
- Jonston JE. 2016. Fish consumptions patterns and mercury advisory knowledge among fishers in the Haw River Basin [internet]. Tersedia di: www.ncmedicaljournal.com.
- Hikmawaty A dan Lilis S. 2006. Perubahan kadar merkuri (Hg) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus* sp) dengan perlakuan perendaman larutan jeruk nipis dan pemasakan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 3(1):67-76.
- Husodo KRT AH, Sarwono RJ, Suhardini SM, Wijanarko D, Siran, Mardani T, Iskandar G, Kasjono HS, dan Supriadi T. 2005. Kontaminasi merkuri di kalangan pekerja Yogyakarta. Kasus penambangan emas Kulonprogo. *Jurnal Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Gadjah Mada* IX(20):51 – 58.
- Lasut MT, Edinger EN and Yaqsuma Y. 2005. Contamination of mercury in marine environment of Buyat Bay, North Sulawesi, Indonesia and its potential

impact to human. Proceeding of international seminar on mining environment and sustainable development. A lesson from the gold mining. Controversy in Buyat Bay, North Sulawesi. Indonesia.

- 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. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Mahmud M, Desei F, Banteng BC, dan Saleh Y. 2016. Model pengelolaan penambangan emas tradisional buladu Kabupaten Gorontalo Utara. Laporan Penelitian PUPT. Tahun I. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- Palar H. 2004. Pencemaran dan toksikologi logam berat. Rineka Cipta. Jakarta
- Narasiang AA, Markus TL dan Kawung NK. 2015. Akumulasi Merkuri (Hg) pada ikan di Teluk Manado. Jurnal 1(1):8-14
- Sembel DT. 2015. Toksikologi lingkungan. Dampak pencemaran dari berbagai bahan kimia dalam kehidupan sehari-hari. Andi. Yogyakarta.
- Simage SM. 2011. Analisis kandungan merkuri (Hg) dan sianida (CN) pada beberapa jenis ikan hasil tangkapan nelayan di Teluk Kao Kabupaten Halmahera Utara. Jurnal Agroforestri VI(2):335-353.
- Simson SS, Apte R, Jung GB and Hales L. 2005. Trace metal concentration in water, sediments and fish tissues from marine locations in the vicinity of the Minahasa Raya gold mining (North Sulawesi) [Proceeding]. Proceeding of international seminar on mining, environment, and sustainable development : a lesson from the gold mining, controversy in Buyat Bay, North Sulawesi, Indonesia.
- Supriharyono. 2007. Konservasi ekosistem sumberdaya hayati di wilayah pesisir dan laut tropis. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Wihardandi A. 2013. Penggunaan Merkuri yang berbahaya di pertambangan emas Indonesia [internet]. Tersedia di: [http://www.mongabay.co.id/2013/09/20/video-penggunaan-merkuri yang berbahaya-di-pertambangan-emas-indonesia](http://www.mongabay.co.id/2013/09/20/video-penggunaan-merkuri-yang-berbahaya-di-pertambangan-emas-indonesia).

Desentralisasi pengolahan limbah padat rumah tangga menggunakan teknologi *biodrying*

B. Zaman¹, W. Oktiawan¹, M. Hadiwidodo¹, E. Sutrisno¹, Purwono^{1*}

¹Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Abstrak.

Pengolahan limbah padat rumah tangga dengan cara dibakar maupun *landfill* saat ini sudah tidak optimal. Ketersediaan lahan tempat pemrosesan akhir (TPA) sudah kritis, mencari alternatif TPA baru pun akan sulit dan mahal terutama di kota besar. Teknologi *biodrying* merupakan pengelolaan limbah padat dengan sistem desentralisasi, dimana limbah padat akan mengalami biokonversi mekanikal-biologi. Pada prakteknya, reaktor *biodrying* memproses limbah padat dengan kadar air tinggi yang sudah dicacah dan menghasilkan output limbah padat kering sebagai bahan bakar pengganti batubara. Panas yang dihasilkan dari proses dekomposisi aerobik senyawa organik dikombinasikan dengan udara berlebih berfungsi mengeringkan limbah padat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah padat rumah tangga yang terdiri dari limbah makanan, daun, kertas, dan plastik memiliki kadar air awal sebesar 66,24 %. Penambahan debit aerasi 2 liter/menit menghasilkan kenaikan suhu maksimum 44°C pada jam ke-29 dan bertahan sampai jam ke-39. Kadar air turun menjadi 62,18 % setelah diaerasi selama 110 jam. pH lindi yang dihasilkan mengalami kenaikan dari 6,07 (asam) menjadi 8,27 (basa). Parameter emisi udara NO₂ mengalami penurunan dari 0,187 µg/Nm³ menjadi 0,008 µg/Nm³. Nilai ini hampir mendekati kadar NO₂ udara ambien sebesar 0,006 µg/Nm³. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proses *biodrying* selama 5 hari mampu menaikkan pH menjadi basa dan emisi udara NO₂ rendah. Kadar air limbah padat perlu diturunkan lagi sampai <20 % agar dapat dibakar dengan baik.

Kata kunci: *biodrying*, limbah padat, kadar air, NO₂, suhu

Abstract.

The processing of household solid waste by burning or landfill is currently not optimal. The availability of land where the final processing (TPA) is critical, looking for a new TPA alternative will be difficult and expensive, especially in big cities. Biodrying technology is solid waste management with a decentralized system, in which the solid waste will undergo a mechanical-biological bioconversion. In practice, the reactor bio-drying processing solid waste with high moisture content that has been chopped and produces a dry solid waste output (bio dried) as a fuel substitute for coal. The heat generated from the process of aerobic decomposition of organic compounds function combined with excess air drying of solid waste. The results showed that household solid waste consisting of food, leaf, paper, and plastic waste had an initial moisture content of 66.24%. The addition of 2 liters/minute aeration discharge resulted in a maximum temperature increase of 44 °C at 29 hours and lasted for 39 hours. Water content decreased to 62.18% after aerated for 110 hours. The resulting leachate pH increased from 6.07 (acid) to 8.27 (base). NO₂ air emission parameters decreased from 0.187 to 0.008 µg/Nm³. This value is almost near the ambient air NO₂ level of 0.006 µg/Nm³. Based on this research it can be concluded that bio-drying process for 5 days was able to raise pH to become base with low NO₂ air emission. The solid waste water content needs to be lowered to <20% in order to be burned properly.

Keywords: *biodrying*, solid waste, water content, NO₂, temperature

1. PENDAHULUAN

Timbulan limbah padat di seluruh dunia dapat menimbulkan masalah bila tidak dikelola dengan baik. Metode pengolahan limbah padat (sampah) dengan cara dibakar maupun *landfill* saat ini sudah tidak optimal. Ketersediaan lahan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sudah kritis, mencari alternatif TPA baru pun akan sulit dan mahal terutama di kota besar. Pengelolaan limbah padat dengan sistem desentralisasi terutama di daerah perumahan perkotaan mampu

* Korespondensi Penulis
Email : purwono.ga@gmail.com

mereduksi limbah padat dengan baik. Intensitas dan aktivitas perkotaan menghasilkan banyak limbah padat biodegradable yang harus dikelola untuk menghindari dampak negatif pada lingkungan seperti bau dan polusi emisi, tanah, air, gas, dan lain-lain.

Prinsip utama bagi setiap negara terkait pengelolaan limbah padat adalah pencegahan. Prinsip kedua adalah daur ulang (*recycle*) dan produksi energi (*energy production*). Prinsip terakhir yaitu pembuangan limbah padat tanpa daur ulang dan menghasilkan energi. Teknologi yang menarik beberapa tahun terakhir ini adalah *Mechanical Biological Treatment (MBT)* dan *Biological Mechanical Treatment (BMT)*. Kedua proses tersebut dikenal dengan istilah *Biodrying (Biological drying)* dimana limbah padat akan mengalami biokonversi mekanikal-biologikal (Muller 2009). Teknologi *biodrying* mendukung *sustainable environment* terkait pengolahan limbah padat. Jumlah limbah padat yang akan masuk ke TPA secara substansial akan berkurang. Secara signifikan meningkatkan jumlah limbah padat yang didaur ulang dengan memisahkan bahan (kaca, inert, besi dan non logam besi) yang tidak benar-benar terpisah di rumah (Negoi 2009).

Saat ini, kebanyakan studi dari proses *biodrying* fokus pada teknologi aerobik, yang menurunkan kadar air menjadi uap sebagai akibat suhu tinggi dan ventilasi yang memadai. Adani *et al.* (2002) dan Sugni *et al.* (2005) menunjukkan bahwa pengaturan aerasi yang tepat (misalnya, debit dan arah aliran) dan suhu mampu menurunkan kadar air secara efisien (66,7% dari kadar air awal). Namun, prinsip teknologi *biodrying* aerobik adalah untuk mendorong penguapan menggunakan energi yang dihasilkan akibat degradasi bahan organik. Ketika perbandingan kadar air terhadap bahan organik *biodegradable* terlalu tinggi, maka panas yang timbul tidak cukup untuk menguapkan air. Di sisi lain, limbah padat akan membusuk akibat kandungan air yang tinggi. Jumlah air akibat pembusukan (*lindi*) dibatasi oleh dinding sel atau membran yang hancur. Adanya aerasi meningkatkan disintegrasi parsial dan hidrolisis senyawa organik makromolekul seperti C-Organik, selulosa, hemiselulosa, lignin, nitrogen total (Nguyen *et al.* 2007). Pada proses *biodrying*, senyawa organik volatil (VOC) seperti senyawa berbau busuk (belerang), aromatik, chlorin, terpena dan keton akan terlepas ke udara. VOC ini menjadi salah satu masalah utama terhadap pencemaran udara (He *et al.* 2005). Penelitian ini melakukan proses *biodrying* untuk mengolah limbah padat yang difokuskan pada pola perubahan suhu limbah padat, kadar air, dan emisi NO₂.

2. METODOLOGI

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan miniatur reaktor berbentuk siklik dengan volume 120 liter yang dilengkapi dengan

rangkaian aerasi. Pada ujung aerator ditambahkan difuser untuk mengoptimalkan aerasi. Kecepatan alir udara diatur sebesar 2 L/min. Kadar air sampah sekitar 70 %. Di dalam reaktor diharapkan terjadi proses *biodrying*. Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas, Universitas Diponegoro.

2.1. Pemantauan penelitian

Parameter suhu dipantau setiap 3 jam sekali dan pH lindi dipantau setiap hari. Pengukuran suhu menggunakan termometer digital yang dilengkapi layar LCD untuk mempermudah pengamatan melihat suhu proses *biodrying*. Spesifikasi rentang temperatur antara -50°C hingga 110°C. Probe sensor diletakkan di bagian atas, titik tengah dan bawah reaktor, dan nilai rata-rata dicatat. Lindi yang dihasilkan dari reaktor dikumpulkan dan diukur nilai pH-nya.

Selama penelitian *biodrying*, setiap hari, sekitar 100 g sampel dikumpulkan dari tiga kedalaman berbeda (bagian atas, tengah dan bawah) dan dicampur untuk analisis nilai pH sesuai SNI 06-6989.11-2004. Semua parameter dianalisis triplo (rangkap tiga). Standar deviasi ditetapkan <10%. Pengukuran udara (NO₂) menggunakan larutan *Griess Saltzman* sehingga membentuk suatu senyawa *azo dye* berwarna merah muda yang stabil setelah 15 menit. Konsentrasi larutan ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 550 nm (SNI 19-7119.2-2005).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Komposisi limbah padat

Komposisi limbah padat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi limbah padat dari kompleks Perumahan Korpri Tembalang, Semarang (w/w).

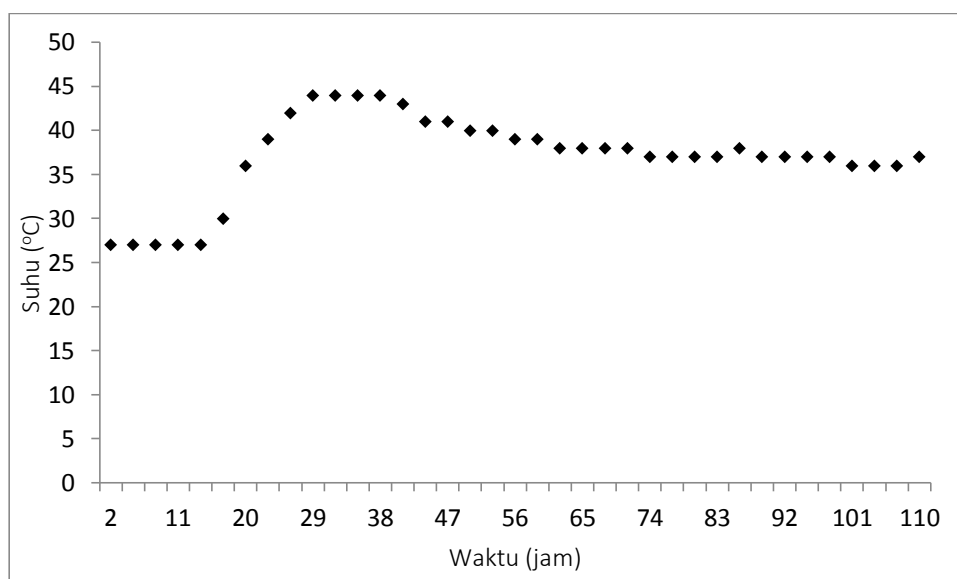
No	Jenis Sampah	Kadar air (%)	Prosentase limbah padat (%)
1	Daun	13,30	49,98
2	Sisa Makanan	32,30	10,59
3	Kertas	11,30	4,26
4	Plastik	12,10	8,64

Komposisi tersebut menggambarkan keanekaragaman aktifitas masyarakat di Perumahan Korpri Tembalang, Semarang. Berdasarkan **Tabel 1** dapat diketahui bahwa prosentase daun (49,98%) paling banyak dibandingkan jenis sampah lainnya. Limbah plastik memiliki prosentase paling sedikit yaitu 8,64 % (w/w). Kadar air setelah limbah padat dicampur kemudian diatur dengan menambah air sampai kadar air campuran sebesar 69%. Pengaturan kadar air

bertujuan untuk mengevaluasi kinerja biodrying untuk mengolah limbah padat dengan kadar air tinggi.

3.2. Temperatur limbah padat

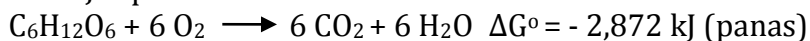
Temperatur limbah padat, temperatur udara ambien, dan kelembaban udara selama proses biodrying ditunjukkan pada **Gambar 1**. Temperatur limbah padat pada awal proses sebesar 27 °C. Suhu ini bertahan sampai jam ke-12. Temperatur ini mengindikasikan bahwa proses dekomposisi bahan organik belum berjalan secara efektif. Temperatur mengalami kenaikan cukup drastis mencapai 36 °C mulai jam ke-19. Kenaikan temperatur merupakan dampak dari proses dekomposisi senyawa organik sederhana seperti asam amino, glukosa, asam organik dll (Kutzner 2000).



Gambar 1. Profil suhu limbah padat selama proses *biodrying* yang diamati per jam.

Senyawa tersebut dengan mudah dimetabolisme dan mineralisasi oleh bakteri heterotrof. Aktivitas metabolik dan proses eksotermik yang tinggi meningkatkan suhu limbah padat pada proses *biodrying*. Sebagai contoh reaksi katabolisme dalam sel bakteri.

Dekomposisi glukosa ($C_6H_{12}O_6$) pada kondisi aerob melepas panas sebesar 896 kJ seperti reaksi berikut:



Pola kenaikan berlanjut dan suhu ini merupakan puncaknya sebesar 44 °C yang bertahan pada jam ke-29 sampai jam ke-38. Suhu maksimal ini termasuk kategori mesofilik (30–45°C). Jam ke-42 sampai jam ke-110 mengalami

penurunan yang cenderung stabil pada kisaran suhu 39-36°C. Menurut de Bertoldi (1983) penurunan suhu *biodrying* yang bertahap merupakan indikasi bahwa aktivitas mikroorganisme berjalan dengan baik. Apabila suhu turun drastis mengindikasikan proses gagal.

3.3. Nilai pH limbah padat dan lindi

Nilai pH 6,7-9,0 sangat mendukung aktivitas mikroba selama proses degradasi (de Bertoldi *et al.* 1983; Miller 1992). Data limbah padat dan lindi selama proses *biodrying* ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Nilai pH limbah padat dan lindi selama proses *biodrying*

No	Jam ke-	pH limbah padat	pH lindi	Kadar air (%)
1	5	6,83	6,07	66,24
2	29	7,02	tidak terbentuk	59,73
3	53	7,36	tidak terbentuk	62,99
4	77	7,28	8,27	62,27
5	101	7,45	8,30	62,18

Nilai pH limbah padat mengalami kenaikan dari 6,83 menjadi 7,45 pada jam ke-101 proses *biodrying*. Hal yang sama terjadi pada nilai pH lindi, pH awal sebesar 6,07 (asam) naik menjadi 8,30 (basa). Pada jam ke-29 sampai jam ke-35 tidak terbentuk lindi sama sekali. Artinya nilai pH masih berada pada range pH yang optimal untuk proses degradasi limbah padat. Menurut Mari (2005) nilai pH bukanlah faktor kunci keberhasilan proses dekomposisi. Nilai pH sangat relevan dengan emisi senyawa nitrogen (*nitrogen-losses*) volatil pada pH > 7,5. Pengontrolan pH harus dijaga agar tetap pada kondisi optimal. Pada pH tinggi dapat menyebabkan unsur nitrogen berubah menjadi amoniak yang mengakibatkan terjadinya bau. Pada pH yang terlalu rendah, dapat menyebabkan matinya sebagian besar mikroorganisme.

Kadar air awal diatur sebesar 66,24% dengan cara menambahkan air kedalam campuran limbah padat. Kadar air mengalami penurunan menjadi 59,73 pada jam ke-25. Pada jam berikutnya cenderung stabil berkisar 62,99-62,18 %. Lama waktu *biodrying* 5 hari dengan debit 2 L/menit belum mampu menurunkan kadar air sampai 20%.

3.4. Kualitas udara (NO₂)

Emisi udara diukur untuk mengetahui dampak proses *biodrying* limbah padat terhadap kualitas udara. Pengukuran NO₂ dilakukan pada saat suhu mencapai puncaknya (44 °C). Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan emisi udara NO₂ sebesar 0,187 µg/Nm³. Apabila dibandingkan dengan baku mutu NO₂ di udara

ambien menurut Surat Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 8 Tahun 2001, tentang Baku Mutu Udara Ambien di Provinsi Jawa Tengah sebesar $316 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Hal menarik yang dihasilkan dari penelitian ini adalah penurunan emisi NO_2 setelah suhu tertinggi tercapai. Pada rentang suhu $<41^\circ\text{C}$ (suhu limbah padat), kadar NO_2 mengalami penurunan menjadi $0,008 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Nilai ini hampir mendekati kadar NO_2 udara ambien sebesar $0,006 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proses *biodrying* selama 120 menit mampu mencapai suhu maksimal 44°C . Nilai pH menjadi basa dan emisi udara NO_2 rendah. Kadar air limbah padat perlu diturunkan lagi sampai $<20\%$ agar dapat dibakar dengan baik.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada DRPM DIKTI atas pendanaan penelitian ini melalui hibah PUPT dengan kontrak pembiayaan tahun 007/SP2H/DRPM/V/ 2017 tahun 2017.

6. Daftar Pustaka

- Adani F, Baido D, Calcaterra E and Genevini P L. 2002. The influence of biomass temperature on biostabilization-biodrying of municipal solid waste. *Bioresource Technology* 83(3):173–179.
- de Bertoldi M, Vallini G and Pera A. 1983. The biology of composting: a review. *Waste Management Research* 1:157–176.
- He PJ, Shao LM, Qu X, Li GJ and Lee DJ. 2005. Effects of feed solutions on refuse hydrolysis and landfill leachate characteristics. *Chemosphere* 59(6):837–844.
- Kutzner HJ. 2000. *Microbiology of Composting*, in *Biotechnology: Environmental Processes III*, Volume 11c, Second Edition, Second Edition. Wiley-VCH Verlag GmbH. Weinheim. Germany.
- Mari I. 2005. Use of sulfur to control pH in composts derived from olive processing by-products. *Compost Sci. Util.* 13:281–287.
- Miller FC. 1992. Composting as a Process Based on the Control of Ecologically Selective Factors. In: Metting, F.B., Jr. (Ed), *Soil Microbial Ecology, Applications in Agricultural and Environmental Management*. Marcel Dekker, Inc. New York. p 515–544.
- Sugni M, Calcaterra E and Adani F 2005. Biostabilization-biodrying of municipal solid waste by inverting air-flow. *Bioresource Technology* 96(12):1331–1337.

Nguyen PHL, Kuruparan P and Visanathan C. 2007. Anaerobic digestion of municipal solid waste as a treatment prior to landfill. *Bioresource Technology* 98(2):380–387.

Reduksi minyak, lemak, dan bahan organik limbah rumah makan menggunakan *grease trap* termodifikasi karbon aktif

T. A. Zaharah^{1*}, Nurlina¹, R. R. E. Moelyani²

¹Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

Abstrak.

Minyak dan lemak termasuk dalam kategori limbah organik yang dapat mencemari lingkungan. *Grease trap* dapat memisahkan minyak dan lemak dari limbah, sehingga tidak menggumpal dan membeku yang dapat membuat pipa tersumbat. Pada penelitian ini, *grease trap* dimodifikasi dengan karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efisiensi penggunaan *grease trap* yang dimodifikasi dengan karbon aktif untuk mereduksi minyak, lemak dan bahan organik dari limbah rumah makan. Penelitian ini dimulai dari preparasi karbon aktif, kemudian dilanjutkan ke tahapan persiapan alat, optimasi alat dan uji kinerja alat *grease trap* termodifikasi karbon aktif. Berdasarkan hasil pengujian, air limbah hasil output dari *grease trap* mengandung 1217,6 mg/L COD; 645 mg/L BOD; 156 mg/L TSS; dan 88,45 mg/L minyak dan lemak. Kandungan air limbah hasil output *grease trap* yang dimodifikasi dengan kolom sepanjang 10 cm yang berisi karbon aktif adalah COD 2,5 mg/L; BOD 19 mg/L; TSS 3,4 mg/L; minyak dan lemak tidak terdeteksi. Penggunaan kolom yang diisi dengan karbon aktif untuk dimodifikasi pada alat *grease trap* ternyata mampu menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS, minyak dan lemak dari limbah hingga ke nilai baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan domestik.

Kata kunci: BOD, COD, *grease trap*, lemak, minyak

Abstract.

Oil and grease are organic wastes that can cause environmental problems. Grease trap is a simple technology for trapping oils and grease in waste. In this study, the grease trap was modified with activated carbon. This study aimed to examine the optimum conditions and efficiency of the use of grease trap modified with activated carbon to reduce oils, grease and organic waste from restaurant. The first step of procedure was preparation of activated carbon, then preparation of grease trap, optimization and performance test of grease trap modified activated carbon. Based on the test results, the waste water output from grease trap contained 1217.6 mg/L COD; 645 mg/L BOD; 156 mg/L TSS; and 88.45 mg/L of oils and grease. The waste water output from grease trap modified with 10 cm column containing activated carbon contained 2.5 mg/L; BOD 19 mg/L; TSS 3.4 mg/L; oil and grease was not detected. The use of activated carbon column to modify the grease trap was able to reduce the concentration of BOD, COD, TSS, oil and grease up to the value permitted according to waste water quality standard for domestic activity.

Keywords: BOD, COD, *grease trap*, grease, oil

1. PENDAHULUAN

Minyak, lemak dan bahan organik merupakan parameter baku mutu air limbah bagi berbagai jenis usaha dan/atau kegiatan industri, perhotelan, fasilitas pelayanan kesehatan, rumah pemotongan hewan, maupun limbah domestik. Limbah domestik meliputi limbah kawasan pemukiman, kawasan perkantoran, kawasan perniagaan, dan apartemen; rumah makan; dan asrama. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan, Lampiran XLVI, limbah domestik harus memiliki kriteria kadar BOD dan TSS maksimum 100 mg/L, kadar minyak dan lemak maksimum adalah 10 mg/L.

* Korespondensi Penulis
Email : titinanita@pplh-untan.or.id

Limbah minyak dan lemak termasuk dalam kategori limbah organik yang dapat menyebabkan masalah lingkungan seperti akumulasi pada pipa sehingga menyebabkan sumbatan (Islam *et al.* 2013), berbahaya bagi kehidupan di perairan (Manahan 2009) dan dapat berpotensi menyebabkan mutagenik dan karsinogenik pada manusia (Lan *et al.* 2009). Limbah bahan organik di perairan dapat berasal dari makanan yang dibuang ke badan air, detergen, plastik, dan lain-lain. Meskipun bahan organik ini ada yang bersifat *biodegradable*, namun keberadaan bahan *biodegradable* dalam jumlah banyak di dalam air dapat membahayakan kehidupan organisme di air. Hal tersebut dapat terjadi karena mikroorganisme akan membutuhkan oksigen terlarut dalam jumlah yang banyak untuk mendegradasi bahan organik tersebut, sehingga pasokan oksigen terlarut di air yang dibutuhkan bagi kehidupan perairan menjadi berkurang. Akibatnya ikan-ikan akan mati, timbul bau tidak sedap, dan secara keseluruhan akan menurunkan kualitas perairan (National Small Flows Clearinghouse 1997).

Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi bahan organik di perairan disebut dengan *biochemical oxygen demand* (BOD). BOD merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan dan mengevaluasi kualitas perairan (Revelli dan Ridolfi 2004).

Pengolahan limbah merupakan hal yang mutlak dilakukan agar limbah yang dibuang dapat memenuhi kriteria baku mutu limbah. Bagi usaha rumah makan berskala kecil dan menengah seperti rumah makan dengan luas bangunan kurang dari 1000 m², memang belum memiliki kewajiban untuk menyusun dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) dan dokumen Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup (UKL) Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (UPL). Namun usaha dan/atau kegiatan kecil dan menengah tersebut tetap harus memiliki pengelolaan limbah yang baik agar mereka layak mendapatkan izin usaha dan/atau kegiatan yang mempersyaratkan mereka melakukan pengelolaan limbah yang dikenal dengan Dokumen Pengelolaan Lingkungan Hidup (DPLH). Dokumen ini nantinya akan dikeluarkan oleh Badan Lingkungan Hidup Kota/Provinsi.

Dokumen ini merupakan salah satu syarat keberlangsungan usaha rumah makan berskala kecil dan menengah. Masalah utama yang dihadapi oleh usaha dan/atau kegiatan kecil dan menengah adalah kesulitan mereka untuk membuat pengolahan limbah yang sederhana, murah dan mudah diaplikasikan. Oleh karena itu pada penelitian ini, peneliti bermaksud mengakomodir hal tersebut agar para pengusaha usaha kegiatan kecil dan menengah dapat memiliki pengolahan limbah, terutama limbah minyak, lemak dan bahan organik.

Pengolahan limbah yang dapat diaplikasikan secara sederhana adalah *grease trap*. *Grease trap* merupakan alat yang telah cukup dikenal sebagai *pre-treatment*. Alat ini merupakan alat penahan minyak dan lemak dan

mencegahnya sampai ke tempat pembuangan limbah. Penahan beroperasi dengan menggunakan sejumlah ruang penyekat untuk memperlambat aliran limbah saat melintasi alat ini. Ruang-ruang tersebut memaksimalkan waktu retensi air limbah sehingga memungkinkan padatan yang mengendap pada bagian bawah perangkat, sedangkan minyak dan lemak terkoagulasi dengan air dan mengambang ke permukaan sehingga mudah untuk dipisahkan (Kosciuzko National Park 2012). Alat ini membantu untuk memisahkan minyak dari air, sehingga minyak tidak menggumpal dan membeku di pipa pembuangan dan membuat pipa tersumbat.

Pada penelitian ini, *grease trap* dikombinasikan dengan adsorben karbon aktif, sehingga dapat meningkatkan kinerja *grease trap*. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Gawad (2014) telah melakukan penghilangan minyak menggunakan zeolit dengan efisiensi hingga 80%. *Grease trap* yang dikombinasikan dengan karbon aktif dioptimasi sehingga diharapkan dapat meningkatkan kinerja *grease trap* yang tidak hanya dapat mereduksi minyak dan lemak, tapi juga mereduksi bahan organik yang terkandung pada limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kondisi optimum dan efisiensi penggunaan *grease trap* yang dimodifikasikan dengan karbon aktif untuk mereduksi minyak, lemak dan bahan organik dari limbah rumah makan. Teknologi *grease trap* yang dimodifikasikan dengan karbon aktif diharapkan dapat menjadi solusi praktis bagi penanganan limbah minyak, lemak dan bahan organik. Manfaat penelitian ini adalah penggunaan *grease trap* bagi usaha rumah makan berskala kecil dan menengah.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak. Penelitian dilaksanakan pada bulan September s/d November 2016.

2.2. Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.

Alat	Bahan
- Ayakan 100 <i>mesh</i> , bulb,	- Limbah cair lemak dan minyak dari rumah makan berskala kecil di Kota Pontianak.
- Desikator berisi silika gel,	- Karbon aktif komersil,
- DO meter,	- Bahan kimia: asam klorida; pelarut organik berupa <i>n</i> -heksana, methyl tert buthyl ether (MTBE); padatan
- Evaporator,	

Alat	Bahan
- Kolom kromatografi, - <i>magnetic stirrer</i>, - neraca analitik, - oven, - pH-meter digital, - penangas air, - peralatan gelas standar - pipa PVC, - pompa vakum, - <i>shaker</i>, spektrofotometer UV-Vis	natrium sulfat anhidrat; air destilasi; larutan buffer fosfat, larutan magnesium sulfat; larutan kalsium klorida; larutan feri klorida; larutan asam sulfat; kertas Whatman Grade 934 AH dengan ukuran pori (<i>particle Retention</i>) 1,5 μm (standar untuk analisis TSS di air); Gelman type A/E, dengan ukuran pori (<i>particle retention</i>) 1,0 μm (standar filter untuk pengecekan TSS/TDS pada prosedur analisis air sanitari), E-D Scientific Specialities grade 161 (VWR brand grade 161) dengan ukuran pori (<i>particle retention</i>) 1,1 μm (rekomendasi untuk penggunaan pengecekan TSS/TDS pada air dan air limbah); larutan kalium dikromat; larutan asam sulfat-perak sulfat; larutan indikator ferroin; larutan ferro ammonium sulfat; larutan baku potassium hidrogen phthalate; asam sulfanamat; dan serbuk merkuri sulfat.

2.3. Prosedur kerja atau tahapan penelitian

Preparasi karbon aktif. Karbon aktif yang telah diperoleh diambil 500 g dan direndam dalam HCl 4M sebanyak 250 mL selama 24 jam. Kemudian disaring dan dicuci dengan aquades sampai pH netral, langkah selanjutnya residu dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 3 jam.



Gambar 1. *Grease trap* tanpa modifikasi (kiri), pipa pembuangan langsung mengarah ke penampungan (kiri), *grease trap* termodifikasi karbon aktif (kanan).

Arang yang telah dikeluarkan dari oven, kemudian dimasukkan ke dalam desikator (Karthikeyan *et al.* 2008). Persiapan alat *grease trap* yang dimodifikasi dengan karbon aktif. Alat *grease trap* disiapkan kemudian dilakukan modifikasi dengan karbon aktif. Karbon aktif diisikan ke dalam pipa PVC sepanjang 20 cm.

Limbah minyak dan lemak kembali dimasukkan ke *grease trap*, kemudian melewati kolom pipa PVC yang berisi karbon aktif, selanjutnya ditampung dalam wadah (**Gambar 1**).

2.4. Uji kinerja alat *grease trap* yang dimodifikasi dengan karbon aktif

a. Uji minyak dan lemak

Uji minyak dan lemak merujuk pada SNI 06-6989.10-2004 Bagian 10: Cara Uji Minyak dan Lemak. Kandungan parameter minyak dan lemak dianalisis dengan metode ekstraksi gravimetri. Hasil analisis kandungan parameter minyak dan lemak dari sampel yang diperiksa, dipilih nilai konsentrasi yang tertinggi sebagai dasar pembuatan larutan artifisial.

b. Uji *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Uji BOD merujuk pada SNI.6989.72: 2009 Tentang Air dan Air Limbah- Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand*/BOD).

c. Uji total suspended solid (TSS)

Uji TSS merujuk pada SNI 06-6989.3-2004 Air dan air limbah- Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid*/TSS) secara Gravimetri.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbon aktif komersial yang telah dipreparasi, diaplikasikan pada *grease trap*. *Grease trap* memiliki ruang penyekat yang bertujuan memisahkan minyak dan lemak dari air limbah rumah makan. *Grease trap* terdiri dari 3 bagian kolom (2 sekat). Kolom pertama berisi saringan yang bertujuan untuk memisahkan padatan (baik berupa TSS maupun pengotor padatan lainnya yang terkandung pada air limbah). Air limbah yang dapat melewati saringan dan masuk ke kolom kedua. Pada kolom ini akan terjadi proses pemisahan minyak dan lemak yang terkandung pada air limbah. Minyak dan lemak memiliki massa jenis yang lebih ringan daripada air (massa jenis minyak adalah $0,8 \text{ g/cm}^3$, massa jenis lemak $0,8\text{-}0,9 \text{ g/cm}^3$, dan massa jenis air adalah 1 g/cm^3), sehingga akan memisah dan mengambang di atas, sedangkan air limbah dapat lewat ke bagian tiga melalui bagian bawah *grease trap*. Pada bagian ketiga air yang sudah direduksi TSS serta minyak dan lemaknya kemudian akan dikeluarkan ke pembuangan melalui keran yang terpasang pada kolom ketiga.

Hasil uji kandungan minyak dan lemak serta bahan organik pada air limbah hasil output dari *grease trap* menunjukkan bahwa kadar BOD, TSS, minyak dan lemak yang terkandung dalam air limbah masih melewati nilai baku mutu

menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan, baku limbah domestik (**Tabel 2**). Hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun sudah menggunakan *grease trap*, ternyata masih ada minyak dan lemak yang tidak dapat tertahan dengan baik di *grease trap* atau tetap dapat melewati saringan *grease trap*, kemudian keluar sebagai air limbah. Secara prinsip kerja alat, *grease trap* memang bukan merupakan alat yang dapat mereduksi bahan organik, sehingga nilai BOD (mewakili konsentrasi bahan organik secara umum) dari air limbah hasil output dari *grease trap* masih di atas baku mutu.

Tabel 2. Kandungan air limbah hasil *output* dari *grease trap*.

Parameter Uji	Satuan	Air Limbah	Air Limbah Hasil Output dari <i>Grease trap</i>	Baku mutu*
COD	mg/L		1217,6	-
BOD	mg/L		645	100
TSS	mg/L		156	100
Minyak dan lemak	mg/L	527	88,45	10

*Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan, baku limbah domestik, Lampiran XLVI

Limbah minyak dan lemak setelah melewati *grease trap*, dilewatkan kembali pada kolom yang berisi karbon aktif, kemudian hasil output minyak dan lemak tersebut ditampung ke dalam wadah (**Gambar 1**). Ketika melewati pipa PVC yang berisi karbon aktif, bahan organik dari minyak dan lemak direduksi berdasarkan prinsip adsorpsi. Adsorpsi bahan organik, TSS, minyak dan lemak oleh karbon aktif terjadi karena pori yang dimiliki oleh adsorben. Karbon aktif akan melakukan kontak dengan bahan pencemar, dimana karbon aktif akan mengadsorpsi molekul bahan pencemar hingga tercapai kondisi setimbang. Menurut Wijaya *et al.* (2002), waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontakanya cukup.

Hasil pengujian konsentrasi COD, BOD, TSS, minyak dan lemak dari limbah minyak dan lemak yang dilewatkan pada *grease trap* yang dimodifikasi karbon aktif dapat dilihat pada **Tabel 3**. Adsorpsi yang terjadi yakni akibat adanya medan gaya pada permukaan adsorben (karbon aktif) yang menarik molekul-molekul adsorbant (limbah cair). Pada proses ini, partikel atau molekul bahan pencemar akan menempel pada permukaan karbon aktif dan arang aktif karbon aktif yang disebabkan adanya perbedaan muatan yang lemah diantara keduanya yang disebabkan oleh gaya van der Waals. Tarik menarik akan terjadi antara

muatan positif dari karbon aktif dan gugus karboksil yang bermuatan negatif pada bahan pencemar, sehingga membentuk suatu lapisan tipis partikel-partikel halus pada permukaan karbon aktif.

Tabel 3. Kandungan air limbah hasil *output* dari *grease trap* yang dimodifikasi dengan kolom yang berisi adsorben karbon aktif dan karbon aktif.

Parameter Uji	Satuan	Air Limbah Hasil <i>Output</i> dari <i>Grease trap</i>	Air Limbah Hasil <i>Output</i> dari <i>Grease trap</i> yang Dimodifikasi dengan Kolom yang Berisi Adsorben Karbon Aktif	Baku mutu*
COD	mg/L	1.217,6	2,5	-
BOD	mg/L	645	19	100
TSS	mg/L	156	3,4	100
Minyak dan lemak	mg/L	88,45	-	10

*Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan, baku limbah domestik, Lampiran XLVI

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan *grease trap* sebagai solusi menurunkan konsentrasi minyak dan lemak dari air limbah memang telah terbukti, namun ternyata belum cukup mampu menurunkan konsentrasi bahan organik, TSS, minyak dan lemak hingga ke nilai baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan, baku limbah domestik, Lampiran XLVI. Penggunaan kolom yang diisi dengan karbon aktif untuk dimodifikasi pada alat *grease trap* ternyata mampu menurunkan konsentrasi bahan organik, TSS, minyak dan lemak lebih baik sehingga konsentrasi bahan organik, TSS, minyak dan lemak air limbah keluaran dari *grease trap* yang dimodifikasi dengan karbon aktif jauh lebih rendah dari baku mutu.

5. Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada Universitas Tanjungpura yang telah memfasilitasi penelitian ini melalui dana hibah fundamental aplikatif Universitas Tanjungpura.

6. Daftar Pustaka

- Gawad HSA. 2014. Oil and grease removal from industrial wastewater using new utility approach. *Advances in Environmental Chemistry* 2014(6).
- Islam MS, Saiful, Hossain M, Sikder M and Morshed M. 2013. Acute toxicity of the mixtures of grease and engine wash oil on fish, *pangasius sutch*, under

laboratory condition. *Biotechnology and Pharmacology Research* 2(1):306–317.

Karthikeyan S, Sivakumar P and Palanisamy PN. 2008. Novel activated carbons from agricultural wastes and their characterization. *E-Journal of Chemistry* 5:409-426.

Kosciuzko National Park. 2012. Wastewater pre-treatment. The Office of Environment and Heritage. Sydney.

Lan WU, Gang GE and Jinbao WAN. 2009. Biodegradation of oil wastewater by free and immobilized *Yarrowia lipolytica* W29. *Journal of Environmental Sciences* 21(2):237–242.

Manahan SE. 2009. *Environmental Chemistry*. 9th edition. GRC Press LLC. Florida.

National Small Flows Clearinghouse. 1997. Basic wastewater characteristics. *Pipeline* 8(4):1-8.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Revelli R and Ridolfi L. 2004. Stochastic dynamics of BOD in a stream with random inputs. *Advances in Water Resources* 27(9):943–952.

Wijaya K, Tahir I dan Baikuni A. 2002. Sintesis lempung terpillar Cr_2O_3 dan pemanfaatannya sebagai inang senyawa p-nitroanalina. *Indonesian Journal of Chemistry* 2(1):12-21.

Potensi akumulasi Aurum (Au) pada beberapa jenis tumbuhan di wilayah penambangan emas Kapuas Tengah

S. Sunariyati^{1*}, M. Amin², L. Hakim³

¹Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Palangka Raya, Indonesia

²Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Indonesia

³Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Brawijaya, Indonesia

Abstrak.

Terdapatnya logam Au dalam tumbuhan masih menjadi permasalahan yang belum terpecahkan dan perlu diteliti. Tujuan penelitian ini adalah (1) menginventarisasi dan mengidentifikasi beberapa jenis tumbuhan yang dimanfaatkan masyarakat sebagai indikator terdapatnya emas. (2) menganalisis kandungan Au pada spesimen tumbuhan yang diyakini sebagai penunjuk terdapatnya emas di wilayah penambangan. Kegiatan penelitian ini terdiri dari dua tahap. Tahap I adalah identifikasi jenis-jenis tumbuhan di wilayah penambangan emas yang diyakini penduduk setempat sebagai indikator keberadaan emas. Tahap II pembuktian ilmiah yang dilakukan melalui analisis kandungan Aurum (Au) dengan menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), yang diamati pada panjang gelombang 242,8 nm. Hasil inventarisasi dan identifikasi diperoleh 11 jenis tumbuhan yang diyakini oleh penambang emas sebagai tumbuhan indikator terdapatnya emas. Hasil analisis laboratorium menunjukkan pada 11 jenis tumbuhan dapat mengakumulasi Au di dalam jaringan akar, batang dan daunnya dengan kadar yang bervariasi. Kadar rata-rata tertinggi terdapat di batang sebesar (130,90 ppb), di daun (84 ppb) dan terendah di akar dengan rata-rata (67,81 ppb). Adanya akumulasi Au pada tumbuhan berkorelasi dengan terdapatnya Au di dalam tanah.

Abstract.

The presence of Au in plants is still an unsolved problem and needs to be investigated. The purposes of this research were to (1) inventory and identify several species of plants that are utilized as an indicator of gold. (2) to analyze the content of Au on the specimens of plants that are believed as indicator of the existence of gold in the gold mining region. The activities of this research consisted of two stages. Phase I was the identification of the species of plants in the gold mining region believed by the local society as an indicator of the presence of gold. Phase II scientific proof was done through the analysis of the content of Au using AAS, was observed at a wavelength of 242.8 nm. The results of the inventory and identification obtained 11 plants species, believed by miners as indicator of gold. The results of the laboratory analysis showed 11 plants species could accumulate Au on the root, stem and leaves with a varied levels. The highest average levels found in the stems (135.81 ppb), in the leaves (88.81 ppb) and the lowest at the roots with an average of 67.81 ppb. The existence of an accumulation of Au in plants correlates with there Au in the ground.

Keywords: accumulation of Au, gold mining

Kata kunci: akumulasi Au, penambangan emas

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki hutan tropis dengan sumber kekayaan flora yang besar dan struktur vegetasi yang kompleks. Beranekaragam jenis tumbuhan yang ada di hutan selain dimanfaatkan sebagai tumbuhan obat, ada juga yang berpotensi secara praktis sebagai indikator lingkungan tertentu. Berkaitan dengan kekayaan keanekaragaman hayati Indonesia, maka pemanfaatan tumbuhan berkembang dalam segala maksud dan keperluan, terutama yang berkenaan dengan makna budaya, jadi bukan hanya nilai ekonominya saja. Perilaku tradisional yang selama ini sudah mengakar dalam kehidupan budaya

* Korespondensi Penulis
Email : sunariyati1516@yahoo.com

masyarakat perlu dimanfaatkan untuk pelestarian kearifan lokal di wilayah setempat.

Potensi endapan emas terdapat hampir di setiap wilayah Indonesia. Di daerah Kapuas Tengah, Kalimantan Tengah memiliki hutan yang sangat luas dan terdapat beranekaragam jenis tumbuhan yang dimanfaatkan oleh penduduk setempat (*indigenous knowledge*). Untuk mengetahui tempat-tempat tertentu yang diperkirakan mengandung emas, sebagian penduduk berdasar informasi dan hasil wawancara dengan penambang emas, ada yang menggunakan jenis tumbuhan tertentu sebagai penanda (indikator) untuk menunjukkan tempat terdapatnya emas. Ada beberapa jenis tumbuhan hutan yang diyakini oleh masyarakat suku Dayak di wilayah Kapuas Tengah, Kalimantan Tengah sebagai tumbuhan penanda (indikator) adanya logam emas (Au). Namun hingga saat ini belum diketahui kebenarannya secara ilmiah, mengapa tumbuhan tersebut digunakan sebagai penanda.

Berdasarkan hasil penelitian Girling dan Peterson (1980) dilaporkan bahwa beberapa jenis tumbuhan dapat mengakumulasi logam emas di dalam jaringan tubuhnya. Elemen ini dapat ada dalam tumbuhan dalam konsentrasi yang bervariasi, tergantung jenis, tingkat pertumbuhan, dan faktor tanah di lingkungan sekitar. Hasil eksperimen secara statistik, ada korelasi antara faktor tanah dengan keberadaan tumbuhan dimana tumbuh secara alami yang digunakan untuk mendeteksi kekayaan mineral di dalam tanah. Girling dan Peterson (1980) menunjukkan bahwa konsentrasi logam emas di dalam tumbuhan yang diambil dari daerah yang berbeda, kandungannya sangat kecil (dalam ppb) yaitu antara 10 – 200 ppb (berat kering). Selanjutnya hasil pengamatan menunjukkan adanya logam emas di bagian akar dan batang pada tujuh spesies tumbuhan yang diteliti.

Kondisi lingkungan sangat menentukan ketersediaan unsur hara bagi tumbuhan. Ulrich dalam Sutedjo (1989) menyatakan bahwa apa yang terdapat dalam tubuh tumbuhan sangat berhubungan dengan pertumbuhannya pada tanah dengan kadar hara yang dikandungnya. Sesuai dengan hasil penelitian Supriyono dan Prehaten (2014) bahwa kondisi unsur hara dalam tanah memiliki kadar unsur hara yang selaras dengan kadar di daun. Keberadaan suatu unsur di dalam tubuh tumbuhan memang sangat dimungkinkan termasuk logam emas (Aurum), karena pada dasarnya semua unsur ada di dalam tubuh tumbuhan walaupun jumlahnya sangat kecil (Gupta & Sarivasta 1996).

Cara transportasi logam emas pada tumbuhan sebagian tergantung pada proses metabolisme dalam larutan nutrisi yang mengandung emas dan pengaruh pH media pertumbuhan. Lokasi penyimpanan logam emas distribusinya tidak sama, ada beberapa spesies mengakumulasi di bagian tunas khusus (*H. vulgare* dan *P. tanacetii*), tetapi dari hasil percobaan sebagian besar dalam bentuk

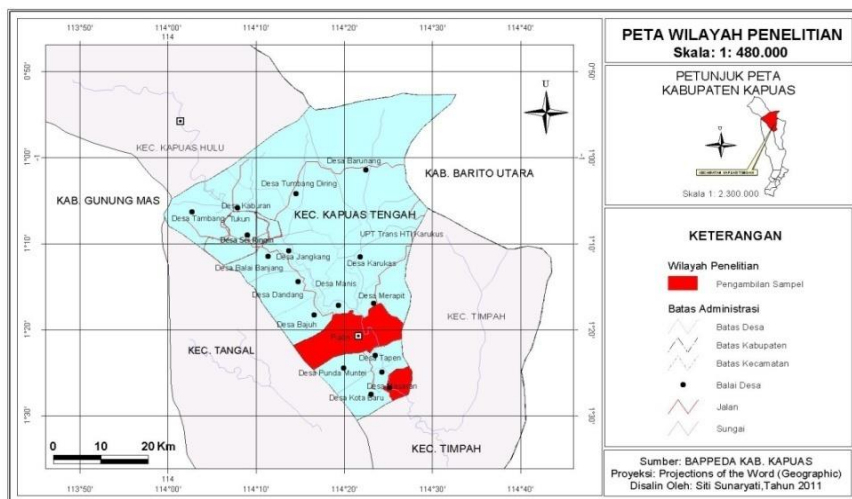
terlarut terdapat di bagian akar dan di batang dalam bentuk tidak terlarut. Distribusi logam Aurum dalam bentuk terlarut dengan sianida banyak terdapat di akar dan batang, tetapi di akar banyak dalam bentuk terikat dengan klorida yang tidak terlarut. Hal ini menunjukkan bahwa komponen emas yang dialirkan ke batang tidak disimpan dalam bentuk tidak terlarut (Girling dan Peterson 1980).

Berdasar pemikiran adanya kemampuan tumbuhan dalam menyerap ion-ion dengan mekanisme pengangkutan tertentu yang berakibat adanya akumulasi mineral logam Au di dalam tubuh tumbuhan, maka sebagai implikasi ekologisnya perlu dibuktikan apakah pada tumbuhan yang diduga sebagai penanda/indikator adanya Au juga memiliki potensi untuk menyerap dan mengakumulasi logam Au. Hal ini tentunya perlu dikaji lebih lanjut dalam suatu penelitian.

2. METODE

2.1. Lokasi Kajian dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian di kawasan hutan wilayah penambangan emas di Desa Masaran dan Desa Pujon, Kecamatan Kapuas Tengah, Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah. Secara geografis Kecamatan Kapuas Tengah terletak pada koordinat antara 114° BT– $114^{\circ} 2' 0''$ BT dan $0^{\circ} 48' 0''$ LS - $1^{\circ} 27' 62''$ LS. Penelitian ini dilaksanakan pada Mei 2011 sampai Juni 2012. Peta lokasi penelitian terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Penelitian tahap I menginventarisasi dan identifikasi pengetahuan lokal masyarakat suku Dayak Ngaju tentang tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai

penanda terdapatnya emas. Untuk mempelajari pengetahuan lokal masyarakat tentang tumbuhan digunakan pendekatan kualitatif. Pendekatan kualitatif digunakan untuk menggali informasi dan mendiskripsikan pengetahuan lokal tentang pemanfaatan tumbuhan di wilayah penambangan emas Kapuas Tengah.

Tahap kedua terdiri dari dua kegiatan, yaitu identifikasi spesimen dan analisis kadar Au pada tanah dan tumbuhan. Untuk identifikasi tumbuhan yang ditemukan di lokasi penambangan emas digunakan pendekatan diskriptif kualitatif, yaitu dengan cara mendiskripsikan spesimen tumbuhan dan dicocokkan dengan buku/leteratur atau dokumen lain yang ada. Selanjutnya dilakukan analisis kadar Au pada tanah dan tumbuhan secara kuantitatif.

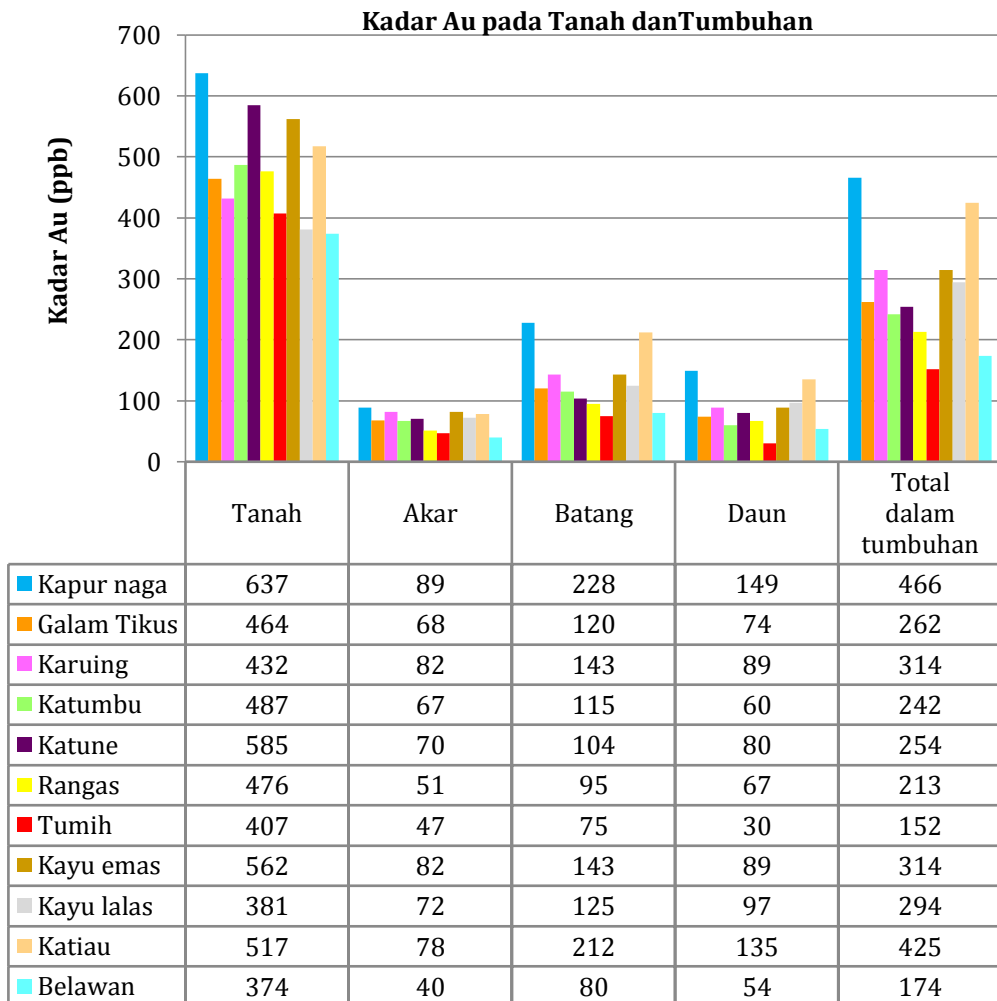
2.2. Prosedur Analisis Data

Analisis kadar Au digunakan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk mengukur kadar Au pada tumbuhan dan dibandingkan dengan tumbuhan sejenis yang tumbuh di tempat yang berbeda. Analisis kandungan Aurum (Au) dengan menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) yang diamati pada panjang gelombang 242,8 nm, dengan mengikuti prosedur analisis yang diadaptasi dari Vogel's (2000). Data kadar Au pada tumbuhan dari setiap desa yang diamati, selanjutnya dianalisis dengan menggunakan uji korelasi, yaitu untuk melihat hubungan antara kadar Au tanah dengan akar, batang dan daun tumbuhan. Analisis yang digunakan adalah analisis korelasi Pearson Product Moment (PPM) yang dibantu Statistical Product and Service Solution (SPSS) for Windows versi 17.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Hasil Analisis Kadar Au pada Beberapa Jenis Tumbuhan Penanda

Berdasarkan informasi dari 40 informan yang terdiri dari para penambang emas, pemangku adat/damang, dan kepala desa, diperoleh 11 jenis tumbuhan yang diinformasikan dapat mencirikan kandungan emas dalam tanah, dengan hasil yang berbeda-beda. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil analisis kadar Au pada tumbuhan menunjukkan beberapa jenis tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam Au, tetapi dalam kadar yang bervariasi. Tumbuhan memiliki sifat toleran terhadap lingkungan dan mampu mengakumulasi logam pada jaringan akar, batang dan daunnya. Perbedaan kadar Au pada akar, batang dan daun tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai indikator dapat dilihat pada (**Gambar 2**). Kadar Au pada masing-masing jenis tumbuhan penanda dan reratanya ditunjukkan pada (**Tabel 1**).



Gambar 2. Perbandingan kadar Au pada tanah, akar, batang dan daun.

Tabel 1. Kadar Au pada masing-masing jenis tumbuhan penanda.

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Kadar Au (ppb)			
			Akar	Batang	Daun	Tanah
1	Kapur naga	<i>Calophyllum hosei</i> Ridl	89	228	149	637
2	Katumbu	<i>Dillenia excelsa</i> Gilg	67	115	60	487
3	Karuing	<i>Dipterocarpus crinitus</i> Dyer	82	143	89	432
4	Katune	<i>Agrostistachys sessilifolia</i> (Kurz) Pax&Hoffm	70	104	80	585
5	Pelawan	<i>Tristania obovata</i> R.Br.	40	80	54	374
6	Galam tikus	<i>Tristaniaopsis merguensis</i> Griff	68	120	74	464
7	Katiau	<i>Ganua motleyana</i> (de Vriese) Pierre ex Dubard	78	212	135	517
8	Rangas	<i>Swintonia glauca</i> Engl.	51	95	67	476

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Kadar Au (ppb)			
9	Kayu lalas	<i>Syzygium zeylanicum</i> (L) DC	72	125	97	381
10	Tumih	<i>Combretocarpus rotundatus</i> Miq	47	75	30	407
11	Kayu emas	<i>Memecylon myrsinoides</i> Blume	82	143	89	562
		Rerata	67,81	130,90	84	483,81

3.2. Potensi Akumulasi Au pada Tumbuhan

Berdasarkan hasil wawancara mendalam dengan informan dinyatakan bahwa keyakinan tentang tumbuhan penanda/indikator yang digunakan sebagai penanda terdapatnya logam emas, ada hubungannya dengan kondisi tanahnya. Untuk membuktikan pernyataan tersebut, dianalisis kadar Au tanah sebagai media tempat pertumbuhannya. Data hasil analisis kadar Au (**Gambar 2**) menunjukkan bahwa adanya akumulasi Au pada tumbuhan yang terdapat di bagian akar, batang dan daun. Rerata akumulasi kadar Au tertinggi terdapat di bagian batang sebesar 135,81 ppb, kedua di daun sebesar 88,81 ppb dan terendah di akar sebesar 67,81 ppb. Di tempat-tempat yang ditumbuhi tumbuhan tersebut, dari hasil analisis media tumbuhnya (tanah) menunjukkan adanya kadar Au yang tinggi di dalam tanah sebesar 483,81 ppb. Terutama untuk tanah sebagai tempat tumbuh katune, dinyatakan informan sebagai tanda spesifik sebagai tumbuhan indikator, memiliki kadar Au tanah lebih tinggi dibandingkan tumbuhan lain.

Tumbuhan berpotensi mengambil Au dari lingkungan dan mengakumulasi di dalam jaringan tubuhnya, hal ini karena beberapa jenis tumbuhan dari beberapa famili terbukti memiliki sifat hipertoleran, yaitu mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar, batang dan daunnya, sehingga bersifat hiperakumulator. Dikemukakan Gupta & Sarivasta (1996) keberadaan suatu unsur di dalam tubuh tumbuhan memang sangat dimungkinkan termasuk logam emas (Au), karena pada dasarnya semua unsur ada di dalam tumbuhan walaupun jumlahnya sangat kecil. Akumulasi Au pada jaringan tumbuhan (berkayu) pada beberapa jenis tumbuhan telah dilaporkan oleh Jones dalam Girling (1980) biasanya dalam kisaran ppb/berat kering. Ini sejalan dengan hasil penelitian, dari beberapa sampel yang dianalisis ternyata akumulasi Au di akar, batang dan daun juga dalam kisaran ppb.

Hasil analisis kadar Au menunjukkan bahwa kadar Au tumbuhan tertinggi pada bagian batang. Akumulasi pada batang yang lebih tinggi dibanding bagian lain, kemungkinan karena senyawa emas dalam bentuk terlarut pada saat diangkut dari akar menuju ke batang selanjutnya di batang tidak disimpan dalam bentuk terlarut. Hal ini terjadi karena mekanisme pengangkutan logam yang bersifat *Cellular exclusion* (penyimpanan dalam sel) di ruang bebas apoplastik yang membentuk kompleks diantara membran dan dinding sel. Hal

ini sesuai dengan hasil penelitian Dunn (2007) dari 24 sampel *Alnus crispa* yang diabukan, berdasarkan hasil analisis kimia diperoleh konsentrasi yang bervariasi yaitu berkisar 5 - 14 ppb pada bagian ranting, 14 ppb di daun, dan 140 ppb di bagian batang (kulit kayu). Kesimpulan yang dapat diambil dari data hasil analisis abu adalah bahwa sejumlah kecil Au dapat dipertahankan dalam sel-sel ranting atau daun (*Alnus crispa*) dan sebagian terlarut dalam getah. Menurut Padmavathiamma dan Li (2007) beberapa tumbuhan hiperakumulator dapat menyerap senyawa dalam jumlah besar dibandingkan dengan tumbuhan lain. Hiperakumulator logam pada tumbuhan dapat menumpuk dan konsentrasinya lebih besar di bagian batang dibanding pada tumbuhan non-akumulator yang biasanya ditemukan.

Data kadar Au menunjukkan, kadar Au tumbuhan tertinggi terdapat pada batang, kemudian daun dan kadar terendah terdapat di akar. Hasil analisis korelasi antara akar, batang dan daun dengan tanah menunjukkan, adanya korelasi positif antara kadar Au tanah dengan kadar Au pada tumbuhan, hal ini berarti adanya akumulasi Au pada tumbuhan juga menunjukkan terdapatnya Au pada tanah. Hasil analisis korelasi menunjukkan adanya korelasi yang signifikan antara akar, batang, daun dengan tanah. Walaupun kadar Au di akar paling rendah, tetapi menunjukkan hasil korelasi yang signifikan.

3.3. Mekanisme Transport Au pada Tumbuhan

Serapan dan transportasi Au di zona perakaran transportasinya melawan gravitasi dari akar ke daun, dan akumulasi terjadi di daun, kulit kayu, ranting dan akhirnya ke sampah/seresah. Tumbuhan dapat menjadi kontributor penting bagi mediasi biologis siklus Au di tanah regolith (Reith *et al.* 2007). Tumbuhan mengambil beberapa jenis logam dari lingkungannya, dipengaruhi kondisi tanah seperti pH, suhu dan oksigen merupakan faktor penting dalam pengangkutan unsur-unsur anorganik maupun senyawa organik. Selain itu beberapa senyawa organik memainkan peran dalam pengangkutan logam membentuk kompleks dengan senyawa di dalam tanah dan meningkatkan *bioavailability* dan serapan logam (Babula *et al.* 2008). Melalui transporter berupa molekul yang memiliki massa rendah secara aktif disekresikan oleh akar tumbuhan dan berfungsi sebagai kelators. Mekanisme pengkelatan, diperkirakan unsur logam diserap dalam bentuk kompleks logam-kelat yaitu Phytochelatin sulfhydryl yang disintesis dari glutathion dalam tumbuhan (Narasimha & Prasad 1999)

Secara fisiologis mekanisme transport Au belum banyak diteliti, namun pada dasarnya cara pengangkutan Au sama dengan logam lain. Tumbuhan mengakumulasi logam dari larutan tanah. Sebelum logam di transportasi dari larutan tanah ke dalam tumbuhan, harus melewati permukaan akar melalui mekanisme pengangkutan pasif. Ion logam bergerak melalui pori dinding sel

akar melalui arus massa, atau melalui proses pengangkutan symplastis melalui sel-sel akar. Penyerapan Au dari larutan tanah ke permukaan akar kemungkinan dalam bentuk ion yang teroksidasi ($\text{Au}^+ + e$) dan masuk ke dalam sel akar. Sifat kompleks dari rizosfer yang dinamis dan terus-menerus berubah menyebabkan terjadinya variasi dalam pengambilan logam. Proses selanjutnya dikemukakan Prasad (2006) bahwa ada protein membran yang khusus pada tumbuhan dapat mengenali struktur kimia logam esensial, protein ini mengikat logam dan kemudian siap untuk penyerapan dan transportasi. Pada akar elemen ini diangkut melalui sistem vaskular ke bagian atas (tunas). *Chelator* yang berbeda dapat terlibat dalam translokasi kation logam melalui xilem, seperti asam organik (malat, sitrat, histidin). Selanjutnya logam diangkut dalam bentuk kompleks khelat dan ditranslokasi ke atas melalui xilem.

3.4. Hubungan Akumulasi Au dengan Potensi terdapatnya Emas

Adanya Au pada beberapa jenis tumbuhan yang diyakini sebagai tumbuhan indikator terdapatnya emas, membuktikan bahwa pengetahuan lokal masyarakat tentang tumbuhan penanda bisa dibuktikan secara ilmiah. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan Dunn(2007) yang melakukan eksplorasi di Indonesia, di wilayah Papua New Guinea, di area tertentu ditemukan pohon yang memiliki bentuk tulang daun yang khas, diantaranya *Astronidium paluense* yang digunakan untuk menduga adanya mineralisasi Au. Hal ini juga mengindikasikan bahwa adanya kandungan logam pada tumbuhan diyakini merupakan alat untuk menduga kandungan deposit di dalamnya. Analisis kandungan Au pada tumbuhan merupakan salah satu cara yang efektif untuk menduga keberadaan logam berat yang ada di dalam tanah.

Tumbuhan pada dasarnya dapat mengakumulasi Au, namun penulis tidak merekomendasikan hasil penelitian ini untuk proses ekstraksi emas (*Phytomining*), karena pemanenan emas lewat tumbuhan dinilai tidak ekonomis dan merusak lingkungan, disamping itu diperlukan biaya yang besar. Walaupun akhir-akhir ini dicari beberapa jenis tumbuhan hiperakumulator emas untuk kepentingan ekonomis. Kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi emas dimanfaatkan untuk *Phytomining* yaitu penggunaan tumbuhan untuk mengakumulasi logam berharga dari sampah pertambangan substrat (*tailing*) atau tanah mineral. Teknik ini diterapkan di daerah dimana konsentrasi logam tidak cocok untuk diekstraksi dengan cara teknologi konvensional (Anderson *et al.* 1999; Bali *et al.* 2010; Corral *et al.* 2010).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil inventarisasi dan identifikasi pada tumbuhan yang diyakini oleh masyarakat suku Dayak Ngaju sebagai tumbuhan indikator terdapatnya emas di

wilayah penambangan emas Kecamatan Kapuas Tengah, diperoleh 11 jenis tumbuhan dengan habitat yang spesifik. Hasil analisis laboratorium pada 11 jenis tumbuhan yang ditemukan, dapat mengakumulasi Au di dalam jaringan akar, batang dan daunnya dengan kadar yang bervariasi. Kadar rata-rata tertinggi terdapat pada batang sebesar 130,90 ppb, pada daun 84 ppb dan terendah pada akar dengan rata-rata 67,81 ppb.

Tumbuhan mampu mengambil dan mengangkut Au dari dalam tanah melalui akar yang terakumulasi di batang dan daun. Logam Au diangkut dalam bentuk kompleks khelat dan ditranslokasi ke atas melalui xilem. Hasil analisis korelasi menunjukkan adanya korelasi yang signifikan antara kadar Au di akar, batang dan daun dengan kadar Au tanah. Hal ini berarti terdapatnya Au pada tumbuhan berpotensi terdapatnya Au dalam tanah.

Banyak jenis tumbuhan di wilayah Kalimantan Tengah yang belum diketahui manfaatnya, oleh sebab itu disarankan untuk dilakukan penelitian eksplorasi jenis-jenis tumbuhan bermanfaat di wilayah yang berbeda. Hasil penelitian tentang terdapatnya logam Au pada tumbuhan merupakan aspek yang menarik untuk dilakukan penelitian lebih lanjut, karena masih banyak aspek yang belum diketahui dengan pasti tentang pemanfaatan dan mekanisme transportasi Au pada tumbuhan. Salah satu upaya konservasi yaitu dengan cara mempertahankan keberadaan tumbuhan pada habitatnya agar tidak ditebang untuk kepentingan penambangan.

5. Daftar Pustaka

- Anderson CWN, Brooks RR and Stewart RB. 1999. Gold uptake by Plants. Soil and Earth Science Institute of Natural Resource. Massey University. Palmerston North, New Zealand. Gold Bulletin June 32(2):48-52.
- Babula P, Adam V, Opatrilova R, Zehnalek HL and Kizek R. 2008. Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: a review. *Environ Chem Lett* 6:189-213.
- Bali R, Siegele R and Harris AT. 2010. Phytoextraction of Au: uptake, accumulation and cellular distribution in *Medicago sativa* and *Brassica juncea*. *Chemical Engineering Journal* 156:286-297.
- Corral VW, Lopez MR, Perez JL, Vargas MA and Anderson C. 2010. Gold phytomining in arid and semiarid soils. Brisbane, Australia. *Soil Solutions for a Changing World* 1-6.
- Dunn CE. 2007. New perspective on biogeochemical exploration [internet]. Tersedia di: <https://www.researchgate.net/publication/267256996>.
- Girling CA dan Peterson PJ. 1980. Gold in Plant. Gold Bulletin 13 [internet]. Tersedia di: <http://www.goldbulletin.org>.

- Girling CA, Peterson PJ and Warren. 1979. Plants as indicators of gold mineralization at Watson Bar, British, Colombia. Canada. *Economic Geology* 74(4):902-907.
- Gupta UC and Sarivasta PC. 1996. Trace elements in crop production. India Science Publisher. Inc. New Delhi.
- Narasimha M and Prasad V. 1999. Feasible biotechnological and bioremediation strategies for serpentine soils and mine spoils. *Electron. J. Biotechnol* 2(1).
- Padmavathiamma PK and Li LY. 2007. Phytoremediation technology: hyper-accumulation metals in plants. Springer Science Business Media B.V. 2007.
- Reith F, Lengke MF, Falconer D, Craw D and Southam G. 2007. The geomicrobiology of gold. Australia. The University of The ISME Journal 2007(1):567–584.
- Supriyono H dan Prehaten D. 2014. Kandungan unsur hara dalam daun jati yang baru jatuh pada tapak yang berbeda. *Jurnal Ilmu Kehutanan* 8(2).
- Vogel's AI. 2000. Textbook of quantitative chemical analysis 6th ed. Prentice Hall. London.

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY MANAGEMENT

ISSN 2598-0017 | E-ISSN 2598-0025

Vol. 1 No. 3, Desember 2017

Metode pengukuran serapan karbondioksida pada pertumbuhan anakan (Y. Ludang, Alpian, A. Junaedi)	1-6
Konsentrasi merkuri pada ikan di perairan laut Sulawesi akibat penambangan emas tradisional buladu Kabupaten Gorontalo Utara (M. Mahmud, F. Lihawa, B. Banteng, F. Desei, Y. Saleh)	7-17
Desentralisasi pengolahan limbah padat rumah tangga menggunakan teknologi biodrying (B. Zaman, W. Oktawan, M. Hadiwidodo, E. Sutrisno, Purwono)	18-24
Reduksi minyak, lemak, dan bahan organik limbah rumah makan menggunakan grease trap termodifikasi karbon aktif (T. A. Zaharah, Nurlina, R. R. E. Moelyani)	25-32
Potensi akumulasi Aurum (Au) pada beberapa jenis tumbuhan di wilayah penambangan emas Kapuas Tengah (S. Sunariyati, M. Amin, L. Hakim)	33-42

Tersedia secara online di www.bkpsl.org/ojswp/index.php/jplb

Sekretariat Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan

Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) Lantai 4 Kampus IPB
Darmaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262; Fax. 0251 – 8622134; email: jplb@bkpsl.org



9 772598 002001



9 772598 001004