

DAMPAK PENAMBANGAN EMAS TERHADAP VEGETASI, KANDUNGAN MERKURI TANAMAN OBAT DUSUN MESU WONOGIRI

Arum Suproborini¹⁾, Mochamad Soeprijadi Djoko Laksana²⁾, Dwi Fitri Yudiantoro³⁾

^{1,2,3} Fakultas Ilmu Kesehatan dan Sains, UNIPMA

Email: ¹arum@unipma.ac.id; ²soeprijadi@unipma.ac.id; ³d_fitri4012@yahoo.com

Abstrak

Aktivitas penambangan emas rakyat mengakibatkan pencemaran merkuri yang berdampak pada lingkungan dan vegetasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak penambangan emas rakyat terhadap struktur komposisi vegetasi dan kandungan merkuri pada tanaman obat di Dusun Mesu Jatiroto Wonogiri. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *survey*. Tingkat keasaman tanah diukur dengan menggunakan *Soil Tester*. Kadar merkuri tanah diukur dengan menggunakan *Mercury Survey Meter*. Kandungan merkuri air dianalisa menggunakan *Mercury Analyzer*. Pengambilan sampel tanaman menggunakan metode *Purposive Random Sampling*, analisa kandungan merkuri (Hg) pada tanaman menggunakan metode *X Ray Fluorecences (XRF)*. Struktur komunitas vegetasi dianalisis dengan menghitung nilai indeks diversitas Shannon-Wiener (H^1), frekuensi, kerapatan, dominansi, dan indeks nilai penting (INP) menggunakan rumus Muller-Dombois dan Ellenberg. Indeks keseragaman (E), dan Indeks dominansi (C) dianalisa menggunakan rumus Ludwig and Reynolds. Berdasarkan hasil penelitian ada 6 spesies tanaman obat dengan jumlah individu sebanyak 144 individu. Tingkat keasaman tanah berkisar 4-6,8. Kandungan merkuri tanah berkisar 0,001 – 0,044 mg/ m³. Kandungan merkuri tanaman berkisar < 1 – 149 ppm. Kandungan merkuri air berkisar < 0,06 – 8,63 µg / L. Indeks keanekaragaman (H^1) berkisar 0,56233 – 0,86759. Indeks keseragaman (E) berkisar 0,12380 – 0,24422. Indeks dominansi (C) berkisar 0,00692 – 0,16653.

Kata kunci : tanaman obat, merkuri, mesu

PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan emas sangat potensial menimbulkan dampak pada tanah dan badan air serta tidak menguntungkan bagi lahan pertanian dan vegetasi yang ada. Menurut Peraturan Menteri ESDM No. 43 Tahun 2015 yang dimaksud dengan pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batu bara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang.

Kawasan penambangan emas rakyat yang terletak di Dusun Mesu Desa Boto Kecamatan Jatiroto Kabupaten Wonogiri merupakan penambangan emas rakyat yang dikelola secara tradisional. Kegiatan penambangan di lokasi tersebut sudah berlangsung sejak tahun 1973 sampai sekarang. Pada tahun 2012 kegiatan pengolahan emas berpindah dilakukan di rumah para penambang. Kegiatan ini mengakibatkan pencemaran merkuri yang terlibat dalam proses amalgamasi menjadi meluas. Pencemaran merkuri pada tanah dapat terjadi ketika sebagian merkuri yang digunakan sebagai bahan pengikat unsur emas terbuang bersama air limbah pencucian ke lokasi pembuangan, baik di tanah maupun di air sungai (Juliawan, 2005). Merkuri yang telah mencemari permukaan tanah, merkuri dapat menguap, tersapu air hujan dan akan masuk ke dalam tanah. Merkuri yang masuk ke dalam tanah kemudian mengendap (terendapkan) sebagai zat kimia yang beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung pada manusia ketika bersentuhan langsung atau dapat mencemari air tanah dan udara (Anonim dalam Irsyad, dkk., 2014), dan dapat masuk ke dalam jaringan tanaman. Hal ini dapat dilihat dari adanya beberapa tanaman yang mengering di kawasan tercemar terutama di sekitar *tailing*. Tanaman yang mengalami klorosis dan kemudian mengering lalu mati merupakan indikasi bahwa kawasan tersebut telah tercemar merkuri (Suproborini, A., 2017). Sehingga akan berdampak pada struktur dan komposisi vegetasi yang tumbuh di atasnya.

Vegetasi menurut Maarel (2005) didefinisikan sebagai suatu sistem yang terdiri dari sekelompok besar tumbuhan yang tumbuh dan menghuni suatu wilayah. Struktur vegetasi merupakan komponen penyusun vegetasi itu sendiri. Struktur vegetasi disusun oleh tumbuh-tumbuhan baik berupa pohon, pancang, tiang, liana, epifit, maupun tumbuhan bawah (Irwanto, 2007). Komposisi jenis tumbuhan merupakan daftar floristik dari jenis tumbuhan yang ada dalam suatu komunitas (Fachrul,

2007). Salah satu vegetasi yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat di daerah penelitian adalah jenis tanaman obat.

Menurut Departemen Kesehatan RI, definisi tanaman obat Indonesia sebagaimana tercantum dalam SK Menkes No. 149/SK/Menkes/IV/1978 adalah sebagai berikut :1.Tanaman atau bagian tanaman yang digunakan sebagai bahan obat tradisional atau jamu, 2.Tanaman atau bagian tanaman yang digunakan sebagai bahan pemula bahan baku obat(prokursor), 3.Tanaman atau bagian tanaman yang diekstraksi dan ekstrak tanaman tersebut digunakan sebagai obat.

Lokasi akumulasi logam berat pada tanaman terdistribusi hampir di seluruh bagian tanaman yaitu : akar, batang, daun, dan bunga (Krause dkk. dalam Azidi dkk., 2008). Tanaman yang mengandung merkuri apabila dikonsumsi dapat terakumulasi dalam tubuh. Merkuri biasanya masuk ke dalam tubuh manusia lewat pencernaan, baik melalui makanan maupun air. Apabila terjadi akumulasi yang lebih, dapat berakibat pada degenerasi sel-sel saraf di otak kecil yang menguasai kondisi saraf, gangguan pada luas pandang, degenerasi pada selaput saraf dan bagian otak kecil. Unsur ini dapat bercampur dengan enzim di dalam tubuh manusia sehingga menyebabkan hilangnya kemampuan enzim untuk bertindak sebagai katalisator untuk fungsi tubuh yang penting (Setiabudi, 2005). Kadar merkuri dalam darah yang sangat tinggi (lebih dari 10µg/L) dapat menyebabkan gangguan ginjal, autoimun, dan gejala-gejala neurologi (WHO, 2013).

Struktur, komposisi vegetasi dan kandungan merkuri tanaman obat di dusun Mesu sangat menarik dikaji karena tanaman obat di sekitar lokasi pengolahan emas diduga telah mengandung merkuri dan sering digunakan oleh masyarakat setempat sebagai obat tradisional. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak penambangan emas rakyat terhadap struktur dan komposisi vegetasi serta kandungan merkuri pada tanaman obat di dusun Mesu desa Boto Kecamatan Jatiroto Kabupaten Wonogiri.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di dusun Mesu desa Boto kecamatan Jatiroto kabupaten Wonogiri propinsi Jawa Tengah, secara geografis terletak pada 110°41'06,52¹¹ - 110°58'33,45¹¹ BT dan 7°39'49,49¹¹ - 7°49'40,04¹¹ LS. Secara topografis daerah tersebut merupakan daerah perbukitan dengan tingkat kemiringan rata-rata 30°, suhu udara berkisar 24 -32°C dengan curah hujan rata-rata 1.845 mm/ tahun.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode *survey*, dimana dilakukan pengukuran, pengamatan di lapangan dan analisis di laboratorium. Pengukuran dan pengamatan di lapangan meliputi pH tanah, kandungan merkuri tanah, spesies tanaman dan jumlahnya, diameter batang setinggi dada (1,3 meter). Analisis di laboratorium meliputi kandungan merkuri air (pada 4 lokasi persawahan) dan kandungan merkuri dalam tanaman. Lokasi pengamatan dan pengambilan sampel ditentukan dengan teknik *purposive random sampling* yaitu dengan membuat plot petak yang berukuran 2x2, 5x5, dan 10x10 (menyesuaikan lahan) menggunakan raffia dan pathok kayu yang dibentang di sekitar *tailing*. dibantu dengan GPS (*Geografic Positioning System*), dan dilakukan observasi lapangan pada setiap lokasi pengamatan. Pada setiap plot sampling dilakukan pengukuran : tingkat keasaman tanah dengan menggunakan *Soil Tester* Takemura Electric Works LTD, kadar merkuri tanah dengan menggunakan *Mercury Survey Meter* Merk NIC model EMP-2, pengambilan sampel tanaman dan pengukuran diameter batang setinggi dada. Pengambilan sampel tanaman menggunakan teknik *purposive random sampling*, sampel dibungkus dengan aluminium foil dan dilakukan analisis kandungan merkuri tanaman dengan metode XRF (*X-Ray Fluoresces*) di Laboratorium XRF Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian Institut Teknologi Bandung. Analisis kandungan merkuri air menggunakan *Mercury Analyzer* di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Data vegetasi yang terkumpul kemudian dianalisa untuk mengetahui kerapatan jenis(individu/ ha), frekuensi jenis dan dominansi jenis (m /ha), serta Indek Nilai Penting (INP) menggunakan rumus Muller-Dombois dan Ellenberg (1974) dalam Latifah (2005).

Data vegetasi yang terkumpul kemudian juga dianalisa indeks-indeks biologi yaitu Indekskeanekaragaman / diversitas (H^1) Shanon-Wiener menggunakan rumus Muller-Dombois dan Ellenberg (1974) dalam Latifah (2005), indekskeseragaman (E) dan Indeksdominansi (C), menggunakan rumus Ludwig and Reynolds (1988) dalam Supriadi, dkk., (2015), sebagai berikut :

a. Indeks Diversitas / keanekaragaman (H^1)

$$H^1 = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Keterangan :

H^1 = indeks diversitas Shannon-Wiener

N_i = proporsi spesies ke-i

\ln = logaritma nature

N = jumlah seluruh spesies

Dengan nilai H^1 : $0 \leq H^1 < 1$ = keanekaragaman rendah

$1 \leq H^1 \leq 3$ = keanekaragaman sedang

$H^1 > 3$ = keanekaragaman tinggi

b. Indeks Keseragaman (E)

$$E = \frac{H^1}{H^1 \max} \quad H^1 \max = \ln S$$

Keterangan :

E = Indeks keseragaman

H^1 = Indeks keanekaragaman

$H^1 \max$ = Indeks keanekaragaman maksimum

\ln = Logaritma nature

S = Jumlah individu jenis

Kisaran indeks keseragaman adalah sebagai berikut :

$0 < E \leq 0,5$: Ekosistem berada dalam kondisi tertekan dan keseragaman rendah

$0,5 < E \leq 0,75$: Ekosistem berada dalam kondisi kurang stabil dan keseragaman sedang

$0,75 < E \leq 1,0$: Ekosistem berada dalam kondisi stabil dan keseragaman tinggi

c. Indeks Dominansi (C)

$$C = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^s n_i^2$$

Keterangan :

C : Indeks dominansi Simpson

n_i : Jumlah individu jenis ke-i

N : Jumlah total individu seluruh jenis

Kisaran indeks dominansi adalah sebagai berikut :

$0 < C \leq 0,5$: Dominansi rendah (tidak terdapat spesies yang secara ekstrim mendominasi spesies lainnya), kondisi lingkungan stabil, dan tidak terjadi tekanan ekologis terhadap biota di lokasi tersebut.

$0,5 < C \leq 0,75$: Dominansi sedang dan kondisi lingkungan cukup stabil

$0,75 < C \leq 1,0$: Dominansi tinggi (terdapat spesies yang mendominasi spesies lainnya), kondisi lingkungan tidak stabil, dan terdapat suatu tekanan ekologi.

Instrumen untuk olah data adalah seperangkat komputer yang didukung oleh *software* ArcGIS untuk pembuatan peta sebaran merkuri (Hg).

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH Tanah dan Kandungan Hg Tanah

Hasil pengukuran pH tanah berkisar 4 - 6,8 dengan kandungan merkuri tanah berkisar 0 – 0,044 mg/ m³ dapat dilihat pada Tabel 1. di bawah ini.

Tabel 1. Kandungan merkuri tanah dan pH tanah (*Soil mercury contains and soil pH*)

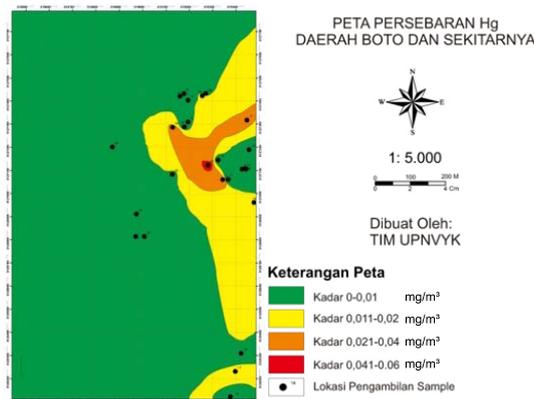
No	Sampel	pH	Hg tanah (mg/m ³)
1	A 01	6	0,004
2	A 02	5	0,021
3	A 03	4,4	0,001
4	A 04	4,6	0,004
5	A 05	6	0,001
6	A 06	5	0

No	Sampel	pH	Hg tanah (mg/m ³)
7	A 07	4,8	0,001
8	A 08	6,4	0,002
9	A 09	4,8	0,001
10	A 10	6,6	0,002
11	A 11	5,7	0,001
12	A 12a	6,8	0,019
	A 12	5	0,001
13	A 13	5,8	0,012
14	A 14	5,2	0,006
15	A 15	0	0
16	A 16	5,8	0,013
17	A 17	4,8	0,036
18	A 18	5	0,003
19	A 19	6,6	0,002
20	A 20	5,2	0,044
21	A 21	5,8	0,001
22	A 22	4,4	0,036
23	A 23	4,8	0,001
24	A 24	5,7	0,004
25	A 25	6,2	0,003
26	A 26	5,2	0,001
27	A 27	5,6	0,006
28	A 28	4	0

Kandungan merkuri yang tinggi dalam tanah disebabkan karena ada beberapa faktor yang mempengaruhi kandungan merkuri dalam tanah yaitu: pH tanah, fraksi tanah, dan banyaknya pemakaian merkuri. Hal ini sesuai dengan pendapat Darmono (1995), Alloway (1990), dan Setiabudi (2005). Menurut Darmono (1995) menyatakan bahwa tanah yang asam akan menaikkan pembebasan logam dalam tanah termasuk logam yang toksik. Secara kasat mata tanah di lokasi penelitian adalah tanah liat. Menurut Alloway (1990) menyatakan bahwa fraksi liat merupakan sifat tanah yang penting dalam menyerap ion-ion logam berat. Penambahan merkuri pada proses amalgamasi menyebabkan peningkatan kandungan merkuri dalam tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Setiabudi (2005) yang menyatakan bahwa kenaikan konsentrasi merkuri yang sangat tinggi berhubungan erat dengan pemakaian merkuri dalam proses penggilingan bijih dengan menggunakan alat gelondong.

Peta sebaran merkuri

Potensi penyebaran limbah merkuri di Dusun Mesu akan semakin meluas (Gambar 1) mengikuti pola penyebaran pemukiman, hal ini disebabkan karena para penambang mengolah emas di rumah masing-masing. Hal ini sesuai dengan pendapat Sutriyono (2012) yang menyatakan bahwa keberadaan merkuri di lingkungan dapat meningkat seiring dengan kemajuan teknologi dan pertambahan jumlah penduduk. Selain itu juga karena adanya curah hujan yang tinggi sehingga *tailing* dalam bak penampung yang tidak tertutup akan meluap terbawa aliran air sehingga penyebaran merkuri akan meluas. Hal ini juga didukung oleh topografi lokasi penelitian yang berbukit-bukit dengan tingkat kemiringan rata-rata 30°.



Gambar 1. Sebaran merkuri daerah Boto sekitarnya (Yudiantoro, dkk., 2016)

Kandungan merkuri air

Hasil analisis kandungan merkuri dalam air di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 2. di bawah ini.

Tabel 2. Kandungan merkuri pada air

Sampel Air	Kandungan Hg	
	($\mu\text{g/L}$)	(ppm)
1	0,09	0,00009
2	<0,06	<0,00006
3	8,63	0,00863
4	0,27	0,00027

Keterangan : $1 \mu\text{g/L} = 1/1000 \text{ ppm}$

Dari hasil analisis sampel air diperoleh kandungan merkuri pada air berkisar antara <0,00006 – 0,00863 ppm, dengan konsentrasi tertinggi sebesar 0,00863 ppm adalah sampel air 3 yaitu air sawah di belakang Puskesmas Dusun Paro. Hal ini kemungkinan disebabkan karena sawah di belakang Puskesmas Paro tersebut mendapat pasokan air dari 4 sungai kecil di Dusun Mesu dan Boto yang kemungkinan besar mempunyai kandungan merkuri yang tinggi. Angka tersebut (0,00863 ppm) sudah berada di atas baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 1990, yakni sebesar 0,005 ppm kandungan merkuri yang diperbolehkan dalam air. Hal ini berarti kandungan merkuri dalam air sudah tidak aman dipakai masyarakat untuk mengairi sawahnya.

Kandungan merkuri tanaman obat

Hasil analisis kandungan merkuri tanaman obat dapat dilihat pada Tabel 3. di bawah ini.

Tabel 3. Kandungan merkuri tanaman obat

No.	Spesies / Jenis	Merkuri (%)
1.	<i>Eugenia aromatica</i>	< 0,0001
2.	<i>Carica papaya</i>	< 0,0001
3.	<i>Curcuma domestica</i>	< 0,0001
4.	<i>Eugenia aperculata</i>	0,0149
5.	<i>Leucaena glauca</i>	0,0131
6.	<i>Zingiber officinale</i>	0,0095

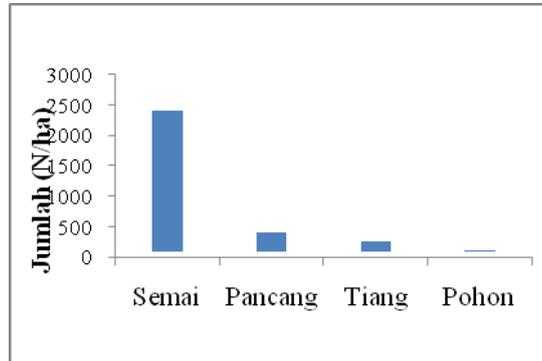
Keterangan : 1% = 10.000 ppm

Dari hasil analisis kandungan merkuri pada tanaman obat berkisar < 0.0001 – 0,0149 %. Kandungan merkuri tertinggi terdapat pada *Eugenia aperculata* yakni 0,0149 %. Kandungan merkuri pada *Eugenia aperculata*, *Leucaena glauca*, dan *Zingiber officinale* sudah lebih dari 10 ppm sehingga tanaman tersebut dikelompokkan dalam kelompok tanaman hiperakumulator. Hal ini sesuai dengan pendapat Hadiani (2009), yang menyatakan bahwa tanaman hiperakumulator merkuri adalah tanaman yang dapat mengakumulasi logam merkuri dalam konsentrasi 10 ppm. Tingginya kandungan merkuri pada ketiga spesies tanaman tersebut kemungkinan disebabkan karena spesies tersebut merupakan spesies yang bersifat bioreductor dan sudah lama tumbuh di lokasi tercemar. Hal ini sesuai dengan pendapat Widyati (2011) menyatakan bahwa banyaknya unsure logam yang diserap oleh tanaman tergantung dari jenis dan umur tanaman. Selain itu juga diakibatkan oleh kondisi lingkungan,

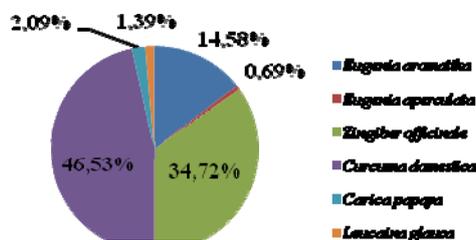
kandungan air dan zat hara pada lokasi tersebut yang digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan jenis tanaman tersebut.

Struktur dan komposisi vegetasi tanaman obat

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan pengolahan data jenis tanaman obat pada berbagai tingkat pertumbuhan. Sebaran jumlah individu pada setiap tingkat pertumbuhan dapat dilihat pada Gambar 2. di bawah ini.



Komposisi tanaman obat di lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. di bawah ini



Berdasarkan Gambar 3, Komposisi keanekaragaman tanaman obat di lokasi penelitian terdiri dari *Eugenia aromatica*, *Carica papaya*, *Curcuma domestica*, *Eugenia aperculata*, *Leucaena glauca*, dan *Zingiber officinale*. *Curcuma domestica* (46,63%) dan *Zingiber officinale* (34,72%) mempunyai tingkat pertumbuhan yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu: lingkungan, kandungan air dan zat hara di lokasi tersebut sangat mendukung pertumbuhan dan perkembangbiakan tanaman tersebut.

Indeks Biologi Tanaman Obat

Nilai indeks biologi tanaman obat yang meliputi indeks keanekaragaman (H^1), indeks keseragaman (E) dan indeks dominansi (C) dapat dilihat pada Tabel 4. di bawah ini.

Tabel 4. Nilai Indeks Keanekaragaman (H^1), Indeks Keseragaman (E), dan Indeks Dominansi (C) pada setiap tingkat pertumbuhan

Tingkat Pertumbuhan	Nilai Indeks		
	H^1	E	C
Pohon	0,56233	0,24422	0,10000
Tiang	0,57832	0,16266	0,16653
Pancang	0,86759	0,22066	0,00692
Semai	0,68255	0,12380	0,11364

Berdasarkan Tabel 4. di atas indeks keanekaragaman tanaman obat tergolong rendah. Hal ini menunjukkan bahwa stabilitas keanekaragaman tanaman obat di lokasi penelitian kurang stabil. Indeks keseragaman / pemerataan jenis tanaman obat rendah atau penyebaran jenis tidak merata ini menunjukkan bahwa komposisi jenis didominasi oleh satu jenis saja yaitu *Curcuma domestica* meskipun tidak terlalu ekstrim. Indeks dominansi tanaman obat tergolong rendah, ini menunjukkan bahwa tidak terdapat spesies yang secara ekstrim mendominasi spesies lainnya, kondisi lingkungan stabil dan tidak terjadi tekanan ekologis terhadap biota di lokasi penelitian. Dengan demikian kelestarian keanekaragaman jenis tanaman obat di lokasi penelitian masih dapat dipertahankan. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada semua tingkat pertumbuhan tidak ada spesies yang secara ekstrim mendominasi spesies lainnya.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan: 1. Struktur dan komposisi tanaman obat di daerah penelitian masih dapat dipertahankan 2. Tanaman obat di lokasi penelitian sudah mengandung merkuri. Disarankan perlu diadakan penelitian lebih lanjut pada jenis tanaman yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UPN “Veteran” Yogyakarta yang telah mendanai penelitian ini, Dr. Ir. Dwi Fitri Yudiantoro, M.T., Dr. Ir. M. Nurcholis, M.Agr., Dr. Eng. Mirzam Abdurrachman, S.T., Ir. Dewi Sri Sayudi, seluruh masyarakat Dusun Mesu dan Desa Boto, dan pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak memberi bantuan dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 1990. *Soil Processes and Behaviour of Metals. In Alloway (Ed). Heavy Metals in Soils*. New York. Blackie Glasgow and London Halsted Press. John Wiley and Sons, Inc.
- Alloway, B.J and Ayres, D.C. 1995. *Chemical Principle of Environmental Pollution*, 2nd Edition, Blackie Academic and Professional, Chapman & Hall, London.
- Azidi, I., Noer, K., dan Yeny. 2008. *Kajian Penyerapan logam Cd, Ni, dan Pb dengan Varietas Konsentrasi pada Akar, Batang, dan Daun Tanaman Bayam (Amaranthus tricolor L.)*. Kalimantan Selatan. Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat.
- Fachrul, M.F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Hardiani, Henggar. 2009. Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *Jurnal BS*. Vol: 44(1): 27- 40.
- Irwanto. 2007. *Analisis Vegetasi Untuk Pengelolaan Kawasan Hutan Lindung*. Jakarta. Bumi Aksara
- Juliawan, N. 2005. *Pendataan Penyebaran Unsur Merkuri Pada Wilayah Pertambangan Cibaliung, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral Bandung.
- Latifah, S. 2005. *Analisis Vegetasi Hutan Alam*. Jurusan Kehutanan FAK. Pertanian, Universitas Sumatera Utara, e-USU Repository.
- Maarel, E.V.D. 2005. *Vegetation Ecology*. Victoria: Blackwell Publishing.
- Peraturan Menteri ESDM No. 43. 2015. *Tentang Tata Cara Evaluasi Penerbitan Izin Usaha Pertambangan dan Batu Bara*. Jakarta.
- Supriadi, Agus, R., Akhmad, F. 2015. Struktur Komunitas Mangrove di Desa Martajasah kabupaten Bangkalan. *Jurnal Kelautan* Volume 8, No.1, April. ISSN:1907-9931.
- Suproborini, A. 2017. *Dampak Penambangan Emas Rakyat Terhadap Kandungan Hg Tanah, Air, Tanaman, Struktur dan Komposisi Vegetasi di Dusun Mesu Desa Boto Kecamatan Jatiroto Kabupaten Wonogiri*. Tesis. Surakarta. Universitas Sebelas Maret.
- Sutriyono, D. 2012. *Translokasi Merkuri (Hg) pada Daun Tanaman Kangkung Darat (Ipomoea reptans Poir) dari Tanah Tercemar*. Skripsi. Palu. MIPA UNTAD.
- WHO. 2013. *Mercury Exposure and Health Impacts among Individuals in Artisanal and Small-Scale Gold Mining*. ASGM Community. Geneva: WHO.
- Widyati. 2011. Potensi Tumbuhan Bawah Sebagai Akumulator Logam Berat Untuk Membantu Rehabilitasi lahan Bekas Tambang. *Jurnal Mitra Hutan Tanaman* Vol: 6 (2): 46-56.
- Yudiantoro, D.F., Nurcholis, M., Sayudi, D.S., Mirzam, A., Paramita Haty, I., Pambudi, W., Suproborini, A. 2016. *Mercury Distribution in The Processing of Jatiroto Gold Mine Wonogiri Central Java Indonesia*. Proceeding of 2nd International Conference of Transdisciplinary Research on Environmental Problems in Southeast Asia (TREPSEA).