

|  |         |
|--|---------|
| <b>Persepsi Mahasiswa Keperawatan Tentang Eskalasi Tenaga Perawat</b><br><i>Rendi Ariyanto Sinanto<sup>1</sup>, Vivi Retno Intening<sup>2</sup></i>  | 001-013 |
| <b>Risiko kesehatan Pb dan Hg pada sayuran di desa Kopeng Kabupaten Semarang</b><br><i>Indira Casheila Anindityo<sup>1</sup>, Nur Endah Wahyuningsih<sup>2</sup>, Yusniar Hanani Darundiati<sup>3</sup></i>  | 014-026 |
| <b>Analisis Pelaksanaan Program Indonesia Sehat Dengan Pendekatan Keluarga (Pispk) Dalam Capaian Indeks Keluarga Sehat Di Kabupaten Brebes Tahun 2020 Studi Pada Puskesmas Kluwut Kabupaten Brebes</b><br><i>Rizky Aprianti Lestari<sup>1</sup> dr. Antono Suryoputro<sup>1</sup> Dr. dr. Apoina Kartini. M. Kes<sup>1</sup></i> | 027-040 |
| <b>Disiplin Keselamatan dan Kesehatan Kerja melalui pemakaian alat pelindung diri di laboratorium kimia PT Sucofindo Jakarta</b><br><i>Susan Endah Kartikasari<sup>1</sup>, Tatan Sukwika<sup>2</sup></i>  | 041-050 |
| <b>Perbedaan Pengetahuan Anemia dan Tablet Tambah Darah (TTD) Sebelum dan Sesudah Pendidikan Kesehatan Melalui Media Video dan Aplikasi Quizlet</b><br><i>Devita Sari<sup>1</sup>, Gisely Vionalita<sup>2</sup></i>  | 051-057 |
| <b>Tingkat Pengetahuan Dan Perilaku Mahasiswi Mengenai Legalitas Dan Keamanan Kosmetik</b><br><i>Hani Sri Fitriani, Rizki Siti Nurfitri</i>  | 058-068 |
| <b>Evaluasi Manajemen Dokumen Rekam Medis Di Filing Aktif Rumah Sakit Swasta Kabupaten Semarang</b><br><i>Bobby Anggara Laksana Putra<sup>1</sup>, Retno Astuti Setjaningsih<sup>2</sup></i>   | 069-079 |
| <b>Tingkat Pengetahuan Gizi Seimbang dan Profil Kesehatan Sopir Bus Antar Kota</b><br><i>Vilda Ana Veria Setyawati<sup>1</sup>, Bayu Yoni Setyo Nugroho<sup>1</sup></i>  | 080-087 |
| <b>Pengaruh Pengetahuan Dan Motivasi Kerja Terhadap Penerapan Early Warning Score System Di Rsup H Adam Malik</b><br><i>Ita Riahna Pinem<sup>1</sup>, Zulfendri<sup>2</sup>, Siti Saidah Nasution<sup>3</sup></i>  | 088-097 |
| <b>Analisis Penelusuran Masker Sebagai Protokol Kesehatan Saat Pandemi Covid-19 Di Indonesia: Studi Google Trends</b><br><i>Ulyy Febra Kusuma<sup>1</sup>, Nurunnisa Arsyad<sup>2</sup>, Melissa Shalimar Lavinia<sup>3</sup>, Selvia Rahayu<sup>4</sup>, M. Khairul Kahf<sup>5</sup>, Rizma Adllia Syakurah<sup>6</sup></i>     | 098-108 |
| <b>Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat (Phbs) Dengan Kejadian Sakit Pada Siswa Sekolah Dasar Di Kabupaten Banyumas</b><br><i>Windri Lesmana Rubai<sup>1</sup>, Pramesthi Widya Hapsar<sup>2</sup>, Katri Andirini Surijati<sup>3</sup></i>   | 109-118 |
| <b>Identifikasi Risiko Gangguan Muskuloskeletal Pada Pekerja Percetakan Dengan Metode Nordic Body Map</b><br><i>Octavianus Hutapea<sup>1</sup>, Moch.Sahr<sup>2</sup>, Rustam Basuki<sup>3</sup></i>   | 119-126 |
| <b>Literatur review: Implementasi Bauran Pemasaran 7P Terhadap Tingkat Kepuasan Pasien Di Rumah Sakit</b><br><i>Desi Natalia Marpaung<sup>1</sup> Ernawaty<sup>2</sup> Diansanto Prayoga<sup>3</sup> Syifa'ul Lailiyah<sup>4</sup></i>   | 127-137 |
| <b>Kelengkapan Informasi Medis Untuk Mendukung Kodifikasi Penyakit Jantung Guna Mewujudkan Kualitas Data Informasi Medis Di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang</b><br><i>Dyah Ernawati<sup>1</sup>, Ratna Rifatul Ulya<sup>2</sup>, Arif Kurniadi<sup>3</sup></i>   | 138-150 |
| <b>Kajian Faktor Kendala Dokter Tidak Menggunakan Aplikasi Wifi Tb Di Kota Semarang</b><br><i>Arif Kurniadi<sup>1</sup>, Evina Widianawati<sup>2</sup>, Dyah Ernawati<sup>3</sup></i>  | 151-157 |
| <b>Analisis Pelaksanaan Program Penanggulangan Tuberkulosis Paru Di Puskesmas Purwoyoso Kota Semarang</b><br><i>Nahari Ratu Cempaka Willis<sup>1</sup> Hardi Warsono<sup>2</sup> M. Sakundarno Adi<sup>3</sup></i>   | 158-173 |
| <b>Hubungan Penggunaan Alat Pelindung Diri (Apd) Dengan Kadar Sgot Dan Sgpt Dalam Darah Pada Petani Padi</b><br><i>Iga Maliga, Rafi'ah</i>   | 174-181 |
| <b>Faktor Risiko Kejadian Stunting Pada Balita di Wilayah Kerja Puskesmas Pandan Kabupaten Sintang</b><br><i><sup>1</sup>Agustini Elisabet, <sup>2</sup>Elvi Juliansyah</i>  | 182-192 |
| <b>Peran Suami Dan Petugas Kesehatan Dengan Deteksi Dini Kanker Serviks</b><br><i>Christina Leasa,<sup>1</sup> Mariene Wiwin Dolang<sup>1</sup></i>  | 193-199 |
| <b>Analisis Penerapan Protokol Kesehatan terhadap Tingkat Kepatuhan Pada Pekerja informal Selama Pandemi Covid-19</b><br><i>MG Catur Yuantari<sup>1</sup>, Enny Rachman<sup>2</sup>, Eti Rimawati<sup>1</sup>, Sri Handayani<sup>1</sup>, Edi Jaya Kusuma<sup>2</sup></i>  | 200-208 |
| <b>Peran Pengawas Minum Obat Dan Pendampingan Berobat Ulang Dengan Keberhasilan Pengobatan Tb Paru</b><br><i>Taswin<sup>1</sup>), Izan<sup>1</sup>), Wahyuddin<sup>1</sup>), Dahmar<sup>1</sup></i>  | 209-217 |
| <b>Faktor Determinan Sosial Dan Gambaran Kejadian Post Traumatic Syndrome Disorder (Ptsd) Pasca Banjir Di Dki Jakarta Dan Bekasi Tahun 2020</b><br><i>Thresya Febrianti<sup>1</sup>, Nurfadhillah<sup>2</sup>, Mitha Nurhjanah<sup>3</sup>, Tiara Kautsa Aliefya<sup>4</sup></i>   | 218-225 |
| <b>Perbedaan Pola Makan Pada Balita Stunting Dan Tidak Stunting Di Kecamatan Teon Nila Serua (Tns) Kabupaten Maluku Tengah</b><br><i>Trixie Leunupun<sup>1</sup>, Ani Margawati<sup>2</sup>, Annastasia Ediat<sup>3</sup></i>  | 226-231 |
| <b>Gambaran Pengelolaan Rekam Medis Rawat Inap Di Rsud Syekh Yusuf Kab. Gowa Tahun 2019</b><br><i>Zilfadhilah Arranury*, Surahmawati, Muhammad Rusmin, Tri Addya Karini, Dian Rezki Wijaya, Ranti Ekasari, Jihan Sulfitri</i>  | 232-246 |
| <b>Analisis Risiko Kesehatan dalam Pemanfaatan Kembang Limbah Sludge Industri Makanan PT. X</b><br><i>Sri Slamet Mulyati<sup>1</sup>, Fajar Sihite<sup>2</sup></i>   | 247-255 |



---

---

**Volume 20, Nomor 1, April 2021**

**Ketua Redaksi**

Dr. Drs. Slamet Isworo, M.Kes

**Penyunting**

Enny Rachmani, SKM, M.Kom, Ph.D

Fitria Wulandari, SKM, M.Kes

**Sekretariat**

Lice Sabata, SKM

**Desain dan Layout**

Puput Nur Fajri, SKM

**Alamat Redaksi**

Fakultas Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro Jl. Nakula I No. 5-11 Semarang

Telp/fax. (024) 3549948

email : [visikes@fkes.dinus.ac.id](mailto:visikes@fkes.dinus.ac.id)

website : <http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/visikes/index>

---

---

**VisiKes** diterbitkan mulai Maret 2002

Oleh Fakultas Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro

## Risiko kesehatan Pb dan Hg pada sayuran di desa Kopeng Kabupaten Semarang

Indira Casheila Anindityo <sup>1</sup>, Nur Endah Wahyuningsih <sup>2</sup>, Yusniar Hanani Darundiati <sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro Semarang

email: nurendahwahyuningsih@lecturer.undip.ac.id

### ABSTRAK

Penggunaan pestisida di wilayah pertanian menyebabkan sayuran tercemar logam berat dan dapat mengganggu kesehatan konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan merkuri (Hg) pada sayuran di Desa Kopeng Kabupaten Semarang, serta mengetahui risiko kesehatan yang ditimbulkannya. Sebanyak 15 sampel terdiri dari kubis, brokoli, dan selada untuk mengukur kadar timbal (Pb) dan merkuri (Hg) menggunakan spektrometri serapan atom. Kami juga menghitung risiko kesehatan karsinogenik dan non-karsinogenik, perkiraan asupan harian (EDI) logam berat; Hazard Quotients (HQ) dan Hazard Index (HI); serta Risiko Kanker Seumur Hidup (LCR) untuk timbal (Pb). Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kandungan timbal pada semua sayuran adalah 0,069 mg/kg dan Hg <0,002 mg/kg. Kandungan logam berat ini masih di bawah nilai ambang batas untuk sayuran, yaitu 0,5 mg/kg untuk timbal dan 0,03 mg/kg untuk merkuri. Hasil EDI di bawah asupan logam harian yang dapat ditoleransi sebesar 0,0035 mg/kg/hari untuk Pb dan 0,003 mg/kg/hari untuk Hg. Perhitungan risiko kesehatan non karsinogenik dan karsinogenik menunjukkan bahwa sayuran dari Desa Kopeng tidak menimbulkan risiko kesehatan pada manusia. Dianjurkan untuk mencuci sayuran menggunakan air bersih yang mengalir sebelum dikonsumsi.

Kata kunci: sayuran, timbal; air raksa; resiko kesehatan

### ABSTRACT

*The use of pesticides in agricultural areas causes heavy metal contamination of vegetables and can harm consumer health. This study aims to determine the concentration of heavy metals lead (Pb) and mercury (Hg) in vegetables in Kopeng Village, Semarang Regency, and to determine the health risks they cause. A total of 15 samples consisted of cabbage, broccoli, and lettuce to measure lead (Pb) and mercury (Hg) levels using atomic absorption spectrometry. We were also calculating carcinogenic and non-carcinogenic health risks, the estimated daily intake (EDI) of heavy metals; Hazard Quotients (HQ) and Hazard Index (HI); and Lifetime Risk of Cancer (LCR) for lead (Pb). The results showed that the average lead content in all vegetables was 0.069 mg/kg and Hg <0.002 mg/kg. This heavy metal content is still below the threshold value for vegetables, which is 0.5 mg/kg for lead and 0.03 mg/kg for mercury. The EDI results are below the tolerable daily metal intake of 0.0035 mg/kg/day for Pb and 0.003 mg/kg/day for Hg. Calculation of non-carcinogenic and carcinogenic health risks shows that vegetables from Kopeng Village have no caused health risks in humans. It is better to wash vegetables using clean and running water before being consumed*

*Keywords: vegetables, lead; mercury; health risk*

### PENDAHULUAN

Sayuran merupakan bagian penting dari makanan manusia karena mengandung karbohidrat, protein, vitamin, mineral dan juga serat yang diperlukan oleh tubuh setiap hari.

Badan Kesehatan Dunia (WHO) menyarankan untuk mengonsumsi sayuran dan buah agar hidup sehat sejumlah 400 gr/orang/hari dengan pembagian 250 gram sayuran dan 150 gram buah. Hal ini menunjukkan bahwa salah satu indikator sederhana gizi seimbang adalah

mengonsumsi sayuran dan buah secara rutin dan cukup.<sup>(1)</sup>

Pencemaran logam berat di areal pertanian dapat berasal dari kegiatan pertanian maupun non pertanian, yang nantinya dapat menyebabkan pencemaran logam berat pada lingkungan dan tanaman.<sup>(2)</sup> Menurut penelitian Karyadi pestisida yang berbahan aktif profenofos mengandung Pb sebesar 3,06 mg/kg, selain itu masih banyak lagi bahan aktif pada pestisida yang mengandung Pb seperti Mankozep 80%, Karbofuren 3%, Propinop 70%, Triozopos 200 g/l, Propinop 70 %, dan Oksifluorfen 240 g/l.<sup>(3)</sup> Penggunaan pestisida yang mengandung bahan aktif dan mengandung logam berat ini jika terpapar ke tanah dan juga produk pertanian (sayuran) akan meninggalkan residu logam berat pada tanaman sayuran.

Nilai ambang batas maksimum cemaran logam berat Pb dalam sayuran yang disarankan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan no 5 tahun 2018 dan Standar Nasional Indonesia tahun 2009 yaitu 0,2 dan 0,5 mg/kg.<sup>(4,5)</sup> Penelitian lain membuktikan bahwa kandungan logam berat Pb pada brokoli di tanah pertanian Bedugul menunjukkan nilai yang tinggi yaitu sebesar 27,2968–30,3621 mg/kg. Besarnya kandungan Pb dalam bagian sayur brokoli yang dapat dimakan dipengaruhi oleh kandungan logam yang mencemari tanah pertanian akibat penggunaan pupuk, serta emisi gas buang kendaraan bermotor yang mengandung tetraethyllead (TEL) dan tetramethyllead (TML).<sup>(6)</sup>

Nilai ambang batas maksimum cemaran logam berat Hg dalam sayuran yang disarankan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan no 5 tahun 2018 dan Standar Nasional Indonesia tahun 2009 yaitu 0,003 mg/kg.<sup>(4,5)</sup> Penelitian tentang kandungan merkuri pada sayuran umumnya menunjukkan hasil yang masih di bawah ambang batas, seperti sayuran kubis di Jakarta menunjukkan angka 0,019 µg/g.<sup>(7)</sup> Penelitian lain juga menunjukkan kandungan merkuri yang terdapat pada kubis di Pakistan sebesar 0,003 µg/g<sup>(8)</sup> dan kubis yang ada di Saudi Arabia terdeteksi mengandung merkuri sebesar 0,010–0,018 µg/g.<sup>(9)</sup>

Desa Kopeng, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang merupakan salah satu daerah pertanian yang ada di Provinsi Jawa Tengah. Pertanian yang ada di daerah Kopeng adalah pertanian buah, sayuran ataupun tanaman hias. Pertanian hortikultura menjadi sektor pertanian utama penghasil dari penduduk desa karena permintaannya pasar yang cukup banyak dan rutin. Di area tersebut para petani masih bergantung pada penggunaan pestisida untuk produk sayurannya, dikarenakan efisiensinya dalam mengatasi hama. Namun dengan penggunaan yang rutin dan jangka panjang dapat berdampak negatif bagi tanaman, lingkungan dan juga manusia, dikarenakan dapat menyebabkan menumpuknya bahan kimia yang berasal dari pestisida dan pupuk, yang nantinya menjadi residu pada tanah dan tanaman.<sup>(10)</sup>

Elemen logam berat yang paling beracun bagi manusia adalah kadmium, merkuri dan timbal. Ini dikarenakan bila logam tersebut masuk ke dalam tubuh melalui makanan dan terakumulasi secara terus-menerus dan dalam waktu yang cukup lama dapat menyebabkan kelumpuhan, gangguan sistem syaraf, dan kematian dini serta penurunan IQ pada anak-anak.<sup>(11)</sup> Efek logam berat pada manusia bersifat toksik (akut, kronis atau sub-kronis), antara lain neurotoksik, karsinogenik, mutagenik, atau teratogenik.<sup>(12)</sup> Asupan tanaman atau sayuran yang terkontaminasi oleh logam berat dapat menyebabkan risiko bagi kesehatan manusia, baik risiko non-karsinogenik dan karsinogenik.<sup>(13)</sup> Tujuan dari penelitian adalah mengukur kandungan logam berat Pb dan Hg serta menghitung nilai risiko kesehatan pada sayuran di Desa Kopeng, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan yang digunakan adalah cross sectional. Variabel yang diukur adalah konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan merkuri (Hg) dalam sayuran kubis, brokoli dan selada dari daerah pertanian Desa Kopeng. Laboratorium yang digunakan untuk pengujian yaitu Balai Laboratorium Kesehatan Kota Semarang dan Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri. Sampel dalam penelitian ini terdiri dari sayuran kubis, brokoli dan selada yang didapatkan dari salah satu pengepul sayuran di Kopeng. Sampel didapatkan secara acak berjumlah 15 sampel yang ditentukan berdasarkan teknik

proporsional random sampling, dengan jumlah 5 sampel pada tiap sayuran. Kriteria sampel sayuran yang diambil seperti sayuran yang siap dipanen, berat sayuran >500 gr, dan tidak mengandung akar atau tanah. Instrumen yang digunakan untuk analisis logam berat pada sayuran adalah Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).

## **Penilaian Risiko Kesehatan**

Analisis risiko kesehatan diperlukan untuk mengetahui seberapa besar risiko kesehatan yang diberikan pada sayuran yang terakumulasi logam berat, sehingga perhitungan dilakukan untuk mengetahui risiko kesehatan non-karsinogenik dan karsinogenik yang ditimbulkan dari konsumsi sayuran yang ada di Desa Kopeng. Perhitungan yang dilakukan meliputi estimated daily intake (EDI), risiko kesehatan non-karsinogenik dihitung dengan menggunakan perhitungan hazard quotient (HQ) dan hazard index (HI), risiko kesehatan non-karsinogenik dihitung dengan menggunakan lifetime cancer risk (LCR).<sup>(14)</sup>

## **Estimated Daily Intake (EDI)**

Perkiraan asupan harian (EDI) logam berat dihitung untuk memperkirakan rata-rata masuknya logam harian ke dalam sistem tubuh berdasarkan bobot tubuh konsumen. Asupan harian logam dibandingkan dengan dosis referensi oral (RfD) logam Pb sebesar 0,0035 mg/kg/day dan logam Hg sebesar 0,0003 mg/kg/hari yang direkomendasikan US EPA. Risiko kesehatan yang terkait dengan konsumsi / asupan logam berat melalui

paparan oral dihitung berdasarkan rumus di bawah ini:

$$\text{EDI} = \frac{\text{Clogamberat} \times \text{Wsayuran}}{\text{Bo}}$$

Keterangan: Clogamberat (mg/kg) adalah konsentrasi logam berat; Wsayuran (kg) merupakan konsumsi sayuran perhari (dewasa: 400 gram, anak-anak: 270 gram)<sup>(1)</sup> dan Bo (kg) merupakan berat badan populasi yang dihitung (dewasa: 60 kg; anak-anak: 12 kg)<sup>(15)</sup>.

### Hazard Quotient (HQ) dan Hazard Index (HI)

*Hazard quotient* (HQ) adalah perhitungan risiko kesehatan akibat dari asupan sayuran yang terkontaminasi satu jenis logam berat. Sedangkan *Hazard index* (HI) adalah perhitungan keseluruhan risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh lebih dari satu logam berat. Konsumsi sayuran belum memberikan efek kesehatan jika rasionya <1 dan jika rasionya sama atau >1 maka risiko kesehatan potensial mungkin dapat terjadi.<sup>(16)</sup>

$$\text{HQ} = \frac{\text{Clogamberat} \times \text{Wsayuran}}{\text{RfD} \times \text{Bo}}$$

$$\text{HI} = \sum \text{HQ} = \text{HQPb} + \text{HQHg}$$

Keterangan: Clogamberat (mg/kg) adalah konsentrasi logam berat; Wsayuran (kg) merupakan konsumsi sayuran perhari (dewasa: 400 gram, anak-anak: 270 gram)<sup>(17)</sup> dan Bo (kg) merupakan berat badan populasi yang dihitung (dewasa: 60 kg; anak-anak: 12

kg)<sup>(15)</sup>, Untuk RfD (mg/kg) adalah dosis referensi logam berat yaitu untuk logam timbal (Pb) sebesar 0,0035 mg/kg, sedangkan merkuri (Hg) sebesar 0,0003 mg/kg<sup>(16)</sup>. HQPb adalah nilai hazard quotient logam berat Pb, sedangkan HQHg adalah nilai hazard quotient logam berat Hg.

### Lifetime Cancer Risk (LCR)

*Lifetime cancer risk* (LCR) adalah perhitungan kemungkinan risiko kesehatan seumur hidup seseorang dari paparan logam berat karsinogenik. Menurut US EPA batas tingkat risiko kanker yang dapat diterima (LCR) yaitu dalam kisaran 10<sup>-6</sup> hingga 10<sup>-4</sup>.<sup>(18)</sup>

$$\text{LCR} = \text{CDI} \times \text{CSForal}$$

$$\text{CDI} = \frac{\text{Clogamberat} \times \text{Wsayuran} \times \text{EF} \times \text{ED}}{\text{Bo} \times \text{AT}}$$

Keterangan: CDI adalah chronic daily intake atau asupan harian logam berat Pb, CSForal logam berat timbal yaitu sebesar 0,0085 mg/kg/hari<sup>(19)</sup>, Clogamberat (mg/kg) adalah konsentrasi logam berat dalam sayuran, dalam penelitian ini merupakan logam berat timbal (Pb). Sedangkan Wsayuran (kg) merupakan konsumsi sayuran perhari (dewasa: 400 gram, anak-anak: 270 gram)<sup>(17)</sup>, exposure frequency (EF) atau frekuensi paparan, yakni 365 hari<sup>(20)</sup>. ED adalah exposure duration atau lama durasi paparan yang diartikan sebagai paparan logam berat melalui oral yaitu 30 tahun untuk dewasa dan 6 tahun untuk anak-anak<sup>(21)</sup>. Bo (kg) merupakan berat badan populasi yang dihitung (dewasa: 60 kg; anak-anak: 12 kg)<sup>(15)</sup>. AT



merupakan rata-rata waktu untuk efek karsinogenik yaitu 25550 hari.<sup>(22)</sup>

### Kandungan Logam Berat Timbal dan Merkuri pada Sayuran di Desa Kopeng

#### HASIL

Tabel 1. Hasil kandungan Pb dalam sayuran di Desa Kopeng tahun 2020

| Sampel  | Konsentrasi Pb (mg/kg) |        |       |        |       | Rata-rata |
|---------|------------------------|--------|-------|--------|-------|-----------|
|         | I                      | II     | III   | IV     | VI    |           |
| Kubis   | 0,027                  | 0,043  | 0,051 | 0,147  | 0,168 | 0,087     |
| Brokoli | 0,052                  | ≤ 0,01 | 0,022 | ≤ 0,01 | 0,077 | 0,034     |
| Selada  | 0,150                  | 0,070  | 0,101 | 0,059  | 0,056 | 0,087     |

Nilai ambang batas logam berat Pb pada sayuran (mg/kg)

BSN SNI 2009 0,5

BPOM 2018 0,2

\*Semua hasil di bawah nilai ambang batas konsentrasi Pb

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan rata-rata hasil konsentrasi timbal pada sampel sayuran kubis, brokoli dan selada masing-masing sebesar 0,087; 0,034; 0,087 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa kadar timbal pada sayuran di Kopeng masih berada di bawah nilai

ambang batas menurut BPOM 2018 dan SNI 2009 yaitu sebesar 0,5 dan 0,2 mg/kg.<sup>(4,5)</sup> Kadar timbal tertinggi ditemukan pada sayuran kubis yaitu sebesar 0,168 mg/kg, sedangkan kadar timbal terendah ditemukan pada sayuran brokoli sebesar ≤ 0,01.

Tabel 2. Hasil kandungan Hg dalam sayuran di Desa Kopeng tahun 2020

| Sampel  | Konsentrasi Hg (mg/kg) |       |       |       |       | Rata-rata |
|---------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
|         | I                      | II    | III   | IV    | VI    |           |
| Kubis   | 0,002                  | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002     |
| Brokoli | 0,002                  | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002     |
| Selada  | 0,002                  | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002     |

Nilai ambang batas logam Hg pada sayuran (mg/kg)

BSN SNI 2009 0,02

BPOM 2018 0,02

\*Semua hasil di bawah nilai ambang batas konsentrasi Hg

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan rata-rata hasil konsentrasi merkuri pada sampel sayuran kubis, brokoli dan selada sebesar 0,002 mg/kg untuk semua sampel. Hal ini menunjukkan bahwa kadar merkuri pada

sayuran di Kopeng masih berada di bawah nilai ambang batas menurut BPOM 2018 dan SNI 2009 yaitu sebesar 0,03.<sup>(4,5)</sup>

#### Perhitungan Nilai Risiko Kesehatan

Tabel 3. Nilai asupan harian logam berat Pb dan Hg pada populasi dewasa dan anak-anak (mg/kg/day)

| Logam Berat | Sampel  | Konsentrasi (mg/kg)   | EDI dewasa           | EDI anak              |
|-------------|---------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Pb          | Kubis   | $8,7 \times 10^{-2}$  | $5,8 \times 10^{-4}$ | $19,5 \times 10^{-4}$ |
|             | Brokoli | $3,4 \times 10^{-2}$  | $2,2 \times 10^{-4}$ | $7,65 \times 10^{-4}$ |
|             | Selada  | $8,7 \times 10^{-2}$  | $5,8 \times 10^{-4}$ | $19,5 \times 10^{-4}$ |
| Hg          | Kubis   | $0,02 \times 10^{-2}$ | $1 \times 10^{-5}$   | $4,5 \times 10^{-5}$  |
|             | Brokoli | $0,02 \times 10^{-2}$ | $1 \times 10^{-5}$   | $4,5 \times 10^{-5}$  |
|             | Selada  | $0,02 \times 10^{-2}$ | $1 \times 10^{-5}$   | $4,5 \times 10^{-5}$  |

Dosis referensi oral menurut US EPA (mg/kg/day)

Pb: 0,0035

Hg: 0,003

Semua hasil berada di bawah nilai maksimal dosis referensi (RfD)

Hasil perhitungan EDI logam berat Pb dalam sayuran pada dewasa menunjukkan angka  $2,2 \times 10^{-4}$  -  $5,8 \times 10^{-4}$  mg/kg/hari sedangkan pada anak-anak menunjukkan angka  $7,65 \times 10^{-4}$  -  $19,5 \times 10^{-4}$  mg/kg/hari, dengan asupan pajanan timbal tertinggi yaitu

pada sayuran kubis dan selada. Perhitungan EDI logam berat Hg dalam sayuran pada anak-anak menunjukkan angka  $4,5 \times 10^{-5}$  mg/kg/hari dan pada dewasa menunjukkan angka  $1 \times 10^{-5}$  mg/kg/hari untuk semua sayuran.

Tabel 4. Nilai risiko non-karsinogenik hazard quotient (HQ) dan hazard index (HI) logam berat Pb dan Hg pada populasi dewasa dan anak-anak

| Sampel  | Kategori  | Hazard Quotient |       | HI    |
|---------|-----------|-----------------|-------|-------|
|         |           | Pb              | Hg    |       |
| Kubis   | Dewasa    | 0,165           | 0,033 | 0,198 |
|         | Anak-anak | 0,557           | 0,15  | 0,707 |
| Brokoli | Dewasa    | 0,062           | 0,033 | 0,095 |
|         | Anak-anak | 0,217           | 0,15  | 0,367 |
| Selada  | Dewasa    | 0,165           | 0,033 | 0,198 |
|         | Anak-anak | 0,557           | 0,15  | 0,707 |

Hasil perhitungan HQ logam berat Pb pada anak-anak menunjukkan angka 0,217 - 0,557. Sedangkan pada dewasa menunjukkan angka 0,062 - 0,165, dengan hasil tertinggi yaitu pada sayuran kubis dan selada. Perhitungan HQ logam berat Hg pada anak-anak menunjukkan angka 0,15 dan pada dewasa menunjukkan angka 0,033, sehingga menunjukkan bahwa hasil <1 (kurang dari satu), sehingga disimpulkan bahwa populasi

yang terpapar belum berisiko mengalami efek non-karsinogenik.

Hasil perhitungan HI logam berat pada anak-anak menunjukkan hasil sebesar 0,367 - 0,707. Sedangkan pada dewasa menunjukkan angka 0,095 - 0,198, dengan hasil tertinggi yaitu pada sayuran kubis dan selada. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sayuran yang ada di Desa Kopeng menunjukkan nilai HI < 1, yang berarti populasi masyarakat yang



mengonsumsi sayuran selada yang berasal dari Desa Kopeng belum berisiko mengalami efek non-karsinogenik sebagai akibat dari

kandungan logam berat Pb dan Hg yang terdapat pada sayuran.

Tabel 5. Nilai risiko karsinogenik *chronic daily intake* (CDI) dan *lifetime cancer risk* (LCR) logam berat Pb untuk dewasa dan anak-anak

| Sampel  | CDI Dewasa           | CDI Anak             | LCR Dewasa            | LCR Anak              |
|---------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Kubis   | $2,4 \times 10^{-4}$ | $1,6 \times 10^{-4}$ | $2,04 \times 10^{-6}$ | $1,36 \times 10^{-6}$ |
| Brokoli | $9,7 \times 10^{-5}$ | $6,5 \times 10^{-5}$ | $7,9 \times 10^{-7}$  | $5,5 \times 10^{-7}$  |
| Selada  | $2,4 \times 10^{-4}$ | $1,6 \times 10^{-4}$ | $2,04 \times 10^{-6}$ | $1,36 \times 10^{-6}$ |

Hasil perhitungan menghasilkan nilai LCR pada kategori dewasa untuk sayuran kubis, brokoli dan selada secara urut sebesar  $2,04 \times 10^{-6}$ ,  $7,9 \times 10^{-7}$ ,  $2,04 \times 10^{-6}$ . Hasil LCR pada kategori anak-anak untuk sayuran kubis, brokoli dan selada secara urut sebesar  $1,36 \times 10^{-6}$ ,  $5,5 \times 10^{-7}$ ,  $1,36 \times 10^{-6}$ . Perhitungan pada kategori anak-anak dan dewasa untuk sayuran kubis, brokoli dan selada menunjukkan nilai LCR yang tidak melebihi  $10^{-4}$ . Nilai tersebut tidak melebihi batas tingkat risiko efek karsinogenik yang dapat diterima menurut US EPA.<sup>(23)</sup> Sehingga populasi anak-anak dan dewasa yang mengonsumsi sayuran yang berasal dari Desa Kopeng belum berisiko terkena efek karsinogenik akibat dari paparan timbal.

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Pb pada sayuran berkisar diantara  $\leq 0,010$  mg/kg hingga 0,168 mg/kg. Kandungan tertinggi ditemukan pada sayuran kubis dan kandungan timbal terendah ditemukan pada sayuran brokoli. Hasil tersebut masih berada di bawah nilai ambang batas kandungan logam berat Pb menurut SNI 2009

dan BPOM 2018 sebesar 0,2 dan 0,5 mg/kg. Berdasarkan hasil tersebut sayuran kubis, brokoli dan selada yang berasal dari area pertanian Desa Kopeng yang terpapar oleh logam berat timbal masih aman dikonsumsi oleh masyarakat.

Salah satu sumber dari pencemaran logam berat pada sektor pertanian di Desa Kopeng adalah penggunaan agrokimia berupa pestisida kimia. Menurut data Dinas Pertanian Jawa Tengah, jenis pestisida yang digunakan oleh kebanyakan masyarakat Kecamatan Getasan yang merupakan kecamatan Desa Kopeng salah satunya adalah Curacron 500 EC (profenofos)<sup>(24)</sup>, Pestisida ini berguna untuk mencegah timbulnya organisme pengganggu tanaman berupa ulat daun (*Plutella xylostella*) yang sering ditemukan di sayuran berdaun seperti selada dan kubis. Kemungkinan hal ini yang menyebabkan kandungan logam berat timbal pada sayuran selada dan kubis cukup tinggi dibandingkan dengan bunga brokoli yang edible part-nya bukan merupakan sayuran berdaun.

Desa Kopeng juga terkenal sebagai daerah wisata, sehingga banyak kendaraan

yang melewati area pertanian tersebut. Semakin banyak kendaraan yang melintas, semakin banyak pula gas emisi buangan yang mengandung TEL dan TML di udara. Kondisi udara yang tercemar dapat mengkontaminasi sayuran yang ada di areal pertanian tersebut. Morfologi daun selada dan kubis yang lebar, tipis, dan rimbun mampu menangkap lebih banyak partikel yang mengandung logam berat di udara dibandingkan brokoli yang morfologinya lebih kasar, kecil dan rapat. Penelitian membuktikan bahwa tanaman dengan daun yang lebih lebar dan kasar mengandung konsentrasi Pb yang lebih besar.<sup>(25)</sup> Penelitian lain mengenai kandungan logam berat timbal di Varazdin, Croatia memberikan hasil bahwa kubis dan selada mengandung konsentrasi timbal lebih tinggi, dibandingkan sayuran yang tidak berdaun.<sup>(26)</sup>

Kadar timbal yang masuk kedalam tubuh manusia, akan terakumulasi dan persentase terbesar ditransfer ke dalam ginjal, diikuti oleh hati dan jaringan lunak lainnya seperti jantung dan otak.<sup>(27)</sup>

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Hg pada seluruh sampel sayuran kubis, brokoli dan selada dengan hasil  $>0,002$  mg/kg. Hasil tersebut masih berada jauh di bawah nilai ambang batas kandungan logam berat Hg menurut SNI 2009 dan BPOM 2018 sebesar 0,03 mg/kg. Berdasarkan hasil tersebut sayuran kubis, brokoli dan selada yang berasal dari area pertanian Desa Kopeng dan terpapar logam berat merkuri masih aman dikonsumsi oleh masyarakat.

Hasil penelitian menunjukkan kandungan merkuri pada sayuran di Kopeng berada jauh di bawah nilai ambang batas. Hal ini disebabkan oleh sampel sayuran yang diuji merupakan bagian daun atau bagian yang dikonsumsi (*edible*). Menurut penelitian pada tanaman, kandungan Hg tertinggi biasanya ditemukan pada organ tumbuhan bagian bawah seperti akar atau rhizoma.<sup>(28)</sup> Hal ini diperkuat oleh Rugh yang menjelaskan bahwa merkuri dapat diserap oleh tumbuhan, kemudian menguap kembali melalui daun dalam bentuk Hg<sup>0</sup>. Sebagian tumbuhan mengakumulasi merkuri lebih banyak terdapat di bagian akar daripada di bagian atas tumbuhan, artinya ada kemungkinan merkuri terserap dari tanah melalui akar atau xylem kemudian mengendap di dalam akar tumbuhan.<sup>(29)</sup> Penelitian membuktikan bahwa kandungan merkuri paling tinggi yang terdeteksi pada tumbuhan berada pada bagian akar, diikuti daun lalu batang.<sup>(30)</sup>

Hasil penelitian lain yang menunjukkan kadar merkuri pada sayuran, mendeteksi bahwa konsentrasi merkuri dalam sayuran masih rendah. Penelitian yang dilakukan di Kalimantan mengenai kandungan merkuri pada sayuran menunjukkan hasil kurang dari 0,001 mg/kg.<sup>(31)</sup> Penelitian rata-rata kandungan merkuri sayuran di China yaitu sebesar 0,003 mg/kg.<sup>(32)</sup> Penelitian kandungan merkuri pada sayuran juga dilakukan di Sindh, Pakistan yang menunjukkan hasil rata-rata sebesar 0,008 mg/kg.<sup>(8)</sup> Penelitian di Saudi Arabia juga dilakukan untuk kandungan merkuri pada sayuran dan menunjukkan hasil

sebesar 0,009-0,048 mg/kg.<sup>(9)</sup> Walaupun kandungan merkuri pada sayuran masih rendah, kehadiran logam berat tersebut tidak diperlukan oleh tubuh. Merkuri yang masuk dan terserap ke dalam tubuh sulit untuk dieksresi, dan akan terakumulasi ke dalam organ seperti ginjal, jaringan neurologis, dan hati. Semua bentuk merkuri beracun, dan efeknya termasuk toksisitas gastrointestinal, neurotoksisitas, dan nefrotoksitas.<sup>(33)</sup>

Hasil perhitungan asupan harian atau EDI logam berat Pb dan Hg baik dewasa maupun anak-anak, pada sayuran di Desa Kopeng masih dalam batas aman karena di bawah baku mutu asupan logam yang dibandingkan dengan dosis referensi oral logam Pb sebesar 0,0035 mg/kg/day dan dosis referensi oral (RfD) logam Hg sebesar 0,0003 mg/kg/hari menurut US EPA.<sup>(20)</sup> Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka sayuran kubis, brokoli dan selada dapat dikonsumsi sesuai dengan anjuran pemerintah sebesar 400 gram untuk dewasa, dan 270 gram untuk anak-anak dikarenakan dosis logam berat yang dikonsumsi akibat paparan logam berat Pb dan Hg tidak melebihi batas dosis oral.

Logam berat timbal dan merkuri dapat memberikan risiko kesehatan non-karsinogenik apabila dikonsumsi manusia. Hasil perhitungan risiko kesehatan non-karsinogenik baik HQ dan HI pada orang dewasa maupun anak-anak, akibat dari paparan logam berat Pb dan Hg pada sayuran di Desa menunjukkan bahwa hasil <1 (kurang dari satu), sehingga masyarakat yang terpapar logam berat Pb dan Hg melalui konsumsi

sayuran sebanyak 270 gr untuk anak-anak dan 400 gr untuk orang dewasa perhari belum berisiko menimbulkan efek kesehatan non-karsinogenik apabila dikonsumsi. Sebagai pembandingan penelitian risiko kesehatan non-karsinogenik akibat konsumsi kubis yang terpapar logam berat di Mojo, Ethiopia menunjukkan hasil HQ logam berat Pb pada sayuran kubis <1, namun pada logam berat Hg dan hasil perhitungan HI menunjukkan nilai >1. Hasil tersebut dapat diartikan bahwa masyarakat Ethiopia yang mengkonsumsi kubis yang berasal dari area Mojo berisiko terkena risiko kesehatan non-karsinogenik.<sup>(34)</sup>

Logam berat timbal dapat memberikan risiko kesehatan karsinogenik apabila dikonsumsi manusia secara terus-menerus. Hasil perhitungan LCR untuk kategori dewasa dan anak-anak berada pada batas aman tingkat risiko kanker, yaitu  $LCR < 10^{-4}$  sehingga konsumsi sayuran pada populasi dewasa dan anak-anak belum memberikan efek risiko timbulan kanker apabila dikonsumsi sebanyak 270-400 gram perhari selama 365 hari/tahun dalam jangka waktu seumur hidup (*lifetime*). Penelitian pada masyarakat di Bangladesh yang mengkonsumsi sayuran dan buah di area tersebut menghasilkan nilai LCR pada logam berat Pb dibawah  $10^{-4}$ . Hal tersebut menunjukkan bahwa masyarakat di Bangladesh masih belum berisiko terhadap efek karsinogenik akibat paparan logam berat Pb melalui konsumsi buah dan sayur.<sup>(35)</sup> Perhitungan LCR hanya sebagai prediksi adanya risiko efek karsinogenik akibat paparan konsumsi timbal, dikarenakan kanker tidak

disebabkan oleh satu faktor saja. Sebaliknya, kanker merupakan hasil dari proses multi-tahap yang kompleks dan multi-faktorial. Para peneliti telah mengidentifikasi setidaknya enam perubahan sel penting yang harus terjadi agar kanker berkembang.<sup>(36)</sup>

Pada penelitian ini, peneliti hanya mengukur pajanan melalui ingesti/oral melalui konsumsi sayuran kubis, brokoli dan selada saja dan tidak memperhitungkan pajanan dari sumber yang lain. Sedangkan paparan timbal dan merkuri bisa diperoleh melalui konsumsi makanan yang lain. Keterbatasan dalam penelitian ini ialah hanya sebatas mengidentifikasi kandungan logam berat timbal dan merkuri pada edible part saja sehingga tidak bisa mengetahui kandungan logam berat yang ada di bagian tumbuhan lain seperti batang dan akar. Akibat dari terjadinya pandemi Covid'19 dalam penelitian ini tidak dilakukan penyebaran kuesioner atau kegiatan turun lapangan secara langsung dan bertemu dengan petani Desa Kopeng untuk mengetahui kebiasaan dalam kegiatan pertanian. Jika dilakukan survey dan wawancara akan lebih jelas sumber pencemaran logam berat di lingkungan pertanian di daerah Desa Kopeng.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

Kandungan logam berat timbal dan merkuri pada sayuran di Desa berada di bawah baku mutu menurut SNI 2009 dan BPOM 2018 sebesar 0,2 dan 0,5 untuk Pb dan 0,03 untuk Hg. Nilai perkiraan asupan harian atau estimated daily intake (EDI) logam berat Pb

dan Hg masih di bawah batas dosis referensi oral (Rfd) logam timbal (Pb) sebesar 0,0035 mg/kg, sedangkan merkuri (Hg) sebesar 0,0003 mg/kg. Nilai risiko kesehatan non-karsinogenik dan karsinogenik logam berat Pb dan Hg pada sayuran di Desa Kopeng menunjukkan bahwa hasil dibawah batas risiko. Oleh karena itu populasi yang terpapar belum berisiko terkena efek kesehatan apabila mengkonsumsi sayuran tersebut.

Petani sebaiknya mulai beralih menggunakan pestisida nabati dan upaya yang perlu dilakukan konsumen untuk mencegah akumulasi logam berat dalam tubuh adalah dengan mencuci sayuran dengan air bersih mengalir sebelum dikonsumsi. Sebagai pengganti sayuran masyarakat bisa juga dengan mengkonsumsi buah-buahan organik untuk memenuhi vitamin atau zat gizi yang terdapat pada sayuran. Kepada peneliti selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sumber-sumber pencemaran logam berat pada sayuran di Desa Kopeng.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Kementerian Kesehatan. Pedoman Gizi Seimbang. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 tentang Pedoman Gizi Seimbang 2014 hal. 1–96.
2. Notodarmojo S. Pencemaran Tanah dan Air Tanah. Bandung: ITB PRESS; 2005. 1-487 hal.
3. Karyadi, Syafrudin S, Soterisnanto D. Dampak Penggunaan Pupuk dan Pestisida Yang Berlebihan Terhadap

- Kandungan Residu Tanah Pertanian Bawang Merah di Kecamatan Gumuh Kabupaten Kendal. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 2011;9(1):1–9.
4. BPOM. Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan Olahan. Badan Pengawas Obat Dan Makanan. 2018.
  5. BSN. SNI 7387:2009 Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. Badan Satandarisasi Nasional, Jakarta; 2009. 1-25 hal.
  6. Siaka IM, Nurcahyani H, Manuaba IBP. Spesiasi dan Bioavailabilitas Pb dan Cu dalam Tanah Pertanian Organik di Bedugul serta Kandungan Logam Totalnya dalam Sayur Brokoli. *Jurnal Kimia*. 2019;13(2):145.
  7. Harsojo H, M Chairul S. Kandungan Mikroba Patogen, Residu Insektisida Organofosfat dan Logam Berat dalam Sayuran. *Jurnal Ecolab*. 2011;5(2):89–95.
  8. Abbas M, Parveen Z, Iqbal M, Iqbal S, Bhutto R. Monitoring of toxic metals (Cadmium , Lead , Arsenic and Mercury) in vegetables of sindh , Pakistan. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*. 2010;6(2):60–5.
  9. Ali MHH, Al-Qahtani KM. Assessment of some heavy metals in vegetables, cereals and fruits in Saudi Arabian markets. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 2012;38(1):31–7.
  10. Tarumingkeng RC. Insektisida: Sifat, Mekanisme Kerja dan Dampak Penggunaannya. Jakarta: UKRIDA; 1992.
  11. Astawan M. Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. *Buletin Teknologi Pasca Panen*. 2005;3(1):16–27.
  12. Aiyelaagbe IOO, Kintomo AA. Nitrogen response of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook. F) grown sole or intercropped with banana. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2002;64(3):231–5.
  13. Chiroma TM, Ebebele RO, Hymore FK. Levels of Heavy Metals ( Cu , Zn , Pb , Fe and Cr ) in Bushgreen and Roselle Irrigated with Treated and Untreated Urban Sewage Water. *International Research Journal of Environment Science*. 2012;1(4):50–5.
  14. Mehoul F, Bouayad L, Berber A, Van Hauteghem I, Van de Wiele M. Risk assessment of mercury and methyl mercury intake via sardine and swordfish consumption in Algeria. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 2019;70(3):1679–86.
  15. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia. KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA 2019 hal. 6.
  16. US EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund. Human Health

- Evaluation Manual Part A, Interim Final,. United States Environmental Protection Agency. 1989;1 part A:300.
17. Menteri Kesehatan Republik Indonesia. SK MENKES No.41/2014 Tentang Pedoman Gizi Seimbang Permenkes RI. Pedoman Gizi Seimbang Permenkes RI. 2014;1–96.
  18. USEPA. Screening level (RSL) for chemical contaminant at superfund sites. US Environmental Protection Agency.
  19. OEHA. Air Toxics Hot Spots Program Technical Support Document for Cancer Potencies. Appendix B. Chemical-specific summaries of the information used to derive unit risk and cancer potency values. 2009.
  20. US Environmental Protection Agency. Exposure Factors Handbook: 2011 Edition. US Environmental Protection Agency. 2011;EPA/600/R-(September):1–1466.
  21. Mohammadi AA, Zarei A, Majidi S, Ghaderpoury A, Hashempour Y, Saghi MH, et al. Carcinogenic and non-carcinogenic health risk assessment of heavy metals in drinking water of Khorramabad, Iran. *MethodsX*. 2019;6:1642–51.
  22. EPA. Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites. U.S. Environmental Protection Agency. 2002.
  23. Rodriguez-Proteau R, Grant RL. Toxicity evaluation and human health risk assessment of surface and ground water contaminated by recycled hazardous waste materials. *Handbook of Environmental Chemistry, Vol 5: Water Pollution*. 2006;5 F:133–89.
  24. Dinas Pertanian Jawa Tengah. Penggunaan Pestisida Kec. Getasan dan Kec. Bandungan. 2016.
  25. Flanagan JT, Wade KJ, Currie A, Curtis DJ. The deposition of lead and zinc from traffic pollution on two roadside shrubs. *Environmental Pollution Series B, Chemical and Physical*. 1980;1(1):71–8.
  26. Stančić Z, Vujević D, Gomaz A, Bogdan S, Vincek D. Detection of heavy metals in common vegetables at Varaždin City Market, Croatia. *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju*. 2016;67(4):340–50.
  27. Flora SJS, Flora G, Saxena G. Environmental Occurrence, Health Effects and Management of Lead Poisoning. In: *Lead*. 2006. hal. 158–228.
  28. Schwesig D, Krebs O. The role of ground vegetation in the uptake of mercury and methylmercury in a forest ecosystem. *Plant and Soil*. 2003;253(2):445–55.
  29. Raskin I, Ensley BD (Burt D. Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean the Environment. *Journal of Plant Biotechnology*. 1999;1(1):304.
  30. Yabanh M, Yozukmaz A, Sel F. Heavy metal accumulation in the leaves, stem and root of the invasive submerged macrophyte *Myriophyllum spicatum* L.



- (Haloragaceae): an example of Kadin Creek (Mugla, Turkey). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2014;57(3):434–40.
31. Arifin Z, Alahudin D. Monitoring Keamanan Pangan di Pasar Tradisional dari Kontaminasi Merkuri di Kalimantan Barat. *Prosiding Geoteknologi Lipi*. 2013;345–52.
32. Huang Z, Pan XD, Wu PG, Han JL, Chen Q. Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang, China. *Food Control*. 2014;36(1):248–52.
33. Tchounwou PB, Ayensu WK, Ninashvili N, Sutton D. Environmental exposure to mercury and its toxicopathologic implications for public health. *Vol. 18, Environmental Toxicology*. 2003. hal. 149–75.
34. Gebeyehu HR, Bayissa LD. Levels of heavy metals in soil and vegetables and associated health risks in Mojo area, Ethiopia. *PLoS ONE*. 2020;15(1).
35. Sultana MS, Rana S, Yamazaki S, Aono T, Yoshida S. Health risk assessment for carcinogenic and non-carcinogenic heavy metal exposures from vegetables and fruits of Bangladesh. *Cogent Environmental Science*. 2017;3(1).
36. Weinberg RA. *The Biology of Cancer*. New York: W. W. Norton & Company; 2nd edition; 2013. 876 hal.