

IDENTIFIKASI KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA BUAH DAN SAYURAN DI SEKITAR TPA GUNUNG TUGEL, KABUPATEN BANYUMAS

INTAN HAR ASELNA

15513101

ABSTRACT

Gunung Tugel landfill is located in RT 04 RW 06 Kedungrandu Village, Patikraja District, Banyumas Regency.. The landfill has not been operating since 2016 and is planted with edible fruits and vegetables. The Gunung Tugel landfill uses an open dumping method with suboptimal leachate treatment, so that leachate water from the landfill can seep through the soil and contaminate the plantations around the landfill area. The method of determining and sampling is done by the stratified sampling method. Samples were washed thoroughly and dried in an oven at 105° C for 24 hours, then the samples were analyzed using the Atomic Absorption Spectrophotometric Instrument (AAS) and the results of the analysis were compared with the quality standard. The results showed the presence of heavy metal content (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Fe and Zn) in fruits and vegetables in the GunungTugel landfill area not exceeding the quality standar or exceeding the quality standard. Estimated level of non-carcinogenic and carcinogenic health risks for adult and children respondents due to consuming fruits and vegetables in the landfill area is unacceptable or might cause health problems. High concentrations of heavy metals in food and the rate, frequency of consumption especially vegetable, is a factor that causes environmental health risk to be unacceptable.

Keywords: fruits, heavy metal, vegetables, landfill

ABSTRAK

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah Gunung Tugel berlokasi di RT 04 RW 06 Desa Kedungrandu Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas. TPA tersebut sudah tidak beroperasi sejak tahun 2016 dan ditanami buah dan sayuran yang dapat dikonsumsi. TPA Gunung Tugel menggunakan metode *open dumping* dengan pengolahan lindi yang belum optimal, sehingga air lindi yang berasal dari TPA dapat merembes melalui tanah dan mencemari perkebunan yang ada di sekitar area TPA. Metode penentuan dan pengambilan sampel dilakukan dengan metode stratified sampling. Sampel dicuci bersih dan dikeringkan pada oven bersuhu 105°C selama 24 jam, kemudian sampel di analisis dengan menggunakan Instrumen Atomic Absorption Spectrofotometri (AAS) dan hasil analisis dibandingkan dengan baku mutu. Hasil penelitian menunjukkan adanya kandungan logam berat (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Fe dan Zn) pada buah dan sayuran di area TPA Gunung Tugel baik dibawah baku mutu

ataupun melebihi baku mutu. Estimasi tingkat risiko kesehatan nonkarsinogenik dan karsinogenik pada responden dewasa dan anak-anak akibat mengonsumsi buah dan sayuran di sekitar area TPA *unacceptable* atau beresiko menimbulkan gangguan kesehatan. Tingginya konsentrasi logam berat pada bahan makanan dan laju serta frekuensi konsumsi terutama konsumsi sayuran, adalah faktor yang menyebabkan risiko kesehatan lingkungan menjadi tidak aman.

Kata Kunci : buah, logam berat, sayuran, TPA

1. PENDAHULUAN

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah adalah komponen penting dalam manajemen pengelolaan sampah kota. Pengadaan TPA dimaksudkan untuk mengurangi dampak negatif dari penimbunan sampah sehingga dapat tercipta kesehatan masyarakat dan lingkungan secara menyeluruh. TPA yang baik adalah TPA yang berbasiskan *sanitary landfill* atau *controlled landfill* dimana pencemaran yang diakibatkan pembuangan limbah tidak mencemari air tanah, air permukaan, udara serta menyebabkan gangguan estetika yang memerlukan penanganan intensif.

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah Gunung Tugel berlokasi di RT 04 RW 06 Desa Kedungrandu Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas. TPA ini sudah tidak beroperasi karena metode *open dumping* yang digunakan tidak memenuhi standar dan meninggalkan banyak masalah seperti terjadi kebakaran pada saat musim kemarau dan terjadi longsor sampah yang dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan dan penduduk sekitar. TPA tersebut akan di alih fungsikan oleh pemerintah setempat menjadi lahan terbuka hijau, tetapi belum dilaksanakan sepenuhnya, sehingga masyarakat sekitar menanam lahan TPA dengan sayuran dan dijadikan lahan pertanian. Namun karena struktur konstruksi dan teknologi TPA yang tidak terdapat manajemen lindi mengakibatkan air lindi yang mengandung logam berat ikut terbawa aliran irigasi dan mencemari lahan pertanian.

Pencemaran logam berat tersebut dapat meningkatkan risiko lingkungan dan membahayakan bagi masyarakat karena hasil panen pertanian dan sayuran di area TPA dikonsumsi masyarakat sekitar. Peneliti ingin menganalisis kandungan logam berat pada buah dan sayuran di sekitar TPA Gunung Tugel. Untuk prosedur pengujian logam peneliti mengacu pada SNI 01-2896-1998. Kadar air dan estimasi intake logam berat juga akan dihitung untuk mengidentifikasi potensi risiko kesehatan lingkungan terkait konsumsi buah dan sayuran di sekitar area TPA.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan pada lingkup batas wilayah terluar TPA Gunung Tugel, meliputi area perkebunan sebelum terkena longsor TPA dan sesudah terkena longsor TPA dengan pertimbangan adanya air lindi yang masuk ke dalam aliran irigasi. TPA Gunung Tugel terletak pada wilayah administrasi Dusun Kedungrandu, Kecamatan Patikraja, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah.

Pengambilan sampel dilakukan bulan Juni 2019 pada musim kemarau. Dalam pengambilan sampel buah dan sayuran diambil sebanyak 200 gram untuk setiap jenisnya. Sampel sayuran diambil lengkap dengan akar, batang, dan daunnya. Sedangkan sampel buah diambil adalah buahnya. Kemudian dimasukkan ke dalam wadah plastik yang bersih dan ditulis nama sampel, lokasi serta tanggal pengambilan sampel. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam *ice box* untuk menjaga kesegaran sampel.

Dalam pengujian sampel ini berdasarkan SNI 01-2896-1998 tentang Cara Uji Cemaran Logam dalam Makanan. Instrumen yang digunakan dalam menganalisis logam berat pada buah dan sayuran adalah *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Adapun logam berat yang diuji adalah Kadmium (Cd), Timbal (Pb), Mangan (Mn), Besi (Fe), Seng (Zn), Tembaga (Cu), dan Kromium (Cr). Pengujian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian kemudian akan dibandingkan dengan Baku Mutu BPOM RI No. 23 Tahun 2017, *China's National Food Safety Standard of Maximum Level of Contaminants in Foods 2010 and 2014*, dan *USDA Food Composition Databases 2017*.

- Kadar Air

Presentase kadar air dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$kadar\ air\ (\%) = \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan :

A = Berat cawan kosong setelah dioven 2 jam (gram)

B = Berat cawan dengan sampah sebelum dimasukkan ke dalam oven (gram)

C = Berat cawan dengan sampah setelah dioven selama 24 jam (gram).

(Damanhuri dan Padmi, 2016)

- Potensi Risiko Lingkungan

Penilaian *Risk Quotient* berguna untuk evaluasi risiko kesehatan nonkarsinogenik yang terkait dengan konsumsi tanaman pangan yang terkontaminasi logam.

$$Ink = \frac{C \times R \times AF_{GIT} \times fE \times Dt}{BB \times \Delta T} \quad (2.2)$$

$$RQ = \frac{Ink}{RfD} \quad (2.3)$$

$$RQ_{Total} = RQ_1 + RQ_2 + RQ_3 + \dots + RQ_n \quad (2.4)$$

Penilaian risiko kesehatan untuk efek-efek karsinogenik pada konsumsi buah dan sayuran dinilai menggunakan analisis *Excess Cancer Risk* (ECR). Nilai ECR didapatkan dengan mengalikan *Cancer Slope Factor* (CSF) dengan asupan karsinogenik *risk agent* (Ink).

$$ECR = CSF \times Ink \quad (2.5)$$

(US EPA, 2007)

Dimana :

Ink = Intake (mg/kg/hari)

C = Konsentrasi Kontaminan pada makanan (mg/kg)

R = Konsumsi makanan dalam sehari (kg/hari)

AF_{GIT} = Faktor penyerapan untuk saluran gastrointestinal yaitu 1 menurut Health Canada, 2004

f_E = Frekuensi pemaparan (hari/tahun)

Dt = Durasi pemaparan (30 tahun untuk nilai *default residensial*)

BB = Berat rata-rata tubuh (Dewasa Asia / Indonesia : 55 kg, Anak-anak : 15 kg)

ΔT = Periode waktu rata-rata (Dt × 365 hari/tahun untuk zat nonkarsinogenik dan 70 tahun × 365 hari/tahun untuk zat karsinogenik)

CSF = *Cancer Slope Factor* bernilai 0,29 (USEPA, 1998)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 KONDISI EKSISTING LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada lahan perkebunan disekitar area TPA Gunung Tugel yang terletak di Desa Kedungrandu, Kecamatan Patikraja, Kabupaten Banyumas. Dengan luas lahan pada masing-masing area penelitian yaitu 1.391 m² untuk area perkebunan A yang terletak di bawah hanggar TPA, 1.419 m² untuk area perkebunan B terletak di sebelah area A, dan 2.513 m² untuk area perkebunan C yang terletak di dekat aliran lindi TPA. Pada area C di Tahun 2018 terkena dampak longsor sampah yang mengakibatkan lahan perkebunan dan pertanian tertutup oleh sampah, namun saat ini lahan perkebunan sudah ditanami kembali, sedangkan lahan pertanian dialihfungsikan untuk ditanami pohon pisang. Penggarap lahan pada setiap area penelitian tidak menggunakan pupuk atau pestisida pada lahan perkebunannya. Air yang digunakan untuk mengairi perkebunan berasal dari air hujan, sehingga jenis buah dan sayuran yang ditanam dapat berubah seiring pergantian musim. Pengambilan sampel dilakukan pada musim kemarau, namun masih ditemukan rembesan leachate pada area penelitian. Jenis buah dan sayuran yang di ambil dari lahan perkebunan di sekitar area TPA Gunung Tugel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Buah dan Sayuran di Area TPA Gunung Tugel

Lokasi Sampling	Sayuran		Jumlah Sampel	Nama Umum	Buah	
	Nama Umum	Nama Latin			Nama Latin	Jumlah Sampel
Area 1	Kangkung	<i>Ipomea aquatica</i>	1	Labu	<i>Cucurbita moschata</i>	1
	Bayam	<i>Amaranthus spp</i>	1	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	1
	Ubi Jalar	<i>Ipomea batatas</i>	1			

	Ungu	<i>Poir</i>				
	Ubi Jalar Putih	<i>Ipomea batatas</i> <i>L.</i>	1			
	Kentang	<i>Solanum tuberosum</i>	1			
	Kunyit	<i>Curcuma longa</i>	1			
	Kacang	<i>Arachis hypogaea</i>	1			
	Kangkung	<i>Ipomea aquatica</i>	1	Labu	<i>Cucurbita moschata</i>	1
	Ubi Jalar Ungu	<i>Ipomea batatas</i> <i>Poir</i>	1	Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	1
Area 2	Ubi Jalar Putih	<i>Ipomea batatas</i> <i>L.</i>	1			
	Kentang	<i>Solanum tuberosum</i>	1			
	Kunyit	<i>Curcuma longa</i>	1			
	Kacang	<i>Arachis hypogaea</i>	1			
Area 3	Kangkung	<i>Ipomea aquatica</i>	3			
	Genjer	<i>Limnocharis flava</i>	1			
	Singkong	<i>Manihot esculenta</i>	1		-	

Jumlah sampel buah dan sayuran pada area penelitian adalah 23 sampel, pada area 3 hanya didapat 5 sampel dikarenakan tanaman lainnya belum berbuah atau panen dan terdapat 10 sampel kontrol yang didapatkan di pasar tradisional daerah Bantul, Yogyakarta diantaranya adalah kangkung air (*Ipomea aquatica*), bayam (*Amaranthus* spp), genjer (*Limnocharis flava*), ubi jalar (*Ipomea batatas*), kentang (*Solanum tuberosum*), kacang tanah (*Arachis hypogaea*), kunyit (*Curcuma longa*), singkong (*Manihot esculenta*), labu (*Cucurbita moschata*) dan pisang (*Musa paradisiaca*). Sampel kontrol diambil untuk melihat perbandingan konsentrasi logam berat yang terdapat pada buah dan sayuran yang ditanam disekitar area TPA dan jauh dari area TPA.

Pada penelitian ini logam berat yang dianalisis antara lain Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Mangan (Mn), Seng (Zn), Besi (Fe), Tembaga (Cu), dan Kromium (Cr). Hasil dari analisis logam berat akan dibandingkan dengan Baku Mutu BPOM RI No. 23 Tahun 2017, *China's National Food Safety Standard of Maximum Level of Contaminants in Foods 2010 and 2014*, dan *USDA Food Composition Databases 2017*.

3.2 ANALISIS KADAR AIR DALAM BUAH DAN SAYURAN

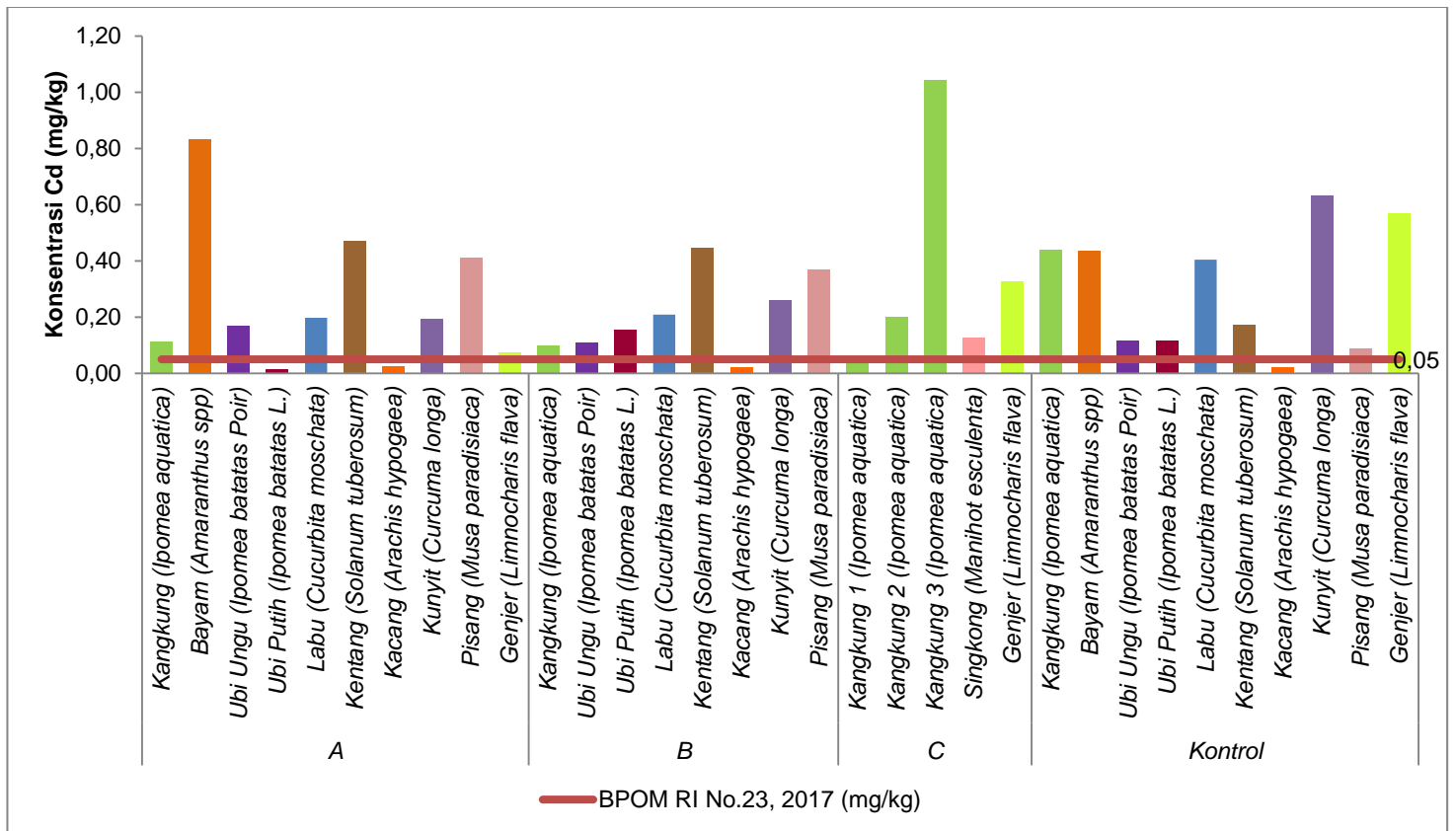
Tabel 2. Persentase Kadar Air Sampel

No	Jenis Sampel	Rata-Rata Kadar Air (%)
1	Tanaman Air	89%
2	Tanaman Darat	57%
3	Buah	81%

Analisis kadar air ini bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan air yang menguap pada saat pengeringan sampel dikarenakan yang digunakan dalam proses destruksi adalah berat kering sampel. Pada Tabel 2. terlihat bahwa kandungan air yang terdapat dalam sampel cukup beragam seperti kadar air pada kelompok tanaman air yang terdiri dari kangkung, bayam dan genjer memiliki persentase rerata 89%. Kadar air dari kelompok tanaman darat yaitu kacang, kentang, singkong, ubi jalar dan kunyit memiliki persentase kadar air sebesar 57% sedangkan pada sampel buah yaitu labu dan pisang persentase kadar air adalah 81%.

3.3 ANALISIS LOGAM BERAT DALAM BUAH DAN SAYURAN

3.3.1 ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT CADMIUM (Cd)



Gambar 1. Konsentrasi Logam Cd pada Buah dan Sayuran

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi Cd pada tanaman air seperti kangkung, bayam dan genjer berkisar antara 0,04–1,04 mg/kg, pada tanaman darat yaitu ubi jalar, singkong, kentang, kunyit dan kacang berkisar 0,01–0,47 mg/kg, sedangkan pada buah yaitu labu dan pisang konsentrasi Cd berkisar 0,20–0,41 mg/kg. Adapun jika dibandingkan dengan Baku Mutu BPOM RI No.23 tahun 2017 hanya terdapat 4 sampel konsentrasi Cd dibawah baku mutu yang diperbolehkan sebesar 0,05 mg/kg. Sampel tersebut antara lain ubi jalar putih dan kacang pada area A, sampel kacang pada area B, dan sampel kangkung 1 pada area C. Konsentrasi Cd pada sampel kontrol yang didapat dari pasar tradisional di daerah Bantul terlihat bahwa 9 dari 10 sampel terdeteksi memiliki nilai diatas standar baku mutu yang diperbolehkan berkisar antara 0,086–0,633 mg/kg. Sedangkan pada sampel kacang memiliki nilai dibawah baku mutu yaitu 0,021 mg/kg. Hal ini dapat disebabkan karena sayuran yang diperjualbelikan di pasar berasal dari berbagai daerah yang kemungkinan pada daerah tertentu memiliki kandungan Cd yang tinggi.

Kemampuan tanaman dalam menyerap logam Cd berbeda tergantung pada jenis tanaman dan sifat fisiologinya. Mekanisme serapan Cd pada akar tanaman dapat melalui dua cara yaitu pengambilan ion dari permukaan akar karena adanya perbedaan konsentrasi dan melalui aliran massa, yaitu ion dalam air bergerak menuju akar oleh transpirasi dan difusi. Dapat dilihat pada Gambar 1 sampel kangkung air 3 di area C, memiliki konsentrasi Cd tertinggi diantara sampel lainnya yaitu 1,04 mg/kg, sampel ini terletak di perkebunan dekat longsoran TPA dimana masih terdapat *leachate* disekitar area tersebut. Santoso *et al.* (2010) dalam penelitiannya mengatakan bahwa pengolahan *leachate* di TPA Gunung Tugel kurang optimal. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Banyumas (2006), debit *leachate* yang tertampung setiap harinya adalah 0,8988 m³/hari, sedangkan sebagian besar merembes ke tanah. Jenis tanah di TPA Gunung Tugel adalah ultisol sehingga memungkinkan *leachate* dapat merembes dan mencemari area sekitarnya.

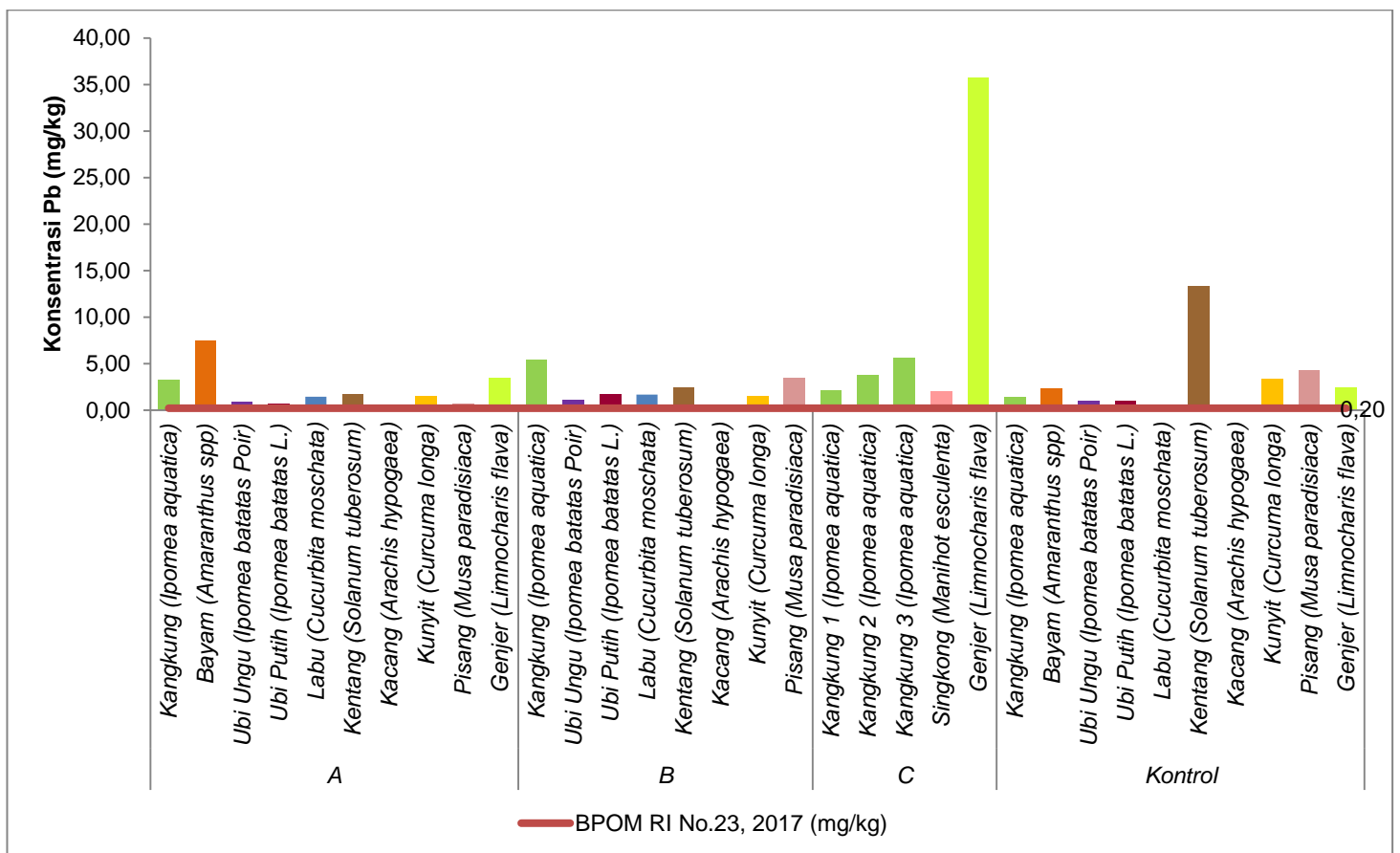
3.3.2 ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)

Hasil pengujian logam Pb dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini. Hasil pengujian logam Pb dapat dilihat konsentrasi Pb pada sampel buah dan sayuran cukup beragam. Pada sampel tanaman air yaitu kangkung genjer dan bayam berkisar antara 2,07–35,72 mg/kg, pada tanaman darat berupa ubi jalar, singkong, kentang, kunyit dan kacang konsentrasi Pb berkisar 0,002–2,47 mg/kg, sedangkan pada sampel buah yaitu labu dan pisang konsentrasi Pb berkisar 0,67–3,45 mg/kg. Apabila dibandingkan dengan baku mutu BPOM RI No.23 Tahun 2017 sampel pada area A, B dan C terdeteksi adanya logam Pb baik yang diatas baku mutu maupun dibawah baku mutu. Batas maksimum yang diperbolehkan dalam buah dan sayuran menurut BPOM RI No.23 Tahun 2017 yaitu sebesar 0,2 mg/kg. Terlihat pada area penelitian hanya sampel kacang pada area A dan B yang memiliki nilai dibawah standar baku mutu yaitu 0,002 mg/kg untuk kacang area A dan 0,09 mg/kg untuk kacang area B. Konsentrasi Pb tertinggi terdapat pada tanaman genjer di area C.

Pada sampel kontrol juga terdeteksi adanya konsentrasi Pb yaitu berkisar antara 0,10–13,35 mg/kg, menunjukkan bahwa konsentrasi Pb pada 9 dari 10 sampel kontrol melebihi baku mutu yang diperbolehkan sebesar 0,2 m/kg. Jika dibandingkan dengan penelitian tahun 2018, konsentrasi Pb pada terong ungu yang tumbuh di area TPA

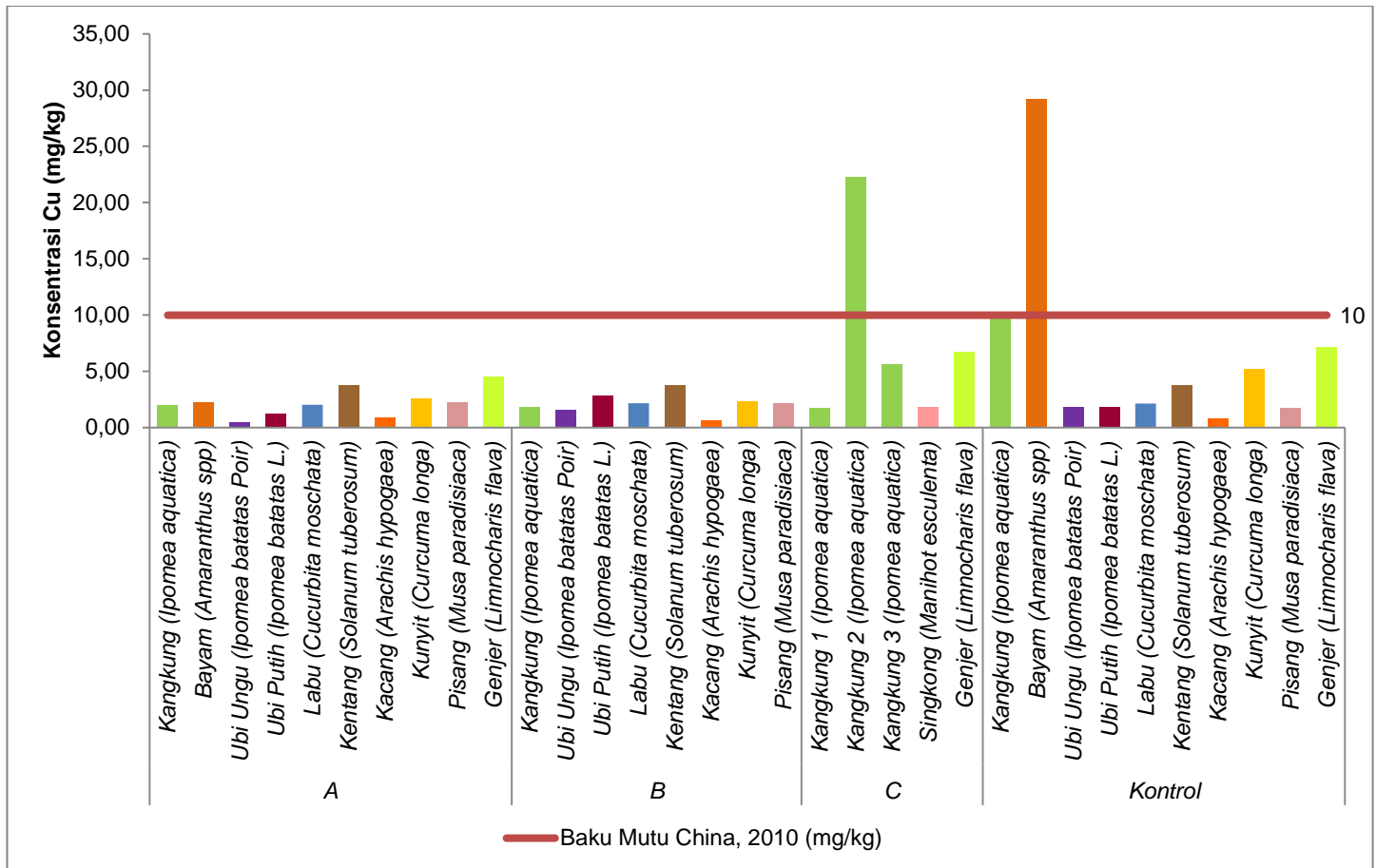
Gunung Tugel cukup tinggi berkisar 1,29–2,91mg/kg dan jika dibandingkan dengan penelitian di Medan konsentrasi Pb pada sayuran sawi, kangkung dan bayam terdeteksi sebesar 2–6 mg/kg. Penelitian dilakukan Haryati (2012), tanaman genjer mampu mengakumulasi logam Pb melalui akar dan menyebarkannya ke seluruh organ tubuhnya hingga ke daun.

Masuknya logam Pb di TPA dapat disebabkan karena adanya buangan limbah industri dimana limbah industri umumnya mengandung logam berat. Menurut Sutomo (2000), keberadaan Pb dalam TPA berasal dari industri seperti accu, baterai bekas, alat elektronik dan tinta pada kertas. Selain adanya potensi kontaminasi oleh *leachate*, tingginya konsentrasi Pb pada buah dan sayuran di sekitar TPA Gunung Tugel dapat disebabkan oleh akumulasi Pb di udara yang berasal dari emisi kendaraan bermotor karena letak area perkebunan juga berdekatan dengan jalan utama Gunung Tugel.



Gambar 2. Konsentrasi Logam Pb pada Buah dan Sayuran

3.3.3 ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu)



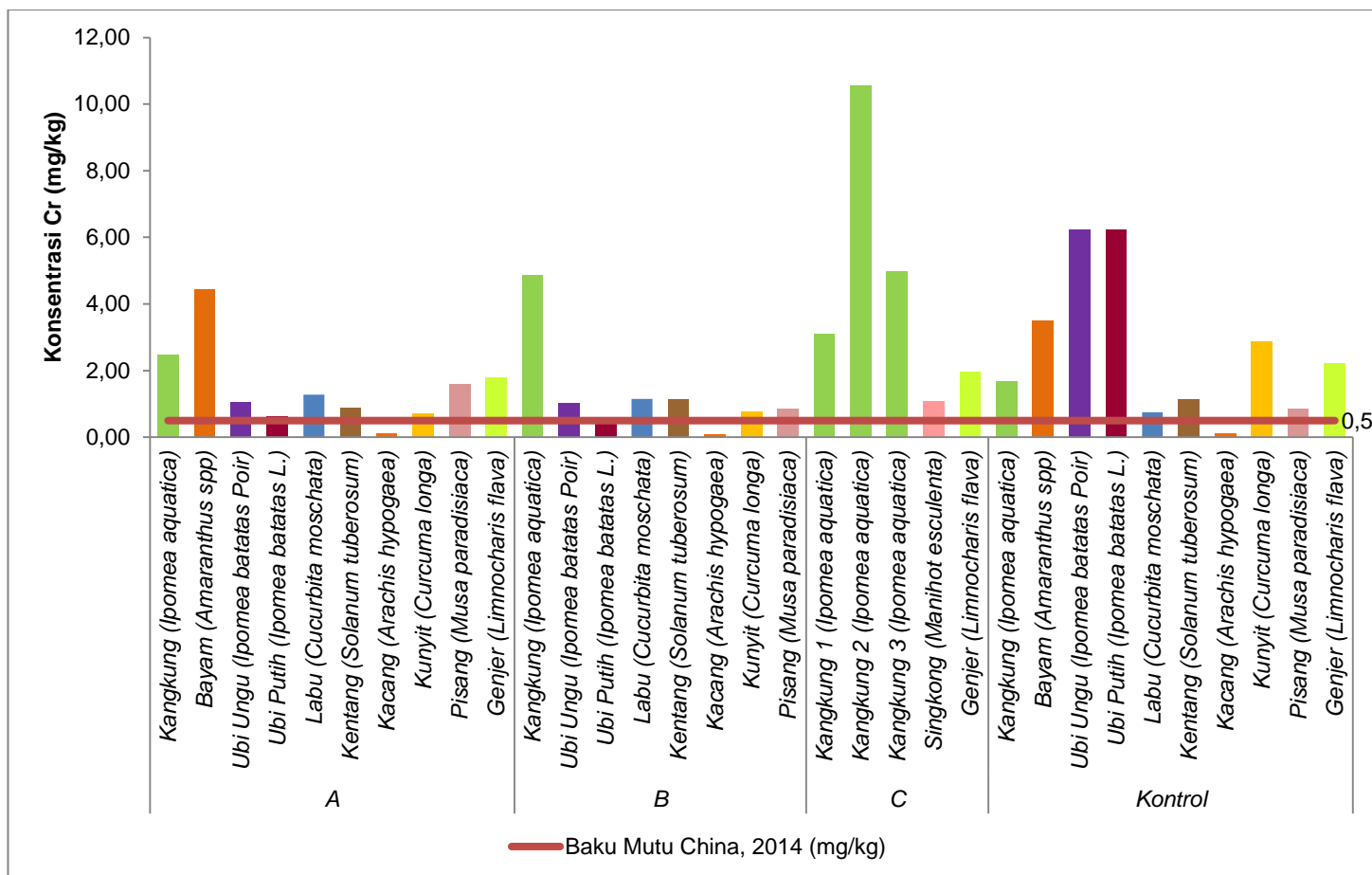
Gambar 3. Konsentrasi Logam Cu pada Buah dan Sayuran

Hasil pengujian Cu terlihat pada Gambar 3. Menunjukkan logam Cu terdeteksi pada semua sampel buah dan sayuran yang diambil, namun dengan nilai yang relatif dibawah baku mutu. Baku mutu yang digunakan dalam analisis logam Cu adalah *China's Maximum Levels for Contaminants in Foods 2010* dimana menurut peraturan tersebut batas maksimum logam Cu yang diizinkan pada buah dan sayuran sebesar 10 mg/kg. Konsentrasi Cu pada sampel tanaman air yaitu kangkung genjer dan bayam berkisar antara 1,75–22,25 mg/kg, pada tanaman darat berupa ubi jalar, singkong, kentang, kunyit dan kacang konsentrasi Cu berkisar 0,47–3,72 mg/kg, sedangkan pada sampel buah yaitu labu dan pisang konsentrasi Cu berkisar 2,02–2,25 mg/kg. Pada sampel kontrol juga terdeteksi adanya konsentrasi Cu yang relatif dibawah baku mutu yaitu berkisar antara 0,77–29,20 mg/kg. Konsentrasi Cu yang terdeteksi pada area penelitian relatif rendah, hanya terdapat 2 sampel yang nilainya berada diatas standar baku mutu *China's Maximum Levels for Contaminants in Foods 2010* yaitu sampel kangkung 2 pada area B dan sampel bayam pada sampel kontrol.

Tingginya kandungan Cu pada tanaman kangkung air dan bayam ini kemungkinan disebabkan oleh logam Cu lebih mudah diserap oleh tanaman air dibandingkan tanaman darat. Hal ini sesuai dengan penelitian Lusiani *et al.* (2017) pada penelitian ini didapat bahwa kangkung air lebih banyak menyerap logam Cu dibandingkan Pb

dikarenakan logam Cu lebih dibutuhkan dalam proses pertumbuhan tanaman kangkung air tersebut. Apabila melihat dari sistem *open dumping* pada TPA Gunung Tugel logam Cu dapat berasal dari infiltrasi air hujan yang telah bercampur dengan *leachate* dan masuk kedalam air tanah.

3.3.4 ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT KROMIUM (Cr)



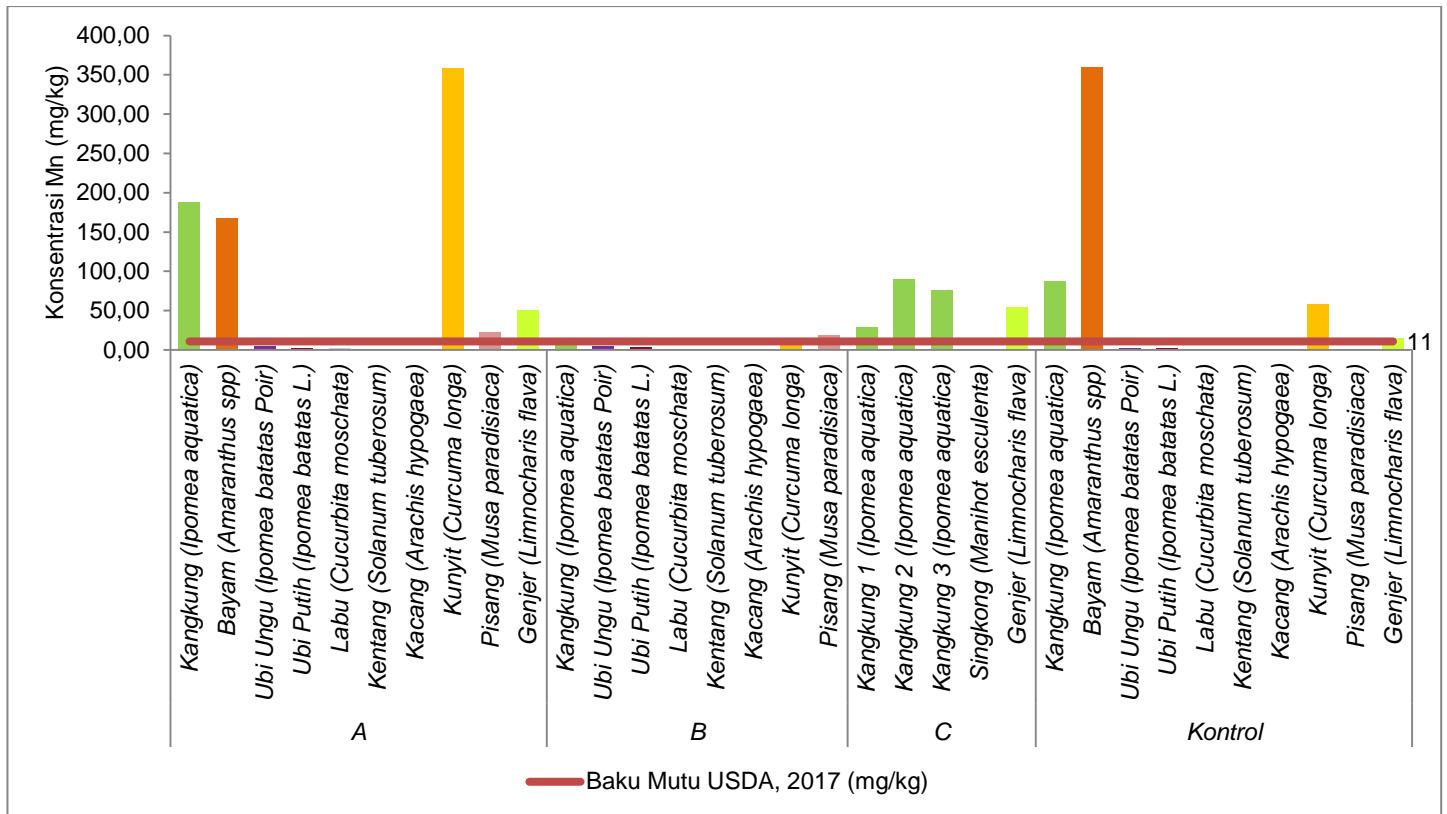
Gambar 4. Konsentrasi Logam Cr pada Buah dan Sayuran

Berdasarkan Gambar 4. hasil pengujian logam Cr, didapatkan konsentrasi Cr pada tanaman air seperti kangkung, bayam dan genjer berkisar antara 1,78–10,56 mg/kg, pada tanaman darat yaitu ubi jalar, singkong, kunyit, kentang, dan kacang berkisar 0,07–1,14 mg/kg, sedangkan pada buah yaitu pisang dan labu konsentrasi Cr berkisar 0,85–1,60 mg/kg. Adapun jika dibandingkan dengan Baku Mutu *China's Maximum Levels for Contaminants in Foods 2014* kandungan Cr pada area penelitian relatif tinggi terlihat dari kandungan Cr yang melebihi standar baku mutu yaitu sebesar 0,5 mg/kg. Konsentrasi Cr tertinggi terdapat pada tanaman kangkung air di area C. Sedangkan pada sampel kontrol konsentrasi Cr juga melebihi batas baku mutu yang diperbolehkan. Konsentrasi Cr pada sampel kontrol berkisar 0,10–6,22 mg/kg.

Proses penyerapan Cr kedalam tanaman tidak memiliki mekanisme khusus, logam Cr terserap melalui jalur yang dilalui oleh penyerapan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Oleh karena itu ada kemungkinan adanya kontaminasi Cr dari *leachate* yang

terakumulasi dalam tanah. Kisaran normal kromium di alam mulai dari 10 hingga 50 mg/kg tergantung dari material induknya (Akinci dan Akinci, 2010). Pada tanaman akumulasi logam Cr berbeda-beda pada setiap jaringannya. Seperti pada bagian akar mengakumulasi Cr 10–100 kali lebih banyak dibandingkan tunas dan jaringan lainnya.

3.3.5 ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT MANGAN (Mn)

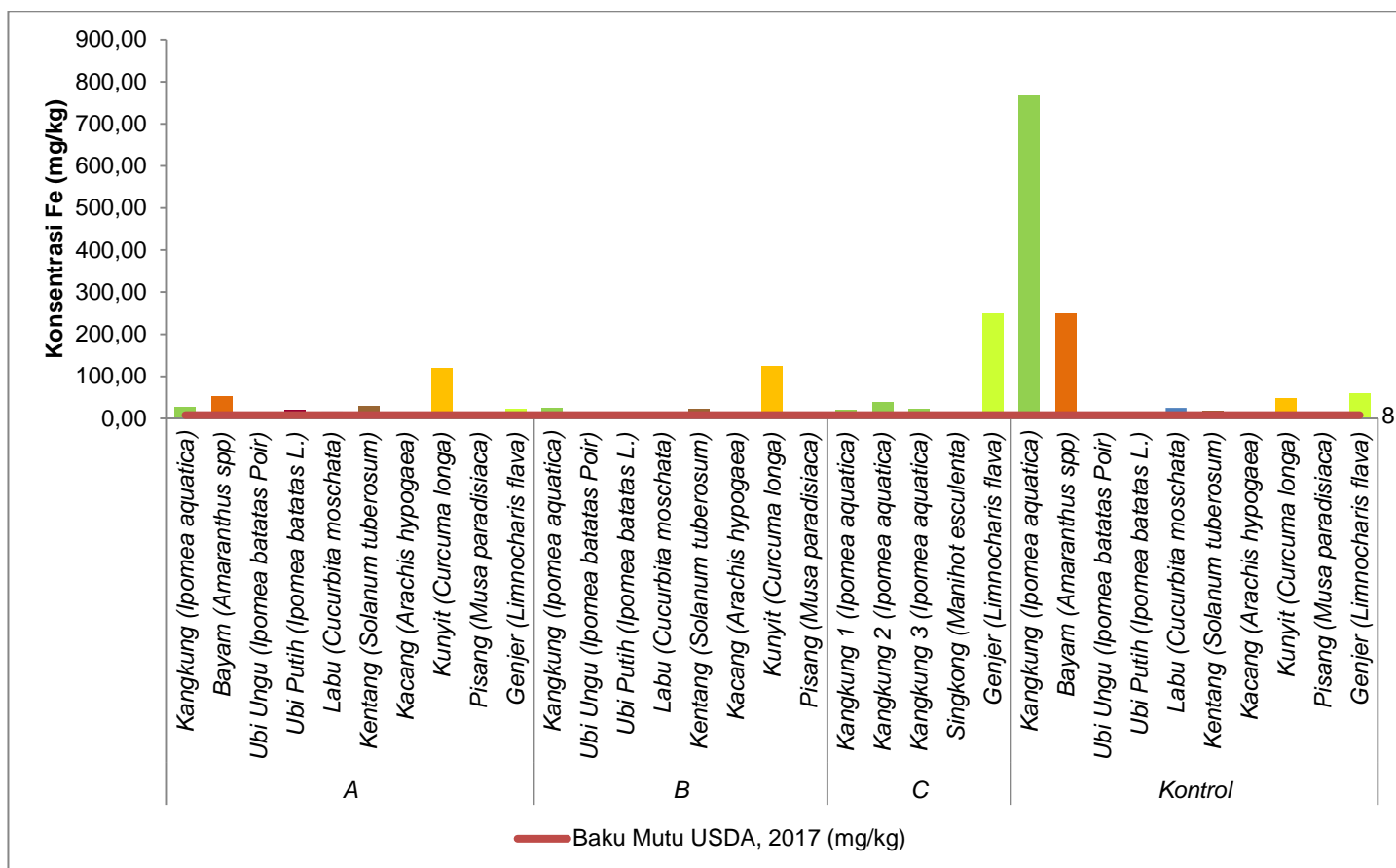


Gambar 5. Konsentrasi Logam Mn pada Buah dan Sayuran

Hasil pengujian logam Mn pada buah dan sayuran dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat kandungan Mn di area perkebunan relatif rendah dan berada dibawah baku mutu. Konsentrasi logam Mn pada sampel tanaman air yaitu kangkung, bayam dan genjer berkisar antara 28,77–359,47 mg/g, pada sampel tanaman darat berupa kacang, kunyit, ubi jalar, singkong dan kentang konsentrasi Mn berkisar antara 0,48–358,40 mg/kg, sedangkan pada buah labu dan pisang konsentrasi Mn berkisar antara 0,63–22,43 mg/kg. Adapun baku mutu yang digunakan dalam menganalisis logam Mn adalah *USDA Food Composition Databases 2017* dimana menurut peraturan ini kadar maksimum Mn yang diperbolehkan pada buah dan sayuran sebesar 11 mg/kg. Jika dibandingkan dengan baku mutu sampel buah dan sayuran pada daerah penelitian dan sampel kontrol menunjukkan nilai relatif rendah atau dibawah baku mutu, namun untuk beberapa sampel yaitu kangkung, bayam, genjer dan kunyit terdeteksi konsentrasi Mn diatas baku mutu. Tingginya nilai konsentrasi logam Mn pada bayam kemungkinan disebabkan karena dalam jaringan daun bayam memiliki protein dengan gugus aktif NH_2 yang tinggi. Gugus NH_2 merupakan senyawa yang dapat mengikat logam.

Jika dibandingkan dengan penelitian pada tahun 2017 di area pertanian TPA Gunung Tugel kandungan Mn relatif tinggi berkisar antara 18,72–50,56 mg/kg. Apabila melihat hasil penelitian ini terdapat kenaikan konsentrasi logam Mn dari tahun 2017. Pada penelitian di Sumatera Barat kandungan rata-rata Mn pada sayuran berkisar antara 9,74–76,55 mg/kg. Tingginya kandungan Mn pada beberapa sampel sayuran dapat berasal dari air lindi TPA yang terakumulasi di air permukaan. Selain itu oksidasi oleh bakteri pengoksidasi mangan yang aktif berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi logam Mn di tanah.

3.3.6 ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT BESI (Fe)

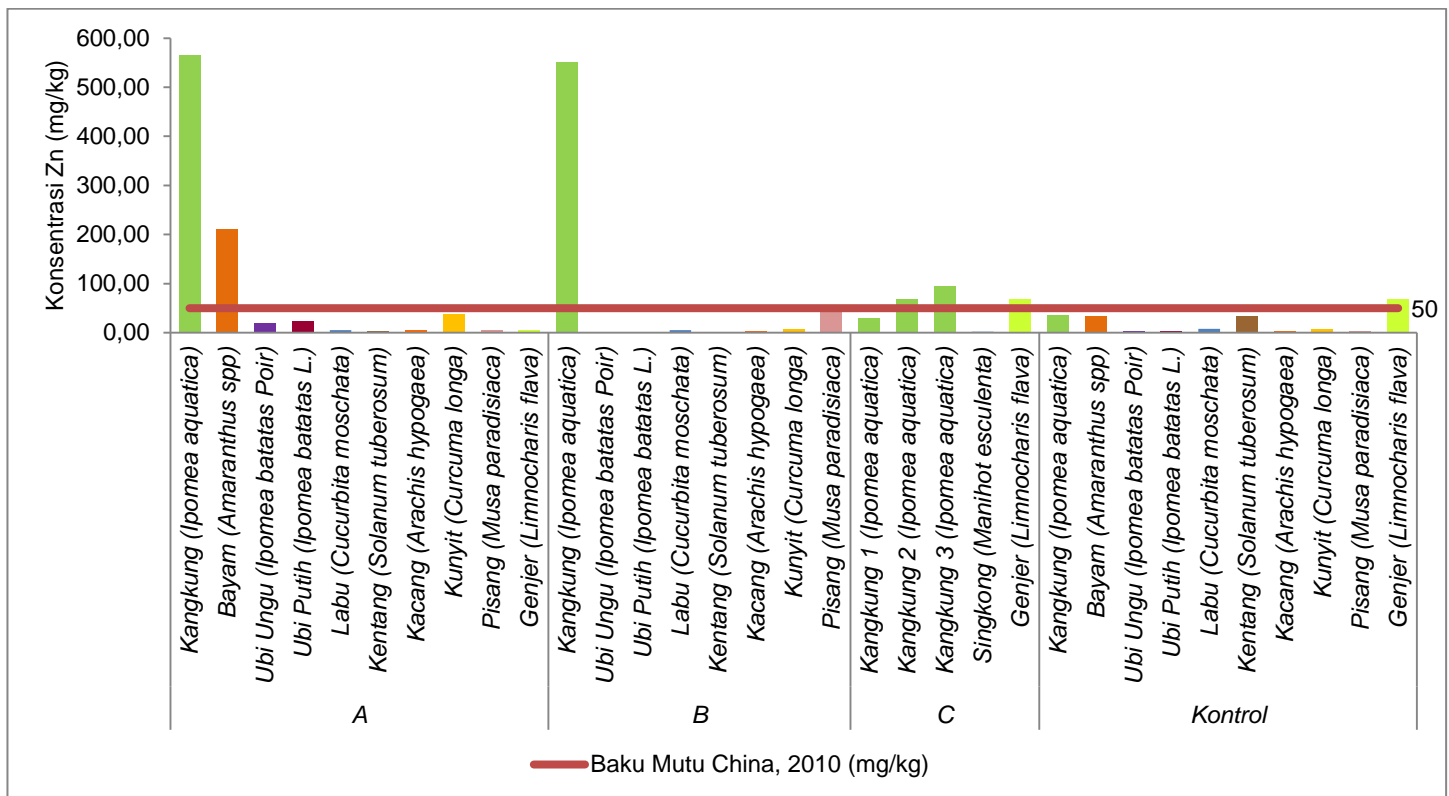


Gambar 6. Konsentrasi Logam Fe pada Buah dan Sayuran

Berdasarkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada Gambar 6 diatas menunjukkan kandungan Fe yang bervariasi pada setiap sampel. Pada sampel tanaman air yaitu kangkung, bayam dan genjer konsentrasi Fe relatif tinggi berkisar antara 20,80–249,47 mg/kg. Pada sampel tanaman darat yaitu kacang, kentang, ubi jalar, singkong dan kunyit konsentrasi Fe berkisar 1,37–124,15 mg/kg. Sedangkan pada sampel buah pisang dan labu berkisar 7,38–15,98 mg/kg. Jika dibandingkan dengan baku mutu *USDA Food Composition Databases tahun 2017*, dari ketiga area hanya beberapa sampel saja yang memiliki kandungan Fe dibawah baku mutu yaitu sampel kacang, pisang dan ubi jalar dengan konsentrasi sebesar 1,372–4,172 mg/kg. Pada sampel kontrol konsentrasi Fe juga terlihat relatif tinggi.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian pada tahun 2017 logam Fe yang terdeteksi pada sampel hasil pertanian di TPA Gunung Tugel berkisar antara 13,87–61,46 mg/kg. Penelitian serupa juga dilakukan di Serpong dengan hasil konsentrasi Fe pada jenis sayuran kangkung, bayam dan seledri terdeteksi cukup tinggi yaitu diatas 200 mg/kg. Tingginya konsentrasi Fe pada area penelitian dapat disebabkan oleh kontaminasi air lindi.

3.3.7 ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT SENGG (Zn)



Gambar 7. Konsentrasi Logam Zn pada Buah dan Sayuran

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 7 dapat dilihat konsentrasi Zn pada tanaman air yaitu bayam, kangkung dan genjer memiliki nilai yang relatif tinggi yaitu sebesar 5,119–564,897 mg/kg dan melebihi ambang batas yang diizinkan menurut *China's Maximum Levels for Contaminants in Foods 2010* yaitu sebesar 50 mg/kg. Sedangkan pada sampel tanaman darat dan buah konsentrasi logam Zn terdeteksi namun nilainya dibawah baku mutu yang diizinkan. Jauh berbeda apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya pada tahun 2018 dengan nilai Zn pada sampel sayur relatif rendah yaitu sebesar 1,32–0,75 mg/kg. Namun jika dibandingkan dengan penelitian pada tahun 2017 logam Zn pada area pertanian TPA Gunung Tugel terdeteksi tinggi yaitu sebesar 87,27–272,22 mg/kg. Penelitian lain juga dilakukan di Serpong dengan konsentrasi Zn pada sayuran kangkung, seledri dan bunga kol berkisar 50–100 mg/kg. Sedangkan pada sampel tanaman darat serta buah logam Zn terdeteksi rendah yaitu sebesar 1,408–48,29 mg/kg berada dibawah standar baku

mutu. Sumber logam seng pada TPA dapat berasal dari sampah bekas baterai dan barang-barang elektronik.

3.4 POTENSI RISIKO LINGKUNGAN

Analisa risiko diperlukan untuk menentukan dosis *risk agent* logam berat yang diterima individu khususnya masyarakat di sekitar area TPA Gunung Tugel sebagai asupan atau intake, sehingga dapat menjadi kajian dampak lingkungan terhadap kesehatan masyarakat. Masyarakat TPA Gunung Tugel memiliki rentang usia yang beragam sehingga pada estimasi risiko ini dibedakan menjadi dua yaitu usia dewasa (diatas 20 tahun) dan usia anak-anak (5-12 tahun). Dengan estimasi berat badan untuk dewasa yaitu 55 kg dan anak-anak 15 kg

Dalam perhitungan analisis risiko ini hasil perkebunan yang didapat dari area sekitar TPA Gunung Tugel dibagi menjadi 4 kelompok bahan pangan yaitu sayuran yang terdiri dari kangkung, bayam dan genjer; kelompok umbi terdiri dari ubi jalar ungu, ubi jalar putih, kunyit, kentang dan singkong; kelompok kacang yaitu kacang tanah; dan kelompok buah yaitu labu dan pisang. Pembagian kelompok ini didasarkan oleh konsumsi makanan/orang/hari karena setiap bahan pangan memiliki rerata konsumsi yang berbeda. Berikut adalah rerata konsumsi umbi, kacang, sayur dan buah per orang per hari menurut kelompok umur di Indonesia tahun 2014 :

Tabel 3 Rerata konsumsi per orang per hari menurut kelompok umur

Kelompok Umur	Bahan makanan			
	Umbi dan olahannya (gram)	Kacang dan olahannya (gram)	Sayur dan olahannya (gram)	Buah dan olahannya (gram)
Anak-anak	23,9	39,3	34,0	26,0
Dewasa	28,8	60,8	64,5	36,8

Sumber : SDT, 2014

Berikut ini adalah estimasi tingkat risiko nonkarsinogenik pada orang dewasa dengan perhitungan *Risk Quotient (RQ)* untuk konsumsi buah dan sayuran di area TPA Gunung Tugel :

Tabel 4 Estimasi Tingkat Risiko Nonkarsinogenik pada Orang Dewasa

Parameter Logam Berat	Bahan Pangan	Rata-rata LB (mg/kg)	R Makanan (kg/hari)	RfD (mg/kg.d)	Intake (mg/kg/hari)	RQ
Cd	Sayuran	0,44	0,064	0,001	0,00052	0,6463
	Umbi	0,21	0,028		0,00011	0,1320
	Kacang	0,02	0,060		0,00002	0,0304
	Buah	0,30	0,036		0,00019	0,2425
Pb	Sayuran	10,35	0,064	0,0036	0,01204	3,3448

	Umbi	1,55	0,028		0,00011	0,0293
	Kacang	0,05	0,060		0,00002	0,0068
	Buah	1,81	0,036		0,00118	0,3288
Cu	Sayuran	5,89	0,064	0,141	0,00686	0,0486
	Umbi	2,20	0,028		0,00011	0,0007
	Kacang	0,73	0,060		0,00002	0,0002
	Buah	2,14	0,036		0,00140	0,0100
Cr	Sayuran	3,83	0,064	0,003	0,00446	1,4860
	Umbi	0,89	0,028		0,00011	0,0352
	Kacang	0,09	0,060		0,00002	0,0081
	Buah	1,22	0,036		0,00080	0,2661
Mn	Sayuran	99,15	0,064	0,156	0,11538	0,7396
	Umbi	38,39	0,028		0,00011	0,0007
	Kacang	0,60	0,060		0,00002	0,0002
	Buah	10,91	0,036		0,00714	0,0458
Fe	Sayuran	71,12	0,064	0,7	0,08276	0,1182
	Umbi	36,40	0,028		0,00011	0,0002
	Kacang	1,90	0,060		0,00002	0,00003
	Buah	11,60	0,036		0,00759	0,0108
Zn	Sayuran	169,52	0,064	0,566	0,19726	0,3485
	Umbi	10,10	0,028		0,00011	0,0002
	Kacang	4,72	0,060		0,00002	0,00004
	Buah	16,22	0,036		0,01062	0,0188
RQ Sayuran					6,73	
RQ Umbi					0,19	
RQ Kacang					0,04	
RQ Buah					0,92	
RQ _{Total}					7,89	

Hasil pengukuran *Risk Quotient* logam berat melalui konsumsi buah dan sayuran serta indeks bahaya total (RQ_{Total}) ditunjukkan pada Tabel 4 dimana untuk orang dewasa dengan berat badan rata-rata 55 kg dan durasi pajanan seumur hidup 30 tahun, *Risk Quotient* logam berat dalam bahan pangan adalah Sayuran>Buah>Umbi>Kacang dengan nilai RQ berturut-turut 6,73; 0,92; 0,19 dan 0,04. Hasil perhitungan menunjukkan nilai RQ sayuran > 1 yang bermakna *unacceptable* atau tidak aman. Sedangkan pada konsumsi buah, umbi dan kacang memiliki nilai RQ < 1 yang bermakna masih dibawah batas aman dengan asumsi bahwa pajanan berasal dari salah satu bahan makanan (buah atau umbi atau kacang) saja. Namun besar kemungkinan keempat bahan makanan tersebut secara bersamaan dikonsumsi penduduk setiap harinya, sehingga dapat disimpulkan bahwa berdasarkan perhitungan

tingkat resiko nonkarsinogenik pada responden dewasa dengan berat badan 55 kg yang telah terpajan selama 30 tahun secara ingesti bersifat *unacceptable* atau tidak aman dengan $RQ_{Total} > 1$ atau sebesar 7,89.

Tingkat risiko nonkarsinogenik juga dihitung pada anak-anak. Anak-anak merupakan responden yang rentan terpapar risiko kesehatan akibat logam berat, hal ini disebabkan karena kepekaan dan tingkat penyerapan dalam saluran pencernaan anak-anak lebih besar. Anak-anak yang tinggal di sekitar area TPA Gunung Tugel memiliki rentang usia 5-12 tahun dengan estimasi berat badan 15 kg. Berikut adalah estimasi tingkat risiko nonkarsinogenik pada anak-anak dengan perhitungan *Risk Quotient (RQ)* untuk konsumsi buah dan sayuran di area TPA Gunung Tugel :

Tabel 5 Estimasi Tingkat Risiko Nonkarsinogenik pada Anak-anak

Parameter Logam Berat	Bahan Pangan	Rata-rata LB (mg/kg)	R Makanan (kg/hari)	RfD (mg/kg.d)	Intake (mg/kg/hari)	RQ
Cd	Sayuran	0,44	0,034	0,001	0,00101	1,259
	Umbi	0,21	0,024		0,00033	0,415
	Kacang	0,02	0,039		0,00006	0,072
	Buah	0,30	0,026		0,00051	0,642
Pb	Sayuran	10,35	0,034	0,0036	0,02346	6,515
	Umbi	1,55	0,024		0,00033	0,092
	Kacang	0,05	0,039		0,00006	0,016
	Buah	1,81	0,026		0,00313	0,871
Cu	Sayuran	5,89	0,034	0,111	0,01336	0,120
	Umbi	2,20	0,024		0,00033	0,003
	Kacang	0,73	0,039		0,00006	0,001
	Buah	2,14	0,026		0,00372	0,033
Cr	Sayuran	3,83	0,034	0,003	0,00868	2,895
	Umbi	0,89	0,024		0,00033	0,111
	Kacang	0,09	0,039		0,00006	0,019
	Buah	1,22	0,026		0,00211	0,705
Mn	Sayuran	99,15	0,034	0,122	0,16121	1,842
	Umbi	38,39	0,024		0,00033	0,003
	Kacang	0,60	0,039		0,00006	0,0005
	Buah	10,91	0,026		0,01891	0,155
Fe	Sayuran	71,12	0,034	0,7	0,16121	0,230
	Umbi	36,40	0,024		0,00033	0,0005
	Kacang	1,90	0,039		0,00006	0,0001
	Buah	11,60	0,026		0,02011	0,029
Zn	Sayuran	169,52	0,034	0,476	0,38424	0,807
	Umbi	10,10	0,024		0,00033	0,001
	Kacang	4,72	0,039		0,00006	0,0001

	Buah	16,22	0,026		0,02812	0,059
				RQ Sayuran	13,66	
				RQ Umbi	0,62	
				RQ Kacang	0,10	
				RQ Buah	2,49	
				RQTotal	16,89	

Hasil perhitungan *Risk Quotient* logam berat melalui konsumsi buah dan sayuran pada anak-anak ditunjukkan pada Tabel 5 dimana nilai *Risk Quotient* logam berat dalam bahan pangan adalah Sayuran>Buah>Umbi>Kacang dengan nilai RQ berturut-turut 13,66; 2,49; 0,62 dan 0,10. Hasil perhitungan menunjukkan nilai RQ sayuran dan buah > 1 yang bermakna *unacceptable* atau tidak aman. Sedangkan pada umbi dan kacang memiliki nilai RQ < 1 yang bermakna masih dibawah batas aman. Namun nilai RQ_{Total} pada anak-anak tinggi yaitu 16,89 atau > 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa berdasarkan perhitungan tingkat resiko nonkarsinogenik pada responden anak-anak dengan berat badan 15 kg yang telah terpajan selama 6 tahun secara ingesti bersifat *unacceptable* atau tidak aman.

Selain menganalisis tingkat risiko kesehatan nonkarsinogenik, juga dilakukan analisis tingkat risiko kesehatan karsinogenik. Beberapa logam berat memiliki sifat karsinogenik pada makhluk hidup antara lain kadmium (Cd), kromium (Cr), timbal (Pb), arsen (As), nikel (Ni), dan lainnya. Adapun logam berat seperti mangan (Mn), besi (Fe), tembaga (Cu) dan seng (Zn) tidak ditemukan data yang menyebutkan logam tersebut termasuk sebagai logam karsinogenik pada manusia. Sehingga pada analisis tingkat risiko kesehatan karsinogenik ini logam berat yang akan dianalisis hanya kadmium (Cd), kromium (Cr), dan timbal (Pb). Analisis juga dilakukan pada responden dewasa dan anak-anak dengan estimasi berat 55 kg untuk orang dewasa dan 15 kg untuk anak-anak. Berikut adalah estimasi tingkat risiko karsinogenik pada orang dewasa dan anak-anak dengan perhitungan *Excess Cancer Risk (ECR)* untuk konsumsi buah dan sayuran di area TPA Gunung Tugel :

Tabel 6 Estimasi Tingkat Risiko Karsinogenik pada Orang Dewasa dan Anak-anak

Parameter Logam Berat	Jenis Asupan	Rata-rata LB (mg/kg)	Usia	CSF (mg/kg.day)	R Makanan (kg/hari)	Intake (mg/kg/hari)	ECR
Cd	Sayuran	0,44	Dewasa	0,380	0,064	0,00022	8,4,E-05
			Anak-anak		0,034	0,00009	3,3,E-05
	Umbi	0,21	Dewasa		0,028	0,00005	1,7,E-05
			Anak-anak		0,024	0,00003	1,1,E-05
	Kacang	0,02	Dewasa		0,060	0,00001	4,0,E-06
			Anak-anak		0,039	0,00000	1,9,E-06
Buah	0,30	Dewasa	0,036	0,00008	3,2,E-05		
		Anak-anak	0,026	0,00004	1,7,E-05		
Pb	Sayuran	10,35	Dewasa	0,0085	0,064	0,00516	4,4,E-05
			Anak-anak		0,034	0,00201	1,7,E-05
	Umbi	1,55	Dewasa		0,028	0,00034	2,9,E-06

			Anak-anak		0,024	0,00021	1,8,E-06		
	Kacang	0,05	Dewasa		0,060	0,00002	1,9,E-07		
			Anak-anak		0,039	0,00001	9,2,E-08		
	Buah	1,81	Dewasa		0,036	0,00051	4,3,E-06		
			Anak-anak		0,026	0,00027	2,3,E-06		
Cr	Sayuran	3,83	Dewasa	0,5	0,064	0,00191	9,6,E-04		
			Anak-anak		0,034	0,00074	3,7,E-04		
	Umbi	0,89	Dewasa		0,028	0,00019	9,7,E-05		
			Anak-anak		0,024	0,00012	6,1,E-05		
	Kacang	0,09	Dewasa		0,060	0,00004	2,1,E-05		
			Anak-anak		0,039	0,00002	1,0,E-05		
	Buah	1,22	Dewasa		0,036	0,00034	1,7,E-04		
			Anak-anak		0,026	0,00018	9,1,E-05		
	Total							2,1,E-03	

Hasil perhitungan menunjukkan nilai ECR pada logam Cd, Pb, dan Cr untuk setiap bahan makanan pada responden dewasa dan anak-anak, $ECR \leq E-4$ (10^{-4}) bermakna acceptable atau aman, tidak menimbulkan efek karsinogenik. Namun nilai ECR_{Total} melebihi ambang batas aman yaitu $2,1,E-03$ atau $ECR \geq E-4$, dapat disimpulkan bahwa apabila di dalam bahan makanan terkandung logam Cd, Pb, dan Cr, dengan konsumsi secara bersamaan setiap hari maka dapat menimbulkan efek karsinogenik pada responden dewasa maupun anak-anak, atau dapat diinterpretasikan pajanan logam berat Cd, Pb, dan Cr secara ingesti pada responden dewasa dengan berat badan 55 kg dan anak-anak dengan berat badan 15 kg, *unacceptable* atau tidak aman untuk frekuensi pajanan 365 hari/tahun dan terdapat 2,1 orang yang beresiko terkena kanker pada 1000 orang populasi di TPA Gunung Tugel.

Tingkat risiko kesehatan nonkarsinogenik dan karsinogenik masyarakat akibat konsumsi buah dan sayuran di sekitar TPA Gunung Tugel melebihi batas aman dapat disebabkan oleh laju asupan, frekuensi pajanan dan konsentrasi logam berat pada bahan makanan. Sehingga dapat dilakukan pengelolaan risiko dengan mengurangi konsumsi bahan makanan terutama sayuran kangkung, bayam dan genjer dan buah pisang serta labu yang ditanam di sekitar area TPA dengan estimasi pengurangan < laju konsumsi per orang per hari (Tabel 3) atau mengurangi frekuensi konsumsi sayuran dengan tidak setiap hari mengonsumsi sayuran yang berasal dari area perkebunan sekitar TPA Gunung Tugel.

3.5 Pengendalian Pencemaran Logam Berat Terhadap Risiko Kesehatan

Terdapat beberapa rekomendasi pengendalian pencemaran logam berat dalam bahan makanan diantaranya dapat dimulai dari penurunan pencemaran logam berat pada lahan perkebunan disekitar area TPA dengan pengelolaan *leachate* TPA. menggunakan Biomassa *Sargassum cinereum*. Santoso *et al* (2010) bahwa biosorpsi logam Cd pada *leachate* TPA Gunung Tugel menggunakan Biomassa *Sargassum cinereum* berpengaruh terhadap penurunan Cd. Semakin bertambahnya biomassa, logam Cd yang teradsorpsi akan meningkat hingga mengalami kejenuhan, hingga titik optimum dalam mengadsorpsi Cd sebesar 38,936% dengan 400 mg biomassa. Selain itu pengendalian pencemaran logam dapat dilakukan dengan fitoremediasi. Tanaman

yang secara efisien dapat digunakan dalam proses fitoremediasi yaitu golongan tanaman hiperakumulator yaitu tanaman yang memiliki kemampuan untuk menyerap logam di dalam organnya dengan kadar yang tinggi. Beberapa tanaman yang dapat mengikat logam berat antara lain eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) dan tanaman jengger ayam (*Celosia cristata*). Pencucian dan Pengolahan Bahan Pangan Sebelum Dikonsumsi

Disisi lain proses pencucian dan pengolahan pada bahan pangan sebelum dikonsumsi dapat menjadi salah satu pilihan dalam penurunan logam berat pada bahan pangan. Adanya pengaruh pemasakan pada sayuran seperti proses perebusan dan penumisan pada suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$ dapat menyebabkan logam berat yang ada pada jaringan tanaman terurai bersama uap air atau larut bersama air yang mendidih. Selain itu, pengendalian tingkat risiko kesehatan pada bahan pangan dapat dilakukan dengan mengurangi laju konsumsi dan frekuensi konsumsi bahan makanan yang ditanam di sekitar area TPA Gunung Tugel.

4. KESIMPULAN

1. Buah dan sayuran di sekitar area perkebunan TPA Gunung Tugel Kabupaten Banyumas mengandung logam berat. Kandungan logam berat pada beberapa buah dan sayuran melebihi Baku Mutu BPOM RI No. 23 Tahun 2017, *China's National Food Safety Standard of Maximum Level of Contaminants in Foods 2010 and 2014*, dan *USDA Food Composition Databases 2017*.
2. Hasil perhitungan estimasi tingkat risiko kesehatan nonkarsinogenik dan karsinogenik pada responden dewasa dan anak-anak akibat mengonsumsi buah dan sayuran di sekitar area TPA *unacceptable* atau beresiko menimbulkan gangguan kesehatan. Tingginya konsentrasi logam berat pada bahan makanan dan laju serta frekuensi konsumsi, terutama konsumsi sayuran.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Akinci, I. E. and S. Akinci. 2010. **Effect of chromium toxicity on germination and early seedling growth in melon (*Cucumis melo L*)**. African Journal of Biotechnology. 9 (29) : 4589-4594.
- Damanhuri, Enri dan Padmi, Tri. 2016. **Pengelolaan Sampah Terpadu Edisi Pertama**. Bandung : Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Health Canada. 2004. Federal Contaminated Site Risk Assessment In Canada. 2004. **Part III: Guidance On Peer Review Of Human Health Risk Assessments For Federal Contaminated Sites In Canada**. Environmental Health Assessment Services Safe Environments Programme. Canada.
- Health Canada. 2007 (draft). Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada. **Part II: Health Canada Toxicological Reference Values (TRVs)**. Version 2.0. Canada.

Santoso, S., S. Lestari, D. S. Windyartini. 2010. **Biosorpsi Kadmium pada Leacheate TPA Gunung Tugel Menggunakan Biomassa Sargassum cinereum**. Biosfera 27 (3) September 2010: 126-132.

SNI 01-2896-1998, **Cara Uji Cemaran Logam dalam Makanan**.
SNI 13-6974-2003, **Penentuan kadar Pb, Cu, Zn, Fe, Mn, dan Cd dengan spektrofotometer serapan atom (SSA)**.

United States Environmental Protection Agency (US EPA) region III. 2007. **RBCs Table** . <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/index.htm>