

Kajian Kandungan Logam Berat di Lokasi Penambangan Emas Tradisional di Desa Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo

Ratih Chandra Kusuma, Wawan Budianta, Arifudin

Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
ratihchandra.k@gmail.com

Abstrak

Di daerah Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, terdapat penambangan emas tradisional dan pengolahan bijih emas yang dilakukan masih menggunakan teknik amalgamasi atau pengolahan emas dengan menggunakan merkuri (Hg). Pengolahan emas dengan amalgamasi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan di daerah penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar dan sebaran logam air sungai dan sedimen sungai di sekitar pertambangan tradisional di daerah penelitian. Sampel air sungai sebanyak 20 sampel dan 10 sampel untuk sedimen sungai diambil dengan sistematis dan analisis logam berat dilakukan dengan metode ICP- AES dan ICP-MS Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum terdapat beberapa kandungan logam berat yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi alamiah. Hal ini disebabkan karena ada kontribusi pencemaran baik dari aktivitas pertambangan tradisional maupun faktor alamiah.

Kata kunci: pencemaran, logam berat, penambangan emas tradisional, amalgamasi, air sungai, sedimen sungai

1. Pendahuluan

Wilayah Indonesia yang secara geologi berada pada jalur magmatisme mempengaruhi keberadaan deposit logam berat terutama deposit emas. Salah satu lokasi yang memiliki deposit emas adalah Desa Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Adanya cadangan emas di Desa Sangon menjadi magnet bagi masyarakat sekitar maupun pendatang untuk ikut memanfaatkan cadangan emas tersebut dengan ikut melakukan penambangan emas. Kegiatan pertambangan di Desa Sangon terdiri atas kegiatan penambangan dan pengolahan emas. Kegiatan pertambangan yang ada di Desa Sangon merupakan pertambangan ilegal dimana pertambangan tersebut tidak memiliki izin (PETI).

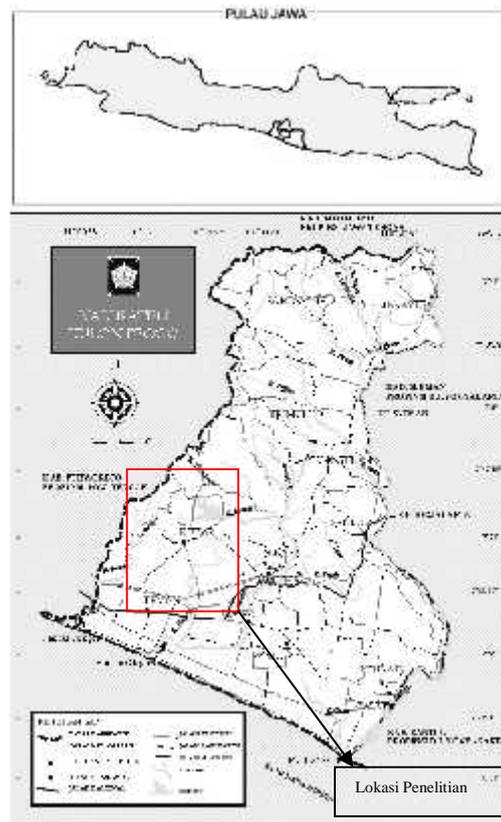
Para penambang ilegal atau tradisional di Desa Sangon masih menggunakan teknologi amalgamasi yaitu proses ekstraksi emas dengan cara mencampurkan bijih emas dengan merkuri (Hg) yang dilakukan didalam gelondong. Metode amalgamasi dapat mempengaruhi kondisi lingkungan. Pengolahan emas dengan metode amalgamasi dapat menyebabkan kontaminasi Hg dan logam berat lain yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan masyarakat di sekitar lokasi penambangan. Penambangan emas di daerah Sangon, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan penambangan emas

rakyat. Pengolahan emas dilakukan secara langsung di tempat pengambilan emas dengan teknik amalgamasi menggunakan merkuri. Penggunaan merkuri ini sudah lama digunakan oleh para penambang karena mudah didapat dan perhatian dari pemerintah belum begitu serius (Larasati, dkk, 2012). Setelah proses amalgamasi selesai, limbah (tailing) mengandung merkuri dialirkan ke kolam penampungan yang berada di sekitar tempat penambangan dan dibiarkan tanpa proses pengolahan lebih lanjut. Konsentrasi Hg dalam limbah tersebut sebesar 800 – 6900 ppm. Proses penambangan emas terus berlangsung walaupun kolam penampungan limbah sudah penuh. Hal tersebut mengakibatkan sebagian limbah mengalir ke sungai Sangon, sehingga menyebabkan pencemaran merkuri di perairan tersebut (Setiabudi, 2005).

Dalam kegiatan pertambangan emas rakyat (*artisanal mining*), salah satu proses untuk mendapatkan emas adalah proses amalgamasi, di mana proses amalgamasi adalah proses percampuran antara emas dan merkuri (Hg). Teknik amalgamasi dilakukan dengan cara mencampur batuan yang mengandung logam emas dan merkuri dengan menggunakan gelondong. Dalam kegiatan tersebut dibutuhkan aliran air untuk memisahkan batuan halus dan amalgam (campuran merkuri dan emas) yang dialirkan ke kolam penampungan limbah (*tailing*).

Umumnya merkuri masuk ke perairan sungai dalam bentuk Hg unsur (HgO) dengan densitas yang tinggi. Merkuri ini akan tenggelam ke dasar perairan atau terakumulasi di sedimen pada kedalaman 5-15 cm di bawah permukaan sedimen. Merkuri unsur tersebut dapat berubah menjadi merkuri organik oleh aktivitas bakteri, yaitu menjadi metil merkuri (CH_3Hg), yang memiliki sifat racun dan daya ikat yang sangat kuat serta kelarutannya yang tinggi terutama dalam tubuh hewan air misalnya ikan (Budiono, 2003).

Hasil beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa telah terjadi pencemaran logam berat di sekitar daerah penelitian (Setiadi, 2005; Sapardina, 2006; Ficky, 2011; Nugroho, 2012; Pratomo, 2015) juga terhadap manusia (Suryanto, 2006). Namun, penelitian yang berfokus pada studi pencemaran air sungai dan sedimen sungai belum pernah dilakukan, mengingat sungai merupakan salah satu ekosistem penting yang di dalamnya berlangsung interaksi antar makhluk hidup dan juga dengan lingkungan fisik di sekitarnya yang berperan sebagai antara lain : tempat berlangsungnya siklus hidrologi yang menjadi kunci ketersediaan air di bumi; tempat berkembangbiaknya flora dan fauna yang terdapat di sungai, seperti ikan, kepiting, udang, serangga, dan tumbuh-tumbuhan yang membutuhkan kelembaban tinggi; sumber air untuk kehidupan dan budidaya manusia, seperti pertanian, perikanan, industri, transportasi dan rekreasi; sebagai pereduksi polutan perairan dalam jumlah dan batas tertentu; serta menciptakan iklim mikro di sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar dan sebaran logam berat pada air sungai dan sedimen sungai di sekitar pertambangan tradisional di daerah penelitian.

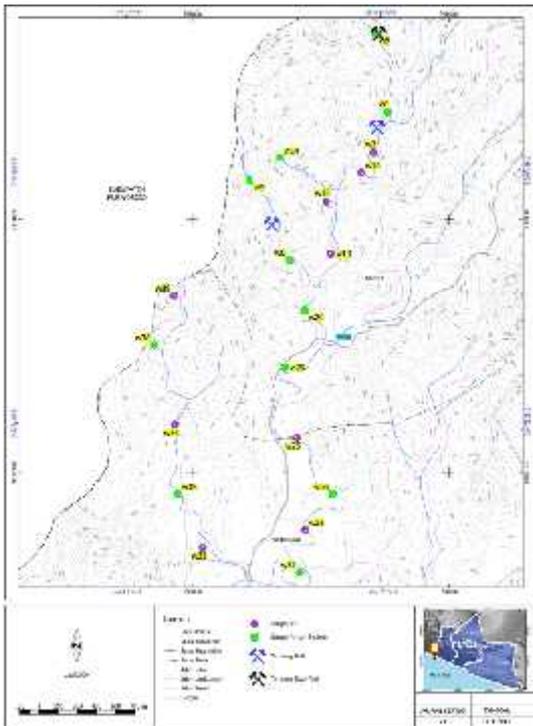


Gambar 1. Peta Lokasi penelitian

2. Metode

2.1. Metode Pengumpulan Data

Pengambilan data lapangan terdiri atas data geologi yaitu pemetaan batuan dan pengambilan sampel yaitu berupa sampel air permukaan dan sedimen sungai yang diambil secara sistematis, meliputi beberapa segmen yaitu *upstream*, B1 (*branch 1*) atau anak sungai 1, B2 (*branch 2*) atau anak sungai 2, *midstream*, *downstream* dan B3 (*branch 3*) atau anak sungai 3.



Gambar 2. Peta Lokasi pengambilan Sampel

Jumlah sampel air permukaan yang dianalisis adalah sebanyak 20 sampel. Air permukaan yang digunakan untuk sampel dalam penelitian ini adalah air sungai yang lokasinya berdekatan dengan lokasi pengolahan emas di sepanjang Sungai Plampang dan Sungai Grindang. Sampel air sungai diambil sebanyak kurang lebih 100 ml dan disimpan pada wadah plastik berbentuk botol kemudian ditambahkan larutan HNO_3 1%.

Sedangkan jumlah sampel sedimen sungai adalah sebanyak 10 sampel dimana lokasi pengambilannya sama dengan beberapa lokasi pengambilan sampel air permukaan. Di sungai yang berada dekat lokasi penambangan, terdapat sedimen berbagai ukuran dari kerakal (> 2 mm) sampai berukuran halus berupa lempung ($< 1/256$ mm). Material di sungai berukuran lempung akan tersuspensi pada air sungai. Adapun sedimen yang diambil adalah yang telah mengalami akumulasi dan terendapkan di dasar sungai.

2.2 Metode Analisis Laboratorium

Pada tahapan ini dilakukan pengujian terhadap data lapangan dan sampel. Pengujian kadar logam berat pada sejumlah sampel air permukaan dan sedimen sungai dilakukan dengan metode ICP-AES (*Atomic Emission Spectrometry*) untuk logam berat Al, Ba, Ca, Cd, K, Mg, Mn, Fe, Pb, dan Zn serta ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) untuk unsur Hg. Prosedur awal sebelum melakukan analisis adalah pembuatan larutan standar. Larutan standar yang digunakan untuk analisis logam berat Al, Ba, Ca, Cd, K, Mg, Mn, Fe, Pb, dan Zn dengan menggunakan ICP-AES adalah larutan multielemen, sedangkan

larutan standar yang digunakan untuk analisis Hg dengan menggunakan ICP-MS adalah larutan Hg.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Analisis

3.1.1. Geologi Daerah Penelitian

Secara regional, daerah penelitian termasuk dalam zona pegunungan Kulon Progo dan termasuk dalam Formasi Andesit Tua. Formasi Andesit Tua tersingkap di bagian tengah, utara, barat dan barat daya dari tinggian Kulon Progo, termasuk daerah penelitian. Formasi ini tersusun oleh breksi gunung api, lava, breksi lapili, lapili tuf dan batupasir gunung api. Litologi penyusun yang dominan terdiri atas breksi andesit dengan matrik berupa tuf pasir, fragmen terdiri atas andesit piroksen sampai andesit dan hornblende. Selain itu juga tersingkap adanya intrusi batuan beku (Bemmelen, 1949). Nugraha (2015) menerangkan bahwa di daerah penelitian terdapat alterasi dengan 3 jenis alterasi berdasarkan himpunan mineral dominannya dan jenis mineral bijih yang berkembang berupa emas, elektum, pirit, kalkopirit, arsenopirit, spalerit, dan hematit. Berdasarkan pemetaan geologi, di lokasi penelitian dijumpai intrusi diorit, lava andesit dan breksi vulkanik. Satuan yang paling mendominasi adalah satuan lava andesit. Bagian barat daya lokasi penelitian tersusun atas satuan breksi vulkanik, arah utara dari satuan breksi vulkanik adalah satuan endapan pasir lanau, sedangkan satuan intrusi diorit terletak di bagian timur lokasi penelitian. Logam berat secara alamiah dapat hadir pada batuan, seperti merkuri (cinnabar) atau merkuri sulfida (HgS). Merkuri sering berasosiasi dengan endapan logam sulfida lainnya, diantaranya Au, Ag, Sb, As, Cu, Pb dan Zn, sehingga di daerah mineralisasi emas tipe urat biasanya kandungan merkuri dan beberapa logam berat lainnya cukup tinggi (Setiabudi, 2005)

3.1.2. Analisis Laboratorium

Rangkuman hasil analisis laboratorium dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 yang merupakan nilai rata-rata untuk tiap segmen.

Tabel 1: Tabel Hasil Analisis Logam Berat untuk Air Sungai dan Sedimen Sungai

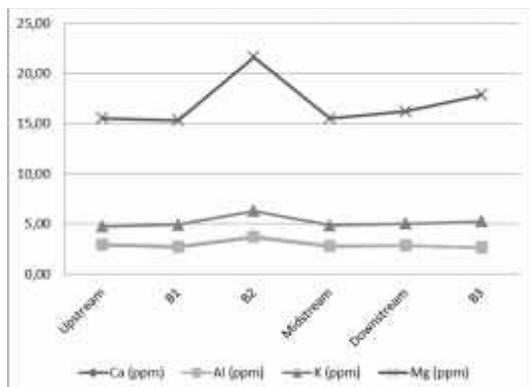
Sampel		Ca (ppm)	Cd (ppm)	Fe (ppm)	Al (ppm)
Air Permukaan	Upstream	2,89	b.d	b.d	0,06
	B1	2,68	b.d	b.d	0,06
	B2	3,67	b.d	b.d	0,06
	Midstream	2,74	b.d	b.d	0,06
	Downstream	2,80	b.d	b.d	0,06
	B3	2,59	b.d	b.d	0,05
Sedimen	Upstream	18,19	0,20	35,88	2,54
	B1	17,48	0,20	21,46	2,53
	B2	17,25	0,21	29,62	2,54
	Midstream	18,50	0,20	33,07	2,54
	Downstream	13,82	0,19	27,69	2,53
	B3	13,35	0,20	28,45	2,54

Tabel 1 (lanjutan)

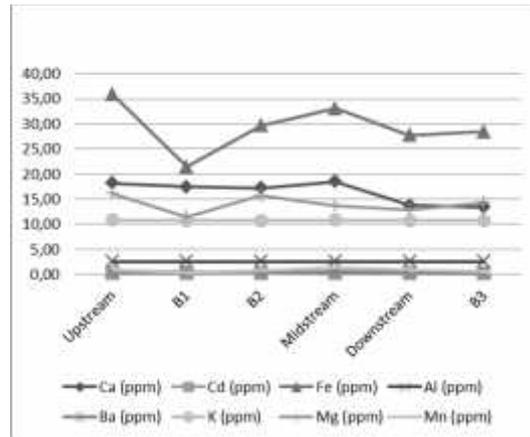
Sampel		Ba (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)
Air Permukaan	Upstream	b.d	1,78	10,80	b.d
	B1	b.d	2,18	10,40	b.d
	B2	b.d	2,53	15,35	b.d
	Midstream	b.d	2,06	10,63	b.d
	Downstream	b.d	2,16	11,15	b.d
	B3	b.d	2,57	12,63	b.d
Sedimen	Upstream	0,54	10,80	16,06	0,97
	B1	0,54	10,72	11,48	0,43
	B2	0,32	10,76	15,66	0,78
	Midstream	0,59	10,81	13,68	1,40
	Downstream	0,37	10,75	12,90	0,86
	B3	0,33	10,72	14,31	0,53

b.d : tidak terdeteksi

Sedangkan Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan grafik persebaran logam berat untuk Air Sungai dan Sedimen Sungai



Gambar 3. Grafik Hasil Analisis Logam Berat pada Air Sungai



Gambar 4. Grafik Hasil Analisis Logam Berat pada Sedimen Sungai

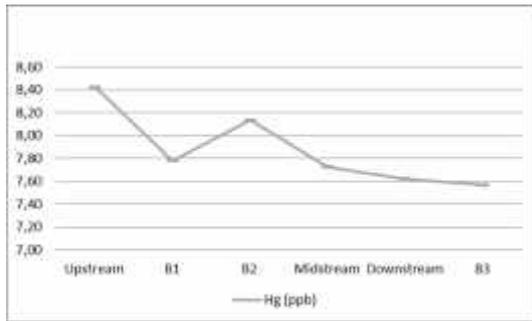
Gambar 2 dan 3 menggambarkan persebaran logam berat dari *upstream* sampai dengan *downstream*. Beberapa parameter pada analisis air permukaan berada pada *below detection limit* (b.d) atau berada dibawah nilai terendah yang dapat dianalisis oleh alat ICP-AES.

Tabel 2: Tabel Hasil Analisis Hg untuk Air Permukaan dan Sedimen Sungai

Sampel		Hg (ppb)
Air Permukaan	Upstream	b.d
	B1	b.d
	B2	b.d
	Midstream	b.d
	Downstream	b.d
	B3	b.d
Sedimen	Upstream	8,43
	B1	7,78
	B2	8,14
	Midstream	7,73
	Downstream	7,62
	B3	7,57

b.d : tidak terdeteksi

Gambar 4 menunjukkan persebaran Hg di lokasi penelitian.



Gambar 5. Grafik Hasil Analisis Hg Pada Sedimen Sungai

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jarak dari lokasi pertambangan menentukan tingkat konsentrasi merkuri yang terakumulasi dalam sedimen, di mana semakin dekat jarak dari lokasi penambangan maka semakin tinggi pula konsentrasi merkuri dibandingkan dengan lokasi yang berada jauh dari lokasi pertambangan.

3.2. Pembahasan

Secara umum dapat diketahui bahwa kandungan logam berat lebih terdeteksi pada sedimen sungai. Beberapa parameter logam berat tidak terdeteksi pada air permukaan seperti Cd, Fe, Ba dan Mn. Namun demikian, logam berat Pb dan Zn tidak terdeteksi di air permukaan maupun sedimen sungai. Nilai Ca pada air permukaan diketahui lebih rendah daripada pada sedimen sungai. Nilai Ca pada air permukaan berkisar antara 2,59 – 2,89 ppm dengan nilai paling besar adalah pada area *downstream*. Sedangkan nilai pada sedimen sungai adalah berkisar antara 13,35 – 18,50 ppm dengan nilai paling besar di area *midstream*.

Nilai Cd untuk air permukaan diketahui adalah *below detection limit* (b.d) untuk seluruh area sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan Cd untuk air permukaan masih dalam kondisi baik, sedangkan pada sedimen sungai berkisar antara 0,19 – 0,21 ppm dimana area yang memiliki kandungan Cd paling besar adalah area anak sungai 2 atau B2. Nilai Cd untuk air permukaan jika dibandingkan dengan baku mutu kualitas air permukaan kelas II PP 82 Tahun 2001 telah melebihi baku mutu yaitu 0,01 ppm.

Logam berat Fe tidak terdeteksi pada sampel air permukaan di seluruh lokasi pengambilan sampel. Sedangkan nilai Fe untuk sedimen sungai berkisar antara 21,46 – 35,88 ppm dengan lokasi dengan kandungan Fe paling tinggi adalah *upstream*.

Sedangkan nilai Al untuk air permukaan lebih rendah daripada sedimen sungai. Namun begitu nilai Al untuk air permukaan maupun sedimen sungai memiliki nilai yang hampir sama yaitu 0,06 ppm di area *upstream*, B1, B1, *midstream* dan *downstream* serta 0,05 ppm untuk area B3. Nilai Al untuk sedimen sungai adalah 2,54 ppm di

upstream, B2, *midstream* dan B3 serta 2,53 untuk area B1 dan *downstream*.

Nilai Ba untuk air permukaan adalah dibawah deteksi limit (b.d). sedangkan nilai Ba untuk sedimen sungai berkisar antara 0,33 – 0,54 ppm dengan nilai tertinggi pada area *midstream*.

Nilai K pada air permukaan berkisar antara 1,78 – 2,57 ppm dengan nilai tertinggi adalah pada B3. Nilai K untuk sedimen sungai berkisar antara 10,72 – 10,81 ppm dengan lokasi dengan nilai paling tinggi adalah area *midstream*.

Nilai Mg untuk air permukaan berkisar antara 10,40 – 15,35 ppm dengan nilai paling tinggi berada pada area B2. Nilai Mg untuk sedimen sungai adalah berkisar antara 11,48 – 16,06 ppm dengan lokasi dengan nilai Mg tertinggi adalah *upstream*.

Nilai Mn untuk air permukaan adalah dibawah deteksi limit (b.d), sedangkan nilai Mn untuk sedimen sungai adalah berkisar antara 0,43 – 1,40 ppm dengan lokasi dengan kandungan Mn paling tinggi adalah area *midstream*.

Hg atau merkuri adalah logam berat yang paling berbahaya untuk lingkungan. Nilai Hg untuk air permukaan di lokasi penelitian adalah dibawah deteksi limit atau masih berada dalam kondisi lingkungan yang baik. Sedangkan nilai Hg untuk sedimen sungai berkisar antara 7,57 – 8,43 ppb dengan lokasi dengan kandungan Hg paling tinggi adalah area *upstream*.

Berdasarkan tabel, grafik persebaran logam berat pada air permukaan dan uraian diatas dapat diketahui bahwa lokasi dengan nilai tertinggi untuk logam berat adalah pada area B2 atau anak sungai 2 dengan parameter Mg, K dan Al paling tinggi diantara lokasi lainnya.

Dikaitkan dengan kondisi geologi daerah penelitian, dimana di daerah penelitian terdapat zona alterasi (Nugraha, 2015), serta secara umum batuan penyusun adalah intrusi diorit, lava andesit dan breksi vulkanik. Pada batuan vulkanik yang teralterasi, logam berat dapat hadir secara alamiah, seperti endapan logam sulfida, sehingga di daerah mineralisasi emas terjadi peningkatan kandungan logam berat (Herman, 2006).

Untuk kandungan Hg, pada sedimen sungai dijumpai nilai yang cukup tinggi, jauh lebih tinggi daripada kandungan alamiah, sehingga dapat diduga merupakan kontaminasi dari proses amalgamasi. Hal ini dikonfirmasi oleh penelitian sebelumnya (Suharyanto, 2010). Di daerah yang dekat dengan lokasi pertambangan, merkuri disedimen sebagian besar (80-90%) berbentuk merkuri unsur (HgO). Di ekosistem perairan merkuri unsur mengalami penurunan konsentrasi yang sangat lambat. Hal ini

disebabkan oleh lemahnya merkuri yang larut dalam air, terlebih lagi akumulasinya di bagian dasar sungai seringkali dihubungkan dengan karakteristik hidrologis sungai tersebut. Jika telah menutupi seluruh sedimen, merkuri unsur akan bertahan dalam waktu yang lama.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis logam berat pada air sungai, dapat disimpulkan bahwa beberapa logam berat terdeteksi. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi alamiah karena batuan di daerah penelitian adalah zona mineralisasi. Terdapat kenaikan kandungan logam berat di area B2 untuk air permukaan yaitu pada parameter Mg, K dan Al. Untuk sedimen sungai, hampir semua logam berat terdeteksi, terutama hadirnya Hg yang diduga merupakan kontaminasi akibat proses amalgamasi, mengingat secara alamiah, kandungan Hg di dalam batuan relatif sangat rendah.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Prof. Tsutomu Sato dan Assoc. Prof. Tsubasa Otake di *Hokkaido University*, Jepang atas bimbingan selama penulis melakukan analisis laboratorium dalam rangka *student exchange program*.

Daftar Pustaka

- Budiono, A. (2003). *Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air*. Makalah Pengantar Sains, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- C. Aspinall. (2001) *Small-scale Mining in Indonesia*. International Institute for Environment and Development, Mining Minerals and Sustainable Development Report. Jakarta.
- Ficky, F. F. (2011). *Kajian Kandungan Merkuri Tanah Pada Penambangan Emas Metode Amalgamasi Di Hargorejo Kecamatan Kokap Kabupaten Kulonprogo*. Skripsi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta. (tidak dipublikasikan)
- Herman, D., Z. (2006). *Tinjauan terhadap tailing mengandung unsur pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari sisa pengolahan bijih logam*. Indonesian Journal of Geoscience Vol 1, No 1. UNEP (United Nations Environment Programme). (2012). *Reducing Mercury Use in Artisanal and Small Scale Gold Mining*. <http://www.unep.org/hazardoussubstances/>
- Larasati, R., Setyono, P., Sambowo, K. A. (2012). *Valuasi Ekonomi Eksternalitas Penggunaan Merkuri Pada Pertambangan Emas Rakyat Dan Peran Pemerintah Daerah Mengatasi Pencemaran Merkuri (Studi Kasus Pertambangan Emas Rakyat di Kecamatan Kokap Kulon Progo)*. Jurnal Ekosains Volume 4 Nomor 1.
- Nugraha, O. R. (2015). *Geologi, Alterasi Hidrotermal dan Mineralisasi Bijih di Daerah Sangon dan Plampang, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta, (tidak dipublikasikan)
- Nugroho, A.W, Hendro., F. S. (2007). *Metode Analisis Untuk Penentuan Unsur As dan Sb Menggunakan ICP-AES Plasma 40*. Prosiding PPI – PDIPN
- Nugroho, H., W. (2012). *Kajian Kualitas Air Sungai Plampang Akibat Penggunaan Merkuri Pada Pengolahan Bijih Emas Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap Kabupaten Kulonprogo*. Skripsi, Fakultas Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan "Veteran", Yogyakarta. (tidak dipublikasikan)
- Pratomo, S.S. (2015). *Analisis Dampak Persebaran Hg Di Air Tanah Akibat Usaha Pertambangan Emas Tradisional Terhadap Permukiman Studi Kasus Di Dusun Plampang I, Kelurahan Kalirejo, Kecamatan Kokap Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta (tidak dipublikasikan)
- Setiabudi, B, T. (2005). *Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta*. Kolokium Hasil Lapangan Subdit Konservasi. Dir. ESDM.
- Sapardina, D.W. (2006). *Evaluasi Tingkat Pencemaran Logam Berat Akibat Usaha Penambangan Emas Rakyat di Hargorejo dan Sekitarnya, Kec. Kokap. Kabupaten Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi, Jurusan Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada (tidak dipublikasikan)
- Suharyanto. (2010). *Demetilasi Metilmerkuri oleh Bakteri yang Diisolasi dari Sedimen Sungai Sangon*. Disertasi Doktor Program Ilmu Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (tidak dipublikasikan)
- Suryanto, R.D. (2006). *Faktor-Faktor Risiko Pemaparan Merkuri (Hg) Terhadap Penambang Emas Tradisional Di Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo*. Skripsi, Universitas Diponegoro (tidak dipublikasikan).
- Van Bemmelen, R.W. (1949). *The Geology of Indonesia*. Vol IA, Government Printing Office, hal. 28-29, 102-106, 595-602.