

Tingkat Pencemaran Logam Berat Pada Contoh Tanah dari Pulau Selayar, Kabupaten Lingga

Heavy Metals Pollution Level on Soil Samples from Selayar Island, Lingga Regency

Ronaldo Irzon^{1,2}

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Jawa Barat - Indonesia

²Pusat Survei Geologi, Jl. Diponegoro no. 57 Bandung, Jawa Barat – Indonesia

Naskah diterima 1 April 2018, selesai direvisi 15 Agustus 2018, dan disetujui 20 Agustus 2018
email: ronaldoirzon18@gmail.com

ABSTRAK

Perekonomian suatu wilayah dapat meningkat dengan keterdapatannya logam berat. Namun demikian, kelimpahan logam berat juga mempengaruhi karakter indeks pencemaran sebagai pertimbangan pengembangan daerah. Pulau Selayar merupakan daerah penelitian yang terletak di Kabupaten Lingga dan dari sisi geologi dibangun oleh Granit Muncung dan Kompleks Malihan Persing. Meski belum diketahui keterdapatannya timah dalam jumlah massif, Pulau Selayar diketahui memiliki potensi bauksit. Karakterisasi kadar dan indeks pencemaran logam berat di Pulau Selayar untuk dalam beberapa jenis tanah terkait prospeksi sebagai daerah tempat tinggal menjadi tujuan penelitian ini. Indeks pencemaran yang dipadukan dengan aspek *geohazard*, daya dukung lahan, dan sosio-ekonomis dapat dijadikan pijakan mengenai pengembangan suatu wilayah. Enam contoh tanah dengan karakter berbeda telah diambil dan diperiksa kadar logam beratnya menggunakan ICP-MS di Laboratorium Pusat Survei Geologi. Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa Mn, V, dan As merupakan logam berat paling melimpah. Tiga pola kelimpahan logam berat contoh tanah telah terdeteksi yang juga menunjukkan kesamaan sumber, yaitu pelapukan granit, tambang bauksit yang telah lama ditinggalkan, dan tambang bauksit yang masih berproduksi. Kandungan sangat rendah pada tanah pelapukan granit menunjukkan bahwa batuan induk tidak pernah mengalami alterasi hidrotermal dengan pengayaan As. Tingginya kadar As pada empat contoh lain disebabkan oleh faktor antropogenis. Kadar Mn dan V yang tinggi menjadi pembeda antara tanah pada lokasi penambangan bauksit aktif terhadap yang telah lama diabaikan. Polusi tertinggi pada wilayah penelitian ditunjukkan oleh arsenik sehingga perlu diatasi bila lokasi studi kelak dikembangkan sebagai wilayah pemukiman. Secara khusus, wilayah penambangan bauksit di Sembuang terindikasi tercemar vanadium pada tingkat rendah.

Kata kunci: bauksit, indeks pencemaran, logam berat, Pulau Selayar.

ABSTRACT

Heavy metals resource is useful to increase the economy of a region. However, the abundance of heavy metals also affects the pollution index as a consideration of regional development. This study was conducted in Selayar Island which is located in Lingga Regency and is built of Muncung Granite and Persing Malihan Complex. Although there is no massive tin mineralization, bauxite is an important resource in the island. This study try to characterize the heavy metals pollution index in Selayar Island for several types of soil related to prospecting as residential areas. Pollution index combined with geohazard, land supporting and socio-economic aspects are used as a foothold on the land development of a region. Six soil samples with different characters had been measured for heavy metals content using ICP-MS at the Laboratory of Center for Geological Survey. The results show that Mn, V, and As are the most abundant heavy metals. Three patterns of heavy metals content was indicated to reflect the similar source, namely weathered granite, abandoned bauxite mines, and producing bauxite mines. The very low As content in soil which derived from

weathered granite indicate that the parent rock has never experienced As-bearing hydrothermal alteration. High As abundance in four other samples is caused by anthropogenic factors. High levels of Mn and V differentiate between the soil at active bauxite mining sites against those abandoned. The highest pollution index in the research area is indicated by arsenic and therefore needs to be addressed on residential area prospection. In particular, the bauxite mining area in Sembuang is indicated to be slightly polluted by vanadium

Keywords: bauxite, pollution index, heavy metals, Selayar Island.

PENDAHULUAN

Wilayah dengan kandungan logam berat tinggi dapat dijadikan penambangan yang dapat meningkatkan ekonomi lokal maupun nasional. Namun, wilayah dengan kandungan logam berat juga dapat menimbulkan masalah terutama jika lokasi tersebut kelak akan dialokasikan sebagai daerah perumahan. Meski logam berat memang dibutuhkan dalam proses metabolisme tumbuhan, hewan, dan manusia, kadar berlebihan justru menjadi racun bagi manusia (Hou drr., 2014; Toth drr., 2016). Immunotoksitas tubuh dapat terganggu akibat substitusi kalsium oleh timbal maupun kadmium. Iritasi pernapasan dan gangguan sistem saraf mungkin terjadi akibat krom yang terkumpul pada paru-paru, hati, sel darah merah, dan ginjal hewan maupun manusia (Ray dan Ray, 2009). Arsenik bersifat karsinogenik dan merupakan salah satu penyebab penyakit ginjal, hati, dan saraf (Centeno drr., 2007). Lebih jauh, sekitar 600.000 nyawa terancam akibat arsenik yang terlarut dalam air tanah di Bengal, India (Selinus, 2004). Ukuran yang mengecil dapat diperhatikan terkait kontaminasi vanadium pada tumbuhan, sedangkan pada manusia menjadi penyebab gangguan sistem pencernaan, ginjal, dan penyakit kulit (Teng drr., 2006; Teng drr., 2011; Cappuyns dan Slabbinck, 2012). Tak seperti logam berat lain, belum diketahui adanya kegunaan barium dalam sistem biologi. Penyakit diare dan saluran pernapasan disebabkan oleh kandungan tinggi barium di lingkungan (Llugany drr., 2000).

Pulau Selayar terbelah oleh sesar naik berarah baratlaut - tenggara yang membentang dari Kota Dabo di Pulang Singkep, melalui kota Selayar, hingga ke pantai utara Pulau Selayar (Sutisna drr., 1994; Mustafa dan Usman, 2013). Seluruh daratan Pulau Selayar merupakan wilayah Kecamatan Selayar sebagai bagian dari Kabupaten Lingga, Provinsi Kepulauan Riau. Pulau yang menjadi area penelitian ini diapit oleh dua pulau besar, yaitu Pulau Lingga di utara dan Pulau Singkep di selatan. Telah direncanakan bahwa luas kawasan resapan

air, hutan produksi, hutan rakyat, perkebunan, tambak, dan pariwisata di Pulau Selayar seluas masing-masing 110 Ha, 20 Ha, 50 Ha, 170 Ha, dan 40 Ha. Di samping itu, sekitar 420 Ha telah dialokasikan sebagai area pemukiman yang terbagi dalam empat desa, yakni Penuba, Selayar, Pantai Harapan, dan Penuba Timur (Pemerintah Daerah Kabupaten Lingga, 2015). Pulau tersebut juga memiliki sumber daya alam bauksit dengan lokasi-lokasi tambang yang masih berjalan maupun telah ditinggalkan. Seperti di pulau-pulau lainnya di Kabupaten Lingga, endapan bauksit laterit di Pulau Selayar diakibatkan oleh pelapukan batuan kaya mineral alkali (Mamengko, 2013; Irzon. 2018). Ada wilayah bekas penambangan bauksit di Pulau Selayar yang perlu diteliti ketepatan penggunaan wilayahnya seperti pada lokasi bekas tambang lain (Alshaebi drr., 2009; Asmarhansyah drr., 2017; Daniel drr., 2014; Hong drr., 2014; Nurtjahya, 2017).

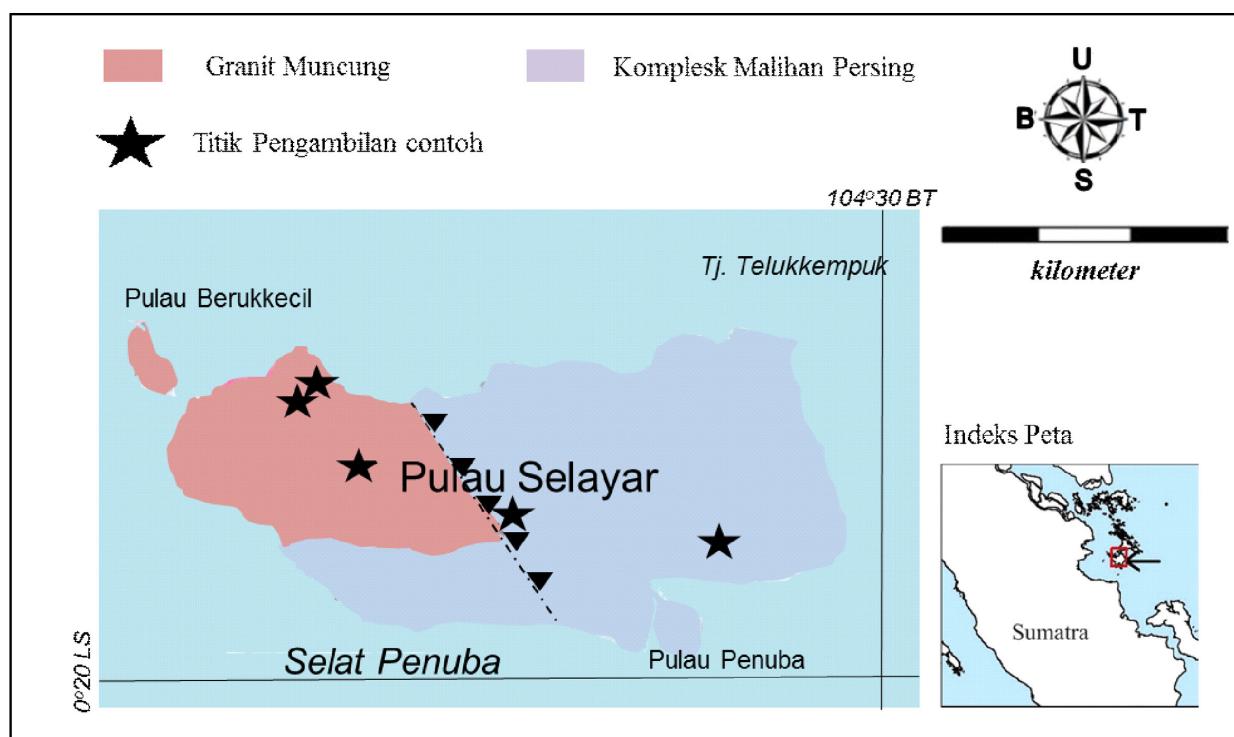
Kemudian gempa bumi, tsunami, likuifikasi, gerakan tanah, dan gunung api dikategorikan sebagai kendala pembangunan dari aspek geologi. Pada sisi lain, keberadaan air tanah, bentuk morfologi, dan daya dukung tanah untuk fondasi bangunan digolongkan sebagai faktor pendukung pembangunan dari sisi geologi (Bathrellos drr., 2012; Andiani drr., 2011). Ketersediaan jalan penghubung dan keberadaan komunitas lain di sekitar wilayah terpilih akan memberi pengaruh secara sosio-ekonomi (Bathrellos drr., 2013). Tingkat pencemaran unsur kimia juga seharusnya menjadi pertimbangan proyeksi perkembangan suatu daerah. Studi ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat pada tanah permukaan di Pulau Selayar. Nilai kelimpahan tersebut kemudian dibandingkan dengan standar ambang batas untuk mengetahui indeks pencemarannya dalam kerangka kelayakan daerah tersebut sebagai wilayah pemukiman. Penelitian ini dapat membantu pemerintah setempat dalam pengembangan wilayahnya.

Geologi Lokal Pulau Selayar

Ada dua satuan batuan di Pulau Selayar, yaitu Granit Muncung dan Kompleks Malihan Persing (Sutisna drr., 1994). Kompleks Malihan Persing terdiri dari perselingan batu sabak yang mengisi area bagian timur Pulau Singkep. Satuan batuan metamorf berumur Perm tersebut diterobos oleh Granit Muncung pada masa Trias. Meski tersingkap di Pulau Lingga, Pulau Singkep, dan Pulau Selayar, Granit Muncung dapat dibagi menjadi dua fasies berdasarkan data geokimia dan petrologi. Fasies Granit Muncung di Pulau Selayar serupa dengan yang terdapat di Pulau Lingga, sedangkan fasies lainnya hanya terdapat di Pulau Singkep (Irzon, 2015). Meski berada pada jalur sabuk timah Asia Tenggara, belum pernah diketahui adanya penambangan timah di wilayah penelitian. Batas antara Kompleks Malihan Persing dan Granit Muncung ditandai oleh sesar naik berarah baratlaut-tenggara dan terbentang dari Kota Dabo di Pulang Singkep (Sutisna drr., 1994; Mustafa dan Usman, 2013). Karakter geologi Pulau Selayar dapat diamati pada Gambar 1.

METODOLOGI PENELITIAN

Enam contoh berupa tanah permukaan telah dipilih dan dianalisis untuk mengetahui indeks polusi tujuh logam berat di Pulau Selayar (Li, Be, V, Cr, Mn, As, dan Ba). Contoh pertama (RGL 33 A) dideskripsikan sebagai tanah hasil pelapukan Granit Muncung, yang berwarna kuning, berbutir halus hingga pasiran, dan diambil dari lokasi yang berjarak sekitar 300 m sebelum garis pantai utara pulau dengan luas $84,86 \text{ km}^2$ ini. Kadar unsur tanah jarang pada contoh pertama ini telah menjadi objek pada penelitian terdahulu mengenai perbandingan geokimia granit dan lapukannya (Irzon drr., 2016). Meski masih berlokasi di domain Granit Muncung, fraksi berukuran pasiran lebih banyak terdapat pada contoh kedua (TRS 34) yang berlokasi sekitar 200 meter di selatan contoh pertama (Gambar 2a). Area berbentuk cekungan (TRS 68) cukup luas di perbatasan Desa Selayar dan Desa Penuba diperkirakan sebagai lokasi pembuangan tailing penggalian bauksit yang telah lama ditinggalkan karena masih terdapat sisa bauksit (Gambar 2b). TRS 68 A merupakan



Gambar 1. Lokasi penelitian di Pulau Selayar. Contoh diambil dari lima lokasi yang berada di atas domain Granit Muncung dan Kompleks Malihan Persing. Juga tampak sesar naik tepat diantara Granit Muncung dan Kompleks Malihan Persing
(Dimodifikasi dari Sutisna drr., 1994)

tanah penutup yang umumnya berukuran pasiran dengan sedikit lempung berwarna kekuningan dan mineral mafik berjumlah minor. Fraksi oksida besi diperkirakan cukup banyak pada lempung pasiran di pinggir wilayah Penuba yang membentuk seperti lembah dan berwarna coklat kemerahan TRS 69 (Gambar 2c). Tanah penutup yang diambil tercampur dengan lapukan konglomeratan yang juga terindikasi mengandung oksida besi. Meski sudah tidak beroperasi, masih ada *stockpile*, singkapan laterit bauksit, dan lokasi pencucian pada wilayah penambangan bauksit di Sembuang, selatan Pulau Selayar (Gambar 2d). TRS 70 A merupakan tanah berwarna coklat kemerahan dan dengan jumlah fraksi ukuran pasiran sangat sedikit di dalam daerah tambang, sedangkan TRS 70 F adalah bauksit dari timbunan *stockpile*. Penelitian terdahulu menjabarkan sebaran unsur tanah jarang pada berbagai jenis contoh di Sembuang ini (Irzon, 2018).

Keenam contoh tanah dari kegiatan lapangan dikirim ke laboratorium geologi – Pusat Survei Geologi untuk didestruksi, dipreparasi kimia, dan diukur kandungan logam beratnya. Seluruh contoh dijemur di bawah terik matahari setidaknya selama delapan jam sebelum dihancurkan untuk mendapatkan besar butir lebih halus dari 200 mesh. Pengukuran logam berat pada studi ini dilakukan menggunakan *inductively coupled plasma – mass spectrometry* (ICP-MS) tipe X-series dari Thermo. Tiga jenis asam, yaitu HNO_3 , HClO_4 dan HF dimanfaatkan dalam proses destruksi asam pada contoh. Sebelum analisis kadar logam berat pada contoh, perangkat ICP-MS harus dikondisikan terlebih dahulu untuk mengoptimalkan kualitas pengukuran. Tingkat akurasi pengukuran kadar logam berat diverifikasi menggunakan dua bahan acuan standar, yaitu AGV-2 dan GBW 07113. Proses pembuatan larutan kalibrasi, pembuatan larutan standar, dan prosedur analisis



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. Kondisi lapangan saat pengambilan contoh di Pulau Selayar: a) TRS 34 yang merupakan hasil pelapukan Granit Muncung; b) granul batuan alumina yang masih dapat ditemukan pada TRS 68; c) Wilayah Penuba yang berbentuk seperti lereng di lokasi TRS 69; dan d) stockpile bauksit di Sembuang.

pada perangkat ICP-MS pada studi sebelumnya diadaptasi dalam penelitian ini (Irzon, 2015; Irzon drr., 2016; Irzon, 2017).

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pola Kelimpahan Logam Berat

Meski berkadar rendah pada TRS 68 A, Mn merupakan logam berat dengan rerata tertinggi (143 ppm) dan kisaran terlebar, yaitu 9 – 611 ppm. Vanadium memiliki rentang jauh lebih sempit, 12 – 473 ppm, walau dengan rerata konsentrasi hanya sedikit di bawah Mn pada 137 ppm. Kandungan As pada tanah lapukan granit di bawah limit deteksi perangkat ICP-MS pada studi ini, sedangkan pada lima contoh lain berada pada rentang 32 – 185 ppm. Tanah di lokasi tambang bauksit terdeteksi mengandung Cr tertinggi (TRS 70 A, 145 ppm) sedangkan horizon teratas hasil pelapukan granit dengan komposisi terendah (TRS 34, 10 ppm). Ba, Pb, Li, dan Be merupakan unsur dengan kelimpahan relatif kecil dengan rerata 33 ppm, 18 ppm, 6,32 ppm, dan 0,70 ppm secara berurutan. Hasil pengukuran logam berat pada seluruh contoh dalam penelitian ini tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar logam berat pada enam contoh tanah dari Pulau Selayar dalam satuan ppm. RGL 33 A merupakan data dari penelitian sebelumnya (Irzon drr., 2016).

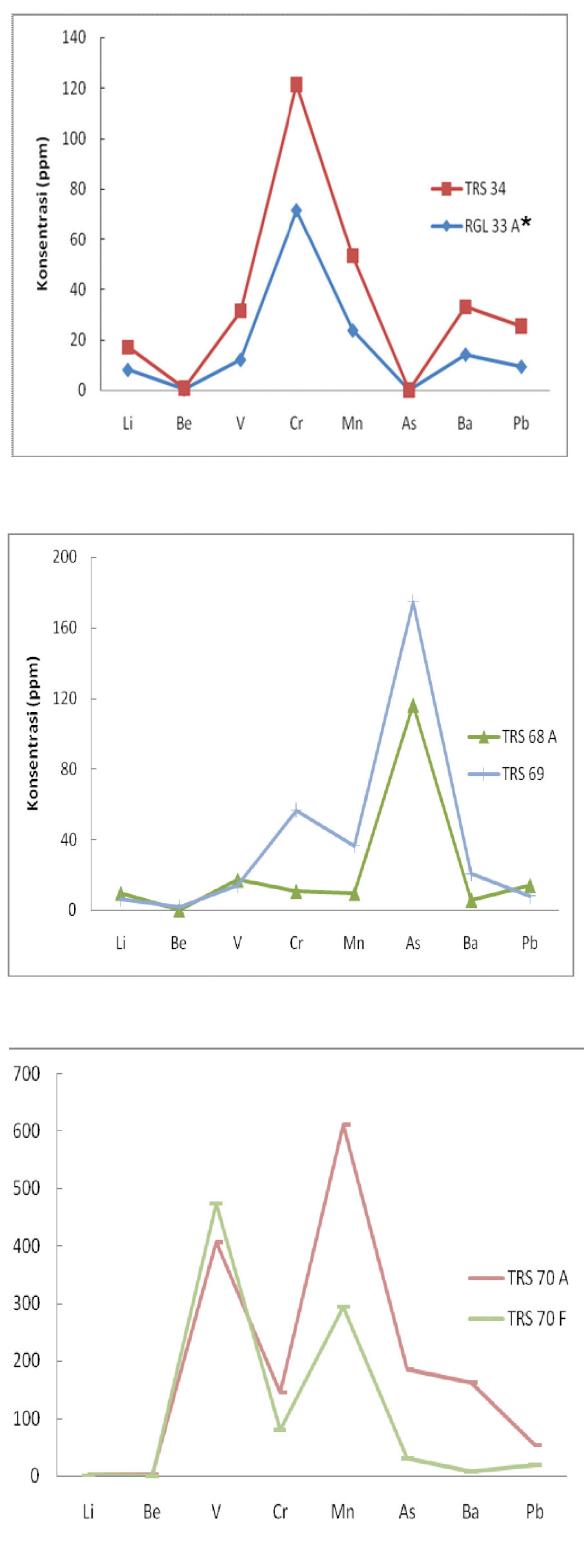
	RGL 33 A*	TRS 34	TRS 68 A	TRS 69	TRS 70 A	TRS 70 F
Li	8,09	8,90	9,71	6,22	1,68	1,38
Be	0,36	0,46	0,27	1,85	1,27	0,43
V	12,09	19,29	17,30	14,25	406,34	473,77
Cr	71,63	49,70	10,90	56,72	144,98	81,04
Mn	23,75	29,46	9,66	36,66	611,85	294,00
As	< 1	< 1	116,34	174,60	185,46	31,89
Ba	14,19	18,87	5,93	20,64	162,84	7,41
Pb	9,36	16,10	14,19	8,22	53,11	18,85

Pola kelimpahan logam berat yang serupa ditampakkan oleh contoh tanah hasil pelapukan granit,(TRS34danRGL33A)yakniCrsebagaiunsur paling melimpah sedangkan Be dan As cenderung sangat rendah. Kecenderungan komposisi logam berat pada kedua contoh tanah hasil pelapukan granit ini adalah Cr>Mn>V≈Ba>Pb>Li>Be>As. Kemiripan pola komposisi logam berat juga dapat diamati pada dua contoh yang diambil dari lokasi

penambangan maupun titik pencucian bauksit di Sembuang. Meski Mn lebih terkonsentrasi pada tanah dari area tambang (TRS 70 A), V terdeteksi lebih melimpah pada contoh bauksit dari *stockpile* (TRS 70 F). Kandungan Mn dan V pada dua contoh tersebut jauh lebih besar dari pada enam jenis logam berat lain. Arsenik dapat disimpulkan sebagai polutan paling berbahaya pada contoh tailing penambangan bauksit (TRS 68 A) maupun pasir lempungan pada suatu lembah di Penuba (TRS 69). Kemiripan pola kandungan logam berat merupakan pertanda bahwa contoh berasal dari sumber serupa yang sama. Dengan demikian, contoh yang dipelajari dapat dikategorikan dalam tiga kelompok, yakni tanah hasil pelapukan granit (RGL 33 A dan TRS 34), tailing bauksit yang telah lama ditinggalkan (RGL 68 A dan RGL 69), dan bauksit maupun tanah pada lokasi penambangan (TRS 70 A dan TRS 70 F). Lebih jauh, pola konsentrasi unsur tanah jarang pada contoh-contoh dari lokasi bekas penambangan bauksit tersebut menunjukkan kemiripan sebagai bukti lain mengenai kesamaan bahan sumber (Irzon, 2018). Tiga pola kelimpahan logam berat pada studi ini ditampilkan pada Gambar 3.

Kelimpahan Logam Berat Pada Tiga Kelompok Contoh

Secara alami, As merupakan pengotor dalam banyak bijih logam, oksida mineral, maupun oksida hidroksi logam sebagai spesies terabsorbsi. Tanpa adanya pengayaan sekunder akibat alterasi hidrotermal, As tidak terkonsentrasi pada granit (Skala drr., 2011). TRS 34 dan TRS 33 C merupakan tanah hasil pelapukan Granit Muncung, sehingga



Gambar 3. Tiga pola kelimpahan logam berat pada contoh studi yang mencerminkan kesamaan sumber, yakni: a) hasil pelapukan granit; b) tambang bauksit yang telah ditinggalkan; dan c) tambang bauksit yang masih beroperasi. RGL 33 A merupakan data dari penelitian sebelumnya (Irzon dr., 2016).

rendahnya kadar As pada kedua contoh tersebut merefleksikan bahwa batuan induknya tidak pernah mengalami alterasi hidrotermal yang mengandung As. Namun, Arsenopirit (FeAsS) sebagai mineral As justru ditemukan pada kelompok Granit Muncung di Bukit Tumang, Pulau Singkep (Schwartz dr., 1995). Fakta tersebut semakin memperkuat hipotesis mengenai pembagian Granit Muncung dalam dua fasies, yaitu kelompok di Pulau Lingga-Pulau Selayar dan kelompok di Pulau Singkep (Irzon, 2015).

Kadar As yang menengah hingga tinggi justru ditunjukkan oleh empat contoh lain. Faktor antropogenik jauh lebih besar pengaruhnya dari pada faktor geologi terhadap pengayaan logam berat dengan nomor atom 33 ini. Penggunaan bahan bakar fosil, pestisida-herbisida pertanian, limbah pertambangan, dan industri ditengarai menjadi penyebab tingginya kadar As pada contoh tanah selain produk pelapukan granit (Skala dr., 2011; Duresa dan Leta, 2015; Courtin-Nomade dr., 2002; Mangdong dr., 2015; Turunen dr., 2016). Ion arsenik akan mudah berikatan dengan ion oksida besi dan hidroksidanya, dan sedikit presipitat mangan dan aluminium. Kadar As yang jauh lebih tinggi pada contoh tanah pada lokasi penambangan (TRS 70 A, Mn = 611 ppm) dari pada bauksit (TRS 70 F, Mn = 294 ppm) dapat dijelaskan melalui korelasi positif As-Mn tersebut. Kemudian, TRE 70 F merupakan bauksit yang telah dicuci sehingga As yang pada awalnya terkandung dalam contoh ini mungkin telah termobilisasi dan terendapkan pada area di sekitarnya, yaitu TRE 70 A.

Pada tanah, vanadium di alam utamanya berasosiasi dengan oksida besi dan mineral lempung (Cappyns dan Salabinck, 2012). Sedangkan secara korelasi elemen, vanadium mudah diabsorpsi oleh Fe, Ti, dan Al (Wehrli dan Stumm, 1989). Bauksit mengandung oksida besi, oksida alumina dan oksida titanium yang tinggi dan menjadi lempungan karena merupakan hasil laterisasi dari batuan induk kaya alumina sehingga mempertinggi kadar V pada dua contoh di lokasi TRS 70. Kemudian, bauksit sendiri terbentuk pada horizon B (horizon limonit) dengan tingkat pengayaan elemen lebih tinggi terhadap horizon A (horizon tanah penutup). Elemen-elemen yang terkayakan pada horizon pembentukan bauksit ini sangat mungkin telah berkurang akibat proses pencucian, kecuali vanadium, untuk menjelaskan perbedaan kadar logam berat TRS 70 A dan TRS 70 F.

Indeks Pencemaran (IP)

Kandungan logam berat pada contoh dalam studi ini perlu dibandingkan dengan nilai ambang batas tertentu untuk mengetahui indeks pencemaran (IP). Nilai ambang batas tersebut merupakan kadar yang telah ditetapkan oleh negara tertentu untuk menjaga tingkat pencemaran di wilayahnya, seperti VROM, CCME, CEPA, SFT, dan NEPM yang masing-masing dikeluarkan oleh Belanda, Kanada, Cina, Norwegia, dan Australia secara berurutan. Lebih jauh, CEPA ditetapkan dengan juga mempertimbangkan aspek ilmiah, ekonomi, dan politik sehingga terdapat perbedaan pada nilainya (Wu drr., 2014). Beberapa nilai ambang batas pencemaran logam berat di beberapa negara ditampilkan pada Tabel 2. Studi ini menggunakan nilai ambang batas dari luar negeri karena hingga tulisan ini dibuat Indonesia belum menetapkan besaran tertentu. Spesies logam berat yang lebih banyak dan berfungsi sebagai standar untuk lingkungan perumahan dijadikan dasar pemilihan acuan dari Belanda (VROM) dalam studi ini. Sepuluh interval kontaminasi dalam skala $<0,1$ hingga >16 pada penelitian sebelumnya (Lacasutu, 2000) diadaptasi dalam studi ini seperti tertera pada Tabel 3. Indeks ini telah banyak digunakan dalam studi lingkungan karena bersudut pandang dari sisi kesehatan manusia (Chokor dan Ekanem, 2016; Chiroma drr., 2014; Hong drr., 2014; Iwegbue drr., 2013). Indeks pencemaran (IP) dihitung menggunakan persamaan (1).

$$IP = \frac{\text{Konsentrasi logam berat pada contoh tanah}}{\text{Nilai acuan terpilih}} \dots(1)$$

Tabel 3. Interval indeks pencemaran dengan proporsi langsung pada tingkat kontaminasi dan polusi masing-masing spesies logam berat (Lacasutu, 2000)

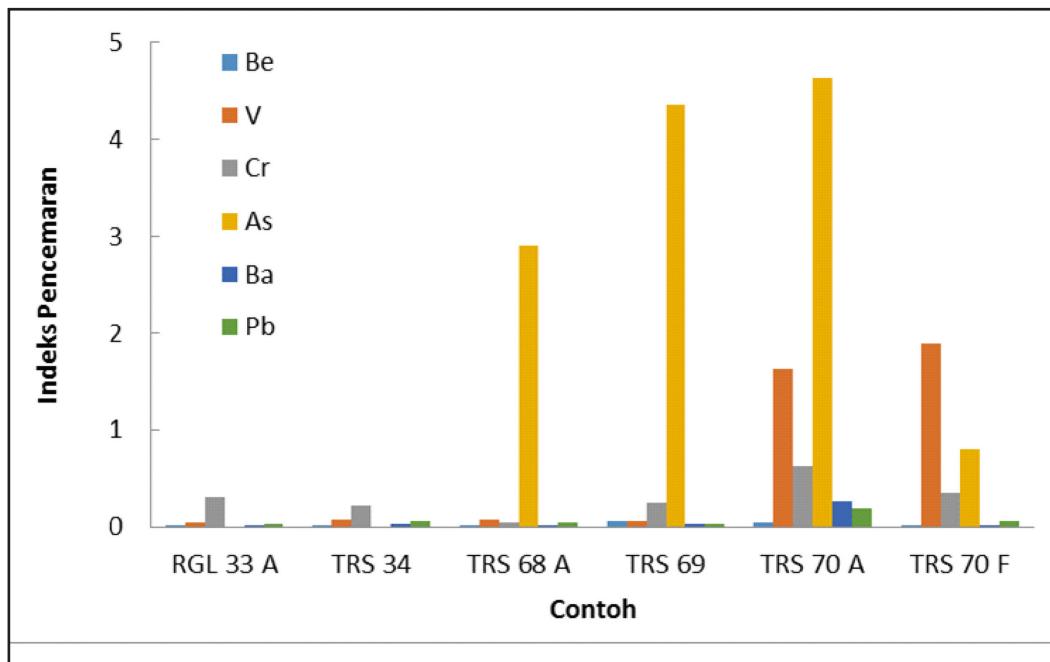
Indeks Pencemaran	Tingkat Signifikansi
$<0,1$	Kontaminasi sangat ringan
0,10 - 0,25	Kontaminasi ringan
0,26 - 0,50	Kontaminasi sedang
0,51 - 0,75	Kontaminasi kuat
0,76 - 1,0	Kontaminasi sangat kuat
1,1 - 2,0	Polusi ringan
2,1 - 4,0	Polusi sedang
4,1 - 8,0	Polusi kuat
8,1 - 16,0	Polusi sangat kuat
>16	Polusi parah

Hasil perhitungan indeks pencemaran enam contoh tanah pada studi ini disajikan dalam diagram batang pada Gambar 4. Secara umum, berilium tidak mencemari lingkungan di Pulau Selayar dengan IP pada seluruh contoh $<0,1$. Wilayah penambangan bauksit sedikit terkontaminasi oleh barium dan timbal, tetapi tidak pada contoh hasil pencucian. Tingkat kontaminasi krom terdeteksi pada beberapa tingkat, yaitu berat pada TRS 70 A, sedang pada TRS 33, TRS 69, dan TRS 70 F; dan relatif sangat ringan pada TRS 34 dan TRS 68. Meski vanadium bukan faktor pencemar lingkungan pada tanah pelapukan granit dan tanah bekas pertambangan, unsur ini telah terindikasi menjadi penyebab polusi

Tabel 2. Beragam limit kandungan logam berat pada beberapa negara yang tentu telah mempertimbangkan aspek ilmiah, ekonomi, dan politik.

	Belanda ¹	Kanada ²	Cina ³	Norwegia ⁴	Australia ⁵
Cr	230	64	150	100	100
Pb	290	140	250	50	300
As	40	12	30	20	100
Ba	625	500	-	-	-
V	250	130	-	-	-
Li	-	-	-	-	-
Be	30	4	-	-	20
Mn	-	-	-	-	1500

1 = VROM (2000), 2 = CCME (2007), 3 = CEPA (1995),
4 = SFT (1999), and 5 = NEPM (2014)



Gambar 4. Indeks pencemaran pada berbagai contoh di Pulau Selayar. Sumber polusi terbesar ditunjukkan oleh As pada empat contoh selain tanah hasil pelapukan granit. Polusi vanadium juga terdeteksi pada daerah penambangan bauksit yang masih beroperasi.

ringan pada wilayah tambang bauksit. Arsenik merupakan masalah polusi terbesar di Pulau Selayar, yaitu: bertingkat moderat pada lokasi TRS 68 dan berlevel kuat pada TRS 69 dan TRS 70 A. Meski demikian, tanah hasil pelapukan granit relatif tidak terkontaminasi As.

KESIMPULAN

Studi ini telah menganalisis kandungan logam berat pada enam contoh dari lima lokasi di Pulau Selayar untuk mengetahui dampaknya terhadap lingkungan. Krom terdeteksi sebagai logam berat terbanyak pada tanah hasil pelapukan granit, sedangkan arsenik pada wilayah bekas penambangan. Tingginya kadar arsenik pada empat contoh terkait penambangan bauksit merupakan dampak antropogenis. Vanadium dan mangan merupakan dua logam berat dengan kadar tertinggi pada dua contoh dari wilayah penambangan bauksit di selatan pulau ini. Bila kelak direncanakan sebagai wilayah pemukiman, dampak lingkungan terbesar di wilayah studi ditimbulkan oleh arsenik terutama di lokasi penambangan bauksit yang masih berjalan maupun yang sudah tidak beroperasi. Tingkat polusi ringan juga masih perlu diperhatikan akibat vanadium terindikasi pada contoh dari wilayah tambang yang masih beroperasi. Bauksit dan

timah juga pernah ditambang di pulau-pulau lain di Kabupaten Lingga. Penelitian sejenis terhadap lokasi pertambangan timah perlu diadakan untuk mengetahui perbandingan tingkat polusinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kepala Pusat Survei Geologi atas izin penggunaan data dalam tulisan ilmiah ini. Profesor Ildrem Syafri sebagai promotor di Universitas Padjadjaran telah membuka luas wawasan mengenai penggunaan data geokimia. Begitu juga Bapak Dr. Johannes Hutabarat dari Universitas Padjadjaran, Bapak Dr. Purnama Sendjadja dan Bapak Eko Partoyo dari Pusat Survei Geologi yang membantu dalam memahami proses geologi. Bapak Kurnia, Bapak Joko Subandrio, dan Ibu Imtihanah telah mendukung kelancaran pengambilan contoh. Validitas data geokimia ICP-MS terbantu oleh kinerja Ibu Citra dan Ibu Indah dari Laboratorium Pusat Survei Geologi.

DAFTAR PUSTAKA

Alshaebi, F.Y., Yacoob, W.Z.W., Samsudin, A.R. dan Alsabani, E., 2009. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. V.14 (Bund.

- D), p.1-9.
- Andiani, Darmawan, A., Badri, I. dan Kurniawan, A., 2011. Peranan geologi tata lingkungan dalam penataan ruang Kota Padang pasca Gempa Bumi 30 September 2009. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, v.2(2), h.95 – 112.
- Asmarhansyah, Badayos, R.B., Sanchez, P.B., Cruz, P.C.S. dan Florece, L.M., 2017. Land Suitability Evaluation of Abandoned Tin-Mining Areas for Agricultural Development in Bangka Island, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, v.4(4), p.907-918.
- Bathrellos, G.D., Gaki-Papanastassiou, K., Skilodimou, H.D., Papanastassiou, D., dan Chousianitis K.G., 2012. Potential suitability for urban planning and industry development using natural hazard maps and geological-geomorphological parameters. *Environmental Earth Sciences*, v.66, p.537-548.
- Bathrellos, G.D., Gaki-Papanastassiou, K., Skilodimou, H.D., Skianis, G.A., Chousianitis, K.G., 2013. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. v.27, p.573-588.
- Cappuyns, V. dan Slabbinck, E., 2012. *Occurrence of Vanadium in Belgian and European Alluvial Soils. Applied and Environmental Soil Science*, 12 p.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2007. *Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health*. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
- Centeno, J.A., Tseng, C.H., Van der Voet, G.B. dan Finkelman, R.B., 2007. *Global Impacts Of Geogenic Arsenic: A Medical Geology Research Case*. *Ambio*, v.36(1), p.78-81.
- CEPA (Chinese Environmental Protection Administration), 1995. *Environmental Quality Standard for Soils* (GB 15618-1995). CEPA, Beijing (in Chinese).
- Chiroma, T.M., Ebewele, R.O. dan Hymore, F.K., 2014. Comparative Assesment Of Heavy Metal Levels In Soil, Vegetables And Urban Grey Waste Water Used For Irrigation In Yola And Kano. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, v.3(2), p.01-09.
- Chokor, A.A. dan Ekanem, E.O., 2016. Heavy Metals Contamination Profile in Soil from Automobile Workshops in Sapele, Nigeria. *World Journal of Analytical Chemistry*, v.4(2), p.26-28.
- Courtin-Nomade, A., Neel, C., Bril, H. dan Davranchise, M., 2002. Trapping and mobilisation of arsenic and lead in former mine tailings – Environmental conditions effects. *Bulletin de la Société Géologique de France*, v.173(5), p.479-485.
- Daniel, V.N., Chudusu, E.S., Chup, J.A. dan Pius, N.D., 2014. Variations of Heavy Metals in Agricultural Soils Irrigated with Tin Water in Heipang District of Barkin Ladi, Plateau State, Nigeria. *International Journal of Science and Technology*, v.3(5), p.255-263.
- Duresa, T.F. dan Leta, S., 2015. Determination of Levels of As, Cd, Cr, Hg and Pb in Soils and Some Vegetables Taken from River Mojo Water Irrigated Farmland at Koka Village, Oromia State, East Ethiopia. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, v.21(2), p.352-372.
- Hong, Haliru, A., Ling, L.P. dan Selaman, O.S., 2014. Environmental Burden of Heavy Metal Contamination Levels in Soil from Sewage Irrigation Area of Geriyo Catchment, Nigeria. *Civil and Environmental Research*, v.6(10), p.118-124.
- Hou, Q., Yang, Z., Ji, J., Yu, T., Chen, G., Li, J., Xia, X., Zhang, M., dan Yuan, X., 2014. Annual net input fluxes of heavy metals of the agro-ecosystem in the Yangtze River delta, China. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 139, p.68–84.
- Irzon, R., 2015. Contrasting Two Facies of Muncung Granite in Lingga Regency Using Major, Trace, and Rare Earth Element Geochemistry. *Indonesian Journal on Geoscience*, v.2(1), p.23-33.
- Irzon, R., Syafri, I., Hutabarat, J. dan Sendjaja, P., 2016. REE Comparison Between Muncung Granite Samples and their Weathering Pruducts, Lingga Regency, Riau Islands. *Indonesian Journal on Geoscience*, v.3(3), p.146-161.
- Irzon, R., 2017. Nickel and Chrome Pollution Identification in the Coastal Area of Kulon Progo, Yogyakarta. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, v.8(2), p.79-90.
- Irzon, R., 2018. Limbah Pencucian Bauksit Sebagai Sumber Unsur Tanah Jarang Potensial; Studi

- Kasus Pulau Selayar, Provinsi Kepulauan Riau. *Buletin Sumber Daya Geologi*, v.13(1), p.45-57.
- Iwegbue, C.M.A., Bassey, F.I., Tesi, G.O., Nwajei, G.E. dan Tsafe, A.I., 2013. Assessment of Heavy Metal Contamination in Soils around Cassava Processing Mills in Sub-Urban Areas of Delta State, Southern Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, v.21(2), p.96-104.
- Lacatusu, R., 2000. Appraising Levels of Soil Contamination and Pollution with Heavy Metals, *European Soil Bureau*, No.4, p.393-402.
- Llugany, M., Poschenrieder, C. dan Barcelo, J., 2000. Assessment of Barium Toxicity in Bush Beans. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v.39, p.440-444.
- Mangdong, C.L., Suleiman, U.A., Choji, V. dan Hamza H., 2015. The Impact Of Mineral Development On Water Resources, Effects Of Tin Mining On Water Quality: Focus On Some Parts Of The Jos Plateau, Nigeria. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, v.9(4-II), p.61-66.
- Mamengko, D.V., 2013. Potensi Bauksit di Pulau Lingga Provinsi Kepulauan Riau. *Istech*, 5(2), p.66-70
- Mustafa, M.A. dan Usman, E., 2013. Analisis Perbandingan Geokimia Granit dan Sedimen Dasar Laut di Pulau Singkep Bagian Timur, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Geologi Kelautan*, v.11(3), h.131-140.
- NEPM (National Environment Protection Measures), 2014. National Environmental Protection Council Commonwealth of Australia.
- Nurtjahya, E., Franklin, J., Umroh, dan Agustina, F. 2017. The Impact of tin mining in Bangka Belitung and its reclamation studies. *MATEC Web of Conferences*. SICEST 2016. 6p.
- Pemerintah Daerah Kabupaten Lingga, 2015. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kabupaten Lingg 2016-2021, 124 h.
- Ray, S. dan Ray, M.K., 2009. Bioremediation Of Heavy Metal Toxicity-With Special Reference To Chromium. *Al Ameen Journal of Medical Sciences*, v.2(2), p.57-63.
- Schwartz, M. O., Rajah, S. S., Askury, A. K., Putthapiban, P., dan Djaswadi, S., 1995. The Southeast Asian tin belt. *Earth-Science Reviews*, v.38(2-4), p.95-293.
- Selinus, O., 2004. Medical Geology: an emerging speciality. *Terra Incognita*, v.1(1), p.8-15.
- SFT (Norwegian Pollution Control Authority), 1999. Guidelines for the risk assessment of contaminated sites. Norwegian Ministry of the Environment.
- Skala, J., Vacha, R. dan Cechmankova, J., 2011. Evaluation of arsenic occurrence in agricultural soils of the Bohemian Forest region. *Silva Gabreta*, v.17(2-3), p.55-67.
- Sutisna, K., Burhan, G., dan Hermanto, B., 1994. *Peta Geologi Lembar Dabo, Sumatera*, skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Teng, Y., Shijun, N., Chengjiang, Z., Jingsheng, W., Xueyu, L. dan Yi,H., 2006. Environmental Geochemistry and Ecology Risk of Vanadium Pollution in Panzhihua Mining and Smelting Area, China. *Chinese Journal of Geochemistry*, v.25(4), p.379-385.
- Teng, Y., Yang, J., Sun, Z., Wang, J., Zuo R. dan Zheng, J., 2011. Environmental vanadium distribution, mobility and bioaccumulation in different land-use Districts in Panzhihua Region, SW China. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.176, p.605-620.
- Toth, G., Hermann, T., Da Silva, M.R., dan Montanarella, L., 2016. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment International*, v.88, p.299–309.
- Turunen, K., Backnas, S., Neitola, R. dan Pasanen, A., 2016. Factors Controlling the Migration of Tailings-Derived Arsenic: A Case Study at the Yara Siilajarvi Site. *Mine Water and the Environment*, v.35, p.407–42.
- VROM (Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordeningen Milieubeheer), 2000. Circular on Target Values and Intervention Values for Soil Remediation. Spatial Planning and Environment, Netherlands, Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment.
- Wehrli, B. dan Stumm, W., 1989. Vanadyl in Natural Waters: Adsorption and Hydrolysis Promote Oxygenation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v.53, p.69-77.
- Wu, J., Teng, Y., Lu, S., Wang, Y. dan Jiao, X., 2014. Evaluation of Soil Contamination Indices in a Mining Area of Jiangxi, China. *Plos One*, v.9(11), p.1-14.