

Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Dampak Jangka Panjang Paparan Arsen, Timbal dan Mangan Di Daerah Zona Merah Gunung Sinabung Yang Sudah Di Tempati Kembali

Sri Wahyuni¹, Martalena Br. S. Kembaren²,

^{1,2} Prodi S1 Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Kesehatan, Institut Kesehatan Sumatera Utara

sreeyy165@gmail.com (1), lenaskmb@gmail.com (2)

ABSTRAK

Belum pernah dilakukan pengukuran ARKL dari logam berat lain selain Pb dari sayuran dan air yang di konsumsi di masyarakat sekitar zona merah gunung sinabung maka perlu untuk dilakukan penelitian lebih lanjut. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan disain penelitian cross sectional. Penelitian ini dilakukan di 2 desa yang berada di zona merah di sekitar gunung sinabung yang telah di tempati kembali pasca erupsi Desa Simacem dan Desa Bekerah, Kec. Naman Teran. Dalam penelitian ini terdapat 2 jenis sampel yaitu sampel subjek dan sampel objek, sampel subjek penelitian adalah 60 masyarakat sampel objek penelitian adalah 4 titik sumber air bersih dan 4 titik sumber sayuran metode analisis menggunakan spektrofotometer. Hasil penelitian ini adalah Konsentrasi logam As, Pb dan Mn pada sayuran dan minuman tidak ada yang melebihi nilai ambang batas dan masih terkategori aman. Terdapat risiko kesehatan karsinogen akibat pajanan As pada air yaitu sebanyak 39 (65%) responden dari 60 responden. Tidak terdapat risiko karsinogen akibat pajanan As, Pb dan Mn sayuran dan Pb dan Mn air. Rendahnya kadar logam As, Pb dan Mn pada sayuran dan air di Desa Simacem dan Desa Bekerah Kec. Naman Teran dikarenakan desa tersebut berlawanan arah dari arah erupsi gunung sinabung yaitu ke arah timur. Logam As, Pb dan Mn yang ada di Desa tersebut diprediksi sebgaimana besar berasal dari aktifitas pertanian dan sebagian kecil dari alami dari alam sendiri

Kata Kunci : Air, Sayuran, Logam, Risiko Kesehatan

ABSTRACT

There has never been a measurement of ARKL from heavy metals other than Pb from vegetables and water consumed in the community around the red zone of Mount Sinabung, so it is necessary to conduct further research. This research is a qualitative research with cross sectional research design. This study was conducted in 2 villages in the red zone around Mount Sinabung which has been reoccupied after the eruption of Simacem Village and Bekerah Village, Naman Teran District. In this study there are 2 types of samples, namely subject samples and object samples, the research subject sample is 60 people, the research object sample is 4 points of clean water sources and 4 points of vegetable sources, the analysis method uses a spectrophotometer. The results of this study are the concentration of As, Pb and Mn metals in vegetables and beverages none of which exceed the threshold value and are still categorised as safe. There is a health risk of carcinogens due to exposure to As in water, namely 39 (65%) respondents out of 60 respondents. There is no carcinogen risk due to exposure to As, Pb and Mn in vegetables and Pb and Mn in water. The low levels of As, Pb and Mn metals in vegetables and water in Simacem and Bekerah villages in Naman Teran sub-district are due to the opposite direction from the direction of the eruption of Mount Sinabung to the east. Metals As, Pb and Mn in the village are predicted to come mostly from agricultural activities and a small part from nature itself.

Keywords: Water, vegetables, metals, health risks

Wahyuni S, Br.S. Kembaren M : Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Dampak Jangka Panjang Paparan Arsen, Timbal dan Mangan Di Daerah Zona Merah Gunung Sinabung Yang Sudah Di Tempati Kembali

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Gunung Sinabung merupakan gunung api bertipe strato di Kabupaten Karo, Sumatra Utara, Indonesia. Posisi geografi dari puncak Gunung Sinabung pada $3^{\circ} 10' 16.7''$ LU dan $98^{\circ} 23' 24.66''$ BT dengan elevasi 2460 mdpl merupakan puncak tertinggi di Sumatra Utara. Gunung Sinabung berubah menjadi tipe A ketika meletus tanggal 27 Agustus 2010 dengan tipe letusan tergolong freatik. Gunung Sinabung kembali meletus pada bulan September 2013 sampai Februari 2014 dan juga pada bulan Januari 2015 dan pada Pada tanggal 19 Februari 2018 masyarakat Kabupaten Karo kembali ikejutkan oleh letusan dahsyat Gunung Sinabung. Letusan kali ini merupakan letusan terbesar semenjak letusan tahun 2013. Letusan Gunung Sinabung telah membawa abu vulkanik dan material-material lainnya yang menutupi permukaan tanah.. Abu vulkanik mengandung berbagai material logam. Beberapa diantaranya logam berat Timbal (Pb) Arsen (As), Mangan (Mn), Tembaga (Cu) dan lain-lain. Sinabung dapat dibagi menjadi tiga tingkat kerawanan dari rendah ke tinggi, yaitu: Kawasan Rawan Bencana I radius 5-7 km, Kawasan Rawan Bencana II radius 3-5 km, dan Kawasan Rawan Bencana III radius 0-3 km. berdasarkan pembagian kerawanan tersebut tentu berhubungan dengan penyebaran abu debu vulkanik gunung sinabung yang dapat mencemari badan air dan sayuran di sekitar gunung sinabung. Paparan logam berat timbal (Pb) dari abu vulkanik gunung sinabung dapat menimbulkan risiko non karsinogen pada masyarakat Desa Nang Belawan di sekitar Gunung Sinabung. Hasil analisis risiko kesehatan (RQ) faktor penyebab penyakit lebih besar dari satu (1) ($RQ > 1$) berarti bahwa Pencemaran Pb pada sumber air baku air minum menyebabkan risiko kesehatan pada masyarakat. Selain itu di sekitar gunung sinabung sayuran pun sudah terpapar logam-logam berat akibat dari abu vulkanik yang mengendap di tanah yang kemudian diserap oleh tanaman. Berdasarkan Dirjen POM No: 03725/B/SK/VII/89 tentang maksimum cemaran logam yang terkandung pada sayuran sebesar 2,0 mg/kg. Hasil pemeriksaan menunjukkan kadar timbal tertinggi sebesar 0,01189 mg/kg dan kadar timbal rendah sebesar 0,00022 mg/kg . selain itu juga terdapat kandungan Arsen (As) dalam sayuran di sekitar gunung sinabung. Kadar arsen yang terpapar pada sayur kubis hijau pada lima titik pengambilan sampel berturut turut sebesar 0,4102; 0,4936; 0,4501; 0,6425, dan 0,6534 mg/Kg. walaupun kandugnan logam-logam berat tersebut masih dalam batas yang di perbolehkan, namun logam berat tidak boleh dikonsumsi dan masuk ke dalam tubuh apa lagi untuk paparan jangka panjang. Logam-logam berat dapat mengendap pada organ target yang ada dalam tubuh dan dapat mengakibatkan gangguan kesehatan yang serius. Penelitian tentang analisis risiko kesehatan lingkungan pada masyarakat di sekitar gunung sinabung sudah pernah dilakukan namun analisis hanya dilakukan pada 1 jenis logam berat saja yaitu timbal dan risiko ekologi yang lihat hanya pada air bersih saja, namun dari tanaman sayur yang di konsumsi belum pernah diukur risiko ekologinya. Selain itu perlu dilakukan pengukuran risiko kesehatan karena mengkonsumsi air atau sayuran yang terkontaminasi logam berat dapat menimbulkan efek kesehatan baik akut maupun kronis. Beberapa efek kesehatan dari paparan logam berat adalah, hipertensi, gagal ginjal, anemia, penyakit jantung koroner, gangguan kognitif, gangguan saraf seperti Parkinson, kanker, dan berbagai penyakit kronis lainnya.

2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah : bagaimana hasil penelitian dari Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Dampak Jangka Panjang Paparan Arsen, Timbal dan Mangan Di Daerah Zona Merah Gunung Sinabung Yang Sudah Di Tempati Kembali.

3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data hasil penelitian yang valid mengenai Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Dampak Jangka Panjang Paparan Arsen, Timbal dan Mangan Di Daerah Zona Merah Gunung Sinabung Yang Sudah Di Tempati Kembali.

Wahyuni S, Br.S. Kembaren M : Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Dampak Jangka Panjang Paparan Arsen, Timbal dan Mangan Di Daerah Zona Merah Gunung Sinabung Yang Sudah Di Tempati Kembali

4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan informasi dan pengetahuan tentang hasil penelitian mengenai Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Dampak Jangka Panjang Paparan Arsen, Timbal dan Mangan Di Daerah Zona Merah Gunung Sinabung Yang Sudah Di Tempati Kembali.

II. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan disain penelitian cross sectional. Penelitian ini menggunakan metode ARKL (Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan) yaitu merupakan salah 1 metode pengukuran risiko kesehatan yang dapat memberikan gambaran waktu risiko tersebut terjadi jika tidak diberikan mitigasi secepatnya. Rumus hitung sebagai berikut :

$$I = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

- I = Intake (mg/kg/hari)
 C = Kadar Pb dalam air sumur (mg/L)
 R = laju asupan air sumur (L/hari)
 f_E = Frekuensi pajanan yaitu 350 hari/tahun
 D_t = Durasi pajanan (tahun)
 W_b = Berat badan (kg)
 t_{avg} = perioda waktu rata-rata (30 tahun \times 365 hari/tahun untuk nonkarsinogen)

Untuk menghitung risiko dapat dilihat dengan menggunakan persamaan berikut :
Risiko karsinogen

$$ECR = SF \times I_k$$

Untuk nilai CSF karsinogenisitas tidak mempunyai ambang maka risiko dinyatakan tidak bisa diterima (unacceptable) bila $E-6 < ECR < E-4$. Ki-saran angka $E-6$ s/d $E-4$ dipungut dari nilai default karsinogenistas US-EPA (1990) [8]. Penelitian ini dilakukan di 2 desa yang bedasa di zona merah di sekitar gunung sinabung yaitu Desa Simacem dan Desa Bekerah, Kec. Naman Teran. Dalam penelitian ini terdapat 2 jenis sampel yaitu sampel subjek dan sampel objek, sampel subjek penelitian adalah 60 masyarakat dari Desa Simacem dan Desa Bekerah yang mengkonsumsi sayuran dan air di sekitar tempat mereka tinggal, sampel objek penelitian adalah 4 titik sumber air besih dan 4 titik sumber sayuran dari kedua desa tempat penelitian. Adapun indikator logam berat yang akan diteliti pada air dan sayuran adalah timbal (Pb), Arsen (As) dan Mangan (Mn). Metode Analisis menggunakan metode spektrophotometer.

III. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan pengumpulan data yang dilakukan selama peneltian didapatkan hasil penelitian sebagai berikut ini:

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Logam Berat Arsen (Ar), Mangan (Mn), dan Timbal (Pb) pada Sayuran di Desa Simacem dan Desa Bekerah Kec. Naman Teran, Kab. Karo

Wahyuni S, Br.S. Kembaren M : Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Dampak Jangka Panjang Paparan Arsen, Timbal dan Mangan Di Daerah Zona Merah Gunung Sinabung Yang Sudah Di Tempati Kembali

No	Variabel	Desa Simacem		Desa Bekerah		Mean (mg/kg)
		Sayuran 1 (mg/kg)	Sayuran 2 (mg/kg)	Sayuran 3 (mg/kg)	Sayuran 4 (mg/kg)	
1.	Arsen (As)	0.000031	0.000042	0.000123	0.000033	5.725E-05
2.	Mangan (Mn)	0.002581	0.003088	0.005566	0.002592	3.454E-03
3.	Timbal (Pb)	0.000265	0.000603	0.005606	0.005701	3.044E-03

Berdasarkan tabel 1. diketahui kadar logam As paling tinggi ada pada sampel sayuran 1 Desa Bekerah yaitu 0.000123 mg/L dan yang paling rendah pada sampel sayuran 1 Desa Simacem yaitu 0.000031 mg/kg, rata-rata kadar As sayuran adalah 0.00005725 mg/kg. Kadar logam Mn paling tinggi ada pada sampel Sayuran 3 Desa Bekerah yaitu 0.005566 mg/kg, dan yang paling rendah pada sampel sayuran 1 Desa Simacem 0.002581 mg/kg, rata-rata kadar Mn sayuran adalah 0.003454 mg/kg. Kadar logam Pb paling tinggi ada pada sampel sayuran 4 Desa Bekerah yaitu 0.005701 mg/kg, dan yang paling rendah ada pada sampel sayuran 1 Desa Simacem yaitu 0.000265 mg/kg, rata-rata kadar Pb sayuran adalah 0.00304375 mg/kg. semua sayuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah sayuran sawi. Adapun baku mutu yang digunakan dalam menganalisis logam Mn adalah USDA Food Composition Databases 2017 [9] dimana menurut peraturan ini kadar maksimum Mn yang diperbolehkan pada sayuran adalah 11 mg/kg dan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7383-2009 tahun 2009 [10] tentang Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam pangan sebagai baku mutu yang digunakan dalam penelitian ini, kadar maksimum As adalah sebesar 1.0 mg/kg dan Pb adalah sebesar 0.5 mg/kg. Berdasarkan hasil penelitian tidak ada logam berat yang melebihi nilai ambang batas yang telah ditetapkan. Semua masih diatas nilai ambang batas dan terkategori aman.

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Logam Berat Arsen (Ar), Mangan (Mn), dan Timbal (Pb) pada Air Bersih di Desa Simacem dan Desa Bekerah Kec. Naman Teran, Kab. Karo

No.	Variabel	Desa Simacem		Desa Bekerah		Mean (mg/L)
		Air 1 (mg/L)	Air 2 (mg/L)	Air 3 (mg/L)	Air 4 (mg/L)	
1.	Arsen (As)	0.000031	0.000031	0.000432	0.001126	1.620E-03
2.	Mangan (Mn)	0.000508	0.000576	0.004344	0.004349	9.272E-03
3.	Timbal (Pb)	0.000011	0.000011	0.000212	0.049002	4.924E-02

Berdasarkan tabel 2. diketahui kadar logam Ar paling tinggi ada pada sampel air 3 Desa Bekerah yaitu 0.000432 mg/L dan yang paling rendah pada sampel air 1 dan 2 Desa Simacem yaitu 0.000031 mg/L, rata-rata kadar As air adalah 0.00162 mg/L. Kadar logam Mn paling tinggi ada pada sampel air 1 Desa Simacem yaitu 0.000508 mg/L, dan yang paling rendah pada sampel air 3 Desa Bekerah 0.004344 mg/L rata-rata kadar Mn air adalah 0.009272 mg/L. Kadar logam Pb paling tinggi ada pada sampel air 4 Desa Bekerah yaitu 0.049002 mg/L, dan yang paling rendah ada pada sampel air 1 dan 2 Desa Simacem yaitu 0.000011 mg/L rata-rata kadar Pb air adalah 0.049236 mg/L. Berdasarkan permenkes No 32 tahun 2017[11] nilai ambang batas logam berat dalam air untuk Ar, Mn, dan Pb adalah 0.05 mg/L, 0.5mg/L dan 0.05 mg/L. berdasarkan hasil penelitian pada 8 sampel air ke tiga logam berat tersebut tidak ada yang melebihi nilai ambang batas yang telah ditetapkan. Namun ada 1 sampel air yang Mn mendekati nilai ambang batas yaitu sampel air 4 di Desa Bekerah dengan kadar 0.049002 mg/L. Selanjutnya setelah dilakukan pengukuran kadar logam berat pada sayuran dilakukan perhitungan risiko kesehatan lingkungan jangka panjang. Perhitungan risiko kesehatan menggunakan metode ARKL

Wahyuni S, Br.S. Kembaren M : Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Dampak Jangka Panjang Paparan Arsen, Timbal dan Mangan Di Daerah Zona Merah Gunung Sinabung Yang Sudah Di Tempati Kembali

(Analisa Risiko Kesehatan Lingkungan). Setelah dilakukan perhitungan intake, akan dilakukan perhitungan risiko kesehatan karsinogen kepada 60 responden yang diperkirakan terpapar air dan tanaman di sekitar gunung sinabung pada Desa Simacem dan Desa Bekerah dengan menggunakan rumus excess cancer risk (ECR) yang diestimasi dengan mengalikan dosis harian sebenarnya yang diterima manusia dengan slope factor yang didapat dari hasil dosis-respon. Diketahui SF (slope factor) untuk logam As adalah 1.5 mg/kg(L)-day, untuk logam Pb adalah 0.00085 mg/kg(L)-day, dan logam Mn adalah 0.0174 mg/kg(L)-day. Berikut adalah hasil perhitungan risiko pada 60 responden :

Tabel 3. Distribusi nilai ECR air, tanaman dan umur responden

No.	Variabel	Mean
1	Rata-rata ECR air	
	ECR Ar air	2.09349E-05
	ECR Pb air	3.6055E-07
	ECR Mn air	1.38991E-06
2	Rata-rata ECR sayuran	
	ECR Ar sayuran	7.39829E-07
	ECR Pb sayuran	2.22891E-08
	ECR Mn sayuran	5.17769E-07

Tabel 4. Risiko karsinogen pada masyarakat yang mengkonsumsi air dan sayuran di Desa Simacem dan Bekerah kec. Naman Teran

No.	Kategori ECR	Air						Sayuran					
		As		Pb		Mn		As		Pb		Mn	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	Berisiko	39	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Tidak Berisiko	21	35	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
Jumlah		60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa tidak ada risiko kesehatan karsinogen (risiko kesehatan jangka panjang) logam Pb dan Mn air dan As, Pb, Mn sayuran pada masyarakat yang mengkonsumsi air dan sayuran yang ada pada desa Simacem dan Desa Bekerah Kec. Naman Teran, Kab. Karo. Diketahui ada 39 (65%) responden yang mengkonsumsi air yang mengandung As berisiko terkena gangguan kesehatan karsinogen. Diketahui rata-rata kadar As di air adalah 2.09349E-05 mg/L nilai ini tidak melebihi nilai ambang batas 0.5 mg/L, namun walau dari hasil penelitian diketahui gangguan karsinogen tetap bisa terjadi. Berikut adalah contoh perhitungan risiko 1 responden yang mengkonsumsi air yang mengandung air As. Diketahui frekuensi pajanan 350 hari/tahun (nilai default), durasi pajanan 70 tahun (nilai default untuk perhitungan risiko karsinogen), laju asupan 2 L/hari (dianggap sama untuk semua responden), durasi pajanan (lamanya responden terpapar) 35 tahun, berat badan responden 68 kg dengan konsentrasi rata-rata Ar air 2.09349E-05 mg/L dan SF Ar adalah 1.5 mg/kg(L)/day.

$$I = \frac{2.9349E - 05 \text{ mg/L} \times 2 \text{ L/hari} \times 350 \text{ hari/tahun} \times 8 \text{ tahun}}{47 \text{ kg} \times 70 \text{ tahun}} = 7.87842E - 06 \text{ mg/l/hari}$$

$$ECR = 1.5 \text{ mg/kg(L)/day} \times 7.87842E - 06 \text{ mg/l/hari} = 1.18176E - 05 \text{ atau } 1.18 \times 10^{-5}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan responden yang memiliki berat badan 47 kg dan telah terpapar air yang mengandung As selama 8 tahun dengan konsentrasi As di dalam air dan jumlah air yang konsumsi responden konstan dalam 70 tahun kedepan maka akan muncul gangguan penyakit karsinogen akibat dari pajanan As pada air. Pada kasus responden ini, umur responden adalah 17 tahun sehingga kesimpulannya adalah responden dapat mengalami gangguan karsinogen pada umur 17 tahun + 70 tahun = 87 tahun. Namun pada penelitian ini risiko ini tidak dapat dihitung karena kandungan zat toksik pada air dan sayuran sangat sedikit. Beberapa penelitian di Indonesia selain di air dan sayuran juga ada perhitungan risiko pada ikan seperti penelitian Liono, dkk (2022) di sungai Desa Bakan, menunjukkan perhitungan risiko (RQ) Non Karsinogenik untuk paparan Lifetime di peroleh hasil bahwa terdapat 32 responden (43,8%) lainnya memiliki RQ >1 yang artinya berisiko terhadap penyakit non karsinogenik akibat logam arsen (As) dalam waktu 30 tahun mendatang. Hasil ini tidak sesuai dengan hipotesis awal bahwa air dan tanaman di sekitar gunung sinabung dapat tercemar karna erupsi gunung sinabung. Hal ini karena lokasi penelitian walaupun dekat dengan kaki gunung sinabung namun bukanlah daerah yang terpapar erupsi gunung sinabung itu sendiri. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Indirawati, dkk 2020) di dapatkan hasil bahwa Seluruh sampel air tercemar Pb dengan rentang 0,17 -0,9 mg/L. Masyarakat dengan masa tinggal 4 tahun dan rerata berat badan 55 Kg dan mengkonsumsi 2 L/hari memiliki risiko kesehatan. Kualitas air baku dengan jarak 9,66 – 11,43 Km dari gunung sinabung belum aman untuk dikonsumsi di Desa Nang Belawan I Kecamatan Simpang Empat. Walaupun kecamatan Naman Teran termasuk zona merah atau zona bahaya yang ada di sekeliling Gunung Sinabung namun cukup jauh dari arah erupsinya. Arah erupsi Gunung Sinabung cenderung ke arah timur dari Gunung Sinabung. Hal ini sesuai dengan penelitian Indirawati, dkk 2020 bahwa kecamatan Simpang Empat berada diarah timur Gunung Sinabung. Hasil penelitian lain yaitu Nursafitri (2021) di Desa Tanjung Pering, Ogan Ilir. didapatkan hasil, bahwa masyarakat di desa tersebut belummiliki risiko untuk menimbulkan efek karsinogenik realtime dimana 10,3% dari 136 responden mempunyai nilai ECR > 10⁻⁴. Kontaminasi Arsen pada tanaman dapat terjadi melalui pemberian pupuk, pestisida, irigasi air dan faktor alami dalam kandungan tanah. Arsen dapat menimbulkan anemia, gangguan jantung, gangguan hati, hiperpigmentasi kulit, keratosis, dermatitis dan kematian serta gangguan karsinogen tentunya yaitu kanker. Hasil penelitian lain yang sama dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan di Kecamatan Sirah Pulau Padang (Islamiati, 2019) , dari 96 orang responden dengan pajanan As dari besar, di dapatkan hasil perhitungan nilai RQ realtime sebesar 0,29 dan nilai ECR realtime sebesar 1,20. Kesimpulan dari hasil ini adalah nilai RQ dan ECR masih dalam batas aman. Arsen bersifat karsinogenik karena paparan jangka panjang mengakibatkan peningkatan risiko untuk berbagai karsinoma termasuk ginjal. Gagal ginjal kronis merupakan gangguan fungsi ginjal irreversible dimana terjadi kegagalan kemampuan tubuh untuk mempertahankan metabolisme, keseimbangan cairan dan elektrolit (Nisaa dan Wicaksana, 2021) .

IV. KESIMPULAN

Konsentrasi logam As, Pb dan Mn pada sayuran dan minuman tidak ada yang melebihi nilai ambang batas dan masih terkategori aman. Adapun rata-rata konsentrasi As, Pb, dan Mn sayuran secara berurut adalah 5.725E-05mg/kg (NAB 1.0 mg/kg), 3.044E-03 mg/kg (NAB 0.5 mg/kg), dan 9.272E-03 mg/kg (NAB 11 mg/kg). dan rata-rata konsentrasi As Pb, dan Mn air secara berurut adalah 1.620E-03 mg/L (NAB 0.05 mg/L) , 9.272E-03 mg/L (NAB 0.05 mg/L), dan 4.924E-02 mg/L (NAB 0.5mg/L). Terdapat risiko kesehatan karsinogen akibat pajanan As pada air yaitu sebanyak 39 (65%) responden dari 60

Wahyuni S, Br.S. Kembaren M : Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Dampak Jangka Panjang Paparan Arsen, Timbal dan Mangan Di Daerah Zona Merah Gunung Sinabung Yang Sudah Di Tempati Kembali

responden. Tidak terdapat risiko karsinogen akibat pajanan As, Pb dan Mn sayuran dan Pb dan Mn air. Rendahnya kadar logam As, Pb dan Mn pada sayuran dan air di Desa Simacem dan Desa Bekerah Kec. Naman Teran dikarenakan desa tersebut berlawanan arah dari arah erupsi gunung sinabung yaitu ke arah timur. Logam As, Pb dan Mn yang ada di Desa tersebut diprediksi sebagian besar berasal dari aktifitas pertanian dan sebagian kecil dari alami dari alam sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- ATSDR, U. (2007). Toxicological Profile. US Department of Health and Human Service.
- Cahyady, Boby., Taufik, Muhammad & Suharman. (2021) Analisis Kadar Arsen (As) pada Sayur Kubis Hijau (*Brassica oleracea* L.) Pasca Erupsi Gunung Sinabung. *Alchemy: Journal Of Chemistry*, 9 : 1 (2021) 32-36.
- Indirawati, Malem, Sri., Sembiring, Heasti. (2020). Jarak Sumber Air Baku Air Minum dari Pusat Erupsi dan Risiko Kesehatan Masyarakat di Wilayah Pasca Erupsi Sinabung. *JKLI. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 19 (2), 2020, 103 – 110.
- Islamiati Dian (2019) Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kandungan Arsen Pada Beras Di Desa Batu Ampar Kecamatan Sirah Pulau Padang Universitas Sriwijaya.
- Liono, Velia,Viona., Joseph, B.S.Woodford., Maddusa, Seprianto, Sri., (2022) Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Logam Berat Arsen (As) pada Masyarakat Sekitar Sungai yang Mengonsumsi Ikan Nilem (*Ostoechillus Vittatus*) dari Sungai Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal KESMAS*, Vol. 11, No. 2. Februari 2022.
- Muzani, Setiawan, Cahyadi & Warnadi. (2020). Gunung Api Sinabung. *Metaphor*. Jakarta.
- Nisaa Fatihatun Nur (2023) Hubungan Antara Kadar Kontaminan Arsen Pada Air Minum Bersumber Dari Air Sumur Dengan Kejadian Gagal Ginjal Kronis: Literature Review Universitas ‘Aisyiyah Yogyakarta.
- Nursafitri, Fira., (2021) Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Arsen Pada Masyarakat Melalui Konsumsi Cabai Di Desa Tanjung Pering, Ogan Ilir, Universitas Sriwijaya.
- Panjaitan, Rezeki, Sri, Bintang. (2019). Analisis kandungan timbal (Pb) pada sayuran yang terpapar abu vulkanik gunung Sinabung. *Jurnal Berita Kedokteran Masyarakat*. Vol 35, No 4 (2019).
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum.
- Rahman, Abdur., (2005). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7383:2009 tentang Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan.
- Sudaryo, Sutjipto. (2009). “Identifikasi dan penentuan logam pada tanah vulkanik didaerah Cangkring Kabupaten Sleman dengan metode analisis aktivasi neutron cepat,” Seminar nasional V SDM teknologi nuklir. Yogyakarta.
- Sutawijaya, Adrian & Zulfahmi, Zulfahmi. (2013). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Investasi Swasta di Indonesia. *TRIKONOMIKA*. 12. 32. 10.23969/trikonomika.v12i1.455.

Accepted Date	Revised Date	Decided Date	Accepted to Publish
28 Oktober 2023	12 November 2023	20 Desember 2023	Ya