

Analisis Risiko Kesehatan Paparan Timbal pada Air Minum Masyarakat di Wilayah Eks Erupsi Sunabung Kecamatan Simpang Empat Karo

Khairunnisa^{1*}, Sri Malem Indirawati²

^{1,2}Ilmu Kesehatan Masyarakat, peminatan Kesehatan Lingkungan, Universitas Sumatera Utara Medan, Indonesia

Abstract

The eruption of Mount Sinabung can cause pollution to the environment, especially raw water sources for drinking water and can cause health problems. The volcanic ash resulting from the eruption contains various kinds of minerals and heavy metals so that when the eruption occurs, volcanic ash can pollute the surrounding environment, including air, soil and water. Simpang Empat District is one of the districts affected by the eruption in Karo Regency. This study aims to determine the health risks due to exposure to lead in drinking water, the concentration of lead in drinking water and to analyze the characteristics of health risks due to exposure to lead in public drinking water. The research method used was descriptive survey research using a cross sectional approach. The research was conducted in Lingga Julu Village and was carried out from February to August 2020. Lingga Julu Village is one of the villages in Karo Regency which was affected by the eruption of Mount Sinabung and has a water source from a borehole which is managed by the local village government. The number of samples in this study were 47 respondents with a random sampling technique. The results showed that the lead concentration value was 0.0012 mg/l which was still below the environmental quality standard. The mean intake for real-time duration exposure was 0.00005 mg/kg/day with an $RQ \leq 1$ value of 0.013. Descriptively, intake of non-carcinogenic lead is not a risk to health. The estimated intake value for exposure to the next 50 years is 0.0024 with an $RQ \leq 1$ value of 0.6. Descriptively, intake of non-carcinogenic effect lead does not have a health risk for the people of Lingga Julu Village for the next 50 years.

Keywords: health risk analysis, lead, plumbum, eruption, intake

Pendahuluan

Pencemaran lingkungan salah satunya dapat disebabkan oleh aktivitas alam, yaitu gunung meletus. Terdapat satu gunung api aktif yang terletak di Dataran Tinggi Kabupaten Karo, Sumatera Utara yaitu Gunung Sinabung. Gunung Sinabung tercatat tidak pernah meletus sejak tahun 1600an. Gunung Sinabung mulai aktif pada tahun 2010 hingga saat ini. Erupsi yang terjadi dapat berdampak pada kondisi lingkungan sekitarnya. Pencemaran pada tanah,

**corresponding author: Khairunnisa*

Universitas Sumatera Utara Email:

khairunnisa4798@gmail.com

Submitted: 09-01-2021 Revised: 15-02-2021

Accepted: 17-07-2021 Published: 12-08-2021

udara dan air tidak bisa diabaikan. Abu vulkanik gunung berapi mengandung logam berat dan zat-zat mikro berbahaya yang bersifat bioakumulasi dan mudah mengendap dalam air. Logam berat termasuk komponen alami tanah, elemen ini tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan. Beberapa logam berat pada abu gunung berapi dapat menyebabkan bermacam-macam gangguan baik gangguan pada lingkungan hingga kesehatan tergantung jenis logam dan paparannya.

Polutan logam berat yang dikeluarkan melalui erupsi, dapat mencemari lingkungan yaitu udara, tanah serta air. Logam berat dan mineral yang ada di dalam bumi terbawa keluar

bersamaan dengan abu vulkanik sebagai hasil dari erupsi gunung. Abu vulkanik dengan kandungan partikel timbal yang terhembus ke atmosfer, sebagian partikel halus bertahan di atmosfer dan sebagian jatuh ke tanah sehingga timbal mencemari udara dan tanah. Partikel timbal yang ada di atmosfer akan turun ke tanah bersamaan dengan hujan. Hal ini dapat mencemari tanah maupun air permukaan. Setelah timbal jatuh ke tanah, ia menempel kuat pada partikel tanah dan tetap berada di lapisan atas tanah.

Pergerakan timbal dari partikel tanah ke air tanah tidak mungkin terjadi kecuali hujan turun. Sumber timbal dalam air permukaan atau sedimen meliputi endapan debu yang mengandung timbal dari atmosfer, air limbah dari industri yang menangani timah (terutama industri besi dan baja dan produsen utama), limbah perkotaan, dan tumpukan penambangan. Beberapa senyawa timbal diubah menjadi bentuk timbal lain oleh sinar matahari, udara, dan air. Namun, unsur utama tidak dapat dipecah (Abadin, 2007). Ini juga berlaku pada pencemaran udara yang berasal dari air hujan berpengaruh terhadap air tanah.

Masyarakat sekitar Sinabung mayoritas menggunakan air sumur bor dan mata air sebagai air baku untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Adapun syarat kualitas air minum meliputi persyaratan fisik, kimiawi, bakteriologis dan radio aktif. Syarat tersebut mutlak, sehingga jika salah satu parameter tidak memenuhi syarat, maka air tersebut tidak layak untuk dikonsumsi.

Pemerintah telah menetapkan zona aman erupsi Gunung Sinabung dengan radius lebih dari 7 kilometer dari Gunung Sinabung (BPBD, 2019). Sedangkan zona aman berdasarkan kesehatan dimana dampak pencemaran erupsi Gunung Sinabung masih belum terpenuhi. Hal ini diperkuat dengan penelitian (Indirawati, 2019) terdapat kandungan timbal yang tinggi sebesar 0,9 mg/l di Desa Nang Belawan yang

menyebabkan dinding-dinding pada bak penampungan air berwarna hitam. Nilai ini sudah melebihi ambang batas yaitu 0,01 mg/l diambil dari baku mutu air minum masyarakat berdasarkan PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum.

Maka dilakukan penelitian dengan tujuan untuk menganalisa kadar logam timbal (Pb) dan tingkat risiko non karsinogenik pada air minum yang berasal dari sumur bor masyarakat di Desa Lingga Julu Kecamatan Simpang Empat. Desa Lingga Julu merupakan desa di Kecamatan Simpang Empat, Karo yang berjarak kurang lebih 7km dari Gunung Sinabung dan mayoritas penduduk menggunakan sumur bor yang dikelola oleh desa sebagai kebutuhan sehari-hari. Hal inilah yang menyebabkan masyarakat Desa Lingga Julu dapat berdampak lebih besar terhadap paparan timbal pada air minum. Dimana erupsi sudah terjadi lebih dari 10 tahun yang lalu sehingga terdapat prediksi bahwasanya timbal yang ada di udara dan permukaan tanah sudah meresap kedalam tanah dan mencemari air sumur bor merupakan sumber air utama masyarakat Desa Lingga Julu.

Metode

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif yang bersifat survey deskriptif dengan desain penelitian *cross sectional*. Secara analitik, data hasil pengukuran variabel dilakukan analisis menggunakan formula Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) untuk mengetahui risiko kesehatan akibat paparan timbal pada air minum masyarakat dan manajemen risiko dari pencemaran timbal terhadap kesehatan masyarakat. Lokasi penelitian ini adalah Desa Lingga Julu, Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Karo. Penelitian ini dilakukan selama 7 bulan, yaitu dari bulan Februari sampai dengan Agustus 2020.

Populasi subyek dalam penelitian ini adalah masyarakat Desa Lingga Julu dengan jumlah penduduk sebanyak 471 KK dan populasi obyek adalah sumur bor desa yang digunakan sebagai bahan baku air minum. Berdasarkan teori Gay dan Diehl (1992), semakin banyak sampel yang diambil maka akan semakin representatif dan hasilnya dapat digeneralisir. Namun, ukuran sampel yang diterima akan sangat bergantung pada jenis penelitian ini, karena penelitian ini bersifat deskriptif, maka sampel minimumnya adalah 10% dari total populasi. Sehingga sampel subyek dalam penelitian ini berjumlah 47 KK yang akan diwakili oleh 1 orang per KK sesuai dengan kriteria inklusi dari peneliti dengan teknik *random sampling*. Sampel obyek penelitian ini adalah air dari sumur bor Desa Lingga Julu.

Pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri atas data pemeriksaan laboratorium untuk konsentrasi timbal pada air minum dan data dari hasil wawancara kuesioner berupa berat badan responden, karakteristik responden, frekuensi pemaparan, durasi pemaparan, dan laju konsumsi hal ini merupakan faktor penting dalam penilaian risiko kesehatan dengan menggunakan teori Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Pengambilan sampel air dilakukan sendiri dengan mengikuti metode pengambilan sampel air. Sampel air diambil sebanyak satu botol plastik. Selanjutnya sampel air yang telah diperoleh dibawa menuju laboratorium. Pemeriksaan sampel air dilakukan di laboratorium dan dikerjakan oleh tenaga yang ahli dibidangnya menggunakan uji AAS. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis univariat. Variabel yang dianalisis antara lain usia responden, laju asupan, durasi pemaparan, berat badan, *intake* non karsinogenik dan *risk quotients* dengan menggunakan ukuran nilai *mean*, *minimum*, dan untuk memperoleh gambaran tiap variabel.

Hasil

Kecamatan Simpang Empat merupakan salah satu kecamatan dari Kabupaten Karo yang terletak 7 km sebelah Tenggara Gunung Sinabung yang memiliki luas wilayah sebesar 93,48 km². Hasil uji laboratorium Mutu Agung menunjukkan konsentrasi kadar timbal pada sumber air sumur bor Desa Lingga Julu yaitu 0,0012 mg/l. Angka tersebut masih dibawah Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan oleh pemerintah dalam PERMENKES/NO.492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum yaitu sebesar 0,01 mg/l. Meskipun kadar timbal pada air dibawah ambang batas, tapi timbal bersifat kumulatif serta sulit diuraikan sehingga berbahaya jika terpapar dalam waktu lama.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa frekuensi jumlah responden berdasarkan kelompok usia, terbesar berada pada kelompok usia 20-36 tahun sebanyak 19 responden, sedangkan yang terendah adalah kelompok usia 70-84 tahun sebanyak 3 responden. Selanjutnya frekuensi responden berdasarkan jenis kelamin, persentase jenis kelamin laki-laki sebesar 20 responden (43%) dan perempuan 27 orang (57%). Frekuensi responden berdasarkan laju asupan, laju asupan sebanyak 2-3 liter/hari yakni 42 responden dan dengan laju asupan sebanyak 4-5 liter/hari yakni 5 responden. Sedangkan distribusi responden menurut durasi pemaparan tertinggi berada pada 1-12 tahun sebanyak 36 responden (77%) dan terendah berada pada 37-50 tahun sebanyak 2 responden (4%). Kemudian distribusi responden berdasarkan berat badan, jumlah berat badan responden terbanyak berada pada kelompok berat badan 53-65 kg sebanyak 30 responden dan terendah berada pada kelompok berat badan 79-89 kg sebanyak 1 responden (tabel 1).

Tabel 1. Distribusi Indikator *Intake* Responden di Desa Lingga Julu

Karakteristik	n	%
Usia Responden (tahun)		
20 – 36	19	40
37 – 53	13	28
54 – 70	12	26
70 – 84	3	6
Jenis Kelamin		
Laki-laki	20	43
Perempuan	27	57
Laju Asupan (l/hari)		
2 – 3	42	89
4 – 5	5	11
DurasiPemaparan(tahun)		
1 – 12	36	77
13 – 25	4	9
26 – 38	5	10
37 – 50	2	4
Berat Badan (kg)		
40 – 52	12	26
53 – 65	30	64
66 – 78	4	8
79 – 89	1	2

Hasil analisa diperoleh nilai *minimum*, *maximum*, *mean*, dan *default* dari variabel laju asupan (l/hari), durasi pemaparan (tahun), frekuensi pemaparan (hari/tahun), berat badan (kg) dan periode waktu rata-rata (Dt x 365 hari).

Sehingga diperoleh nilai *minimum*, *maximum*, *mean*, dan *default* pada *intake* karsinogenik (mg/kg/hari) dan *Risk Quotient realtime* sebagai berikut (Tabel 2):

Tabel 2. Perhitungan Nilai *Intake Non Karsinogenik* dan *Risk Quotients* Berdasarkan Nilai *Minimum*, *Maximum*, *Mean*, dan *Default* pada *Durasi Realtime*

Variabel	Min	Max	Mean	Default
R (L/hari)	2	5	2,43	2
Dt (tahun)	1	50	9,47	30
fE (hari/tahun)	350	350	350	350
Wb (Kg)	40	89	57,6	70
Tavg (Dt x 365)	365	18.250	3.467,5	10.950
Ink (mg/kg/hari)	0,000057	0,000064	0,00005	0,000032
RQ	0,014	0,016	0,013	0,008

Hasil perhitungan *Intake Non Karsinogenik* (Ink) dan *Risk Quotients* (RQ) dengan menggunakan perhitungan nilai mean pada variabel realtime sehingga didapat nilai intake dan

RQ realtime yaitu 0,00005 mg/kg/hari dan 0,013 dimana artinya $RQ \leq 1$ yaitu belum ada risiko kesehatan akibat paparan timbal pada saat ini. Perhitungan dilakukan hingga 50 tahun yang akan

datang dengan hasil *intake* 0,0024 mg/kg/hari dan RQ 0,6. Dimana $RQ \leq 1$ yang artinya belum ada risiko kesehatan akibat paparan timbal hingga 50

tahun yang akan datang dengan syarat variabel penilaian tidak jauh dari *range realtime* (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai Perhitungan *Intake* Non Karsinogenik (Ink) dan *Risk Quotients* (RQ) berdasarkan Nilai Mean

Variabel	Nilai
Ink realtime	0,00005 mg/kg/hari
Ink 10 tahun yang akan datang	0,00048 mg/kg/hari
Ink 30 tahun yang akan datang	0,0014 mg/kg/hari
Ink 50 tahun yang akan datang	0,0024 mg/kg/hari
RQ realtime	0,013
RQ 10 tahun yang akan datang	0,12
RQ 30 tahun yang akan datang	0,35
RQ 50 tahun yang akan datang	0,6

Pembahasan

Timbal bersifat karsinogen dalam dosis tinggi paparan timbal secara kronis bisa mengakibatkan kelelahan, kelesuan, gangguan iritabilitas, gangguan gastrointestinal, kehilangan libido, infertilitas pada laki-laki, gangguan menstruasi serta aborsi spontan pada wanita, depresi, sakit kepala, sulit berkonsentrasi, daya ingat terganggu dan sulit tidur. Timbal bisa merusak jaringan syaraf, fungsi ginjal, menurunnya kemampuan belajar. Kandungan timbal dalam darah berkorelasi dengan tingkat kecerdasan manusia, semakin tinggi kadar timbal dalam darah semakin rendah poin IQ. Kelainan fungsi otak terjadi karena timbal secara kompetitif menggantikan peranan zink, tembaga, dan besi dalam mengatur fungsi sistem syaraf pusat (Widowati, 2008).

Hasil pemeriksaan disalah satu pipa air yang digunakan sebagai tempat mengambil air oleh masyarakat setempat di Desa Lingga Julu, dimana airnya bersumber dari sumur yang sama. Hasil laboratorium menunjukkan bahwa kadar konsentrasi timbal masih jauh dibawah nilai ambang batas yaitu sebesar 0,0012 mg/l. Berdasarkan PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, yaitu nilai ambang batas timbal pada air adalah 0,01 mg/l. Nilai ini berbeda

dengan beberapa penelitian terdahulu, dimana ditemukan kadar timbal pada tanah dan air cukup tinggi dikarenakan hasil erupsi Gunung Sinabung yang mengandung kadar logam berat yang tinggi.

Ditinjau dari karakteristik logam berat dan kondisi di lapangan, ada beberapa faktor yang bisa menurunkan kadar timbal dalam air antara lain : pemerintah setempat sudah memfasilitasi penyaringan air sebelum di alirkan ke pipa desa, air tersedia hanya dua kali dalam sehari dan logam berat bersifat mengendap sehingga air yang dialirkan ke pipa sudah lebih dulu mengendap secara otomatis serta semakin dalam sumur bor kemungkinan untuk tercemar timbal dari debu erupsi semakin kecil, dikarenakan proses pencemaran dari udara ke air tanah.

Pajanan *realtime* durasi yang diperhitungkan adalah durasi sebenarnya atau lama responden mengkonsumsi air tersebut. Setelah semua hasil dihitung, diambil 4 contoh utama dari hasil sampel penelitian untuk mendeskripsikan hasil penelitian ini, yaitu berdasarkan nilai *minimum*, *maximum*, *mean*, dan *default* pada variabel laju asupan (R), durasi pemaparan (Dt) dan berat badan (Wb).

Hasil penelitian menunjukkan nilai *intake* pajanan *realtime* diambil dari nilai *minimum*, *maximum*, *mean* dan *default* sebagai gambaran dari keseluruhan hasil didapat nilai berturut-turut

yaitu 0,000057mg/kg/hari; 0,000064mg/kg/hari; 0,00005mg/kg/hari; 0,000032mg/kg/hari. Nilai RQ berturut-turut 0,014; 0,016; 0,013; 0,008, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa kandungan timbal dalam air minum masyarakat Desa Lingga Julu masih di bawah ambang batas sehingga tidak berbahaya dan tidak memiliki risiko terhadap kesehatan.

Paparan timbal pada tubuh tidak memiliki manfaat sedikitpun ditambah karakteristik timbal yang bersifat bioakumulasi, tidak bisa dikeluarkan, dan dapat menyingkirkan peranan dari zink dan zat besi dimana berpotensi menyebabkan gangguan pada kinerja tubuh. Oleh karena itu sangat berbahaya meski kadar timbal masih di bawah ambang batas karena memiliki potensi meningkatnya kadar timbal dalam air dikarenakan erupsi Gunung Sinabung yang masih terus berlanjut. Berikut beberapa efek non karsinogenik dari timbal, yaitu: gangguan pencernaan seperti mual, muntah, diare; gangguan pada peredaran darah seperti, hipertensi, gagal ginjal; gangguan pada syaraf; dan gangguan pada kinerja otak.

Selanjutnya dihitung estimasi risiko 10 tahun, 30 tahun dan 50 tahun yang akan datang. Perhitungan ini menggunakan variabel (laju asupan, durasi pemaparan, dan berat badan) dengan nilai *mean*. Pada hasil perhitungan nilai *intake* dan RQ 10 tahun, 30 tahun dan 50 tahun yang akan datang berturut-turut sebagai berikut 0,12; 0,35 dan 0,6. Hasil perhitungan didapat nilai $RQ \leq 1$ yang artinya belum ada risiko kesehatan akibat paparan timbal melalui jalur ingesti hingga 950 tahun yang akan datang dengan kadar timbal 0,0012 mg/l.

Hasil perhitungan estimasi untuk efek kesehatan akibat paparan timbal pada masyarakat Desa Lingga Julu bahwa semuanya diketahui belum mengalami risiko kesehatan akibat paparan timbal melalui jalur ingesti. Namun, apabila dikemudian hari diketahui salah satu populasi berisiko ($RQ > 1$) maka, diperlukan suatu

manajemen risiko untuk melindungi populasi tersebut dengan beberapa cara, yaitu:

1. Penentuan konsentrasi aman (C)

Jika karakteristik risiko sulit untuk diubah, maka dilakukan upaya untuk meminimalisir kadar timbal dalam air. Bisa dengan cara dilakukan penyaringan, perbaikan lokasi sumber air, dan pemantauan berkala agar kadar timbal tetap di bawah ambang batas. Dengan tujuan untuk tidak menyebabkan risiko pada masyarakat di lokasi tersebut. Dengan persamaan:

$$C = \frac{RfD \times Wb \times tavg}{R \times fE \times Dt}$$

2. Penentuan frekuensi pajanan aman (fE)

Jika konsentrasi kadar timbal, laju asupan dan berat badan sulit untuk diubah, maka dilakukan upaya untuk meminimalisir frekuensi pemaparan. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengurangi mengkonsumsi air. Namun pada kasus ini, solusi tersebut tidak pas untuk dilakukan karena konsumsi air dibutuhkan setiap hari. Tapi persamaan ini bisa diterapkan pada kasus ARKL lainnya. Adapun persamaannya yaitu:

$$fE = \frac{RfD \times Wb \times tavg}{C \times R \times Dt}$$

3. Penentuan durasi pemaparan aman (Dt)

Jika konsentrasi kadar timbal, laju asupan dan berat badan sulit untuk diubah, maka dilakukan upaya untuk meminimalisir durasi pemaparan. Hal ini dapat dilakukan dengan cara pindah dari tempat tersebut apabila waktu tinggal dan konsumsi air masyarakat sudah melebihi nilai penentuan durasi pemaparan. Dengan tujuan untuk tidak menyebabkan risiko pada masyarakat di lokasi tersebut. Adapun cara penentuan durasi pemaparannya yaitu:

$$Dt = \frac{RfD \times Wb \times tavg}{C \times R \times fE}$$

Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu, Konsentrasi kadar timbal dalam air sumur bor Desa Lingga Julu tahun 2020 adalah 0,0012 mg/l, nilai ini berada dibawah Nilai Ambang Batas (NAB) berdasarkan PERMENKES RI No. JUMANTIK Volume 6 No.3 Agustus 2021 208

492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Rata-rata tingkat risiko non karsinogenik (RQ) masyarakat yang terpapar timbal di Desa Lingga Julu (*realtime*) yaitu 0,013. Jika $RQ \leq 1$, artinya paparan timbal masyarakat di Desa Lingga Julu tidak memiliki risiko kesehatan yang diakibatkan oleh paparan timbal pada durasi *realtime*. Risiko kesehatan yang dimaksud ialah menyebabkan gejala keracunan, depresi, sakit kepala, sulit berkonsentrasi, daya ingat terganggu, sulit tidur, gangguan iritabilitas, gangguan gastrointestinal hingga menyebabkan infertilitas. Hasil perhitungan estimasi risiko (RQ) untuk 10 tahun, 30 tahun dan 50 tahun yang akan datang berturut-turut adalah 0,12; 0,35 dan 0,6 dengan menggunakan nilai *mean* baik untuk umur, laju asupan, berat badan, durasi pemaparan, dan lama tinggal. Yang artinya paparan dari *realtime* hingga 50 tahun yang akan datang dengan karakteristik yang tidak jauh berbeda, maka belum ada risiko akibat dari paparan timbal melalui jalur ingesti.

Saran yang dapat disampaikan yaitu, bagi instansi terkait agar memantau secara berkala agar tidak terjadi penambahan kadar timbal dalam air, terutama pada masa-masa erupsi. Bagi masyarakat agar untuk mengendapkan air sebelum dikonsumsi, dan menyimpan air dengan benar serta memiliki penyaringan sendiri di rumah dengan tujuan meminimalisir kadar timbal pada air yang akan dikonsumsi. Bagi ilmu pengetahuan agar peneliti selanjutnya dapat memperbesar sampel terutama desa yang dekat dengan Gunung Sinabung untuk diketahui perbandingan kadar timbal, *intake* dan tingkat risiko kesehatannya.

Daftar Pustaka

- Abadin, H., Ashizawa, A., & Stevens. (2007). *Toxicological profile for lead*. Atlanta, Georgia: Public Health Service Agency Toxic Substancy Regist
- Badan Pusat Statistik. (2016). *Kecamatan Simpang Empat Dalam Angka 2016*. Diakses dari <https://karokab.bps.go.id/publication/2016/07/29/c89cff5a15e98a72588a6449/kecamatan-simpang-empat-dalam-angka-2016.html>

- Barasa, R. F., Abdul, R., & Mariani, S. (2013). *Dampak debu vulkanik letusan Gunung Sinabung terhadap kadar Cu, Pb, dan B tanah di Kabupaten Karo*. Jurnal Online Agroekoteknologi, 1(4), 1288-1297
- Global Volcanism Program. (2008). *Sinabung*. Diakses 15 Juni 2020, dari <http://www.volcano.si.edu.com>
- Indirawati, S. M., & Sembiring, H. (2019). *Environmental Health Risks Assessment of Bore Well Water Following Mount Sinabung Volcano Eruption*. Proceedings of the International Family Health, Malaysia, 33, eISSN 2636-9346
- Palar, H. (2008). *Pencemaran dan toksikologi logam berat* (Edisi ke-4). Jakarta: Rineka Cipta
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- UPT Puskesmas Kecamatan Simpang Empat. (2017). *Profil Kesehatan Puskesmas Kecamatan Simpang Empat Kabanjahe*
- Widowati, W., Astiana, S., & Raymond, J.R. (2008). *Efek toksik logam pencegahan dan penanggulangan pencemaran* (Edisi ke-1). Yogyakarta: ANDI
- World Health Organization. (2011). *Lead in drinking-water*. Diakses dari http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/chemicals/lead.pdf
- Yu, M. H. (2005). *Environmental toxicology biological and health effects of pollutants*. New York, USA: CRC press