

ANALISIS ASUPAN MAKANAN DAN ESTIMASI RISIKO KESEHATAN PENDUDUK DI KAWASAN PERTAMBANGAN EMAS TRADISIONAL - GUNUNG PONGKOR, KABUPATEN BOGOR, PROVINSI JAWA BARAT

Food Intake Analysis and Estimated to Health Risk of People Living in Artisanal Gold Mining Gunung Pongkor, Bogor Regency, West Java Province

Zahra¹

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Upaya Kesehatan Masyarakat,
Badan Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan R.I.
Email: zahrasahab14@gmail.com

Diterima: 10 Juni 2016; Direvisi: 27 Desember 2016; Disetujui: 31 Januari 2017

ABSTRACT

Traditional gold mining activities can increase the concentration of mineral contaminants enter into the environment and into the food chain. In artisanal gold mining Gunung Pongkor, Bogor Regency, arsenic has been detected in food samples from local production. Intake rate of arsenic into human body can cause effects that are non-carcinogenic and carcinogenic. The aim of this study is to assess the risk estimates due to arsenic exposure in food samples, the health effect, and also to formulate risk management. This study was using data from Riset Khusus Pencemaran Lingkungan 2012 organized by National Institute of Health Research and Development, Ministry of Health. The results showed that non-carcinogen risk level (RQ) are 28,55 and lifetime excess cancer risk (ECR) are $5,49 \times 10^{-3}$. This levels are unacceptable (RQ>1 and ECR> 10^{-4}). Highly consumption of rice everyday and also high level arsenic contaminant in rice are the major of relative contributor sources. Potential health effects, especially skin lesions (keratosis and hyperpigmentation,) has occurred. Risk management options need to be done were decreasing exposure level and reducing consumption of local food products.

Keywords: Public Health Assessment, arsenic, gold mining

ABSTRAK

Aktivitas penambangan emas secara tradisional dapat meningkatkan konsentrasi kontaminan mineral ke dalam media lingkungan dan dapat masuk ke dalam rantai makanan. Di kawasan pertambangan emas Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor telah terdeteksi konsentrasi metaloid arsen yang sangat tinggi pada bahan makanan hasil produksi setempat. Asupan arsen ke dalam tubuh manusia dapat menyebabkan efek kesehatan yang bersifat non karsinogenik dan karsinogenik. Tujuan penulisan artikel ini adalah menghitung estimasi risiko kesehatan akibat paparan arsen pada penduduk yang mengkonsumsi bahan makanan produk lokal serta dampak terhadap kesehatan. Analisis dilakukan menggunakan data Riset Khusus Pencemaran Lingkungan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan tahun 2012. Hasil analisis menunjukkan tingkat risiko non karsinogenik (RQ) sebesar 28,55 dan risiko karsinogenik (ECR) sebesar $5,49 \times 10^{-3}$. Kesimpulan dari hasil analisis adalah nilai tingkat risiko *unacceptable* atau telah melebihi batas aman (RQ>1 dan nilai ECR> 10^{-4}). Beras merupakan kontributor utama. Dampak terhadap kesehatan menunjukkan munculnya penyakit kulit keratosis dan hiperpigmentasi. Perumusan manajemen risiko yang dapat dilakukan adalah menurunkan konsentrasi paparan dan mengurangi konsumsi bahan makanan dari produk lokal.

Kata kunci: Tingkat risiko, arsen, pertambangan emas

PENDAHULUAN

Aktivitas penambangan emas yang dilakukan penduduk secara tradisional di beberapa belahan dunia termasuk wilayah Indonesia, memberikan kontribusi pencemaran lingkungan yang signifikan. Kegiatan eksplorasi yang dilakukan tidak

mengindahkan kesehatan lingkungan, berpotensi masuknya mineral-mineral dalam batuan kerak bumi dan ke dalam media lingkungan, seperti air, tanah, dan udara. Masuknya mineral-mineral tersebut ke dalam media lingkungan, menyebabkan rantai makanan juga dapat tercemar yang pada

akhirnya dapat masuk ke dalam tubuh manusia dan mempengaruhi kesehatan manusia.

Pada kawasan khusus penambangan emas, metaloid arsen (As) merupakan salah satu mineral yang banyak ditemukan dengan konsentrasi yang melebihi batas yang direkomendasikan. Dilaporkan pada beberapa wilayah di dunia seperti di Taiwan, Bangladesh, India, Cina, Vietnam dan Australia, konsentrasi arsen di lingkungan telah melebihi standar yang ditetapkan. Di India dan Bangladesh, arsen mengkontaminasi sumber air minum dengan konsentrasi lebih dari 300 µg/l (Khan F. AU3 - Sonoda, T. AU4 - Washio, M. AU5 - Mori, M., 2003). Di Nikaragua, konsentrasi Arsen meningkat pada air permukaan dan sedimen sungai di dekat pertambangan emas, termasuk yang berjarak cukup jauh -sekitar 13 km- dari lokasi tambang emas (Zheng, Hintelmann, Dimock, & Dzurko, 2003; May, Wiedmeyer, Gober, & Larson, 2001; dalam Wickre, Folt, Sturup, & Karagas, 2004). *International Agency for Research of Cancer* (IARC) menggolongkan arsen dan senyawa-senyawa arsen kedalam senyawa yang bersifat karsinogen bagi manusia (ATSDR, 2007; IARC, 2004). Paparan arsen terhadap tubuh manusia dapat menimbulkan dampak yang merugikan terhadap kesehatan, baik yang bersifat akut berupa kematian, maupun kronis. Dampak dari paparan yang cukup lama dapat menyebabkan antara lain penyakit kulit berupa lesi-lesi (Rahman, MA, Hasegawa, H, Rahman, MA, Rahman, MM, Miah, 2006; Sun, 2004), dapat mempengaruhi sistem syaraf (Smith, Lingas, & Rahman, 2000), sistem vaskular (Tseng et al., 2002), kejadian kanker (Abernathy, C.O., 1999), diabetes (Smith et al., 2000; Tseng et al., 2002), hipertensi (Smith et al., 2000) dan penyakit pernafasan (Smith et al., 2000). Penyakit yang berhubungan dengan kontaminasi arsen adalah *arsenicosis*. *Arsenicosis* adalah penyakit yang disebabkan oleh kontaminasi arsen pada air tanah (air minum) dan dihubungkan dengan penyakit lesi kulit, peredaran darah tepi, hipertensi, *blackfoot disease* dan risiko kejadian kanker. Kejadian *arsenicosis* pernah terjadi pada tahun 1980 di Cina, bahkan pernah menjadi endemik tahun 1996 di India (Sun, 2004).

Toksisitas arsen dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan jika manusia terpajan dalam dosis dan waktu tertentu. Efek kesehatan yang dapat terjadi terdiri dari efek non karsinogenik (efek sistemik) dan efek karsinogenik. Besaran risiko toksisitas arsen dinyatakan dalam karakteristik risiko non karsinogenik atau *Risk Quotient* (RQ) dan risiko karsinogenik atau *Excess Cancer Risk* (ECR). Dinyatakan berisiko atau *unacceptable* apabila memiliki nilai $RQ > 1$ atau nilai $ECR > 10^{-4}$.

Di Indonesia dilaporkan bahwa kontaminan arsen telah terdeteksi di air sungai dan sedimen laut di lokasi dekat dengan pertambangan emas Nusa Tenggara (Inswiasri, 2008). Disamping hal tersebut, hasil penelitian tahun 2012 menunjukkan kawasan pertambangan emas tradisional Gunung Pongkor Kabupaten Bogor, telah terdeteksi adanya kontaminan arsen pada media air, tanah dan bahan pangan (Rahman, A., 2014).

Untuk menentukan sejauh mana masyarakat yang tinggal di wilayah terpajan kontaminan arsen, dan dampaknya terhadap kesehatan dilakukan analisis komprehensif terhadap data Riset Khusus Pencemaran Lingkungan, Badan Litbang Kesehatan, Kementerian Kesehatan tahun 2012, di kawasan pertambangan emas tradisional di Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor. Tulisan ini bermaksud menilai estimasi risiko kesehatan penduduk akibat paparan arsen melalui asupan bahan makanan di kawasan pertambangan emas tradisional di Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor

BAHAN DAN CARA

Analisis dilakukan menggunakan sebagian data hasil Riset Khusus Pencemaran Lingkungan (Rikhus PL) yang dilakukan Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan tahun 2012, untuk kawasan pertambangan emas tradisional Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor.

Analisis dilakukan terhadap data kesehatan masyarakat dan data lingkungan. Analisis menggunakan metode *Public Health Assessment* (PHA) yang diadaptasi dari konsep *Agency of Toxic Substance Disease*

Registry - United States Environmental Protection Agency (William Cibulas & Henry Falk, 2005). Metoda ini dimaksud untuk mendapatkan nilai estimasi tingkat risiko akibat suatu pajanan tertentu dan mengevaluasi efek kesehatan yang mungkin terjadi. Metoda ini tidak sama dengan metoda dalam epidemiologi kesehatan karena tidak melakukan uji hubungan antara pajanan dan *outcome*. Tingkat risiko dilihat dari besaran *Risk Quotient* (RQ) dan *Excess Cancer Risk* (ECR).

Populasi dalam analisis ini adalah penduduk yang bermukim di kawasan pertambangan emas tradisional Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor. Sedangkan sampel adalah sebagian penduduk yang bermukim di kawasan pertambangan emas tradisional Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor, yaitu di Desa Malasari, Desa Bantar Karet, dan Desa Cisarua, Kecamatan Nanggung. Jumlah data sebanyak 373 responden dari 180 rumah tangga yang tersebar di Desa Malasari, Desa Bantar Karet dan Desa Cisarua, Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor. Jumlah sampel bahan makanan sebanyak 20 sampel yang terdiri dari 6 sampel beras, 7 sampel sayuran, 2 sampel buah-buahan, 4 sampel ikan dan 1 sampel singkong. Pemeriksaan dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Jakarta (BBLK Jakarta) dengan menggunakan alat *Inductively Couple Plasma* (ICP).

Variabel yang digunakan dalam analisis ini adalah berat badan, laju konsumsi, lama tinggal, konsentrasi arsen dalam bahan makanan dan kadar arsen dalam urin. Nilai laju konsumsi pada penduduk telah dihitung berdasarkan hasil pengumpulan data perilaku konsumsi makanan dengan menggunakan metoda *food frequency questionnair* (FFQ). Responden ditanya mengenai frekuensi konsumsi dan jumlah konsumsi (dalam satuan ukuran individu) setiap bahan makanan yang terdapat dalam kuesioner. Variabel lama tinggal didapat dari hasil pengumpulan data melalui wawancara menggunakan kuesioner sedangkan data berat badan didapat dari hasil pengukuran.

Analisis data meliputi analisis pemajanan dan analisis efek kesehatan. Analisis pemajanan atau *exposure*

assessment, dimaksudkan untuk mengenali jalur-jalur pajanan (*pathways*) agen risiko agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko dapat dihitung. Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung jumlah asupan adalah semua variabel dalam persamaan berikut (William Cibulas & Henry Falk, 2005; Louvar, 1998):

$$CDI \text{ atau } LADD = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_B \times t_{avg}}$$

dimana CDI adalah *Cronic Daily Intake* atau asupan non karsinogenik (mg/kg berat badan/hr), LADD adalah *Lifetime Average Daily Dose* atau asupan karsinogenik (mg/kg berat badan/hr), C adalah konsentrasi agen (mg/kg), R adalah laju asupan (gr/hr), f_E adalah frekuensi pajanan (hari/tahun), D_t adalah durasi pajanan (tahun), dan t_{avg} adalah perioda waktu rata-rata ($D_t \times 365$ hari/tahun untuk zat nonkarsinogen, 70 tahun $\times 365$ hari/tahun untuk zat karsinogen).

Data jumlah asupan tersebut digunakan untuk menghitung tingkat risiko. Tingkat risiko untuk efek non karsinogenik dinyatakan dalam notasi *Risk Quotient* (RQ),

$$\text{dengan persamaan } RQ = \frac{CDI}{RfD}$$

adalah referensi dosis bernilai 0,0001. Tingkat risiko untuk efek karsinogenik dinyatakan dalam notasi *Excess Cancer Risk* (ECR) dengan persamaan berikut: $ECR = LADD \times CSF$, dengan CSF adalah *Cancer Slope Factor* bernilai 1,5 (USEPA, 1998).

Setelah besar tingkat risiko diketahui, langkah selanjutnya adalah melakukan perumusan manajemen risiko dengan pilihan manajemen risiko sebagai berikut :

Mengatur tingkat konsentrasi yang aman (C_{aman})

Mengatur tingkat asupan yang aman (R_{aman})

Mengatur durasi pajanan yang aman ($D_{t \text{ aman}}$)

Prinsip dalam manajemen risiko adalah menemukan nilai konsentrasi pajanan yang aman, nilai laju asupan yang aman dan

nilai durasi pajanan yang aman. Pada efek non karsinogenik, definisi ‘aman’ jika nilai $RQ_{total} \leq 1$, sehingga *intake* (asupan) atau nilai CDI_{total} harus bernilai \leq nilai referens (RfD) atau $CDI_{total} \leq 0,0003$. Pada efek karsinogen, definisi ‘aman’ jika nilai $ECR_{total} \leq 10^{-4}$ sehingga *intake* (asupan) atau nilai $LADD_{total}$ harus bernilai \leq ($ECR \times CSF$) atau $LADD_{total} \leq 6,67 \times 10^{-4}$. Oleh karena sumber asupan lebih dari satu, maka harus memperhitungkan nilai *relative contributor sources* (RCS) masing-masing sumber asupan. RCS merupakan perhitungan untuk menilai berapa besar kontribusi masing-masing jenis bahan makanan terhadap tingkat risiko yang dihasilkan.

Analisis efek kesehatan penduduk dievaluasi dari kuesioner individu Rikhus PL 2012 blok riwayat kesehatan yang ditanyakan kepada semua ART. Sebelum dilakukan analisis, terlebih dahulu dilakukan skrining terhadap responden dewasa yang memiliki masa durasi pajanan aman menurut perhitungan. Lalu dilakukan analisis dengan mengeluarkan proporsi kejadian penyakit kulit berdasarkan diagnosis dan gejala.

HASIL

Analisis Pemajanan

Hasil pemeriksaan konsentrasi arsen pada bahan makanan dapat dilihat pada tabel 1, rata-rata konsentrasi arsen pada beras sebesar 1,817 mg/kg, batas cemaran yang dapat diterima 0,5 mg/kg; pada sayuran sebesar 1,330 mg/kg, batas cemaran yang bisa diterima 1,0 mg/kg; pada ikan sebesar 2,075 mg/kg, batas cemaran yang dapat diterima 1,0 mg/kg; pada buah pisang sebesar 1,128 mg/kg, batas cemaran yang bisa diterima 1,0 mg/kg; pada singkong sebesar 2,168 mg/kg, batas cemaran yang bisa diterima 0,5 mg/kg. arsen yang terdeteksi pada beras, sayuran, buah pisang, singkong dan ikan telah melewati batas maksimum berdasarkan ketentuan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) No 7387 tahun 2009, tentang ‘Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan’ dari Badan Standardisasi Nasional.

Tabel 1. Rerata konsentrasi arsen pada pahan makanan terpilih di Kawasan Pertambangan Emas Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor, 2012

Sumber Asupan	N	Kisaran	Rata-rata±SD	BC*
Beras	6	0,352-3,216	1,817 ± 1,088	0,5
Sayuran	5	0,128-2,376	1,330 ± 0,843	1,0
Buah pisang	1	1,128	1,128	1,0
Ikan	3	1,632-2,744	2,075 ± 0,590	1,0
Singkong	1	2,168	2,168	0,5

Satuan : mg/kg untuk bahan makanan.

*) BC adalah batas cemaran untuk bahan makanan, berdasarkan SNI No 7387 tahun 2009.

Tabel 2 menyajikan rerata berat badan, rerata frekuensi pajanan dan rerata durasi pajanan dari 373 responden, yang tinggal di daerah pertambangan emas

Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor. Rerata berat badan sebesar 53,61 kg, rerata frekuensi pajanan sebesar 356,8 hari/ tahun dan rerata durasi pajanan sebesar 26,6 tahun (tabel 2).

Tabel 2. Rerata berat badan, frekuensi pajanan arsen, durasi pajanan Arsen, pada penduduk yang tinggal di Kawasan Pertambangan Emas Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor, 2012

Karakteristik	N	Kisaran	Rata-rata±SD
Berat badan (kg)	373	31,2 – 82,6	53,61 ± 9,29
Frekuensi Pajanan (hr/th)	373	266-365	356,8 ± 21,00
Durasi Pajanan (th)	373	0,99-85,8	26,6 ± 16,2

Tabel 3 menyajikan rata-rata laju konsumsi pada bahan makanan yang memiliki laju konsumsi terbesar dalam golongannya. Laju konsumsi terbesar pada kelompok karbohidrat adalah beras (217 gram/hari), pada -kelompok sayuran adalah

kangkung (70 gram/hari), pada kelompok buah-buahan adalah pisang (70 gram/hari), pada kelompok ikan adalah bandeng (145 gram/hari) dan pada kelompok umbi adalah singkong (70 gram/hari) (tabel 3).

Tabel 3. Rerata laju konsumsi bahan makanan pada penduduk di Kawasan Pertambangan Emas Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor, 2012

Sumber Asupan	N	Laju Konsumsi (gram/hari)
Beras	373	217
Sayuran (kangkung)	81	70
Buah (pisang)	72	70
Ikan (bandeng)	5	145
Singkong	35	35

Tabel 4 menyajikan hasil perhitungan tingkat risiko non karsinogenik (RQ), tingkat risiko karsinogenik (ECR) dan *Relative Contribution Sources* (RCS) pada penduduk di kawasan pertambangan emas Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor. Hasil perhitungan menunjukkan nilai RQ untuk beras, sayuran, buah pisang, singkong dan ikan masing-masing, 18,94, 1,98, 1,93, 3,23 dan 2,47. Nilai ECR untuk beras, sayuran,

buah pisang, singkong dan ikan masing-masing, $3,65.10^{-3}$, $3,82.10^{-4}$, $3,73.10^{-4}$, $6,23.10^{-4}$ dan $4,76.10^{-4}$. Jika ditotal, nilai RQ dari asupan bahan makanan sebesar 28,55 dan nilai ECR sebesar $5,49.10^{-3}$. Sedangkan hasil perhitungan kontribusi dalam memberikan tingkat risiko terhadap kesehatan (RCS) menunjukkan tertinggi beras (66,34%) terendah buah pisang (6,76%) (tabel 4).

Tabel 4. Hasil perhitungan tingkat risiko non karsinogenik (RQ), tingkat Risiko karsinogenik (ECR) dan *relative contribution Sources* (RCS) pada penduduk di Kawasan Pertambangan Emas Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor, 2012

Sumber	RQ	ECR	RCS (%)
Beras	18,94	$3,65.10^{-3}$	66,34
Sayuran	1,98	$3,82.10^{-4}$	6,92
Buah pisang	1,93	$3,73.10^{-4}$	6,76
Ikan	2,47	$4,76.10^{-4}$	8,65
Singkong	3,23	$6,23.10^{-4}$	11,31
<i>Total</i>	28,55	$5,49.10^{-3}$	100

Analisis Efek Kesehatan

Gangguan kesehatan yang diakibatkan pajanan metaloid arsen diukur menurut dosis-response seperti yang dianjurkan IRIS (*Integrated Risk Information System*) dari US-EPA. Dalam dokumen IRIS disebutkan efek kesehatan yang ditimbulkan oleh pajanan metaloid arsen adalah keratosis, hiperpigmentasi dan kemungkinan gangguan vascular (USEPA, 1998). Hasil analisis menunjukkan dari 373 responden, yang mengalami gangguan penyakit kulit keratosis berjumlah 19 orang (5,1%) dan yang mengalami gangguan penyakit kulit hiperpigmentasi berjumlah 17 orang (4,5%).

Penelitian ini juga melakukan pemeriksaan kadar arsen dalam urin sesaat pada 40 responden wanita (15-49 tahun) yang dipilih secara acak. Hasilnya menunjukkan tidak terdeteksi adanya arsen pada semua sampel urin.

Perumusan Manajemen Risiko

Tabel 5 menyajikan hasil perhitungan perumusan manajemen risiko. Pilihan perhitungan perumusan manajemen risiko yang dilakukan dalam analisis ini adalah dengan mengatur nilai konsentrasi pajanan.

Tabel 5. Konsentrasi arsen pada sumber asupan yang aman dikonsumsi agar tidak menimbulkan efek kesehatan, di Kawasan Pertambangan Emas Gunung Pongkor, Kabupaten Bogor, 2012

Sumber	Konsentrasi Awal (mg/kg)	Konsentrasi Aman (mg/kg) ¹⁾	Konsentrasi Aman (mg/kg) ²⁾	Batas Cemarannya ³⁾
Beras	1,817	0,064	0,033	0,5
Sayuran	1,330	0,047	0,024	1,0
Buah-buahan	1,128	0,039	0,020	1,0
Ikan	2,075	0,073	0,038	1,0
Singkong	2,168	0,076	0,039	0,5

¹⁾ Agar tidak menimbulkan efek non karsinogenik

²⁾ Agar tidak menimbulkan efek karsinogenik

³⁾ Batas cemaran untuk bahan makanan, berdasarkan SNI No 7387 tahun 2009.

PEMBAHASAN

Kawasan pertambangan emas Gunung Pongkor merupakan salah satu wilayah pegunungan di Indonesia yang kaya mineral, khususnya emas dan perak. Kegiatan eksplorasi yang dilakukan sejak tahun 1992 hingga sekarang, memungkinkan tereksposnya mineral-mineral dalam kerak bumi dan masuk kedalam media lingkungan. Perilaku penambang ilegal yang tidak ramah lingkungan, seperti meninggalkan bekas tanah galian di pinggir jalan, ikut menyumbang masuknya kontaminan mineral ke dalam tanah, dan pada akhirnya mencemari bahan makanan.

Hasil estimasi tingkat risiko kesehatan dalam analisis ini menunjukkan bahwa penduduk yang tinggal di kawasan pertambangan emas Gunung Pongkor berisiko memiliki efek kesehatan, baik efek non karsinogenik maupun efek karsinogenik,

jika terus menerus mengkonsumsi bahan makanan dari sumber lokal yang terkontaminasi arsen. Nilai tingkat risiko (RQ dan ECR) yang didapat bermakna *unacceptable* atau tidak aman karena telah melebihi batas amannya (RQ>1 dan ECR>10⁻⁴). Responden dewasa yang telah terpajan selama 24,9 tahun di lokasi studi, diestimasi memiliki nilai RQ>1, artinya penduduk dewasa yang terpajan selama hampir 25 tahun dan secara terus menerus mengkonsumsi bahan makanan produk lokal yang terkontaminasi arsen, maka diperkirakan akan mengalami efek kronik yang bersifat non karsinogen. Responden yang telah terpajan selama 24,9 tahun di lokasi studi, diestimasi memiliki nilai ECR>10⁻⁴, artinya penduduk dewasa yang terpajan selama hampir 25 tahun dan secara terus menerus mengkonsumsi bahan makanan produk lokal yang terkontaminasi arsen, maka diperkirakan akan mengalami

efek kronik yang bersifat karsinogen. Nilai ini dapat dipakai sebagai sinyal peringatan adanya ancaman risiko kesehatan, baik risiko non karsinogenik maupun risiko karsinogenik, jika secara terus menerus sepanjang periode hidupnya mengkonsumsi bahan makanan produk lokal yang terkontaminasi arsen. Hasil perhitungan estimasi risiko ini menggunakan asumsi kontaminasi arsen yang terjadi bersifat statis atau tidak berubah.

Tingginya nilai tingkat risiko yang didapat disebabkan oleh besarnya kontaminasi arsen yang ditemukan dalam bahan makanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi arsen dalam bahan makanan yang ditemukan pada beras, ikan dan sayuran, melebihi batas cemaran yang diizinkan. Tingginya konsentrasi arsen dalam semua jenis bahan makanan ini dan ditambah dengan pola konsumsi makanan yang tinggi, memberikan kontribusi terhadap nilai tingkat risiko yang dihasilkan. Hasil perhitungan RCS menunjukkan konsumsi beras hingga 217 gram setiap hari memberikan kontribusi lebih dari 66% untuk terkena efek kesehatan, akibat pajanan arsen dalam beras yang sebesar 1,82 mg/kg. Perhitungan RCS sangat berguna dalam melakukan perumusan manajemen risiko.

Hasil penelitian Rahman (Rahman, A., 2014) yang dilakukan di kawasan pertambangan emas tradisional Gunung Pongkor 2014 dengan menggunakan data yang sama didapatkan nilai RQ yang dihasilkan pada durasi pajanan 30 tahun sebesar 41,335, ikan memberikan kontribusi nilai RQ hingga 33,45% dan beras hingga 27,46%, sedangkan nilai ECR yang dihasilkan sebesar $1,17 \times 10^{-2}$. Perbedaan hasil perhitungan ini disebabkan karena perbedaan nilai pada masing-masing variabel yang digunakan yaitu pola aktivitas dan pola konsumsi. Nilai RQ dan ECR ini *overestimate* dibanding perhitungan dalam analisis ini.

Penelitian lainnya mengenai kajian risiko kesehatan masyarakat akibat pajanan arsen dari air sumur yang tercemar di desa Buyat, dekat dengan kawasan pertambangan emas PT Newmont Minahasa Raya, menunjukkan penduduk berisiko ($RQ > 1$) dengan durasi pajanan aman hanya 1,5 tahun

(Daud, A., Noor, N. N., Mukono, & Sjahrul, 2009). Sedangkan penelitian lain tahun 2010 di Gunung Mas Kalimantan Tengah, namun akibat pajanan merkuri (Inswiasri, 2011). Hasilnya menunjukkan estimasi nilai risiko penduduk petambang dan non petambang dari jalur inhalasi jauh diatas nilai 1, yang artinya sangat berisiko. Di luar negeri, penilaian risiko pajanan arsen pada makanan yang terkontaminasi arsen anorganik pada populasi yang tinggal di wilayah sub-distrik Ronphibun, Thailand, didapat nilai RQ sebesar 6,98 dan nilai ECR sebesar $1,26 \times 10^{-3}$ (Saipan & Ruangwises, 2009). Di Bangladesh penelitian serupa pernah dilakukan tahun 2012. Hasilnya menunjukkan nilai RQ dan ECR melebihi risk levelnya. Penelitian ini membandingkan tingkat risiko pada orang dewasa dan anak-anak. Kebiasaan orang dewasa mengkonsumsi beras hingga 1.496 gr/hr menyebabkan konsumsi beras menjadi kontributor utama terhadap nilai RQ dan ECR. Kontaminasi arsen yang juga tinggi di wilayah itu (rata-rata 0,048 mg/l) juga memberikan kontribusi tingginya tingkat risiko non karsinogenik dan risiko karsinogenik (Khan, Bruce, & Owens, 2012).

Jalur pajanan ingesti dari air dan tanaman yang terkontaminasi arsen, telah dibuktikan dalam beberapa penelitian menjadi rute utama pajanan arsen kedalam tubuh manusia (Watanabe, C, Kawata, A, Sudo, N, Sekiyama, M, Inaoka, T, Bar, M, Ohtsuka, 2004; Kile et al., 2007; dan N.I, 2009 dalam Khan et al., 2012). Pada tanaman dengan sumber air irigasi terkontaminasi arsen, konsumsi makanan menjadi rute penting pajanan arsen selain konsumsi air minum.

Evaluasi efek kesehatan merupakan konfirmasi apakah tingkat risiko baik non karsinogenik maupun risiko karsinogenik telah berpotensi menimbulkan efek kesehatan bagi penduduk. Rikhus PL 2012 merupakan penelitian epidemiologi yang bertujuan mendapatkan data dasar kesehatan masyarakat di kawasan pertambangan emas. Dalam *Public Health Assessment* (PHA), evaluasi pemajanan yang diadopsi kedalam metoda dan teknik ARKL dapat disandingkan dengan evaluasi efek kesehatan yang dilakukan dalam metoda epidemiologi kesehatan lingkungan. Pada penelitian ini,

evaluasi efek kesehatan yang dilakukan mengandung arti, sejak awal masa tinggal penduduk di kawasan pertambangan emas Gunung Pongkor, telah terjadi efek kesehatan akibat kontaminasi arsen yang tinggi di kawasan pertambangan emas Gunung Pongkor. Dengan kata lain, metoda PHA tidak melakukan kepastian hubungan pajanan dengan efek kesehatan melalui uji statistik karena analisis dosis-response yang dilakukan oleh IRIS telah menyimpulkan hubungan dosis-response tersebut berdasarkan penelitian epidemiologi. Angka kejadian atau kasus suatu penyakit yang diyakini akibat pajanan arsen membuktikan estimasi tingkat risiko baik non karsinogenik dan karsinogenik telah terbukti.

Penelitian epidemiologi mengenai efek kesehatan kronik yang berhubungan dengan pajanan arsen di kawasan pertambangan emas, tidak banyak ditemukan. Di Indonesia, pada penelitian di kawasan pertambangan emas Nusa Tenggara, tidak ditemukan efek kesehatan penduduk yang menunjukkan efek dari pajanan arsen, bahkan merkuri. Data kesehatan yang didapat dari data kunjungan ke puskesmas setempat menunjukkan penyakit seperti kulit, syaraf, hipertensi, dan diabetes tidak dikeluhkan oleh masyarakat (Inswiasri, 2009).

Dalam analisis ini ditemukan banyak terjadi penyakit kulit kronik pada responden dewasa, yaitu keratosis (5%) dan hiperpigmentasi (4,5%). Penyakit lesi kulit ini telah dibuktikan berhubungan dengan pajanan arsen yang tinggi di lingkungan (Rahman, MA, Hasegawa, H, Rahman, MA, Rahman, MM, Miah, 2006; Sun, 2004). Namun temuan ini memiliki kelemahan yaitu diagnosis gangguan kesehatan yang ditegakkan hanya didasarkan pada pengakuan responden 'pernah didiagnosis menderita keratosis dan hiperpigmentasi oleh tenaga kesehatan'. Keterangan ini tidak dilanjutkan dengan pemeriksaan ulang oleh dokter atau dokter spesialis penyakit kulit, sehingga dapat disimpulkan validitas hasil evaluasi efek kesehatan jika hanya berdasarkan pengakuan oleh responden pernah didiagnosis, masih lemah. Namun dalam metoda PHA, pada tahap skrining penyakit, adanya pengakuan diagnosis dan adanya tanda atau gejala yang dirasakan penduduk,

sudah cukup untuk membuktikan tingkat risiko yang dihadapi. Dalam tahap evaluasi efek selanjutnya, yaitu tahap analisis mendalam, diperlukan data yang mendukung seperti data pemeriksaan urin arsen.

Hasil pemeriksaan pada semua sampel urin sesaat menunjukkan tidak ada sampel yang terdeteksi arsen. Penelitian serupa di kawasan pertambangan emas Nusa Tenggara menunjukkan kadar urin yang terdeteksi pada penduduk yang tinggal dekat dengan kawasan pertambangan emas Nusa Tenggara sebesar $> 100 \mu\text{g/l}$ (Inswiasri, 2009). Pada penelitian ini, tidak adanya arsen yang terdeteksi bukan berarti pajanan arsen di lingkungan belum masuk kedalam tubuh manusia, karena arsen yang masuk kedalam tubuh manusia akan di ekskresikan melalui urin selama 1-2 hari (WHO, 2001). Biomarker urin lebih tepat untuk menjelaskan pajanan jangka pendek, sedangkan biomarker rambut dan darah lebih tepat menjelaskan pajanan jangka panjang (WHO, 2001).

Pilihan manajemen risiko secara kuantitatif adalah dengan cara menurunkan konsentrasi pajanan, mengurangi tingkat pajanan dan mengurangi durasi pajanan. Pilihan yang pertama yaitu menurunkan konsentrasi bahan makanan produk lokal hingga 55 kali lebih rendah dibanding nilai konsentrasi saat ini (pada durasi pajanan terlama yaitu 24,9 tahun pada penduduk dewasa). Jika konsentrasi arsen pada beras yang terdeteksi sebesar 1,817 mg/kg maka konsentrasi arsen minimum pada beras yang aman dikonsumsi penduduk dewasa selama terpajan hampir 25 tahun agar tidak menimbulkan efek kesehatan adalah sebesar 0,033 mg/kg. Hasil penelitian menunjukkan nilai konsentrasi arsen yang terdeteksi pada sampel beras paling kecil sebesar 0,352 mg/kg, artinya nilai konsentrasi arsen 'aman' pada beras ini sangat jauh dari konsentrasi minimum yang terdeteksi. Jika dibandingkan dengan persyaratan batas cemaran logam pada produk beras dalam SNI No 7387 tahun 2009, maka konsentrasi aman ini jauh dibawah nilai yang ditetapkan.

Pilihan menurunkan konsentrasi kontaminan arsen pada bahan makanan hingga 55 kali lebih rendah adalah hal yang tidak mudah dilakukan. Secara keseluruhan,

dari perhitungan ini, angka penurunan konsentrasi aman dan laju konsumsi aman pada sumber asupan beras akan selalu lebih besar dibanding sumber asupan lainnya, karena nilai asupan (CDI dan LADD) pada nasi adalah yang paling besar sehingga menjadikan beras sebagai kontributor pajanan utama (CDI *allocated* paling besar). Jika penduduk sepanjang hidupnya atau sepanjang periode usianya tidak mengkonsumsi bahan makanan tertentu dari produk lokal, misalnya tidak mengkonsumsi beras produk lokal, maka perhitungan konsentrasi yang aman dan laju asupan yang aman akan menjadi berbeda. Hal ini menandakan kedua pilihan ini merupakan pilihan individu dan pengimplementasiannya akan berbeda pada masing-masing individu.

Diantara cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi pajanan adalah melalui proses biologi menggunakan beberapa mikroorganisme yang dapat menurunkan tingkat toksik arsen atau melalui proses kimia seperti penggunaan *adsorbent* BC-Fe (*iron modified bamboo charchoal*) untuk menghilangkan arsen (Rahman, A., 2014). Tindakan lain yang penting juga untuk dilakukan adalah melakukan pengawasan aktivitas penambangan dan perbaikan metoda penanganan limbah dari *tailing* yang terkontaminasi, sehingga diharapkan tidak ikut mengkontaminasi air tanah, badan air, tanah dan bahan makanan. Lokalisasi atau zonasi kawasan pertambangan yang jauh dari kawasan pemukiman juga penting untuk dilakukan. Selama proses perbaikan lingkungan tersebut belum dilakukan, pilihan manajemen risiko yang dapat dilakukan adalah mengurangi atau meniadakan konsumsi bahan makanan produk lokal, khususnya bahan makanan yang memberikan nilai RCS terbesar yaitu beras.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil perhitungan estimasi tingkat risiko kesehatan penduduk akibat mengkonsumsi bahan makanan produk lokal adalah tingginya nilai risiko non karsinogenik dan karsinogenik yang terjadi. Tingginya konsentrasi kontaminan arsen

dalam bahan makanan dan besarnya laju konsumsi penduduk, khususnya konsumsi beras. Hasil analisis efek kesehatan hanya dapat menunjukkan banyaknya kasus penyakit kulit kronik (keratosis dan hiperpigmentasi) yang diderita penduduk dewasa pada durasi pajanan aman, yang merupakan penyakit yang berhubungan dengan besarnya pajanan arsen di lingkungan. Pilihan manajemen risiko yang dapat dilakukan untuk menurunkan tingkat risiko adalah dengan mengurangi konsentrasi arsen di lingkungan.

Saran

Disarankan kepada Pemerintah Daerah Kabupaten Bogor untuk melakukan pengawasan aktivitas penambangan di kawasan pertambangan emas tradisional Gunung Pongkor secara terus menerus. Perbaikan lingkungan saat ini mutlak dilakukan dan perlu melibatkan pemerintah pusat agar proses perbaikan lingkungan dapat dilakukan. Kepada masyarakat disarankan untuk mengurangi konsumsi bahan makanan produk lokal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan pada Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan yang telah memberikan dukungan pembiayaan dan pembinaan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Pemerintah Daerah Kabupaten Bogor beserta seluruh jajarannya di Dinas Kesehatan, puskesmas, kelurahan, para ketua RT/RW dan masyarakat Kabupaten Bogor atas dukungan moril dan materil sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- (ATSDR) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2007). Toxicological profile for Arsenic (update), (August).
- Abernathy, C.O., et. a. (1999). Arsenic: Health Effects, Mechanism of Action and Research Issues. *Environmental Health Perspectives*, 107(7).
- Daud, A., Noor, N. N., Mukono, & Sjahrul, M. (2009). Analisis risiko kesehatan terhadap kontaminasi arsen pada air minum di daerah

- Buyat Sulawesi Utara. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Madani*, 2(3).
- IARC. (2004). Arsenic and Arsenic compound.
- Inswiasri. (2009). Kesehatan masyarakat sekitar lokasi tambang di Nusa Tenggara Barat. *Media Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan*, 19(1).
- Inswiasri. (2011). Paparan Hg pada petambang emas tradisional di Kabupaten Gunung Mas Kalimantan Tengah. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 10(2).
- Inswiasri, S. & C. (2008). Kadar logam berat di lingkungan wilayah tambang Nusa Tenggara Barat.
- Khan, N. I., Bruce, D., & Owens, G. (2012). Modeling dietary intake of Arsenic and the associated human health risk for people living in rural Bangladesh. In *International Environmental Modeling and Software Society (iEMSS), International Congress on Environmental Modeling and Software Managing Resources of Limited Planet, 6th Biennial Meeting*. Retrieved from http://www.iemss.org/sites/iemss2012//proceedings/B1_0670_Khan_et_al.pdf
- Khan F. AU3 - Sonoda, T. AU4 - Washio, M. AU5 - Mori, M., M. M. A.-S. (2003). Magnitude of Arsenic toxicity in tube-well drinking water in Bangladesh and its adverse effects on human health including cancer: evidence from a review of the literature RN - Asian Pac. J. Cancer Prev, vol. 4, pp. 7-14, 4, 7-14.
- Kile, M. L., Houseman, E. A., Breton, C. V., Smith, T., Quamruzzaman, Q., Rahman, M., ... Christiani, D. C. (2007). Dietary Arsenic exposure in Bangladesh. *Environmental Health Perspectives*, 115(6), 889-893. <https://doi.org/10.1289/ehp.9462>
- Louvar, J. . & L. B. . (1998). *Health and environmental risk analysis : Fundamental and application (Vol 2)*. (Vol. 2).
- May, T. W., Wiedmeyer, R. H., Gober, J., & Larson, S. (2001). Influence of mining-related activities on concentrations of metals in water and sediment from streams of the Black Hills, South Dakota. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 40(1), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s002440010142>
- N.I, K. (2009). *Modeling Dietary Exposure of Arsenic and Associated Human Health Risk in Bangladesh: A Geospatial Approach at the Landscape Level*.
- Rahman, A., E. a. (2014). Health risk estimates from exposure to minerals in artisanal gold mining site in Gunung Pongkor, Bogor, Indonesia. *Prosiding. International Conference on Innovative Trends in Multidisciplinary Academic Research*.
- Rahman, MA, Hasegawa, H, Rahman, MA, Rahman, MM, Miah, M. (2006). Influence of cooking method on Arsenic retention in cooked rice related to dietary exposure. *Science of the Total Environment.*, 370 (1), 51-60.
- Saipan, P., & Ruangwises, S. (2009). Health risk assessment of inorganic Arsenic intake of ronphibun residents via duplicate diet study. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 92(6), 849-856.
- Smith, A. H., Lingas, E. O., & Rahman, M. (2000). Contamination of Drinking Water by Arsenic in Bangladesh : A Public Health Emergency . *Bulletin of the World Health Organization* 78 : Contamination of drinking-water by Arsenic in Bangladesh: a public health emergency, 78(August 2016).
- Sun, G. (2004). Arsenic contamination and Arsenicosis in China. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 198(3), 268-271. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2003.10.017>
- Tseng, C. H., Tseng, C. P., Chiou, H. Y., Hsueh, Y. M., Chong, C. K., & Chen, C. J. (2002). Epidemiologic evidence of diabetogenic effect of Arsenic. *Toxicology Letters*, 133(1), 69-76. [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(02\)00085-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(02)00085-1)
- USEPA. (1998). Arsenic, inorganic; CASRN 7440-38-2, 1-27. Retrieved from <http://www.epa.gov/iris/subst/0278.htm>
- Watanabe, C, Kawata, A, Sudo, N, Sekiyama, M, Inaoka, T, Bar, M, Ohtsuka, R. (2004). Water intake in an Asian population living in Arsenic contaminated area. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 198(3), 272-282.
- WHO. (2001). Environmental Health Criteria 224. Arsenic and Arsenic Compound.
- Wickre, J. B., Folt, C. L., Sturup, S., & Karagas, M. R. (2004). Environmental exposure and fingernail analysis of Arsenic and mercury in children and adults in a Nicaraguan gold mining community. *Archives of Environmental Health*, 59(8), 400-9. <https://doi.org/10.3200/AEOH.59.8.400-409>
- William Cibulas, J., & Henry Falk, M. D. (2005). Public Health Assessment Guidance Manual, (January), 357.
- Zheng, J., Hintelmann, H., Dimock, B., & Dzurko, M. S. (2003). Speciation of Arsenic in water, sediment, and plants of the Moira watershed, Canada, using HPLC coupled to high resolution ICP-MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 377(1), 14-24. <https://doi.org/10.1007/s00216-003-1920-3>