

## KARAKTERISTIK KANDUNGAN LOGAM PADA MADU YANG DIBUDIDAYAKAN DI SEKITAR KOTA WAMENA

*(Characteristics of Heavy Metal Elements Contained into Cultivated-Honey  
around Wamena City)*

MERCY CHRISTY MUAL<sup>1,2</sup>, CICILIA MARIA ERNA SUSANTI<sup>3</sup>✉, SOETJIPTO MOELJONO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Alumni Program Studi Ilmu Kehutanan Pascasarjana Universitas Papua, Manokwari, Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari, Papua Barat 98314

<sup>2</sup>KPHL Jayawijaya, Wamena, Provinsi Papua

<sup>3</sup>Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Papua, Manokwari

<sup>4</sup>Laboratorium Biologi dan Perlindungan Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Papua, Manokwari

✉Penulis Korespondensi: Email [c.susanti@unipa.ac.id](mailto:c.susanti@unipa.ac.id)

Diterima: 12 Juni 2022 | Disetujui: 17 Des 2022

**Abstrak.** Kandungan bahan kimia yang dimiliki madu sangat bergantung pada polen, nektar dan air yang diambil dari tumbuhan berbunga, yang dipengaruhi oleh tapak dan lingkungan sekitar tumbuhan tersebut. Oleh sebab itu madu dapat digunakan untuk mengetahui sumber botani dan geografis dari sumber madu. Madu yang dihasilkan dari budidaya *Apis mellifera* oleh Kelompok Tani Hutan di sekitar Kota Wamena dikumpulkan pada bulan Maret 2020. Madu tersebut dianalisis kandungan logamnya, meliputi kandungan timbal (Pb), kadmium (Cd), raksa (Hg) dan arsen (As), dengan menggunakan *atomic absorption spectrophotometry* (AAS). Hasil pengujian diperoleh bahwa madu yang dihasilkan dari budidaya madu di Kampung Sinakma (Distrik Wamena Kota), Kampung Muai (Distrik Hubikiak) dan Kampung Megapura (Distrik Asolokobal) memiliki kadar mineral berturut-turut 0,10%, 0,14% dan 0,11%. Hasil analisis kandungan logam berat menggunakan AAS diperoleh kadar Pb < 0,034 mg/kg, Cd < 0,07 mg/kg, Hg < 0,005 mg/kg dan As < 0,013 mg/kg, untuk semua sampel madu dari ketiga lokasi budidaya madu. Nilai kadar logam (Pb, Cd, Hg dan As) berada di bawah nilai yang dipersyaratkan dalam SNI 3545:2013.

**Kata Kunci:** madu Wamena, kadar logam berat madu, kadar mineral madu, *Apis mellifera*, Kelompok Tani Hutan Madu

**Abstract.** Chemical content of honey is dependent on the pollen, nectar and water taken from flowering plants. The pollen, nectar and water contained in flowers are strongly influenced by the site and the environment around the plant. Therefore, honey can be used to determine the botanical and geographical sources of honey sources. Honey produced from *Apis mellifera* cultivation by Kelompok Tani Hutan (farmer groups) around Wamena was collected in March 2020. The honey was analysed for heavy metal element (including the content of lead/Pb, cadmium/Cd, mercury/Hg and arsenic/As), using *atomic absorption spectrophotometry* (AAS). The results of the analysis showed that the honey from Sinakma Village (Wamena Kota District), Muai Village (Hubikiak District) and Megapura Village (Asolokobal District) had mineral content of 0.10%, 0.14% and 0,11% respectively. The results of heavy metal content analyse using AAS obtained levels of Pb < 0.034 mg/kg, Cd < 0.07 mg/kg, Hg <

0.005 mg/kg and As < 0.013 mg/kg, for all honey from the three honey cultivation locations sample. The value of heavy metal content (Pb, Cd, Hg and As) is below the required value in SNI 3545:2013.

**Keywords:** Wamena's honey, heavy metal element of honey, mineral content of honey, *Apis mellifera*, Kelompok Tani Hutan Madu

## PENDAHULUAN

Madu merupakan bahan alami yang banyak digunakan sebagai sumber pangan, suplemen pangan, bahan obat dan kosmetik. Beragam manfaat dari madu menjadikan komoditi ini memiliki nilai pasar atau ekonomi yang tinggi. Nilai pasar sangat dipengaruhi oleh kualitas madu yang spesifik yang sudah dikenal luas karena kualitas dan manfaatnya. Komposisi dan sifat madu sangat dipengaruhi oleh botani tumbuhan berbunga atau bahan sekresi lain yang digunakan (de Rodriguez et al. 2004). Bunga yang merupakan sumber pakan lebah, terdiri dari *nectar* dan *pollen*. Bunga tersebut merupakan hasil metabolisme tumbuhan yang dipengaruhi oleh faktor biotik (termasuk genetik) dan faktor abiotik (tanah tempat tumbuh tumbuhan dan lingkungan). Hal-hal yang terdapat dalam tempat tumbuh atau ditambahkan pada tumbuhan selama proses pertumbuhannya.

Polen dan nektar yang dijadikan sumber pakan lebah dipanen (dihisap oleh lebah) sintesa dengan zat tertentu dalam tubuh lebah dan disimpan dalam sarang lebah untuk pematangan yang akan diambil dan dipanen sebagai madu. Lebah mengambil *pollen* dan nektar dari berbagai tanaman yang sedang berbunga, sehingga madu yang dihasilkan potensial tercemar logam/mineral. Selain itu, sifat dan kualitas madu juga dipengaruhi oleh proses pemanenan dan penyimpanan madu. akan terekam pada bagian tumbuhan tersebut, salah satunya adalah bagian bunga yang merupakan bahan pakan lebah madu yang akan terlihat pada karakteristik madu yang dihasilkan. Penelitian Long dan Krupke (2016) diperoleh bahwa pestisida yang diaplikasikan pada tanaman

pertanian, terdeteksi pada serangga *pollinator* termasuk lebah madu.

Adgaba et al. (2017) melakukan analisis *chemometric* untuk mengetahui karakter yang mempengaruhi nilai kualitas madu. Hasil penelitian yang dilakukan, ada 11 karakter/parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi kualitas madu, yaitu total gula terlarut, total abu, keasaman, *electric conductivity*, warna dan beberapa *specific metallic ions*. Karakter tersebut berasosiasi dengan sumber tumbuhan dominan dan kondisi iklim dimana madu dipanen.

Bahan kimia yang terkandung dalam madu berkorelasi dengan letak geografis dan tanaman berbunga yang terdapat di daerah tersebut, juga dipengaruhi oleh komposisi bahan kimia pembentuk tanah dan kontaminasi yang terdapat pada daerah tersebut (John 2002; Mbiri et al. 2011 yang disitasi Salama et al. 2019). Hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh bahwa bahan mineral/logam seperti, Al, Mn, Fe, Cu, Zn dan Se serta beberapa logam berat berbahaya/beracun (Pb, Cd, Hg dan As) juga terdapat dalam madu secara alami atau disebabkan terjadinya kontaminasi pada lingkungan (Herna et al. 2005; Mohamed et al. 2014 yang disitasi Salama et al. 2019).

Konsentrasi mineral dan logam berbahaya dalam madu telah digunakan sebagai indikator kualitas madu. Tingkatan logam berbahaya tergantung dari *biological* dan *geographical origin*. Selain itu, Pohl (2009) yang disitasi Lanjwani et al. (2019) mengemukakan selain lingkungan yang tercemar, praktik peternakan lebah dan pengolahan madu menyumbang kandungan mineral dalam madu.

Masyarakat di Kota Wamena dan sekitarnya melakukan budidaya madu dari jenis *Apis mellifera*, dimana kotak sarang diletakkan dekat dengan tempat tinggal masyarakat. Bunga tumbuhan dan tanaman yang merupakan sumber pakan lebah tidak dibudidayakan khusus sebagai sumber pakan lebah dan berada di sekitar lokasi pemukiman masyarakat. Di daerah perkotaan dan sekitarnya merupakan lokasi pusat pemerintahan kabupaten dan transportasi ke daerah-daerah lain di wilayah pegunungan. Diduga pada kawasan ini adanya polusi lingkungan akibat aktivitas masyarakat tersebut. Oleh sebab itu, seberapa besar kandungan komponen mineral dalam madu yang dibudidayakan tersebut menjadi tujuan dari tulisan ini.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Madu yang berasal dari budidaya lebah madu *Apis mellifera* yang dikumpulkan pada bulan Maret 2020 dari petani masyarakat di Kampung Sinakma (Distrik Wamena Kota), Kampung

Muai (Distrik Hubikiak) dan Kampung Megapura (Distrik Asolokobal), digunakan dalam penelitian ini. Analisis kandungan logam madu dilakukan pada bulan Juni 2020. Analisis dilakukan di Laboratorium Balai Besar Industri Agro, Bogor.

### Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah kadar cemaran logam dalam madu, yang meliputi kandungan timbal (Pb), cadmium (Cd), raksa (Hg) dan arsen (As). Sampel madu dipreparasi sesuai prosedur pengujian menggunakan *atomic absorption spectrophotometry* (AAS). Selanjutnya sampel diuji secara duplo.

### Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan tabulasi sederhana. Hasilnya dibandingkan dengan standar madu untuk produk madu di Indonesia (SNI 3545:2013), seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar nilai cemaran logam madu yang dikonsumsi (SNI 3545:2013)

Kadar Logam	Satuan	Persyaratan
Kadar timbal (Pb)	mg/kg	Maks 1,0
Kadar kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,2
Kadar raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0,03
Kadar arsen (As)	mg/kg	Maks. 1,0

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kedaaan Umum Lokasi Penelitian

Lembah Baliem adalah sebuah lembah aluvial yang terbentang pada areal ketinggian 1.500 – 2.000 m dpl. Suhu udara bervariasi antara 14,5 dan 24,5 °C. Berdasarkan data BMKG Stasiun Wamena pada tahun 2020, dalam tahun tersebut rata-rata curah hujan adalah 1.900 mm dan dalam sebulan terdapat kurang lebih 16 hari hujan. Musim kemarau dan musin penghujan sulit dibedakan. Berdasarkan

data, bulan Maret adalah bulan dengan curah hujan terbesar, sedangkan curah hujan terendah ditemukan pada bulan Juli.

Lembah Baliem termasuk salah satu daerah yang memiliki potensi tumbuhan berbunga yang tinggi. Tanaman berbunga tersebut memiliki keragaman jenis dan waktu berbunga yang bervariasi. Potensi flora tersebut menjadi pendukung keberlangsungan hidup lebah, karena sumber pakan lebah yang dibudidayakan oleh masyarakat pada wilayah Lembah Baliem

sangat bergantung pada ketersediaan tumbuhan bunga secara semi-alami.

Lebah madu budidaya yang dikembangkan di wilayah Jayawijaya dan sekitarnya adalah jenis *Apis mellifera*, yang merupakan jenis lebah madu budidaya asli Eropa. Pesebaran jenis lebah madu ini ke Indonesia dari Australia terjadi secara resmi pada tahun 1974, yang merupakan hasil oleh-oleh kunjungan Presiden Suharto ke Australia pada tahun tersebut (Hadisoesilo 1992 dan Soekartiko 2009 yang disitasi Widiarti et al. 2013). Sedang jenis lebah madu endemik Indonesia tersebut, antara lain: *Apis andreniformis*, *A. dorsata*, *A. cerena*, *A. koschevnikovi* dan *A. nigrocincta* (Hadisoesilo 2001 yang disitasi Karyawati et al. 2018).

Madu bagi lebah merupakan cadangan makanan yang akan digunakan oleh lebah disaat lebah tidak bisa pergi mencari makanan (*nectar*). Di daerah tropis, angin dan hujan lebat merupakan sebab lebah tidak pergi mencari makanan.

Hasil penelitian Lengka (2021) tanaman dominan pada wilayah Lembah Baliem antara lain: kaliandra (*Calliandra calothyrsus*), terompet (*Brugmansia suaveolens*), wile

(*Casuarina* sp.), anengkuku (*Erigeron esterese*), nawusagari (*Bidens pilosa*), wiki (*Paraserienthes falcataria*), ka (*Erythrina* sp.), dadap (*Erythrina variegata*), dan seno (*Castanopsis acuminatissima*). Tumbuhan berbunga tersebut sebagian besar memiliki masa berbunga sepanjang tahun, terutama kaliandra.

### Kandungan Mineral dalam Madu

Menurut beberapa literatur tentang madu dan penggunaannya untuk kesehatan, kandungan mineral dalam madu walau konsentrasinya sangat kecil, namun berarti (*valuable*). Kandungan mineral dalam madu berasal dari polen dan nektar serta partikel-partikel mineral yang terdapat di udara (lingkungan). Oleh sebab itu, kandungan mineral ini digunakan untuk menentukan sumber botani dan geografis dari sumber madu. Mineral dalam madu juga dipengaruhi oleh bagaimana praktek budidaya lebah madu dan juga pengolahan madunya (Pohl 2009 yang disitasi Lanjwani et al. 2019). Hasil analisis kandungan abu madu yang diambil dari kelompok tani hutan (KTH) di Kampung Sinakma, Muai dan Megapuran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata kandungan abu (%) dalam madu yang diambil dari lokasi budidaya *Apis mellifera* di Kampung Sinakma, Muai dan Megapura, Wamena

Lokasi budidaya	Kadar abu (%)	Nilai yang dipersyaratkan (SNI 3545:2013)
Kampung Sinakma (Distrik Wamena Kota)	0,10	Maksimum 0,5 %
Kampung Muai (Distrik Hubukiak)	0,14	
Kampung Megapura (Distrik Asolokobal)	0,11	

Sumber: Mual (2021)

Madu biasanya memiliki kadar abu yang rendah, tergantung pada bahan yang dikumpulkan lebah madu saat mencari nektar pada bunga, namun sangat bergantung daerah asalnya (*geographical origin*). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Aksara (2020) yang menganalisis madu asal Luwu Timur dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA) diperoleh rata-rata kadar abunya 0,05%. Nilainya

lebih rendah dibandingkan madu yang berasal dari Kota Waena dan sekitarnya.

### Kandungan Logam dalam Madu

Kandungan mineral dalam madu menjadi salah satu indikasi adanya polusi baik udara, air maupun tanah yang menjadi habitat tanaman berbunga sumber pakan lebah. Unsur Pb dan Cd merupakan bioindikator untuk madu yang

terkontaminasi. Kandungan Pb menjadi salah satu indikasi adanya polusi udara akibat industri dan asap kendaraan bermotor (Kovacik et al. 2016 yang disitasi Altun et al. 2017). Cd, Hg dan Ar merupakan indikasi adanya pencemaran tanah yang menggunakan bahan kimia dalam proses industri baterai, insulat peralatan elektronik, pengolahan emas dan sebagainya.

Logam berat yang diemisikan di lingkungan dapat berasal dari sumber alami dan antropogenik. Mereka meningkat pesat selama abad terakhir untuk meningkatkan emisi antropogenik ke lingkungan, yang mengarah ke konsentrasi logam tinggi di atmosfer dan akumulasi pada tanaman, pada nektar dan serbuk sari, yang mewakili pakan diambil oleh

lebah madu selama mencari makan (Perugini et al. 2011).

Umumnya kandungan mineral dalam madu berkontribusi pada perubahan warna madu menjadi lebih gelap (Salama et al. 2019). Diyakini bahwa lebah tidak mengumpulkan mineral secara terpisah namun mineral terambil oleh lebah secara tidak langsung bersamaan dengan pollen, nektar dan air, dimana pollen sebenarnya memiliki kandungan mineral yang cukup banyak sekitar 2,9 hingga 8,3% (Haydak et al. 1942 yang disitasi Salama et al. 2019). Hasil analisis kandungan timbal, cadmium, raksa dan arsen dalam madu yang diambil dari KTH di Kampung Sinakma, Muai dan Megapura disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata nilai kandungan timbal, kadmium, raksa dan arsen dalam madu yang diambil dari lokasi budidaya *Apis mellifera* di Kampung Sinakma, Muai dan Megapura, Kota Wamena

Lokasi budidaya (Kampung-Distrik)	Kadar timbal/Pb (mg/kg)	Kadar kadmium/Cd (mg/kg)	Kadar raksa/Hg (mg/kg)	Kadar arsen/As (mg/kg)
Sinakma – Wamena Kota	< 0,034	< 0,07	< 0,005	< 0,013
Muai - Hubukiak	< 0,034	< 0,07	< 0,005	< 0,013
Megapura - Asolokobal	< 0,034	< 0,07	< 0,005	< 0,013
Nilai yang dipersyaratkan (SNI 3545:2013)	Maks. 1,0	Maks. 0,2	Maks. 0,03	Maks. 1,0

Kandungan timbal, cadmium, raksa dan arsen dalam madu yang dibudidaya di Kota Wamena dan sekitarnya tidak berbeda. Kandungan logam yang dianalisis menunjukkan nilainya sangat kecil (di bawah nilai yang diprasyaratkan). Selain itu nilai yang diperoleh dalam pengujian juga sangat kecil sehingga sebenarnya kandungan logam berat dalam madu hasil budidaya masyarakat di Kota Wamena dan sekitarnya masih aman untuk dikonsumsi.

*Timbal hitam (Pb)*

Timbal (Pb) merupakan salah satu polutan utama dalam aktivitas pembakaran bahan bakar fosil (bensin) kendaraan bermotor. Pb ditambahkan dalam bensin untuk menaikkan nilai oktan sehingga menghasilkan pembakaran yang optimal pada mesin. Namun secara

natural, timbal berasal dari penguapan lava, batu-batuan, tanah dan tumbuhan. Hasil penelitian (Almatsier 2002 yang disitasi Ardillah 2016) melaporkan bahwa timbal dalam jumlah kecil pada tikus dapat meningkatkan pertumbuhan dan termasuk dalam golongan zat gizi mikro.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Pb dalam tubuh lebah dapat menjadi indikator keadaan polusi logam berat di udara. Paparan timbal bagi manusia dari lingkungan dan dipicu oleh perilaku hidup yang menyebabkan risiko Pb masuk dalam tubuh. Paparan asap kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar minyak (BBM) yang bersumber dari fosil menjadi penyumbang terbesar ambient polutan timbal di udara, yang

akan menyebabkan Pb masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. HPA (2016) yang disitasi Bartha et al. (2020) melaporkan bahwa Pb berada dalam lingkungan terutama pada area pertambangan, peleburan dan produksi metal, dan pabrik baterai. Pb ini menyebabkan kasus anemia, gangguan pada sistem syaraf, nefropati, disfungsi ginjal serta gangguan pada fungsi reproduksi (HPA, 2016 yang disitasi Bartha et al. 2020).

Kadar Pb pada madu yang dianalisis dari lokasi budidaya di seputaran Kota Wamena nilainya di bawah 0,034 mg/kg, yang bisa diindikasikan bahwa daerah Wamena dan sekitarnya mengandung polutan timbal dari asap kendaraan bermotor yang sangat kecil. Hal ini mengindikasikan kandungan Pb yang diserap tanaman dalam batas yang diduga masuk dalam kandungan gizi mikro, sehingga madu juga memiliki kandungan Pb yang sangat kecil. Hasil pengujian kadar timbal (Pb) madu kelulut yang diperoleh dari Desa Mangkauk Kabupaten Banjar juga menunjukkan kadar yang <0,001 mg/kg (Ridoni et al. 2020).

#### *Kadmium (Cd)*

Kadmium merupakan logam berat yang bersifat karsinogen sebagai penyebab gangguan reproduksi dan kanker pada manusia. Salah satu sumber pencemaran kadmium di lingkungan adalah penanganan limbah industri yang menggunakan kadmium sebagai bahan baku, seperti penyepuhan listrik, baterai, televisi, dan juga pengoperasian reaktor nuklir.

Kadmium di alam biasanya terdapat bersama-sama di pertambangan seng (Zn), timbal (Pb) dan tembaga (Cu), dimana seng dan cadmium memiliki daya gabung yang tinggi terhadap sulfur (S), sehingga sumber kadmium dan seng yang paling utama adalah mineral sulfida. Oleh sebab itu proses pemupukan dengan menggunakan super-fosfat menjadi sebab tingginya cadmium dalam lingkungan (Underwood 1978 yang disitasi Darmono 1999). Selain itu kadar kadmium di lingkungan dapat

meningkat karena letusan gunung berapi. Darmono (1995) yang disitasi Darmono (1999) diperoleh informasi bahwa kadar kadmium dalam beberapa jenis rumput cenderung lebih tinggi pada musim kemarau dibandingkan pada musim penghujan.

#### *Raksa (Hg)*

Raksa atau *mercury* menyebabkan toksik pada perkembangan janin dan bayi, terutama pada pembentukan otak dan menyebabkan efek negatif jangka panjang. Jika anak-anak terpapar raksa, akan menyebabkan syndrome *acrodynia* atau *pink diases*. Saat terpapar merkuri ditandai dengan gejala pusing, keadaan metabolisme tubuh abnormal, gangguan pernapasan dan muntah-muntah (Bose-O'Reille et al. 2008; Davidson et al. 2004; Garca-Fernandez et al. 1996 yang disitasi Maggid et al. 2014).

Hasil penelitian yang telah dilakukan pada beberapa lokasi yang diduga lingkungannya telah terkontaminasi diperoleh bahwa madu mengandung Hg. Salama et al. (2019) melaporkan madu yang diteliti dari beberapa lokasi di bagian Barat Libya mengandung Hg berkisar antara 0,021 dan 0,10 mg/kg. Brodziak-Dopierała et al. (2020) melaporkan bahwa madu yang dikoleksi dari beberapa provinsi di Polandia mengandung merkuri (Hg) berkisar antara 0,02 µg/kg dan 1,55 µg/kg.

#### *Arsen (As)*

Arsen secara alami terdistribusi dalam berbatuan dan tanah sebagai mineral. Kadar arsen tertinggi dalam bentuk *arsenide* dalam amalgam tembaga, timah hitam, pera dan dalam bentuk sulfida dari emas (Sukar 2003). Lebih lanjut dijelaskan bahwa tanah yang tidak terkandung As ditemukan mengandung 0,2 hingga 40 mg/kg, sedangkan tanah yang terkontaminasi mengandung As rata-rata lebih dari 550 mg/kg (Walsh and Keeney 1975 yang disitasi Sukar 2003).

Kadar As tinggi juga ditemukan pada lingkungan yang terdapat aktivitas geotermal

(panas bumi), pembakaran batu bara dan pelelehan logam (terutama tembaga dan timah hitam). Arsen juga ditemukan di dalam pupuk (Sanesi 1979 yang disitasi Sukar 2003), dan juga ditemukan pada pembakaran kayu yang diawetkan dengan menggunakan *arsen pentavalent* (Sukar 2003). Penyerapan arsen oleh tanaman terutama pada tanah yang tercemar As, umumnya konsentrasinya tinggi pada bagian akar. Namun menurut Anderson and Nilson (1972) yang disitasi Sukar (2003) lumpur yang mengandung arsen sangat baik untuk pertumbuhan tanaman.

Ridoni et al. (2020) melakukan pengujian kandungan arsen (As) pada madu kelulut yang dipanen dari Desa Mangkauk yang telah disimpan selama 1 bulan. Kadar arsen nilainya <0,0003 mg/kg, masih memenuhi standar SNI 3545:2013. Arsen ini memiliki sifat kelarutan dalam air rendah. Arsen dalam konsentrasi rendah terdapat dalam tanah, air, makanan kemudian udara (Ridoni et al. 2020).

### KESIMPULAN

Kandungan timbal (Pb), cadmium (Cd), raksa (Hg) dan arsen (As) dalam madu yang dibudidayakan di sekitar Kota Wamena nilainya sangat kecil (di bawah nilai yang diprasyaratkan dalam SNI 3545:2013). Berdasarkan hal tersebut, madu hasil budidaya masyarakat di Kota Wamena dan sekitarnya masih aman dari kandungan logam berat yang berbahaya.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kepala Dinas Kehutanan dan Lingkungan Hidup Provinsi Papua, Jan Jap L. Ormuseray, SH., M.Si. atas dukungan dan arahan yang diberikan selama penelitian. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada para Ketua Kelompok Tani Lebah dan para pegawai KPHL Jayawijaya atas kerja sama yang baik selama penulis melakukan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adgaba, Nuru, Ahmed A, Al-Ghamdi, Getachew A, Tadesse Y, Belay A, Muhammed JA, Sarah E, Radloff, Sharman D. 2017. Charaterization of honeys by their botanical and geographical origin based on physico-chemical properties and chemometric analysis. *Food Measure and Characterization*, 11(3): DOI: 10.1007/s11694-017-9487-4.
- Aksara PP. 2020. Analisis mineral aessential Cu, Zn dan Cd pada madu asal Kabupaten Luwu Timur dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom. [Skripsi]. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Altun SK, Hikmet D, Paksoy N, Temamogullari FK, Savrunlu M. 2017. Analyses of mineral content and heavy metal of honey samples from South and East Region of Turkey by using ICP-MS. *International Journal of Analytical Chemistry* Article ID 6391454, 6 pages. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/6391454>.
- Ardillah Y. 2016. Faktor risiko kandungan timbal di dalam darah. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 7(3):150-155. DOI: <https://doi.org/10.26553/jikm.2016.7.3.150-155>.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Madu. SNI 3545:2013. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Bartha SI, Taut G, Goji IA, Vlad, Dinulica F. 2020. Heavy metal content in polyfloralhoney and potential health risk. A case study of Copsa Mica, Romania. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17: 1507 <https://doi.org/10.3390/ijerph17051507>.
- Brodziak-Dopierała BP, Mendak-Oleś, Fischer A. 2020. Occurrence of mercury in various types of honey. *Medycyna Środowiskowa – Environmental Medicine* Tom 23(1–4): 39–43 (in Poland) doi: 10.26444/ms/138310.

- Darmono. 1999. Kadmium (Cd) dalam lingkungan dan pengaruhnya terhadap kesehatan dan produktivitas ternak. *Wartazoa*, 8(1): 28-32.
- de Rodriguez GO, de Ferrer BS, Ferrer A, Rodriguez B. 2004. Characterization of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry*, 84: 499-502. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00517-4.
- Karyawati AT, Nuraida L, Lestari Y, Meryandini A. 2018. Characterization of abundance and diversity of lactic acid bacteria from *Apis dorsata* hives and flowers in East Nusa Tenggara, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(3): 899-905. DOI: 10.13057/biodiv/d190319.
- Lanjwani M, Farooque, Channa FA. 2019. Minerals content in different types of local and branded honey in Sindh, Pakistan. *Heliyon*, 5(7): E02042. DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02042>.
- Lengka Y, Moeljono S, Murdjoko A. 2021. Analisis vegetasi pakan lebah madu (*Apis mellifera*) asal Lembah Baliem Kabupaten Jayawijaya. *Jurnal Kehutanan Papuaasia*, 7(1): 10-25. DOI: <https://doi.org/10.46703/jurnalpapuasiasia.Vol7.Iss1.234>.
- Long EY, Krupke CH. 2016. Non-cultivated plants present a season-long route of pesticide exposure for honey bees. *Nature Communication*.
- Maggid AD, Kimanya ME, Ndakidemi PA. 2014. The contamination and exposure of mercury in honey from Singida, Central Tanzania. *American Journal of Research Communication*, 2(10): 127-139.
- Perugini MM, Manera L, Grotta MC, Abete R, Tarasco, Amorena M. 2011. Heavy metal (Hg, Cr, Cd and Pb) contamination in urban area and wildlife reserves: honeybees as bioindicators. *Biol Trace Elem Res*, 140:170–176 DOI 10.1007/s12011-010-8688-z.
- Ridoni RR, Radam dan Fatriani. 2020. Analisis kualitas madu kelulut (*Trigona* sp.) dari Desa Mangkawk Kecamatan Pengaron Kabupaten Banjar. *Jurnal Sylva Scientae*, 392: 346-355.
- Salama AS, Etoriki AM, Awad MH. 2019. Determination of physicochemical properties and toxic heavy metals levels in honey samples from West of Libya. *Journal of Advanced Chemical Sciences*, 5(1): 618-620 <https://doi.org/10.30799/jacs.207.19050104>.
- Sukar. 2003. Sumber dan terjadinya arsen di lingkungan. *Review. Jurnal Ekologi Kesehatan*, 2(2): 232-238.
- Widiarti, Asmanah, Kuntadi. 2012. Budidaya lebah madu *Apis mellifera* L. oleh masyarakat pedesaan Kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 9(4): 351-361.