

## STRATEGI PENGENDALIAN PENCEMARAN MERKURI DARI PERTAMBANGAN EMAS RAKYAT DI SUNGAI POBOYA, KOTA PALU YANG BERKELANJUTAN

### *Strategy for Mercury Pollution Control from a Sustainable People's Gold Mining in Poboya River, Palu City*

Muhammad Aswadi<sup>a</sup>, Ety Riani<sup>b</sup>, Bambang Pramudya<sup>c</sup>, Budi Kurniawan<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga Bogor, 16680 –maswady69@gmail.com

<sup>b</sup>Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga Bogor, 16680

<sup>c</sup>Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, 16680

<sup>d</sup>Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, Jl. DI Panjaitan Jakarta, 13410

**Abstract.** *Poboya River has provided many benefits for local as to suffice their needs of clean water, agriculture/ plantation, husbandry, household and also used for people's gold mining. Gold mining is dominated by amalgamation techniques which are potentially contaminated by mercury. This study aims to derive a mercury pollution control strategy from a sustainable people's gold mining. This study includes interviewing the key stakeholders that have been chosen purposively using questionnaire. The data obtained were then analyzed by AHP. The results of this study found that potential factors on mercury pollution control were government policies which related to the implementation of gold mining management, supporting facilities and infrastructure, and the adequate level of community education. The main stakeholders who had the control should be hold by the government (local government), law enforcers and the community. Preferred objectives should be to reduce the pollution and to restore the ecosystem. The ideal strategy for mercury pollution control from the gold mining process become successful and sustainable are super minor technology that uses the density without adding hazardous and toxic materials*

Keywords: *AHP, control strategy, mercury pollution, Poboya River, people's gold mine.*

(Diterima: 08-01-2018; Disetujui: 04-04-2018)

### 1. Pendahuluan

Sungai Poboya merupakan salah satu sungai yang bermuara ke Teluk Palu. Sungai ini mempunyai berbagai manfaat bagi penduduk Kota Palu bahkan sangat vital untuk berbagai kebutuhan masyarakat di Kota Palu. Fungsi Sungai Poboya diantaranya adalah untuk pemenuhan kebutuhan air bersih di kawasan Palu Timur, untuk kegiatan pertanian/perkebunan, peternakan dan untuk kebutuhan rumah tangga lainnya dari masyarakat Poboya. Selain untuk keperluan tersebut, wilayah hulu Sungai Poboya juga dimanfaatkan oleh para penambang emas untuk kepentingan proses penambangan emas.

Pada penambangan emas, ada berbagai teknik untuk melakukan pengolahan emas, diantaranya adalah teknik amalgamasi dan sianidasi. Kedua teknik tersebut menggunakan bahan berbahaya dan beracun (B3), yaitu merkuri (Hg) dan sianida (A(CN)x). Oleh karena itu, maka kegiatan tersebut sebenarnya tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh pemerintah, melalui kebijakan yang tercantum pada PP No. 74 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun. Teknik pengolahan emas yang dilakukan di hulu Sungai Poboya, menggunakan ke dua teknik tersebut. Kondisi ini mengakibatkan badan Sungai Poboya dan

Teluk Palu (Pantai Talise) berpotensi tercemar merkuri, sianida dan pencemaran B3 lainnya, yang berasal dari penambangan rakyat.

Saat ini usaha pengolahan emas rakyat di Kota Palu, jumlahnya mencapai kurang lebih 3000 usaha. 2900 usaha diantaranya menggunakan tromol (gludung) yang menggunakan merkuri pada proses pengolahan emasnya. Sisanya menggunakan tom yang dalam proses pengolahannya menggunakan sianida. Keberadaan tromol dan tom tersebut tersebar di berbagai lokasi, tidak hanya di dalam kawasan DAS Poboya, tetapi juga di DAS Kawatuna yang airnya juga mengalir ke Pantai Talise. Sebanyak 85% dari keseluruhan penambang tersebut berada di kawasan DAS Poboya, sehingga DAS Poboya berpotensi tercemar berat oleh B3.

Pada pengolahan emas di Kota Palu, dalam sekali proses, satu unit tromol memproses material pasir/tanah 35 - 35 liter (0.03 – 0.035 m<sup>3</sup>/tromol), ditambah merkuri 1000 - 1500 gram, dan air kurang lebih 30 liter. Pada pengolahan dengan tom, satu kali proses menggunakan material dengan volume 12,500 – 13.000 liter. Sebagian besar bahan tersebut adalah tailing yang mengandung merkuri dari tromol, dan untuk proses tersebut memerlukan waktu 40 – 45 jam atau 1.67 – 1.875 hari). Satu kali pengolahan tom menggunakan sianida

30 – 35 kg/tom, karbon aktif 50 kg, kapur 30 kg, dan air 10,000 liter atau 10 m<sup>3</sup>.

Setiap pengusaha tromol umumnya memiliki 5 – 15 unit tromol, sedangkan untuk pengusaha tom umumnya memiliki 2 – 5 tom. Berdasarkan hal tersebut, maka potensi limbah yang dihasilkan, baik tailing yang mengandung merkuri maupun tailing yang mengandung sianida menjadi sangat tinggi. Di dalam material tambang atau batuan yang mengandung emas, umumnya juga mengandung logam berat yang sangat berbahaya seperti arsen (As) dan kadmium (Cd), dan mineral lainnya. Oleh karena itu, maka Sungai Poboya berpotensi untuk terkontaminasi oleh merkuri dan sianida, serta arsen dan kadmium, yang dapat membahayakan kesehatan seperti munculnya penyakit kanker, itai-itai dan sebagainya. Hal tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Daerah (BLHD) Provinsi Sulawesi Tengah, BLHD Kota Palu dan peneliti dari Universitas Tadulako yang mendapatkan hasil bahwa kadar merkuri di badan air, sudah berada pada ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang memperbolehkan merkuri hingga 0.002 mg/L, bahkan sebagian sudah melampaui ambang batas (berkisar antara 0.001 – 0.007 mg/L).

Secara kasat mata, industri pertambangan emas rakyat telah memberikan keuntungan ekonomi yang cukup besar, karena telah meningkatkan pendapatan masyarakat Kota Palu, khususnya masyarakat Kelurahan Poboya, Kelurahan Kawatuna dan kelurahan sekitarnya. Selama ini banyak lahan yang tidak dimanfaatkan oleh pemilik lahan, saat ini menjadi bernilai ekonomis, karena disewakan kepada pengusaha tambang dengan nilai sewa Rp. 2,000,000,- hingga Rp. 4,000,000,- per bulan, tergantung luas lahan yang digunakan. Selain itu kegiatan ini juga telah mendatangkan kesempatan kerja dan kesempatan berusaha pada penduduk sekitarnya. Usaha kecil berupa kios dan warung makan berkembang pesat di daerah tersebut, sehingga sangat sulit untuk menghentikan kegiatan pertambangan tersebut, walaupun berdampak buruk pada lingkungan dan kondisi sosial masyarakat. Oleh karena itu, apabila usaha ini dibiarkan tanpa pengendalian, maka dampak yang ditimbulkannya akan semakin besar. Hal tersebut juga melanggar Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang di dalamnya memberi mandat untuk mempertahankan lingkungan hidup agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya secara serasi, selaras dan seimbang, guna menunjang terlaksananya pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan.

Sungai Poboya diduga telah tercemar oleh logam berat, padahal logam berat selain dapat mengkontaminasi air dan terakumulasi pada sedimen (Cordova dan Riani, 2011), juga dapat merusak berbagai organ tubuh (Riani, 2010; Riani, 2012; Riani *et al.*, 2011; Pandaunan *et al.* (2016)), serta dapat mengakibatkan cacat bawaan pada embrio (Riani *et al.*, 2011). Sayangnya penelitian yang dilakukan di Sungai Poboya relative terbatas. Penelitain tersebut antara lain dilakukan oleh Yusuf *et*

*al.* (2013) tentang logam berat pada sedimen dan air; Arsad *et al.* (2012) tentang kandungan logam berat pada ikan belanak (*Liza melinoptera*). Pandaunan *et al.* (2016) tentang logam berat pada air, sedimen dan ikan. Sedangkan penelitian komprehensif yang mengarah pada strategi pengendalian secara holistic belum pernah dilakukan. Oleh karena itu maka dalam rangka mengatasi hal tersebut, hal pertama yang perlu segera dilakukan adalah mencari strategi pengendalian pencemaran terutama merkuri di wilayah DAS Poboya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan formulasi strategi pengendalian pencemaran merkuri dari pertambangan emas rakyat yang berkelanjutan.

## 2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Poboya, Kecamatan Palu Timur, Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. Penelitian ini dilakukan dari bulan Agustus 2016 sampai dengan Maret 2017. Dalam rangka menyusun strategi pengendalian pencemaran ini, dilakukan analisis dengan menggunakan AHP (Analytic Hierarchy Process). Pada AHP ini dipilih ahli terkait dengan pengendalian pencemaran Hg dari tambang emas secara purposive, yang selanjutnya akan mengisi kuesioner yang disusun dalam bentuk matrik perbandingan berpasangan untuk dinilai para ahli terpilih (Saxena *et al.*, 1992). Stakeholder yang dipilih berasal dari pihak pemerintah, pengusaha, lembaga swadaya masyarakat, dan pakar yang paling mengetahui/faham kondisi penambangan emas rakyat di Kota Palu. Penentuan prioritas kebijakan dilakukan dengan melibatkan seluruh pemangku kepentingan agar diperoleh hasil yang partisipatif dan akomodatif sehingga kebijakan yang dihasilkan dapat dilaksanakan dan didukung oleh semua stakeholder serta dapat mewakili, baik untuk kepentingan saat ini maupun untuk kepentingan di masa yang akan datang.

Skala yang digunakan pada kuesioner menggunakan skala Saaty 1 sampai 9 (Saaty, 1993). Untuk itu dilakukan penyusunan hierarki dilakukan dengan mengidentifikasi pengetahuan/informasi yang sedang diamati. Adapun hirarki AHP penelitian ini adalah:

- 1) Fokus: pengendalian pencemaran merkuri dari pertambangan emas rakyat di Sungai Poboya yang berkelanjutan
- 2) Faktor: tingkat pendidikan, tingkat pendapatan, pendanaan, sarana dan prasarana serta kebijakan pemerintah
- 3) Aktor: pemerintah, penegak hukum, pengusaha, tenaga kerja (buruh), akademisi, lembaga swadaya masyarakat (LSM) dan masyarakat.
- 4) Tujuan: perluasan lapangan kerja, peningkatan pendapatan masyarakat, pemulihan ekosistem, minimalisasi konflik, reduksi pencemaran.
- 5) Alternatif: pendulangan, sianidasi, superminor, teknologi grafitasi, kombinasi teknologi.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Model AHP digunakan untuk memilih strategi pengendalian pencemaran merkuri dari tambang emas yang berkelanjutan. Pada penelitian ini, dilakukan analisis pada setiap level dari hirarki penentuan strategi pengendalian pencemaran merkuri dari pertambangan emas rakyat di DAS Poboya. Adapun bobot dan prioritas yang dianalisis pada penelitian ini adalah hasil kombinasi gabungan dari pendapat dan penilaian seluruh stakeholder pada setiap matriks perbandingan berpasangan.

Pada penelitian ini didapatkan lima faktor yang berpotensi dalam pengendalian pencemaran merkuri dari tambang emas yang berkelanjutan, yakni tingkat pendidikan, tingkat pendapatan, pendanaan, sarana dan prasarana serta kebijakan pemerintah. Hasil analisis memperlihatkan bahwa faktor yang paling berperan dalam pengendalian pencemaran merkuri dari tambang emas yang berkelanjutan menurut pilihan pakar berturut-turut adalah:

1. Kebijakan pemerintah (0.270)
2. Sarana dan prasarana (0.227)
3. Tingkat pendidikan (0.197)
4. Pendanaan (0.197)
5. Tingkat pendapatan (0.109)

Nilai rasio konsistensi (CR ratio) pada level ke dua (yaitu faktor) besarnya adalah 0.02663. Nilai tersebut kurang dari 10%. Oleh karena itu maka matriks perbandingan dapat diterima, sehingga juga dapat melanjutkan ke level selanjutnya

Pada penelitian ini terlihat bahwa hasil analisis AHP, memperlihatkan bahwa aspek kebijakan pemerintah dianggap oleh stakeholder ahli sebagai prioritas utama yang dapat mendukung keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat. Hal ini disebabkan kebijakan merupakan salah satu alat yang dimiliki oleh pemerintah untuk mencapai tujuan dan sasaran (David, 2013). Menurut Serageldin (1996) selama ini pengelolaan sumberdaya alam telah mengabaikan kaidah-kaidah konservasi dan memarginalkan rakyat yang berada di sekitarnya. Oleh karena itu, idealnya kebijakan pemerintah seharusnya menjadi petunjuk dan atau perintah dari pemerintah (instansi yang berwenang) untuk melaksanakan penambangan emas yang berkelanjutan. Pada kebijakan tersebut selain menjadi petunjuk bagi penambang emas, namun di dalamnya juga terdapat aturan dan sekaligus sanksi (Nietzsche, 2002) bagi penambang emas yang melanggar. Oleh karena itu maka kebijakan pemerintah yang baik dan benar, tentunya akan menjadi pokok pangkal keberhasilan pengendalian pencemaran dari kegiatan penambangan emas rakyat, asalkan semua yang tertulis dalam kebijakan tersebut diimplementasikan dengan baik.

Namun demikian kenyataan yang ada kebijakan yang sudah dibuat dengan sangat baik tersebut seringkali tidak dapat diimplementasikan, atau dengan kata lain kebijakan tersebut kurang implementatif. Menurut Caiden (1971) sulitnya membuat kebijakan yang tepat dan dapat diimplementasikan dengan benar, dapat disebabkan oleh adanya kesulitan saat dilakukan pembuatan kebijakan tersebut, seperti akibat dari kesulitan

untuk mendapatkan informasi yang cukup, baik yang sulit disimpulkan maupun yang mudah disimpulkan. Penyebab lainnya diantaranya adalah adanya berbagai jenis kepentingan yang berbeda-beda antar sektor dan instansi, namun semua kepentingan tersebut kurang dianalisis secara tajam. Penyebab lainnya antara lain adanya umpan balik keputusan yang bersifat sporadic. Proses perumusan kebijakan tidak dimengerti dengan benar. Oleh karena itu untuk terciptanya kebijakan yang tepat (appropriateness) dan dapat diimplementasikan, sehingga pemerintah harus membuat kebijakan yang bagus, benar dan implementatif. Untuk itu maka dapat pada pembuatannya perlu dilakukan dengan hati-hati, dan melalui pentahapan yang jelas, misalnya pertama membuat rancangan atau rencana kebijakan terlebih dahulu, selanjutnya dimintakan pendapat kepada para ahli, dan dari masukan-masukan tersebut selanjutnya dibuat formulasi rencana kebijakan, sekaligus dengan rencana pelaksanaannya di lapangan. Hal yang juga tidak kalah pentingnya adalah melakukan proses evaluasi sebagai umpan balik terhadap proses rancangan kebijakan tersebut. Selain itu juga harus dijalin kemitraan dari semua stakeholder terkait (Mitchell *et al.*, 2000).

Pilihan stakeholder ke dua yang dapat mendukung keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat agar menjadi berkelanjutan adalah sarana dan prasarana (0.227). Dalam hal ini agar penambang tradisional melakukan pengolahan emasnya dengan baik, idealnya pemerintah menyediakan terlebih dahulu sarana dan prasarana yang dapat mendukung pengolahan limbah penambangannya. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Norista (2010) yang berpendapat bahwa dalam suatu proses pembangunan, investasi pemerintah untuk membangun/ menyediakan sarana dan prasarana. Mengingat walau pembangunan sarana dan prasarana memerlukan modal yang besar, namun akan berpengaruh langsung terhadap kelestarian lingkungan, kesehatan dan kesejahteraan masyarakat sekaligus juga akan mempunyai multiplier effect yang besar.

Pilihan stakeholder ke tiga yang dapat mendukung keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat agar menjadi berkelanjutan adalah tingkat pendidikan (0.197) dan pendanaan (0.197). Pendidikan merupakan faktor penting dalam merubah seseorang sehingga mau melakukan perubahan untuk kemajuan (Bakhurst, 2011), sehingga akan dapat mendukung dan mensukseskan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat. Hal ini sesuai dengan pendapat Davis and Tisdell (1995) yang mengatakan bahwa pendidikan dapat menjadi salah satu factor yang membawa masyarakat sadar terhadap kelestarian lingkungan. Apabila hal tersebut dapat dilakukan dengan baik maka keberlanjutan yang diinginkan bukan tidak mungkin juga akan tercapai (Downey, 2004).

Pendanaan juga menjadi pilihan stakeholder ke tiga yang dapat mendukung keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat agar menjadi berkelanjutan. Hal ini disebabkan dalam melaksanakan semua kebijakan yang telah

dibuat, termasuk dalam monitoring dan evaluasinya di lapang semua membutuhkan dana operasional untuk-melaksanakannya. Demikian pula halnya dengan pengadaan sarana dan prasarana untuk pengolahan limbah dari kegiatan pertambangan emas rakyat juga dibutuhkan dana yang jumlahnya tidak sedikit.

Hasil analisis AHP untuk hierarki ke tiga, yakni kriteria stakeholder, memperlihatkan bahwa stakeholder yang paling berpengaruh untuk keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat dari urutan paling berpengaruh hingga kurang berpengaruh adalah sebagai:

1. Pemerintah (pemerintah daerah) (0.215)
2. Penegak hukum (0.215)
3. Masyarakat (0.176)
4. Pengusaha (0.118)
5. Akademisi (0.111)
6. LSM (0.103)
7. Buruh (0.062)

Nilai rasio konsistensi (CR ratio) pada level ke tiga, yakni stakeholder, besarnya adalah 0.03159. Nilai tersebut kurang dari 10%. Oleh karena itu maka matriks perbandingan dapat diterima, sehingga juga dapat melanjutkan ke level empat

Hasil tersebut di atas, memperlihatkan bahwa pilihan para pakar yang menjadi responden utama pada penelitian ini menempatkan *stakeholders* pemerintah (pemerintah daerah) sebagai *stakeholders* yang pertama yang paling berpengaruh pada keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat. Pemerintah harus terlibat secara aktif dalam proses pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat. Hal ini disebabkan pemerintah memegang otoritas dalam perencanaan dan pembangunan di sekitar kawasan pertambangan emas rakyat. Selain itu pemerintah juga mempunyai peran/kewajiban untuk menjamin kelestarian pemanfaatan sumberdaya untuk kesejahteraan masyarakat yang tinggal di lokasi tersebut.

*Stakeholders* penegak hukum juga menjadi pilihan para pakar yang menempatkannya sebagai responden kedua pada penelitian ini. Dalam hal ini melalui kebijakan yang dibuatnya, baik pemerintah pusat maupun pemerintah daerah berperan penting dalam pengelolaan lingkungan agar tetap lestari, termasuk di dalamnya mengatur tentang limbah yang dihasilkan dari berbagai kegiatan, termasuk di dalamnya limbah dari kegiatan pertambangan emas rakyat. Pada praktek di lapangan terkait dengan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat, memiliki potensi yang tinggi terhadap terjadinya pelanggaran-pelanggaran yang dilakukan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu maka pemerintah cq penegak hokum harus selalu berupaya agar pelanggaran tersebut menjadi minimal dan harus selalu melakukan monitoring terhadap kegiatan pertambangan emas rakyat. Selain hal tersebut, hal yang juga tidak kalah pentingnya adalah melakukan pengawasan yang ketat pada pengelolaan limbah yang berasal dari kegiatan pertambangan emas rakyat.

*Stakeholders* masyarakat menjadi pilihan para pakar yang menempatkannya sebagai responden ketiga pada penelitian ini. Mengingat agar pengendalian pencemaran merkuri dari pertambangan emas rakyat berhasil dengan baik, maka aktor masyarakat perlu dilibatkan secara partisipatif dalam proses pengendalian pencemaran merkuri dari pertambangan emas rakyat. Adapun pelibatan masyarakat sebaiknya dilakukan pada semua aspek, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga pemantauan dan evaluasinya. Namun demikian menurut Ajzen (2007) niat untuk melakukan perilaku tertentu, seperti perilaku ramah lingkungan ditentukan oleh berbagai aspek secara komprehensif seperti pengetahuan, sikap, niat, dan perilaku itu sendiri. Oleh karena itu maka hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu adalah merubah manusianya dulu misalnya melalui sistem yang teratur dan terencana, sekaligus harus mencari masyarakat yang dapat menjadi agent of change (Kaufman dan Lick, 2001), yakni seorang atau kelompok orang yang mendapatkan kepercayaan dari masyarakat dan orang tersebut pada akhirnya menghendaki terjadinya perubahan ke arah lingkungan yang lestari dan berkelanjutan

Pilihan para pakar yang menempatkannya sebagai kriteria tujuan utama pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Reduksi pencemaran (0.440)
2. Pemulihan Ekosistem (0.193)
3. Perluasan lapangan kerja (0.187)
4. Minimasi Konflik (0.125)
5. Peningkatan pendapatan (0.055)

Nilai rasio konsistensi (CR ratio) pada level ke empat, yakni kriteria tujuan utama besarnya adalah 0.02756. Nilai tersebut kurang dari 10%. Oleh karena itu maka matriks perbandingan dapat diterima, sehingga juga dapat melanjutkan ke level lima

Hasil analisis AHP tersebut di atas, memperlihatkan bahwa pilihan para pakar dalam hal tujuan yang seharusnya didahulukan agar keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat dapat berhasil adalah mereduksi pencemaran merkuri dari pertambangan emas rakyat. Hal ini disebabkan merkuri adalah salah satu jenis logam berat yang sangat berbahaya, beracun dan sangat bioakumulatif (Markus, 2009), dan paling toksik dibanding logam berat lainnya. Pada konsentrasi tertentu Hg dalam perairan akan terakumulasi ke dalam sedimen (Spencer dan MacLeod, 2002). Padahal menurut Chen *et al.* (2012), jumlah Hg yang terkandung dalam sedimen mencerminkan tingkat polusi bagi badan air. Hg yang mengkontaminasi air berpotensi masuk ke dalam biota air, melalui dua jalur yaitu, melalui saluran pencernaan, yang berasal dari makanan, dan melalui insang (Skinner dan Bennet 2007, Riani 2010; Cordova dan Riani 2011, Riani *et al.* 2014), Riani *et al.* 2017). Merkuri akan terus terakumulasi dalam tubuhnya (Riani *et al.* 2017), dan selanjutnya akan merusak organ tubuh (Riani 2015) dan dapat mengakibatkan cacat bawaan pada embrio yang dilahirkan (Riani *et al.* 2014 dan Riani *et al.* 2017). Apabila merkuri tersebut telah berikatan dengan gugus sulfidril, maka ikatan tersebut

bersifat ireversible, sehingga potensi lepasnya Hg dari dalam tubuh menjadi sangat kecil (Riani, 2012). Bahkan akan berpindah dari satu tingkat trofik ke tingkat lainnya (Sakamoto, 1994) Berdasarkan hal tersebut, maka tujuan utama yang harus didahulukan adalah melakukan reduksi terhadap pencemaran Hg di lingkungan.

Hasil analisis AHP juga memperlihatkan bahwa pilihan para pakar dalam hal tujuan utama kedua yang seharusnya didahulukan agar keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat dapat berhasil adalah melaksanakan pemulihan ekosistem yang sudah terlanjur terkontaminasi oleh Hg. Mengingat logam berat dapat terakumulasi di sedimen dari lokasi tempat membuang limbah yang mengandung Hg tersebut, hingga ke muara sungai pada lapisan 5-20 cm (El-Moselhy dan Yassien, 2005) ekosistem yang sudah terkontaminasi Hg, apabila tidak dipulihkan dengan baik, suatu saat malah akan menjadi sumber pencemar (Riani, 2012). Hal ini terjadi karena sedimen berperan sebagai tempat penampung Hg, namun demikian menurut Thomas dan Bendel-Young (1998), kemampuan menampung dan melepaskannya tergantung pada jenis fraksi sedimen. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Louma dan Campbell (1987), bahwa karakteristik geokimiawi sedimen merupakan faktor yang penting dalam menentukan bioavailabilitas. Oleh karena itu maka sedimen yang terkontaminasi seringkali menjadi sumber pencemar Hg di dalam ekosistem perairan. Berdasarkan hal tersebut, maka pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat dapat dilakukan melalui pemulihan ekosistem yang sudah terlanjur terkontaminasi oleh Hg.

Pada umumnya mendulang emas merupakan cara yang dianggap jauh lebih menguntungkan dibanding pekerjaan lainnya. Selain itu juga menjadi sangat menarik terutama untuk dilakukan oleh masyarakat yang belum memiliki pekerjaan tetap. Oleh karena itu maka untuk menghindari masyarakat yang belum mempunyai pekerjaan tetap, melakukan penambangan emas, maka untuk tujuan perluasan lapangan kerja, menjadi satu alternatif yang dapat dilakukan agar pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat, dapat berhasil dilakukan dengan baik.

Hasil analisis AHP untuk hierarki ke lima, yakni kriteria sasaran, memperlihatkan bahwa kriteria sasaran yang paling berpengaruh untuk keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat dari urutan paling berpengaruh hingga kurang berpengaruh menurut pendapat para pakar yang diwawancara adalah:

1. Superminor (0.345),
2. Kombinasi teknologi (0.301),
3. Sianidasi (0.168),
4. Pendulangan (0.115) dan
5. Amalgasi (0.070).

Nilai rasio konsistensi (CR ratio) pada level ke lima, yakni kriteria sasaran, besarnya adalah 0.04812. Nilai

tersebut kurang dari 10%. Oleh karena itu maka matriks perbandingan dapat diterima.

Hasil analisis AHP tersebut di atas, memperlihatkan bahwa pilihan para pakar dalam hal alternatif teknologi yang seharusnya didahulukan agar keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat dapat berhasil adalah teknologi superminor, yakni teknologi penambangan emas yang menggunakan sistem gravitasi. Pada teknologi ini dilakukan pemisahan emas dengan sistem pemisahan unsur yang di dasarkan pada berat jenis dari unsur tersebut. Teknologi ini relatif lebih aman mengingat tidak memasukkan bahan kimia beracun seperti pada teknologi lain. Di lain pihak limbah yang dihasilkan dari kegiatan pemisahan tersebut pada umumnya langsung dikembalikan ke lingkungan. Oleh karena itu maka dengan teknologi gravitasi ini, bahan pencemar yang dihasilkan relatif hanya bahan-bahan yang berasal dari batuan yang diproses saja, sehingga relatif tidak terlalu mencemari lingkungan seperti halnya pada teknologi sianidasi yang menghasilkan sianida dan amalgasi yang menghasilkan Hg dalam jumlah yang sangat banyak. Berdasarkan hal tersebut maka teknologi ini merupakan teknologi yang paling aman dibanding teknologi lainnya, sehingga menjadi pilihan utama para pakar.

Pilihan ke dua para pakar dalam hal alternatif teknologi, agar keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat dapat berhasil adalah kombinasi teknologi antara teknologi superminor yang harganya sangat mahal dan teknologi sianidasi, yang bahayanya relative lebih rendah dibanding dengan amalgasi. Teknologi ini diharapkan menjadi alternative teknologi yang dilihat dari biayanya, dianggap tidak semahal biaya teknologi superminor murni yang sangat mahal, namun dilihat dari teknologi sianidasi, walau menggunakan bahan berbahaya dan beracun berupa sianida, namun pada teknologi kombinasi ini tidak menggunakan sianida dalam jumlah yang sangat banyak seperti halnya pada teknologi sianidasi. Proses sianida yang dilakukan di sini dimaksudkan untuk memperoleh bijih emas kualitas rendah dengan ukuran butiran kurang dari 10 mm (Chryssoulis dan McMullen, 2001). Oleh karena itu, maka teknologi kombinasi ini menjadi teknologi alternative ke dua pilihan para pakar.

Pilihan ke tiga para pakar dalam hal alternatif teknologi, agar keberhasilan pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat dapat berhasil adalah teknologi sianidasi. Teknologi sianidasi dianggap relatif kurang berbahaya dibanding dengan teknologi amalgamasi. Pada teknologi ini, pengambilan logam emas dilakukan dengan cara ekstraksi memakai pelarut sianida. Metode sianidasi ini, dalam prosesnya memberikan nilai recovery (perolehan kembali) yang relatif besar, yaitu mencapai 90-97 % (Suyartono, 2003). Sianida merupakan reagen yang paling sering digunakan untuk mengisolasi emas dalam proses eksploitasi emas skala industry (Lee, 1994). Di lain pihak pada proses sianida akan dihasilkan limbah cair yang dikenal sebagai tailing effluent yang mengandung sianida (Sutoto, 2007), yang seharusnya

diolah terlebih dahulu sebelum dikeluarkan ke lingkungan. Mengingat sianida adalah senyawa yang termasuk B-3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), sehingga berbahaya terhadap lingkungan dan makhluk hidup disekitarnya seperti pada ekosistem air, satwa darat dan juga manusia.

#### 4. Kesimpulan

Strategi yang ideal dilakukan agar pengendalian pencemaran merkuri dari proses pertambangan emas rakyat berhasil dan kegiatan pertambangan emas menjadi berkelanjutan, idealnya adalah menggunakan teknologi superminor yang memanfaatkan berat jenis tanpa menambahkan bahan berbahaya dan beracun. Pilihan selanjutnya adalah kombinasi teknologi dan sianidasi. Terkait hal tersebut tujuan yang diutamakan hendaknya mereduksi pencemaran dan pemulihan ekosistem serta perluasan lapangan kerja. Stakeholder utama yang memegang kendali idealnya adalah pemerintah (pemerintah daerah), penegak hukum dan masyarakat. Selain itu juga memperhatikan faktor yang berpotensi dalam pengendalian pencemaran merkuri yakni kebijakan pemerintah terkait pengelolaan penambangan emas yang implementatif, sarana dan prasarana yang mendukung serta tingkat pendidikan masyarakat yang memadai Mei-Juni 2016.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis tujuan kepada Balai Riset Perikanan Laut yang telah memberi kesempatan pada penulis untuk bergabung dalam kegiatan penelitian di WPPNRI 711 Laut Cina Selatan di Bulan Mei hingga Juni 2016. Tak lupa penulis juga sampaikan terima kasih kepada Kapten Sakti Nababan selaku kapten Kapal Madidihang 02 beserta kru yang telah membantu kelancaran kegiatan penelitian.

#### Daftar Pustaka

- Bakhurst, D., 2011. The formation of reason. John Wiley & Sons Ltd. 2nd Ed, Oxford.
- Bendell-Young, L. I., Dutton, M., Pick, F.R., 1992. Contrasting two methods for determining trace metal partitioning in oxidized sediments. *Biogeochemistry* 17, pp. 15-29.
- Caiden, G. E., 1971. The Dynamics of Public Administration. Holt, Rinehar and Winston, New York
- Chryssoulis, L. S., McMullen, J., 2001. Mineralogical investigation of gold ores. *Developments in Mineral Processing* 15, pp. 21-66.
- Cordova, M. R., Riani, E., 2011. Konsentrasi logam berat (Hg, Cd, Pb) pada air dan sedimen di muara Sungai Angke, Jakarta. *Jurnal Hidrosfir* 6(2), pp. 107 -112.
- Davis, D., and Tisdell, C., 1995. Economic Management of Recreational Scuba Diving and the Environment. *Journal of Environmental Management* 48(3), pp. 229-248.
- Downey, P. R., 2004. Sustainability takes time. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 5(2), pp. 81-90.
- EL-Moselhy, K. M., Yassien, M. H., 2005. Accumulation patterns of heavy metals in Venus clams, *Paphia undulata* (Born, 1780) and *Graffarium pectinatum* (Linnaeus, 1785), from Lake Timsah, Suez Canal, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 31 (1), pp. 13-28.
- Lee, J., 1994. *Concise inorganic chemistry* 4th Ed. Chapman & Hall, London.
- Louma, A., Campbell, P. C. G., 1987. Partitioning of trace metals in sediment relationships with bioavailability. *Hidrobiology* 149, pp. 43-52.
- Markus, T. L., 2009. Proses bioakumulasi dan biotransfer merkuri (Hg) pada organisme perairan di dalam wadah terkontrol. *Jurnal Matematika Dan Sains* 14(2), pp. 89-95.
- Mitchell, B., Setiawan, B., and Rahmi, D. H., 2000. *Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan*. Gajah Mada University Press, Jogjakarta.
- Nietzsche, F., 2002. *Beyond Good and Evil: Prelude Menuju Filsafat Masa Depan*. B.H. Winarno, Penerjemah. Ikon, Yogyakarta.
- Pandaunan, M., E. Riani, S. Anwar, 2015. Kontaminasi logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb) pada air, sedimen dan ikan selar tetengkek (*megalaspis cordyla* L) di Teluk Palu, Sulawesi Tengah. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 5(2), pp. 161-168.
- Rian, E., Sudarso, Y., Cordova, MR, 2014. Heavy metals effect on unviable larvae of *Dicrotendipes simpsoni* (Diptera: Chironomidae), a case study from Saguling Dam, Indonesia. *Aquacultur, Aquarium, Conservation and Legislation (AACL) International Journal of the Bioflux Society* 7 (2), pp. 76-84.
- Riani, E., 2012. *Perubahan Iklim dan Kehidupan Akuatik (Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun & Reproduksi)*. IPB Press, Bogor.
- Riani, E., 2010. Kontaminasi merkuri (Hg) dalam organ tubuh ikan petek (*Leiognathus equulus*) di perairan Ancol, Teluk Jakarta. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 11(2), pp.139-322.
- Riani, E., 2011. Dampak Pencemaran Logam Berat terhadap Cacat Bawaan (Malformasi) pada Keturunan Kerang Hijau yang dibudidayai di Perairan Muara Kamal, Teluk Jakarta. Seminar Nasional PPLH Mengakrabi Paradigma dan Instrumen Baru Pengelolaan Lingkungan Hidup Dalam UU No 32 tahun 2009. ICC – IPB [20 Oktober 2011].
- Riani, E., 2015. The effect of heavy metals on tissue damage in different organs of goldfish cultivated in floating fish net in Cirata Reservoir, Indonesia. *PARIPEX - Indian Journal of Research* 4(2), pp. 54-58.
- Riani, E., M. R. Cordova, Z. Arifin, 2017. A Potential of Green Mussel (*Perna viridis*) as a Bioaccumulator in Heavy Metal Polluted Sea. *International Conference 2017. Advanced Technology in Waste Water and Waste Management for Extractive Industries*. Nusa Dua Bali Indonesia [23-24 Oktober 2017].
- Saaty, T. L., 1993. *Decision Making for Leaders the Analytical Hierarchy Process for Decisions*. (Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin Proses Hierarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi yang Kompleks. Ir. Liana Setiona, Penerjemah. PT. Pustaka Binaman Pressindo dan PT. Gramedia, Jakarta.
- Sakamoto, M., 1994. *Pencemaran merkuri Teluk Buyat dan Teluk Totok Sulawesi Utara Indonesia*. National Institute for Minamata.
- Saxena, J.P., Sushil, P., Vrat. 1992. Hierarchy and Clasification of program plan elements using interpretative structural modeling: A case study of energy conservation in the Indian cement industry. *Systemic practice and Action Research* 5(6), pp. 651-670.
- Skinner, K. M., J.D. Bennett, 2007. Altered gill morphology in benthic macroinvertebrates from mercury enriched streams in the neversink reservoir watershed, New York. *Ecotoxicology* 16, pp. 311-316.
- Spencer, K. L., C. L. MacLeod, 2002. Distribution and partitioning of heavy metals in estuarine sediment cores and implications for the use of sediment quality standards. *Hydrology and Earth System Sciences* 6(6), pp. 989-998.
- Sutoto, 2007. Studi efek iradiasi radium untuk pengolahan limbah sianida industri pertambangan emas. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah* 10, pp. 16-26.

- Suyartono, 2003. Good mining practice. Studi Nusa Semarang, Jakarta.
- Thomas, C. A., L. I. Bendell-Young, 1998. Linking the sediment geochemistry of an intertidal region to metal bioavailability in the deposit feeder *Macoma balthica*. Marine Ecology Progress Series 173, pp. 197-213.
- Yusuf, M., B. Hamzah, N. Rahman, 2013. Kandungan merkuri (Hg) dalam air laut, sedimen, dan jaringan ikan belanak (*Liza melinoptera*) di perairan Teluk Palu. Jurnal Akademi Kimia 2(3), pp. 140-145.