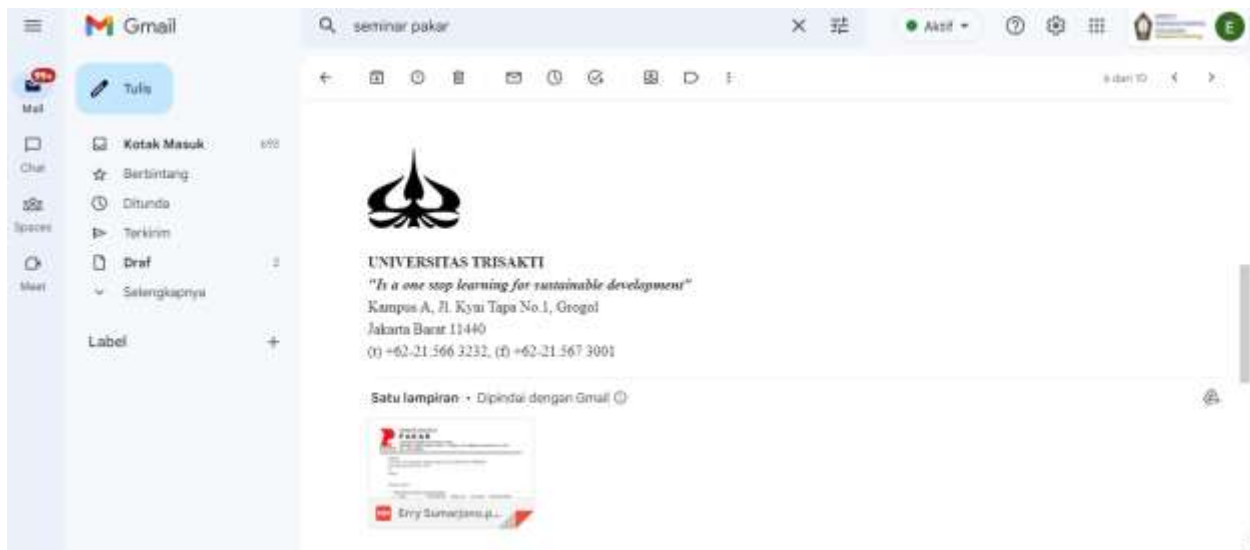
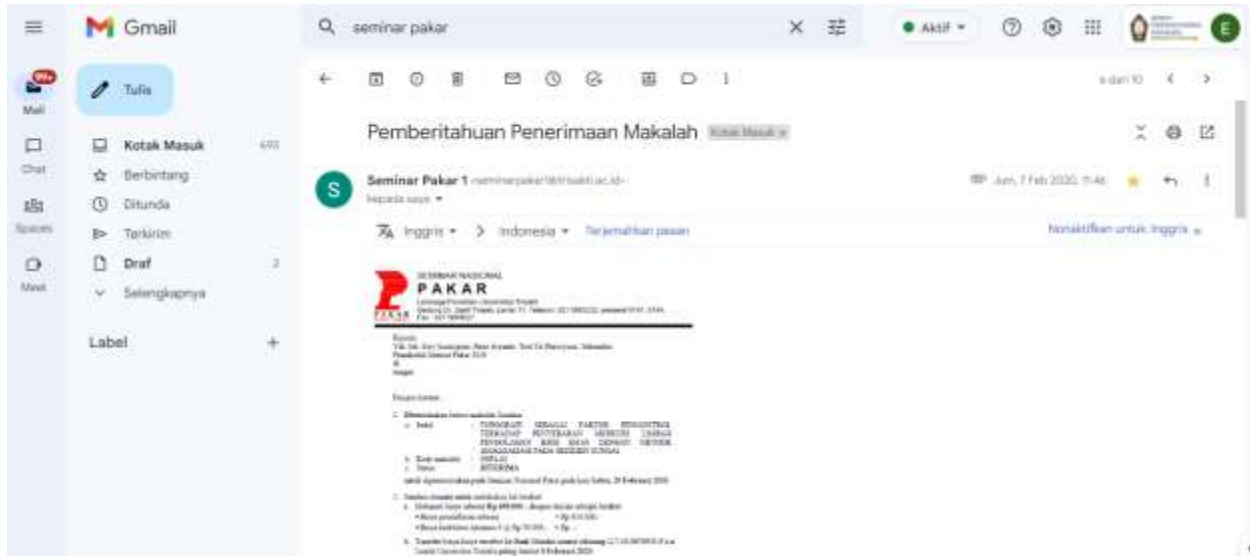


Gmail interface showing an email from ERY SUMARJONO to seminar.pakar@gmail.com. The email subject is "Makalah PAKAR 2020 (Sains Dan Teknologi)". The sender is identified as "Yth. Panitia Seminar PAKAR 2020". The email content includes a polite greeting, a request to submit a paper for the "Seminar Nasional PAKAR 2020, Seri 1 : Sains Dan Teknologi", and a list of names: Harmat Kani, Ery Sumarjono, dok. A thumbnail of the attached document "Makalah Pakar Tit..." is visible.

Gmail interface showing an email from seminar.pakar@trisakti.ac.id to ERY SUMARJONO. The email subject is "Seminar Pakar 1". The sender is identified as "Yth. Bapak Ery Sumarjono". The email content includes a thank you for the paper submission and the logo of Universitas Trisakti. The university's name and motto "Is a one stop learning for sustainable development" are displayed, along with its address in Jakarta Barat and contact numbers.

Gmail interface showing an email from ERY SUMARJONO to seminar.pakar@gmail.com. The email subject is "Seminar Nasional PAKAR 2020". The sender is identified as "Yth. Panitia Seminar Nasional PAKAR 2020". The email content includes a polite greeting, a request to resend the acceptance letter for the paper, and the full name and title of the author: "Atas Nama : Ery Sumarjono, Reza Aryanto, Taat Tri Perwiyono, Subandrio". The paper title is "Topografi Sebagai Faktor Pengontrol Terhadap Penyebaran Merkuri Limbah Pengolahan Bijih Emas Dengan Metode Amalgamasi Pada Sedimen Sungai". A note mentions that the acceptance letter was accidentally deleted from the phone. The email concludes with a thank you and the name of the sender, Ery Sumarjono, dok.



Gmail interface showing an email from ERY SUMARJONO to Seminar Pakar. The email subject is "Yth. Panitia Seminar Nasional PAKAR 2020". The content includes a greeting, a statement of payment for the seminar, and a scanned receipt image.


ERY SUMARJONO <erysumarjono@iain.ac.id>
kepada Seminar >

Yth. Panitia Seminar Nasional PAKAR 2020

Dengan ini, kami mengirimkan scan bukti pembayaran **Seminar Nasional PAKAR 2020**.
Terimakasih atas perhatiannya.

Hormat kami,
Ery Sumarjono dik.


Satu lampiran • Dipindai dengan Gmail



Seminar Pakar 1 <seminarpakar1@iain.ac.id> 10 Feb 2020, 08:09

Gmail interface showing a reply email from Seminar Pakar 1 to ERY SUMARJONO. The email subject is "Seminar Pakar 1". The content is a simple acknowledgment.

Satu lampiran • Dipindai dengan Gmail



Seminar Pakar 1 <seminarpakar1@iain.ac.id>
kepada Ery >

Terimakasih untuk konfirmasi pembayarannya

Balas Teruskan

Seminar Pakar 1 <seminarpakar1@iain.ac.id> 10 Feb 2020, 08:09

Gmail interface showing an email from ERY SUMARJONO to Seminar Pakar. The email subject is "Slide Presentasi PAKAR 2020". The content includes a greeting, a statement of presentation for the seminar, and a logo for PAKAR 2020.


ERY SUMARJONO <erysumarjono@iain.ac.id>
kepada Seminar >

Yth. Panitia Seminar Nasional PAKAR 2020

Dengan hormat,
Dengan ini, kami mengirimkan slide presentasi untuk **Seminar Nasional PAKAR 2020**.
Ayo partisian dan kerjasamanya, kami menyampaikan terimakasih.

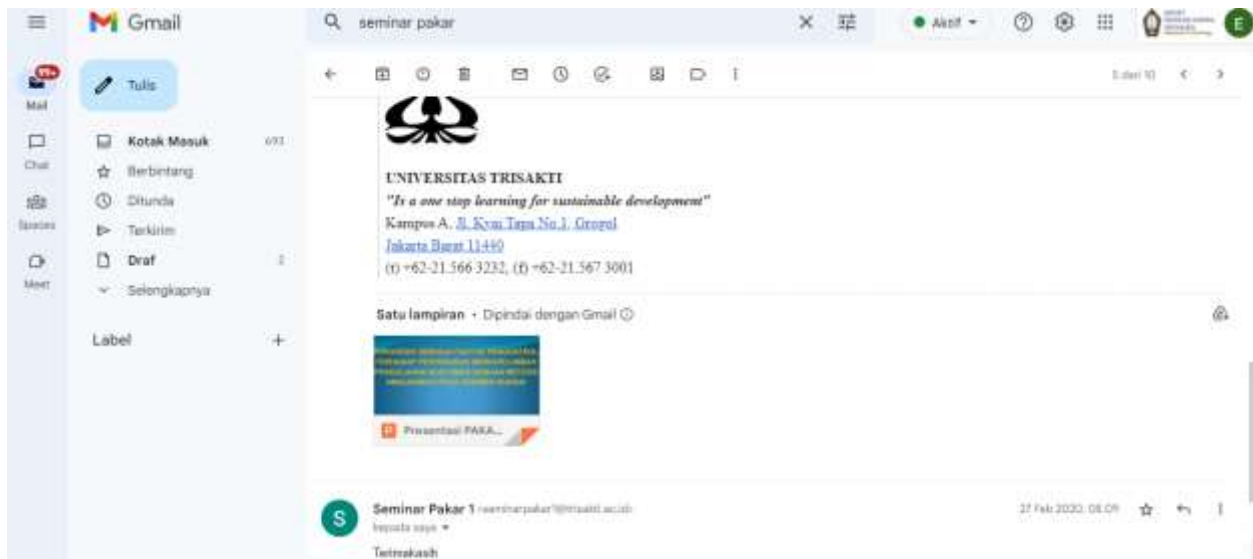
Hormat kami,
Ery Sumarjono dik.

Pada Rabu, 19 Februari 2020, **Seminar Pakar 1** <seminarpakar1@iain.ac.id> menulis:



PAKAR
Pusat Akademik dan Kejuruan
Jember
Jember, Jawa Timur 66122
Telp: 0331-8211111
Fax: 0331-8211111

Ditulis:
Yth. Bapak/Ibu: Ery Sumarjono, Bina Kencana,
Tani Tani Pemasaran, Jember
Lain Seminar PAKAR
Pusat Akademik dan Kejuruan
Jember



TOPOGRAFI SEBAGAI FAKTOR PENGONTROL TERHADAP PENYEBARAN MERKURI LIMBAH PENGOLAHAN BIJIH EMAS DENGAN METODE AMALGAMASI PADA SEDIMEN SUNGAI

Erry Sumarjono¹⁾, Reza Aryanto²⁾, Taat Tri Purwiyono³⁾, Subandrio⁴⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

^{2),3),4)} Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Trisakti

erry.sumarjono@itny.ac.id

ABSTRAK

Pengolahan bijih Emas dengan metode amalgamasi menggunakan Merkuri sebagai pengikat unsur Emas untuk membentuk amalgam (Au-Hg). Limbah hasil pengolahan/*tailing* masih mengandung Merkuri biasanya dibuang ke aliran sungai di dekat tempat pengolahan tersebut. Merkuri memiliki berat jenis 13,6 gr/cm³ dapat terendapkan ke dalam sedimen di dasar aliran sungai. Partikel dalam sedimen sungai dapat terendapkan ketika turbulensi fluida berkurang pada suatu titik tertentu. Pengendapan Merkuri pada sedimen sungai memiliki konsentrasi yang berbeda-beda dari satu titik ke titik lainnya. Penelitian ini memberikan satu kasus keterdapatan Merkuri yang mengendap pada sedimen sungai. Konsentrasi Merkuri yang terendapkan pada sedimen sungai memiliki korelasi yang kuat dengan topografi aliran sungai, ditunjukkan hasil uji korelasi dengan nilai $r^2 = 0,7123$ berarti faktor yang mempengaruhi penyebaran Merkuri pada sedimen dapat dijelaskan sebesar 71,23% oleh adanya topografi, sedangkan faktor lainnya yang tidak dapat dijelaskan oleh model persamaan sebesar 28,77%. Analisis regresi sederhana memberikan nilai $r = 0,8439673$, berarti topografi memiliki korelasi yang kuat terhadap penyebaran Merkuri pada sedimen sungai. Nilai *significance F* = 0,016950804, nilai *significance F* < 0,05, berarti topografi memiliki pengaruh terhadap penyebaran Merkuri pada sedimen sungai. Nilai *P-value* = 0,0052193, nilai *P-value* *sig-t* < 0,05, berarti topografi memiliki pengaruh terhadap penyebaran Merkuri pada sedimen sungai.

Kata Kunci: *Bijih Emas, Limbah, Merkuri, Sedimen Sungai, Topografi.*

I. PENDAHULUAN

Bijih Emas yang terdapat di alam dapat diolah melalui beberapa metode pengolahan, diantaranya dengan menggunakan metode amalgamasi. Metode amalgamasi menggunakan Merkuri yang dimasukkan bersama dengan bijih emas ke dalam gelundung-gelundung. Pengolahan bijih Emas tersebut menghasilkan limbah/*tailing* yang masih mengandung Merkuri. Limbah hasil pengolahan tersebut biasanya dibuang ke aliran sungai yang dekat dengan tempat pengolahan bijih Emas tersebut.

Merkuri adalah salah satu logam berat yang sangat berbahaya, bersifat toksik bagi manusia dan lingkungan hidup (Effendi, Hefni, 2003). Merkuri dapat terlepas ke dalam perairan sungai dalam bentuk Hg unsur (Hg⁰), dengan berat jenis sebesar 13,6 gr/cm³, maka Merkuri dapat tenggelam ke dasar sungai atau terakumulasi di dalam sedimen sungai pada kedalaman 5-15 cm di bawah permukaan sedimen (Kitong, Melin, T, Abidjulu, Jemmy & Koleangan, Harry S, J, 2012).

Penyebaran Merkuri pada sedimen sungai dikontrol oleh kecepatan aliran sungai yang membawa partikel-partikel sedimen. Aliran sungai merupakan aliran terbuka yang memiliki sifat turbulen, dimana kecepatan aliran berubah-ubah di setiap arah berdasarkan waktu (Raju, K, G, Ranga, 1986). Kecepatan aliran sungai mempengaruhi proses pengendapan partikel-partikel yang terbawa oleh aliran air sungai, kecepatan aliran yang lebih besar dapat memberikan daya muatan yang lebih besar juga dan hal tersebut mempengaruhi proses pengendapan partikel-partikel tersebut (AASHTO, 1992).

Proses transport sedimen dalam aliran air/fluida memiliki perbedaan-perbedaan waktu dan tempat, dimana suatu partikel sedimen tersebut akan terendapkan, karena suatu ukuran butiran tertentu partikel hanya dapat terendapkan ketika turbulensi fluida

berkurang pada suatu titik tertentu (Suryono, Sugeng, S & Amijaya, Hendra, D, 2017). Partikel-partikel Merkuri yang terdapat dalam aliran sungai yang bersifat turbulen dapat terendapkan menjadi sedimen sungai pada waktu dan tempat yang berbeda-beda.

1.1 Latar Belakang.

Penyebaran Merkuri merupakan permasalahan global yang memerlukan perhatian dan peningkatan kewaspadaan, karena bahaya Merkuri tidak dapat dibatasi oleh batas-batas administrasi/wilayah suatu negara. Merkuri dapat menyebar tanpa dapat dibatasi oleh apapun dan oleh siapapun melalui siklus hidrologi. Proses penyebaran Merkuri yang berasal dari limbah hasil pengolahan bijih Emas dengan metode amalgamasi berawal dari kandungan Merkuri yang terdapat dalam limbah tersebut, kemudian dibuang ke dalam aliran sungai dan mengendap di dasar sungai sebagai sedimen sungai.

Pengendapan Merkuri pada sedimen sungai bersifat temporer, yang berarti bahwa dengan adanya perubahan kecepatan aliran sungai, maka konsentrasi Merkuri yang terdapat pada suatu titik tertentu akan dapat berubah-ubah menurut waktu. Hal tersebut sesuai dengan sifat turbulensi pada aliran air sungai, dimana kecepatan aliran turbulen berubah-ubah pada setiap arah berdasarkan waktu. Kondisi tersebut dapat menyebabkan berubahnya konsentrasi Merkuri yang terendapkan pada suatu titik tertentu pada aliran sungai.

Penelitian ini memberikan penjelasan bahwa Merkuri yang terendapkan pada sedimen sungai memiliki konsentrasi yang berbeda-beda pada titik-titik tertentu sepanjang aliran sungai. Proses pengendapan Merkuri tersebut dikontrol oleh topografi aliran air sungai, dimana topografi mengontrol kecepatan aliran air sungai dan kecepatan aliran sungai mengontrol pengendapan Merkuri, sehingga besarnya konsentrasi Merkuri yang terendapkan akan tergantung kepada besar kecilnya kemiringan (*grade*) topografi aliran air sungai.

1.2 Tujuan Penelitian,

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur konsentrasi Merkuri yang terendapkan pada sedimen sungai dan mengetahui hubungan antara topografi aliran sungai dengan besarnya konsentrasi Merkuri yang terendapkan pada aliran sungai tersebut.

II. STUDI PUSTAKA

Penggilingan bijih bersama Merkuri dalam tromol/gelundung dapat menyebabkan Merkuri terpecah menjadi butiran-butiran halus yang sifatnya sukar dipisahkan, sehingga Merkuri dapat lepas dari tromol atau gelundung (Zulfikah, Basir, Muhammad & Isrun, 2014). Merkuri dalam proses penggilingan ikut terpecah menjadi bentuk bola-bola kecil dengan diameter <1 mm disebut tepung Merkuri (*mercury flour*). Tepung Merkuri (*mercury flour*) tersebut dapat terbuang bersama *tailing* pada lingkungan sekitar, kemudian masuk ke dalam ekosistem dan membahayakan bagi lingkungan di bagian hilir (*downstream*) penambangan/pengolahan (Appel, Peter, W, U & Na-Oy, Leoncio, 2012).

Merkuri terlepas ke dalam lingkungan dapat berupa tepung Merkuri (*floured mercury*), butiran-butiran amalgam (*amalgam flocs*), amalgam (*fine amalgam*), Emas yang teramalgamasi sebagian (*partially amalgamated gold*) dan uap (*vapour*) (Wotruba, Hermann & Weithkämper, Lars, 2016). Butiran-butiran Merkuri dalam bentuk tepung (*flour mercury*) tidak efektif untuk dapat mengumpulkan butiran Emas dalam bentuk amalgam, Merkuri tersebut dapat hilang dalam proses amalgamasi dan dapat masuk ke dalam lingkungan (Silva, Michael, 1986).

Secara umum, jumlah kehilangan Merkuri terdapat dalam bentuk tepung (*flour mercury*) sekitar 25–30 % di dalam air limbah atau *tailing* (Nriagu, Jerome. O, 1994).

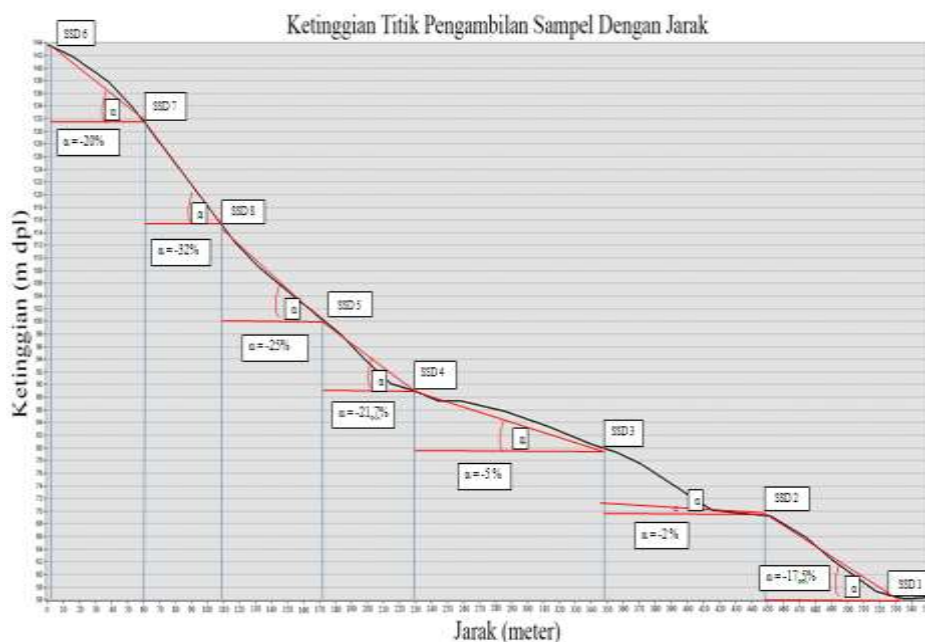
Merkuri dapat menjadi butiran-butiran yang kecil/ *flouring* pada pengolahan bijih Emas yang menggunakan amalgamasi langsung, dan butiran-butiran tersebut tidak efektif dalam mengikat Emas, sehingga Merkuri dalam bentuk tersebut dapat terbang bersama *tailing* ke dalam lingkungan (Widodo, 2008). Keberadaan Merkuri dalam lingkungan perlu diwaspadai karena Merkuri yang dapat terbentuk sebagai fraksi halus, unsur penjejak dan ion dapat terakumulasi dalam jumlah yang signifikan dan membahayakan lingkungan hidup (Herman, Danny, Zulkifli, 2006).

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, dilakukan pengambilan sampel sedimen sungai pada kedalaman 5–15 cm di bawah permukaan sedimen, pada jarak tertentu dari sumber pencemaran. Metode pengujian laboratorium untuk menganalisis kandungan merkuri dengan menggunakan alat *Mercury Analyzer Lab 254* yang dilakukan di Laboratorium Penelitian Dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada. Pengukuran jarak dan ketinggian dilakukan dengan menggunakan GPS Garmin 60CSX, diolah dengan menggunakan *software* ArcGis 10.3. Uji korelasi dan analisis regresi sederhana dilakukan untuk mengetahui hubungan antara topografi dengan besarnya kandungan Merkuri pada sedimen sungai.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemiringan / *grade* titik – titik pengambilan sampel adalah SSD6–SSD7 (-) 20 %, SSD7–SSD8 (-) 32%, SSD8–SSD5 (-) 25%, SSD5–SSD4 (-) 21,7 %, SSD4–SSD3 (-) 5 %, SSD3–SSD2 (-) 2 % dan SSD2–SSD1 (-) 17,5%, tanda (-) adalah menunjukkan penurunan pada topografi daerah penelitian (Gambar 4.1.).



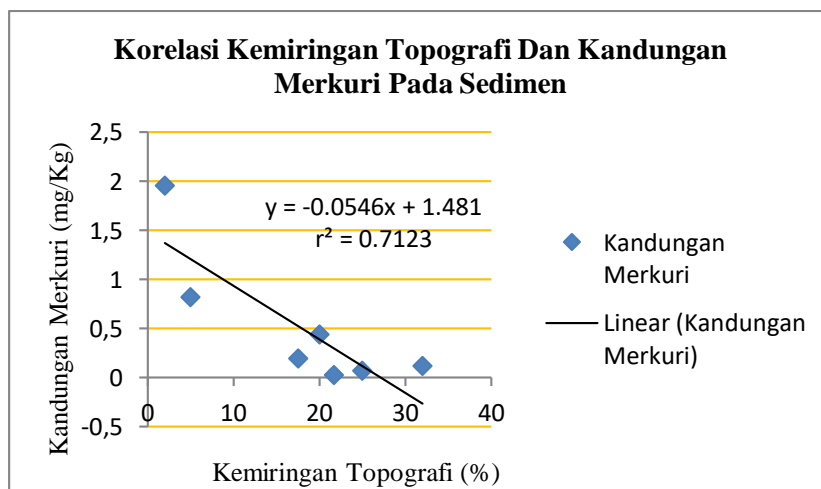
Gambar 4.1. *Grade*/Kemiringan Antar Titik-Titik Sampel Pada Aliran Sungai

Kandungan Merkuri dalam 8 sampel sedimen sungai terdapat kandungan Merkuri , SSD 1 = 0,20 mg/Kg pada jarak 530 m, SSD 2 = 1,96 mg/Kg pada jarak 450 m, SSD 3 = 0,82 mg/Kg pada jarak 350 m, SSD 4 = 0,03 mg/Kg pada jarak 230 m, SSD 5 = 0,007 mg/Kg pada jarak 170, SSD 6 = 0,93 mg/Kg pada jarak 0 m, SSD 7 = 0,44 mg/Kg pada jarak 60 m dan SSD 8 = 0,12 mg/Kg pada jarak 110 m. Menurut hasil pengukuran dengan

GPS 60 CSX selama dalam penelitian, kondisi topografi dari jarak 0 m s/d 170 m cenderung terjal dan curam, agak melandai dari jarak 170 m s/d 230 m, sehingga kecepatan arus sungai pada jarak tersebut cenderung tinggi. Kecepatan arus sungai yang tinggi menyebabkan aliran sungai dapat membawa lebih banyak sedimen, sehingga sedimen yang dapat mengendap lebih sedikit.

Sesuai dengan teori bahwa kecepatan arus sungai yang berubah-ubah (bersifat turbulen) dapat menyebabkan konsentrasi pengendapan dalam air sungai berubah-ubah juga (Istiarto, 2014), hal ini berarti bahwa kecepatan aliran sungai pada titik 0 m s/d 170 m yang cenderung tinggi karena topografi yang curam, kemudian agak melandai pada jarak 170 m s/d 230 m dapat menyebabkan penurunan konsentrasi Merkuri pada sedimen sungai berdasarkan jarak tersebut. Konsentrasi Merkuri dalam sedimen mengalami kenaikan lagi pada jarak 230 m, 350 m sampai dengan 450 m. Kenaikan konsentrasi Merkuri ini berhubungan dengan kelandaian topografi sungai, sehingga kecepatan arus sungai melambat dan menyebabkan meningkatnya peningkatan pengendapan sedimen pada jarak tersebut. Demikian pula, terjadinya penurunan konsentrasi pada jarak 450 m s/d 530 m, hal tersebut berhubungan dengan kecepatan arus sungai yang meningkat karena topografi pada jarak tersebut menurun kembali.

Ditinjau dari kemiringan titik per titik pengambilan sampel, maka dapat disimpulkan bahwa kemiringan topografi aliran sungai memiliki pengaruh terhadap konsentrasi Merkuri yang diendapkan pada titik-titik tersebut. Kemiringan topografi sungai berpengaruh terhadap kecepatan aliran sungai, dimana semakin topografi sungai itu curam/terjal (dengan kemiringan yang besar) maka kecepatan aliran sungai akan meningkat juga, dengan kata lain, kemiringan sungai berbanding lurus dengan kecepatan aliran sungai. Hal tersebut sesuai dengan teori-teori yang telah disampaikan bahwa kecepatan sungai berpengaruh terhadap proses pengendapan sedimen dan jumlah sedimen yang terbawa oleh aliran air.



Gambar 4.2. Grafik korelasi Kemiringan Topografi Dan Kandungan Merkuri Pada Sedimen Sungai

Topografi memiliki kontrol terhadap proses penyebaran Merkuri pada sedimen sungai. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil uji korelasi dengan nilai $r^2 = 0,7123$ (Gambar 4.2.), berarti bahwa faktor yang mempengaruhi penyebaran Merkuri pada sedimen dapat dijelaskan sebesar 71,23% oleh adanya topografi, sedangkan faktor lainnya yang tidak dapat dijelaskan oleh model persamaan sebesar 28,77% disebabkan faktor lainnya. Analisis regresi sederhana (Gambar 4.3.), memberikan nilai $r = 0,8439673$, berarti bahwa topografi memiliki korelasi yang kuat terhadap penyebaran Merkuri pada sedimen sungai. Nilai *significance F* = 0,016950804, nilai *significance F* < 0,05, berarti maka topografi memiliki pengaruh terhadap penyebaran Merkuri pada sedimen sungai.

Nilai P- value = 0,0052193, nilai P-value/ sig-t < 0,05, berarti topografi memiliki pengaruh terhadap penyebaran Merkuri pada sedimen sungai.

SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0.8439673							
R Square	0.7122808							
Adjusted R Square	0.65473696							
Standard Error	0.40674137							
Observations	7							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	2.047807299	2.047807	12.378055	0.016950804			
Residual	5	0.827192701	0.165439					
Total	6	2.875						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	1.48102734	0.313445156	4.724997	0.0052193	0.675290919	2.28676377	0.67529092	2.286763767
X Variable 1	-0.0546038	0.015520184	-3.51825	0.0169508	-0.09449973	-0.0147079	-0.09449973	-0.014707922

Gambar 4.3. Regresi Linear Kemiringan Topografi Dan Kandungan Merkuri Pada Sedimen Sungai

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- Merkuri yang terendapkan pada sedimen sungai memiliki konsentrasi yang berbeda-beda pada titik-titik tertentu di sepanjang aliran sungai.
- Topografi aliran air sungai merupakan faktor pengontrol proses pengendapan Merkuri, dimana pengendapan Merkuri pada sedimen sungai dikontrol oleh kecepatan aliran sungai dan kecepatan aliran dikontrol oleh topografi, sehingga semakin curam topografi aliran air sungai maka kandungan Merkuri yang terdapat dalam sedimen akan semakin kecil, demikian juga sebaliknya.
- Merkuri yang terendapkan pada titik-titik tertentu di sepanjang aliran sungai bersifat temporer, karena sifat turbulen aliran air sungai dan aliran yang terus menerus, sehingga konsentrasi Merkuri dapat berubah-ubah pada titik-titik tertentu tersebut, tetapi kandungan merkuri terbesar pada sedimen sungai memiliki korelasi yang kuat dan berbanding terbalik dengan topografi aliran sungai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Ir. Gunawan Nusanto, M.T., Ir. Suyono, M.S., Prof. Ir. D. Haryanto, Ph.D., Ir. Said Fadillah Alatas, M.Si., Ir. Untung Sukamto, M.T. dan Dr. Ir. Barlian Dwinagara, M.T., atas saran dan masukannya sehingga mendukung terselesaikannya tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Appel, Peter, W, U & Na-Oy, Leoncio 2012, *The Borax Method Of Gold Extraction For Small-Scale Miners*, Blacksmith Institute Journal of Health & Pollution Vol. 2, No. 3 – June 2012, Page 6-7.
- Effendi, Hefni 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber daya Dan Lingkungan Perairan*, Penerbit P.T. Kanisius, Yogyakarta, Hal 94 – 97.

- Herman, Danny Zulkifli 2006, *Tinjauan Terhadap Tailing Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dari Sisa Pengolahan Bijih Logam*, Pusat Sumber Daya Geologi, Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1, No. 1, Maret 2006, Hal 31 – 36.
- Istiarto 2014, *Transpor Polutan, Bahan Ajar Kuliah*, www. istiarto.staff.ugm.ac.id/docs/transpol/TS Transpor Polutan 2014.pdf, diunduh pada 17 September 2019.
- Kitong, Melin, T , Abidjulu, Jemmy & Koleangan, Harry S, J 2012, *Analisis Merkuri (Hg) dan Arsen (As) di Sedimen Sungai Ranoyapo Kecamatan Amurang Sulawesi Utara*, Jurnal MIPA UNSRAT online 1 (1) 16-19, <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>, FMIPA UNSRAT, Manado.
- Nriagu, Jerome, O 1994, *Mercury Pollution From The Past Mining Of Gold And Silver In The Americas*, Department of Environment and Industrial Health, School of Public Health, The University of Michigan, United States of America, *The Science of The Total Environment* 149 (1994) 167 – 181, Page 177.
- Raju, K, G, Ranga 1986, *Aliran Melalui Saluran Terbuka*, Alih Bahasa : Yan Piter Pangaribuan B.E (Civil), M. Eng., Penerbit Erlangga, Jakarta, Hal 3 dan 4.
- Silva, Michael 1986, *Placer Gold Recovery Methods*, Special Publication 87, California Department Of Conservation, Division of Mines And Geology, United States of America, Page 10.
- Suryono, Sugeng, S & Amijaya, Hendra, D 2017, *Sedimentologi*, Gajah Mada University Press, ISBN-13 : 978-979-420-904-2 Hal 28 – 29.
- Widodo 2008, *Pengaruh Perlakuan Amalgamasi Terhadap Tingkat Perolehan Emas Dan Kehilangan Merkuri*, UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI, Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan Jilid 18 No. 1 (2008), Hal 47 -53.
- Wotruba, Hermann & Weithkämper, Lars 2016, *Technologies for Small Scale Primary Gold Mining Traditional Vs Alternative Processing Methods*, Department of Mineral Processing, RWTH, Aachen University of Technology, Aachen, Germany, CSM ASIA Workshop – ASM technological and sosio cultural issues, diunduh pada 27 Mei 2016, Page 6.
- Zulfikah, Basir, Muhammad & Isrun 2014, *Konsentrasi Merkuri (Hg) dalam Tanah dan Jaringan Tanaman Kangkung (Ipomoea reptan) yang diberi Bokashi Kirinyu (Chromonela odorata L.) pada Limbah Tailing Penambangan Emas Poboya Kota Palu*, e-J Agrotebis 2 (6) : 587-595, Desember 2014, ISSN : 2338 – 3011.
- Pedoman Drainase Jalan Raya, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 1992*, Penerjemah : Ir Sutanto, M.Sc., Pendamping : Ir. Sidharta Kamarwan, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, Hal 237 – 241.