

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Konsentrasi Logam Berat

Perembesan air lindi melalui kapiler-kapiler air dalam tanah dapat mencemari sumber air tanah. Air lindi dari sampah TPA dapat merembes masuk ke dalam tanah yang nantinya akan menyebabkan air tanah yang ada di sekitar TPA terkontaminasi oleh bahan pencemar. Jika logam berat dari air lindi ini sudah mencemari air tanah maka akan mencemari sumur-sumur penduduk disekitar TPA yang umumnya digunakan oleh warga untuk kepentingan sehari-hari seperti konsumsi air minum.

Pada penelitian ini parameter logam berat yang diuji adalah Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn dan Pb. Sampel didestruksi kemudian dibaca konsentrasi logam beratnya menggunakan AAS. Hasil uji logam berat pada air sumur ini akan dijadikan salah satu faktor penentu adanya korelasi antara hubungan konsumsi air minum penduduk setempat terhadap kadar logam berat pada rambut dan kuku.

Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa konsentrasi Cu pada air tanah disekitar TPA berkisar antara 0,00023 mg/L – 0,74433 mg/L dengan nilai rerata sebesar 0,042655 mg/L. Apabila dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 diketahui bahwa seluruh air tidak ada yang melebihi bakumutu sebesar 2 mg/L.

Konsentrasi Fe pada air tanah disekitar TPA berkisar antara 0,02438 mg/L – 28,18740 mg/L dengan nilai rerata sebesar 0,8553 mg/L. Apabila dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 diketahui bahwa terdapat 3 titik sampling yang melebihi bakumutu yaitu pada AS 2, AS 8 dan AS 18 dengan nilai batas maksimum Fe yang diperbolehkan 0,3 mg/L.

Konsentrasi Zn berkisar antara 0,07180 mg/L - 3,93485 mg/L dengan nilai rerata pada Zn sebesar 0,7070 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 terdapat 4 titik sumur yang melebihi baku mutu, yaitu pada titik AS 5, AS 7, AS AS 15, dan AS 17.

Konsentrasi Cr pada penelitian air tanah di sekitar TPA Gunung Tugel berkisar 0,00038 mg/L – 0,01688 mg/L, dengan nilai rerata sebesar 0,010092 mg/L. Jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tidak ada satupun titik sampel di sekitar TPA Gunung Tugel yang melebihi batas baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 0,05 mg/L.

Konsentrasi Mn berkisar antara 0,0012 mg/L sampai dengan 0,5160 mg/L, dengan nilai rerata sebesar 0,05365 mg/L. Jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 terdapat 1 titik sampel yang melebihi baku mutu yaitu pada AS 22, dengan nilai baku mutu sebesar 0,4 mg/L.

Konsentrasi logam berat Cd pada air tanah disekitar TPA Gunung Tugel berkisar antara 0.00746 – 0.01054 mg/L dengan rata-rata 0.0093 mg/L. Berdasarkan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 kelas I kadar maksimum Cd yang diperbolehkan sebesar 0,003 mg/L sehingga dari keseluruhan data melebihi baku mutu yang ditetapkan. Sedangkan untuk kandungan logam berat Pb di seluruh titik sampling air tanah melebihi baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 sebesar 0,01 mg/L.

4.2 Karakteristik Responden

Deskripsi karakteristik responden digunakan untuk menguraikan atau memberikan gambaran mengenai identitas dan keragaman responden dalam penelitian ini. Adapun yang dimaksud dengan responden adalah warga atau masyarakat yang bermukim disekitar TPA Gunung Tugel Kabupaten Banyumas yang bersedia dijadikan objek penelitian dan diambil sampel rambut atau kukunya. Karakteristik responden dalam penelitian ini terbagi menjadi tiga karakteristik responden, yang terdiri dari jenis kelamin, usia, dan tingkat pendidikan.

4.2.1 Karakteristik responden berdasarkan jenis kelamin

Keragaman responden berdasarkan jenis kelamin dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1 Karakteristik Responden berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Jumlah	Persentase
Laki-laki	12 orang	27,3%
Perempuan	32 orang	72,7%
Total	44 orang	100%

Sumber : Data Primer

Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui bahwa responden dalam penelitian ini yang paling banyak adalah perempuan yaitu sebanyak 32 orang atau 72,7%. Sedangkan responden laki-laki hanya 12 orang atau 27,3%. Hal tersebut dikarenakan waktu pengambilan sampel yang dilakukan pada pagi hingga siang hari, perempuan lebih sering berada di rumah dibandingkan dengan laki-laki yang pada umumnya lebih banyak beraktivitas diluar rumah pada saat proses pengambilan sampel dilakukan.

4.2.2 Karakteristik responden berdasarkan usia

Deskripsi responden berdasarkan usia menguraikan atau memberikan gambaran mengenai usia responden yang diambil sampel rambut atau kukunya dalam penelitian ini. Karakteristik responden berdasarkan usia disajikan sebagai berikut :

Tabel 4.2 Karakteristik Responden berdasarkan Usia Responden

Usia Responden (tahun)	Jumlah Responden	Persentase (%)
< 16 tahun	3 orang	6,8%
17-25 tahun	3 orang	6,8%
26-40 tahun	20 orang	45,5%
≥ 41 tahun	18 orang	40,9%
Total	44 orang	100%

Sumber : Data Primer

Berdasarkan tabel 4.2 di atas dapat diketahui bahwa untuk usia responden kurang dari 16 tahun dan usia responden antara 17-25 tahun memiliki jumlah yang sama yaitu masing-masing sebanyak 3 orang atau 6,8%. Sedangkan usia responden

yang paling banyak terdapat di usia antara 26-40 tahun yaitu sebanyak 20 orang atau 45,5%. Kemudian usia diatas 41 tahun sebanyak 18 orang atau 40,9%. Hal tersebut terjadi karena lokasi penelitian yaitu di daerah pemukiman dan waktu penelitian dilakukan pada siang hari, maka kebanyakan responden adalah orang dewasa yang berada dirumah dan rata-rata adalah ibu rumah tangga.

4.2.3 Karakteristik responden berdasarkan tingkat pendidikan

Pendidikan yang telah dijalani seseorang tentulah tidak sama antara individu satu dengan individu lainnya sehingga menanamkan sebuah pola fikir yang berbeda pula, dengan pola fikir yang berbeda tentunya dapat mempengaruhi perilaku seseorang dalam melakukan keputusan tertentu dan juga terhadap pola hidupnya. Karakteristik responden berdasarkan pendidikan dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut

Tabel 4.3 Karakteristik Responden berdasarkan Tingkat Pendidikan

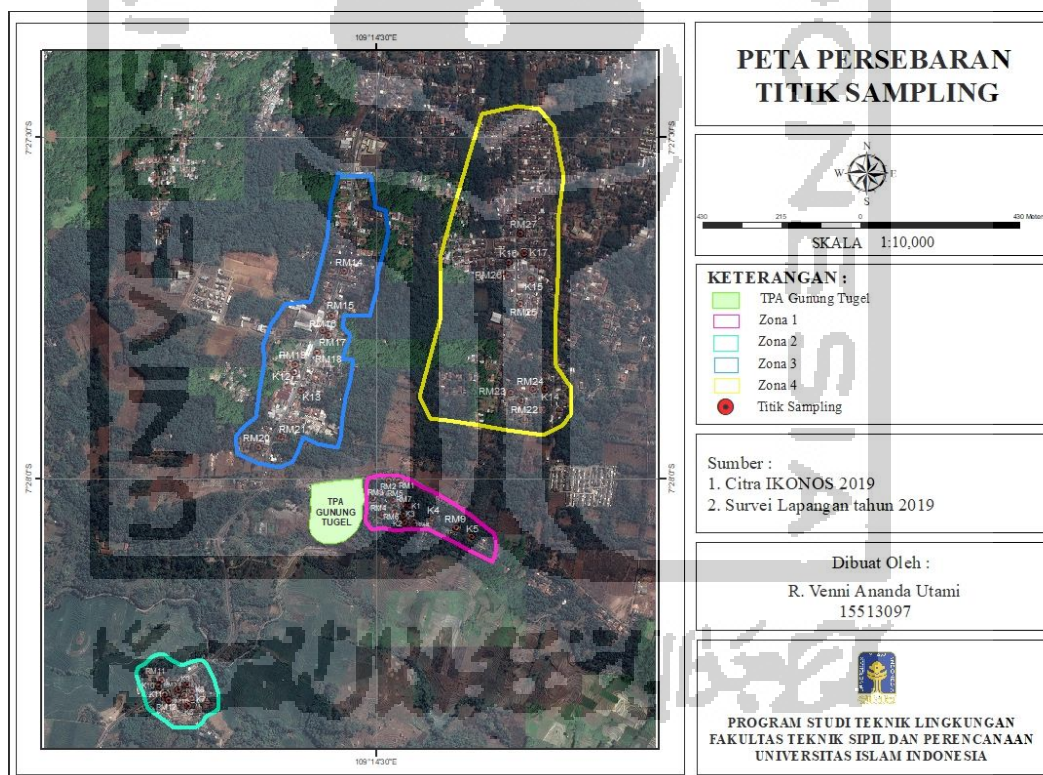
Pendidikan	Jumlah	Persentase
SD/MI	24 orang	54,5%
SMP/MTS	11 orang	25%
SMA/SMK/MA	8 orang	18,2%
D3/S1	1 orang	2,3%
Total	44 orang	100%

Sumber : Data Primer

Berdasarkan tabel 4.3 dapat diketahui bahwa pendidikan terakhir responden pada jenjang SD/MI merupakan yang paling banyak yaitu sebanyak 24 orang atau 54,5%. Kemudian pada jenjang SMP/MTS terdapat 11 orang atau 25%. Pada jenjang SMA/SMK/MA sebanyak 8 orang atau 18,2%. Sedangkan pada jenjang D3/S1 hanya terdapat 1 orang atau 2,3%.

4.3 Analisis Kandungan Logam Berat Pada Manusia

TPA Gunung Tugel yang secara administrasi membagi dua kecamatan yaitu Kecamatan Purwokerto Selatan dan Kecamatan Patik raja, dimana dikelilingi oleh Kelurahan Karangklesem, Kelurahan Teluk dan Kelurahan Kedungrandu. Pada penelitian ini dari ketiga kelurahan tersebut dikategorikan menjadi empat zona yang mewakili setiap kelurahan, dengan jarak batas maksimum 5 km dari TPA Gunung Tugel. Adapun jumlah titik sampel pada penelitian ini sebanyak 44 sampel. Persebaran titik sampel di sekitar TPA terdapat pada gambar 4.1. Parameter logam berat yang diuji pada penelitian ini adalah Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn dan Pb. Sampel didestruksi kemudian dibaca konsentrasi logam beratnya menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometri (AAS)*.



Gambar 4.1 Lokasi Persebaran Titik Sampel

4.3.1 Konsentrasi Kadmium (Cd) Pada Manusia

Keracunan akut dari kadmium dapat terjadi melalui oral maupun inhalasi, efek keracunan yang umum adalah iritasi pada saluran pencernaan dan paru-paru, tenggorokan terasa kering, mual, muntah, salivasi dan diare serta kejang pada perut dan sakit pada otot. Efek keracunan yang kronis ditandai dengan kehilangan indera perasa dan penciuman, berkurangnya berat badan, dan dapat juga terjadi kerusakan pada hati dan ginjal (Widowati, 2008).

Toksisitas kronis Cd bisa merusak sistem fisiologis tubuh, antara lain sistem urinaria (ren), sistem respirasi (paru-paru), sistem sirkulasi (darah) dan jantung, kerusakan sistem reproduksi, sistem syaraf, bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan tulang. Toksisitas kronis Cd, dapat terjadi baik melalui inhalasi maupun oral (Widowati, 2008). Berdasarkan hasil analisis diperoleh data bahwa semua sampel mengandung kadar logam berat Cd yang melebihi baku mutu. Namun berdasarkan hasil wawancara terhadap masyarakat sekitar TPA tidak ditemukan adanya gejala-gejala seperti yang disebutkan diatas yang mengindikasikan bahwa masyarakat tersebut terpapar oleh logam berat Cd. Selain itu juga tidak adanya keluhan-keluhan yang dialami oleh masyarakat setempat yang mengarah kepada efek dari terpapar logam berat Cd.

Konsentrasi logam berat Cd pada rambut dan kuku berdasarkan hasil analisis laboratorium berkisar antara 0,019 – 0,072 mg/m³. Jika dibandingkan dengan Permenaker Nomor 5 Tahun 2018, diketahui bahwa semua sampel melebihi baku mutu yaitu diatas nilai maksimum 0,01 mg/m³. Konsentrasi logam berat Cd yang paling tinggi terdapat pada sampel K1 yaitu sebesar 0,072 mg/m³. Berdasarkan hasil analisis kuisioner dapat dikaitkan bahwa konsentrasi logam berat ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti lokasi tempat tinggal responden yang termasuk dalam kategori zona 1, dimana zona 1 merupakan zona yang paling dekat dengan lokasi TPA Gunung Tugel sehingga kemungkinan terpapar logam berat lebih besar. Kemudian faktor lain yang dapat mempengaruhi yaitu usia responden yang sudah berusia 48 tahun dan dalam kurun waktu tersebut telah menetap di daerah tersebut, dimana semakin bertambahnya usia maka semakin besar akumulasi

logam berat dalam tubuh. Selain itu faktor lain yang mempengaruhi yaitu sumber konsumsi air minum yang berasal dari air galon.

Sumber paparan logam berat kadmium dapat berasal dari berbagai jalur. Salah satunya berasal dari aktivitas manusia seperti penggunaan bahan bakar, pembakaran hutan, limbah industri maupun penggunaan pupuk dan pestisida yang mengandung logam berat kadmium. Beberapa penduduk setempat berprofesi sebagai petani yang mana menggunakan pestisida untuk perkebunannya. Hal ini berpotensi menjadi salah satu sumber paparan logam berat Cd pada masyarakat sekitar TPA. Pemakaian pupuk organik (sintetis) yang mengandung logam berat kadmium (Cd), walau jumlahnya tidak banyak, jika tanah secara rutin diberi pupuk serupa, tentu saja kadar Cd-nya akan terakumulasi dan diserap oleh sayuran yang tumbuh dilahan tersebut, dan apabila sayuran tersebut dikonsumsi oleh masyarakat maka kadar Cd dapat terakumulasi di dalam tubuh manusia. Selain itu kebiasaan membakar sampah juga dapat menjadi faktor yang mempengaruhi kadar logam berat Cd pada manusia, jenis sampah yang terdapat di TPA tersebut bermacam-macam, ada sampah baterai yang umumnya mengandung Cd, sampah cat, dan lain-lain. Hal ini berpotensi menjadi sumber terpaparnya logam berat dikarenakan hasil pembakaran mengandung salah satunya logam berat Cd (Agustina, 2014).

Tabel 4.4 Konsentrasi Logam Berat Cd

Kode Sampel	Kandungan Cd (mg/m ³)	Kadar Maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018 (mg/m ³)	Keterangan
RM1	0.027	0.01	Melebihi standar
RM2	0.030	0.01	Melebihi standar
RM3	0.024	0.01	Melebihi standar
RM4	0.022	0.01	Melebihi standar
RM5	0.019	0.01	Melebihi standar
RM6	0.032	0.01	Melebihi standar
RM7	0.030	0.01	Melebihi standar
RM8	0.027	0.01	Melebihi standar
RM9	0.028	0.01	Melebihi standar

Kode Sampel	Kandungan Cd (mg/m³)	Kadar Maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018 (mg/m³)	Keterangan
RM10	0.031	0.01	Melebihi standar
RM11	0.026	0.01	Melebihi standar
RM12	0.023	0.01	Melebihi standar
RM13	0.025	0.01	Melebihi standar
RM14	0.025	0.01	Melebihi standar
RM15	0.025	0.01	Melebihi standar
RM16	0.023	0.01	Melebihi standar
RM17	0.027	0.01	Melebihi standar
RM18	0.024	0.01	Melebihi standar
RM19	0.029	0.01	Melebihi standar
RM20	0.026	0.01	Melebihi standar
RM21	0.026	0.01	Melebihi standar
RM22	0.028	0.01	Melebihi standar
RM23	0.025	0.01	Melebihi standar
RM24	0.027	0.01	Melebihi standar
RM25	0.030	0.01	Melebihi standar
RM26	0.027	0.01	Melebihi standar
RM27	0.025	0.01	Melebihi standar
K1	0.072	0.01	Melebihi standar
K2	0.062	0.01	Melebihi standar
K3	0.051	0.01	Melebihi standar
K4	0.040	0.01	Melebihi standar
K5	0.044	0.01	Melebihi standar
K6	0.044	0.01	Melebihi standar
K7	0.044	0.01	Melebihi standar
K8	0.043	0.01	Melebihi standar
K9	0.042	0.01	Melebihi standar
K10	0.044	0.01	Melebihi standar
K11	0.043	0.01	Melebihi standar
K12	0.054	0.01	Melebihi standar
K13	0.042	0.01	Melebihi standar
K14	0.037	0.01	Melebihi standar
K15	0.040	0.01	Melebihi standar
K16	0.026	0.01	Melebihi standar
K17	0.031	0.01	Melebihi standar

Berdasarkan hasil analisis diperoleh data seperti yang disajikan pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa semua sampel pada penelitian ini memiliki kandungan Cd yang melebihi baku mutu yaitu Permenaker No. 5 tahun 2018. Semua sampel memiliki kandungan Cd lebih dari 0,01 mg/m³. Kandungan Cd terendah terdapat pada sampel RM5 dengan nilai 0,019 mg/m³. Sedangkan kandungan Cd tertinggi terdapat pada sampel K1 yaitu sebesar 0,072 mg/m³.

4.3.2 Konsentrasi Tembaga (Cu) Pada Manusia

Tembaga mengalami proses akumulasi di dalam tubuh seiring dengan pertambahan umur. Akumulasi ini disebabkan oleh adanya paparan tembaga dalam waktu lama pada tubuh manusia. Ginjal merupakan bagian tubuh yang paling banyak terakumulasi tembaga (Widowati 2008). Persentase penyerapan (absorpsi) oral dari tembaga adalah 24-60%. Sementara penyerapan melalui kulit (dermal) belum diketahui pasti, namun beberapa penelitian menunjukkan presentasi sangat kecil (Jaishankar *et al.*, 2014).

Tembaga dilepaskan ke lingkungan oleh operasi pertambangan, pertanian, manufaktur dan melalui pelepasan air limbah ke sungai dan danau. Tembaga juga dilepaskan dari sumber alam, seperti gunung berapi, debu yang tertiuip angin, vegetasi yang membusuk, dan kebakaran hutan. Tembaga yang dilepaskan ke lingkungan biasanya menempel pada partikel yang terbuat dari bahan organik, tanah liat, tanah, atau pasir. Senyawa tembaga dapat melepaskan diri bebas ke udara, air, dan terakumulasi di makanan. Tembaga dapat berasal dari sampah logam yang mengandung Cu dan pembuangan sampah industri seperti plastik, baterai, elektroplating dan kaleng-kaleng bekas yang berada di TPA. Profesi sebagian besar masyarakat setempat yang bekerja di hanggar TPA dan kebiasaan tidak menggunakan alat pelindung diri seperti sarung tangan dan sepatu *safety* dapat berpotensi menjadi penyebab terpaparnya logam berat.

Konsentrasi logam berat Cu pada rambut dan kuku berdasarkan hasil analisis laboratorium berkisar antara 0,002 – 0,341 mg/m³. Jika dibandingkan

dengan Permenaker Nomor 5 Tahun 2018, terdapat 2 sampel yang melebihi bakumutu yaitu sampel RM1 dan RM3 dengan konsentrasi diatas $0,2 \text{ mg/m}^3$. Sedangkan 42 sampel lainnya berada dibawah bakumutu yang telah ditentukan.

Pada penelitian ini kandungan Cu tertinggi terdapat pada sampel RM1 yaitu sebesar $0,341 \text{ mg/m}^3$. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti lokasi tempat tinggal responden yang berada pada zona 1 yang merupakan zona paling dekat dengan Kawasan TPA, sehingga kemungkinan terpapar logam berat dari aktivitas TPA lebih besar. Selain itu responden juga telah menetap dalam kurun waktu 22 tahun di daerah tersebut, sehingga akumulasi logam berat pada tubuh juga semakin banyak. Kemudian faktor lain yang dapat mempengaruhi tingginya konsentrasi logam Cu pada sampel ini dikarenakan sumber air minum yang dikonsumsi berasal dari air sumur, kondisi tersebut ditunjang oleh hasil pengukuran sampel komponen lingkungan lainnya yaitu air tanah yang ada di kawasan tersebut telah tercemar oleh logam berat Cu. Menurut penelitian Puji (2019) konsentrasi Cu pada air tanah disekitar TPA berkisar antara $0,00023 \text{ mg/L} - 0,74433 \text{ mg/L}$ dengan nilai rerata sebesar $0,042655 \text{ mg/L}$.

Tabel 4.5 Konsentrasi Logam Berat Cu

Kode Sampel	Kandungan Cu (mg/m^3)	Kadar Maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018 (mg/m^3)	Keterangan
RM1	0.341	0.2	Melebihi standar
RM2	0.124	0.2	Tidak melebihi standar
RM3	0.317	0.2	Melebihi standar
RM4	0.016	0.2	Tidak melebihi standar
RM5	0.064	0.2	Tidak melebihi standar
RM6	0.122	0.2	Tidak melebihi standar
RM7	0.060	0.2	Tidak melebihi standar
RM8	0.062	0.2	Tidak melebihi standar
RM9	0.061	0.2	Tidak melebihi standar
RM10	0.067	0.2	Tidak melebihi standar
RM11	0.040	0.2	Tidak melebihi standar
RM12	0.040	0.2	Tidak melebihi standar

Kode Sampel	Kandungan Cu (mg/m³)	Kadar Maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018 (mg/m³)	Keterangan
RM13	0.045	0.2	Tidak melebihi standar
RM14	0.051	0.2	Tidak melebihi standar
RM15	0.055	0.2	Tidak melebihi standar
RM16	0.076	0.2	Tidak melebihi standar
RM17	0.053	0.2	Tidak melebihi standar
RM18	0.054	0.2	Tidak melebihi standar
RM19	0.059	0.2	Tidak melebihi standar
RM20	0.046	0.2	Tidak melebihi standar
RM21	0.072	0.2	Tidak melebihi standar
RM22	0.054	0.2	Tidak melebihi standar
RM23	0.061	0.2	Tidak melebihi standar
RM24	0.055	0.2	Tidak melebihi standar
RM25	0.045	0.2	Tidak melebihi standar
RM26	0.060	0.2	Tidak melebihi standar
RM27	0.057	0.2	Tidak melebihi standar
K1	0.068	0.2	Tidak melebihi standar
K2	0.002	0.2	Tidak melebihi standar
K3	0.014	0.2	Tidak melebihi standar
K4	0.004	0.2	Tidak melebihi standar
K5	0.020	0.2	Tidak melebihi standar
K6	0.085	0.2	Tidak melebihi standar
K7	0.077	0.2	Tidak melebihi standar
K8	0.054	0.2	Tidak melebihi standar
K9	0.104	0.2	Tidak melebihi standar
K10	0.053	0.2	Tidak melebihi standar
K11	0.057	0.2	Tidak melebihi standar
K12	0.047	0.2	Tidak melebihi standar
K13	0.051	0.2	Tidak melebihi standar
K14	0.069	0.2	Tidak melebihi standar
K15	0.074	0.2	Tidak melebihi standar
K16	0.079	0.2	Tidak melebihi standar
K17	0.074	0.2	Tidak melebihi standar

Berdasarkan hasil analisis diperoleh data seperti yang disajikan pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa 42 sampel pada penelitian ini memiliki kandungan Cu

dibawah baku mutu Permenaker No. 5 tahun 2018. Kadar maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenaker No 5 tahun 2018 adalah $0,2 \text{ mg/m}^3$. Sedangkan sampel yang melebihi bakumutu hanya terdapat 2 sampel yaitu sampel RM1 dan RM3 masing-masing bernilai $0,341 \text{ mg/m}^3$ dan $0,317 \text{ mg/m}^3$. Kandungan Cu terendah terdapat pada sampel K2 dengan nilai $0,002 \text{ mg/m}^3$. Sedangkan kandungan Cu tertinggi terdapat pada sampel RM1 yaitu sebesar $0,341 \text{ mg/m}^3$.

4.3.3 Konsentrasi Mangan (Mn) Pada Manusia

Pencemaran logam mangan berasal dari bahan zat aktif di dalam batu baterai yang telah habis digunakan dan dibuang ke TPA. Profesi sebagian besar masyarakat yang bekerja di hanggar TPA berpotensi tinggi terpapar logam berat Mn dari sampah-sampah yang ada. Kebiasaan beberapa dari pekerja hanggar terkadang tidak menggunakan alat pelindung diri seperti sarung tangan dan sepatu *safety* saat bekerja dapat menimbulkan potensi terpapar logam berat.

Penyerapan mangan oleh tubuh manusia terutama terjadi melalui makanan, seperti bayam, teh dan rempah-rempah. Setelah penyerapan dalam tubuh manusia mangan akan diangkut melalui darah ke hati, ginjal, pankreas dan kelenjar endokrin. Kebutuhan harian dewasa dibutuhkan 3,5 miligram (Palar, 2008). Mangan (Mn) mampu menimbulkan keracunan kronis pada manusia hingga berdampak menimbulkan lemah pada kaki, otot muka kusam, dan dampak lanjutan bagi manusia yang keracunan Mn, bicaranya lambat dan hyperrefleks. Efek mangan terjadi terutama di saluran pernapasan dan di otak. Gejala keracunan mangan adalah halusinasi, pelupa dan kerusakan saraf (Parulian, 2009).

Berdasarkan hasil analisis diperoleh data bahwa terdapat 3 sampel mengandung kadar logam berat Mn yang melebihi bakumutu. Namun berdasarkan hasil wawancara terhadap masyarakat sekitar TPA tidak ditemukan adanya gejala-gejala seperti yang disebutkan diatas yang mengindikasikan bahwa masyarakat tersebut terpapar oleh logam berat Mn Selain itu juga tidak adanya keluhan-keluhan yang dialami oleh masyarakat setempat yang mengarah kepada efek dari terpapar

logam berat Mn. Hal ini kemungkinan dapat terjadi dikarenakan kadar logam Mn pada sampel tidak terlalu tinggi sehingga tidak terlalu berdampak pada kesehatan.

Timbunan sampah di TPA yang mengandung zat organik dan anorganik menghasilkan air lindi yang lebih banyak. Air lindi ini apabila mencemari air permukaan dan air tanah akan sangat berbahaya karena kandungan logam yang tinggi. Air lindi yang masuk ke dalam air permukaan dan air tanah tersebut akan mengakibatkan penurunan kualitas air. Hasil penelitian air di sekitar TPA konsentrasi Mn berkisar antara 0,0012 mg/L sampai dengan 0,5160 mg/L, dengan nilai rerata sebesar 0,05365 mg/L. Jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 terdapat 1 titik sampel yang melebihi baku mutu. Selain itu pengolahan air lindi di TPA Gunung Tugel belum sempurna dan masih mengeluarkan hasil olahan air lindi yang memiliki kadar konsentrasi Mn yang tinggi. Konsentrasi logam yang masih tinggi ini akan dapat berbahaya bagi kawasan disekitar dan akan menyebabkan terjadinya penyebaran logam Mn di sekitarnya. Jika hal ini terjadi maka sumber air yang berada di sekitar kawasan tersebut akan tercemar berbahaya jika di konsumsi oleh manusia ataupun digunakan untuk aktivitas warga seperti ternak dan tanaman. Air yang mengandung logam Mn itu nantinya akan berpengaruh pada tanaman dan ternak yang berlanjut berdampak oleh manusia yang nantinya digunakan untuk konsumsi manusia.

Konsentrasi logam berat Mn pada rambut dan kuku berdasarkan hasil analisis berkisar antara 0,006 – 0,335 mg/m³. Jika dibandingkan dengan Permenaker Nomor 5 Tahun 2018, terdapat 3 sampel yang memiliki konsentrasi diatas bakumutu yaitu sampel RM3, K1 dan K4. Sedangkan 41 sampel lainnya memiliki konsentrasi dibawah bakumutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 0,1 mg/m³. Pada penelitian ini kandungan Mn tertinggi terdapat pada sampel K4 yaitu sebesar 0,335 mg/m³. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti lokasi tempat tinggal responden yang berada pada zona 1 yang merupakan zona paling dekat dengan Kawasan TPA, sehingga kemungkinan terpapar logam berat dari aktivitas TPA lebih besar. Selain itu responden juga telah menetap dalam kurun waktu 20 tahun di daerah tersebut, sehingga akumulasi logam berat pada tubuh juga

semakin banyak. Kemudian faktor lain yang dapat mempengaruhi tingginya konsentrasi logam Mn pada sampel ini dikarenakan sumber air minum yang dikonsumsi berasal dari air sumur, kondisi tersebut ditunjang oleh hasil pengukuran sampel komponen lingkungan lainnya yaitu air tanah yang ada di kawasan tersebut telah tercemar oleh logam berat Mn. Sehingga masyarakat mempunyai resiko tinggi terkena dampak kesehatan akibat paparan Mn dari aktivitas TPA.

Tabel 4.6 Konsentrasi Logam Berat Mn

Kode Sampel	Kandungan Mn (mg/m ³)	Kadar Maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018 (mg/m ³)	Keterangan
RM1	0.006	0.1	Tidak melebihi standar
RM2	0.059	0.1	Tidak melebihi standar
RM3	0.115	0.1	Melebihi standar
RM4	0.078	0.1	Tidak melebihi standar
RM5	0.067	0.1	Tidak melebihi standar
RM6	0.057	0.1	Tidak melebihi standar
RM7	0.057	0.1	Tidak melebihi standar
RM8	0.051	0.1	Tidak melebihi standar
RM9	0.053	0.1	Tidak melebihi standar
RM10	0.045	0.1	Tidak melebihi standar
RM11	0.047	0.1	Tidak melebihi standar
RM12	0.045	0.1	Tidak melebihi standar
RM13	0.045	0.1	Tidak melebihi standar
RM14	0.049	0.1	Tidak melebihi standar
RM15	0.045	0.1	Tidak melebihi standar
RM16	0.050	0.1	Tidak melebihi standar
RM17	0.040	0.1	Tidak melebihi standar
RM18	0.046	0.1	Tidak melebihi standar
RM19	0.067	0.1	Tidak melebihi standar
RM20	0.057	0.1	Tidak melebihi standar
RM21	0.046	0.1	Tidak melebihi standar
RM22	0.051	0.1	Tidak melebihi standar
RM23	0.046	0.1	Tidak melebihi standar
RM24	0.047	0.1	Tidak melebihi standar
RM25	0.047	0.1	Tidak melebihi standar

Kode Sampel	Kandungan Mn (mg/m ³)	Kadar Maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018 (mg/m ³)	Keterangan
RM26	0.053	0.1	Tidak melebihi standar
RM27	0.051	0.1	Tidak melebihi standar
K1	0.110	0.1	Melebihi standar
K2	0.078	0.1	Tidak melebihi standar
K3	0.068	0.1	Tidak melebihi standar
K4	0.335	0.1	Melebihi standar
K5	0.090	0.1	Tidak melebihi standar
K6	0.062	0.1	Tidak melebihi standar
K7	0.056	0.1	Tidak melebihi standar
K8	0.054	0.1	Tidak melebihi standar
K9	0.051	0.1	Tidak melebihi standar
K10	0.053	0.1	Tidak melebihi standar
K11	0.055	0.1	Tidak melebihi standar
K12	0.051	0.1	Tidak melebihi standar
K13	0.046	0.1	Tidak melebihi standar
K14	0.059	0.1	Tidak melebihi standar
K15	0.048	0.1	Tidak melebihi standar
K16	0.049	0.1	Tidak melebihi standar
K17	0.044	0.1	Tidak melebihi standar

Berdasarkan hasil analisis diperoleh data seperti yang disajikan pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa 41 sampel pada penelitian ini memiliki kandungan Mn dibawah baku mutu Permenaker No. 5 tahun 2018. Kadar maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenaker No 5 tahun 2018 adalah 0,1 mg/m³. Sedangkan sampel yang melebihi bakumutu terdapat 3 sampel yaitu sampel RM3, K1 dan K4 yang masing-masing bernilai 0,115 mg/m³, 0,110 mg/m³ dan 0,335 mg/m³. Kandungan Mn terendah terdapat pada sampel RM1 dengan nilai 0,006 mg/m³. Sedangkan kandungan Mn tertinggi terdapat pada sampel K4 yaitu sebesar 0,335 mg/m³.

4.3.4 Konsentrasi Seng (Zn) Pada Manusia

Seng merupakan unsur hara esensial (diperlukan) untuk tanaman, Zn bersifat racun apabila kadarnya tinggi dalam tanah. Kadar Zn dalam tanah normal antara 10 - 300 mg/kg berat kering, pada tanah sawah kadar Zn antara 10 - 100 (mg/kg). Seperti halnya dengan logam berat yang lain Zn berasal dari sampah batu baterai, dan barang-barang elektronik, serta penggunaan pupuk dari petani. (ATSDR, 2006). Kadar Zn pada tanah dapat mempengaruhi tanaman-tanaman yang tumbuh di atasnya. Tanaman tersebut dapat mengakumulasi kadar logam berat. Apabila tanaman atau sayuran tersebut dikonsumsi oleh masyarakat maka akan mengakibatkan akumulasi logam berat pada tubuh manusia. Semakin tinggi kadar Zn dalam tanah maka kemungkinan terpapar pada manusia juga semakin meningkat yaitu melalui jalur pajanan oral (makanan).

Konsentrasi logam berat Zn pada rambut dan kuku berdasarkan hasil analisis berkisar antara 0,130 – 13,465 mg/m³. Jika dibandingkan dengan Permenaker No. 5 tahun 2018, terdapat 1 sampel yang melebihi baku mutu yaitu sampel RM4. Sedangkan 43 sampel lainnya memiliki konsentrasi yang tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 5,0 mg/m³. Pada penelitian ini kandungan Zn tertinggi terdapat pada sampel RM4 yaitu sebesar 13,465 mg/m³. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti lokasi tempat tinggal responden yang berada pada zona 1 yang merupakan zona paling dekat dengan Kawasan TPA, sehingga kemungkinan terpapar logam berat dari aktivitas TPA lebih besar. Selain itu responden juga telah menetap dalam kurun waktu 30 tahun di daerah tersebut, sehingga akumulasi logam berat pada tubuh juga semakin banyak. Faktor lain yang dapat mempengaruhi tingginya konsentrasi logam Zn pada sampel ini dikarenakan sumber air minum yang dikonsumsi berasal dari air sumur, kondisi tersebut ditunjang oleh hasil pengukuran sampel komponen lingkungan lainnya yaitu air tanah yang ada di kawasan tersebut telah tercemar oleh logam berat Zn. Menurut penelitian Puji (2019), konsentrasi Zn di daerah sekitar TPA Gunung Tugel berkisar antara 0,07180 mg/L - 3,93485 mg/L dengan nilai rerata pada Zn sebesar 0,7070 mg/L. Jika dibandingkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan

Nomor 492 Tahun 2010 terdapat 4 titik sumur yang melebihi baku mutu, sehingga masyarakat mempunyai resiko tinggi terkena dampak kesehatan akibat paparan Zn dari aktivitas TPA.

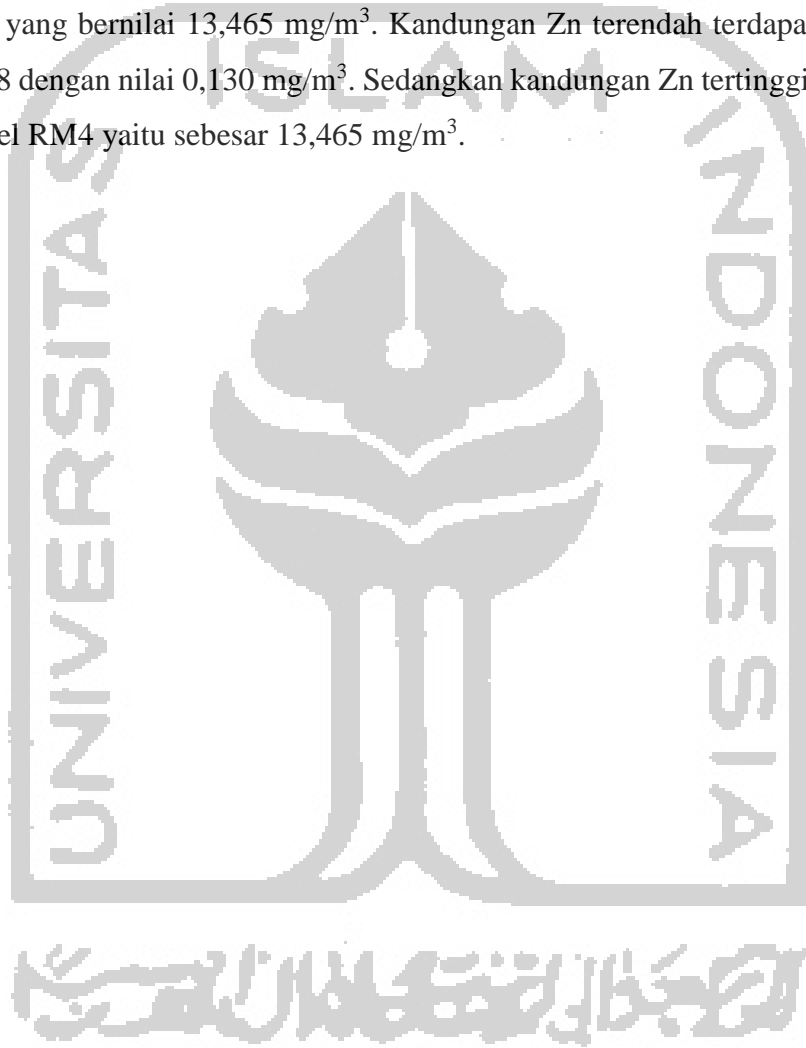
Logam Zn sebenarnya tidak toksik, tetapi dalam keadaan sebagai ion, Zn bebas memiliki toksisitas tinggi. Kelebihan Zn akan diabsorpsi dan disimpan dalam hati (Widowati, 2008). Zn masuk ke dalam tubuh kemudian diangkut sebagai kompleks Zn Albumin kedalam sistem-sistem aliran darah. Kelebihan seng (Zn) dapat mempengaruhi metabolisme kolesterol, mengubah nilai lipoprotein, dan mempercepat timbulnya aterosklerosis. Dosis konsumsi seng (Zn) sebanyak 2 gram atau lebih dapat menyebabkan muntah, diare, demam, kelelahan yang sangat, anemia, dan gangguan reproduksi (Almatsier, 2010). Gejala-gejala seperti yang disebutkan diatas tidak ditemui pada masyarakat setempat. Berdasarkan hasil analisis diperoleh data bahwa terdapat 1 sampel mengandung kadar logam berat Zn yang melebihi bakumutu. Namun berdasarkan hasil wawancara terhadap masyarakat sekitar TPA tidak ditemukan adanya gejala-gejala seperti yang disebutkan diatas yang mengindikasikan bahwa masyarakat tersebut terpapar oleh logam berat Zn. Selain itu juga tidak adanya keluhan-keluhan yang dialami oleh masyarakat setempat yang mengarah kepada efek dari terpapar logam berat Zn.

Tabel 4.7 Konsentrasi Logam Berat Zn

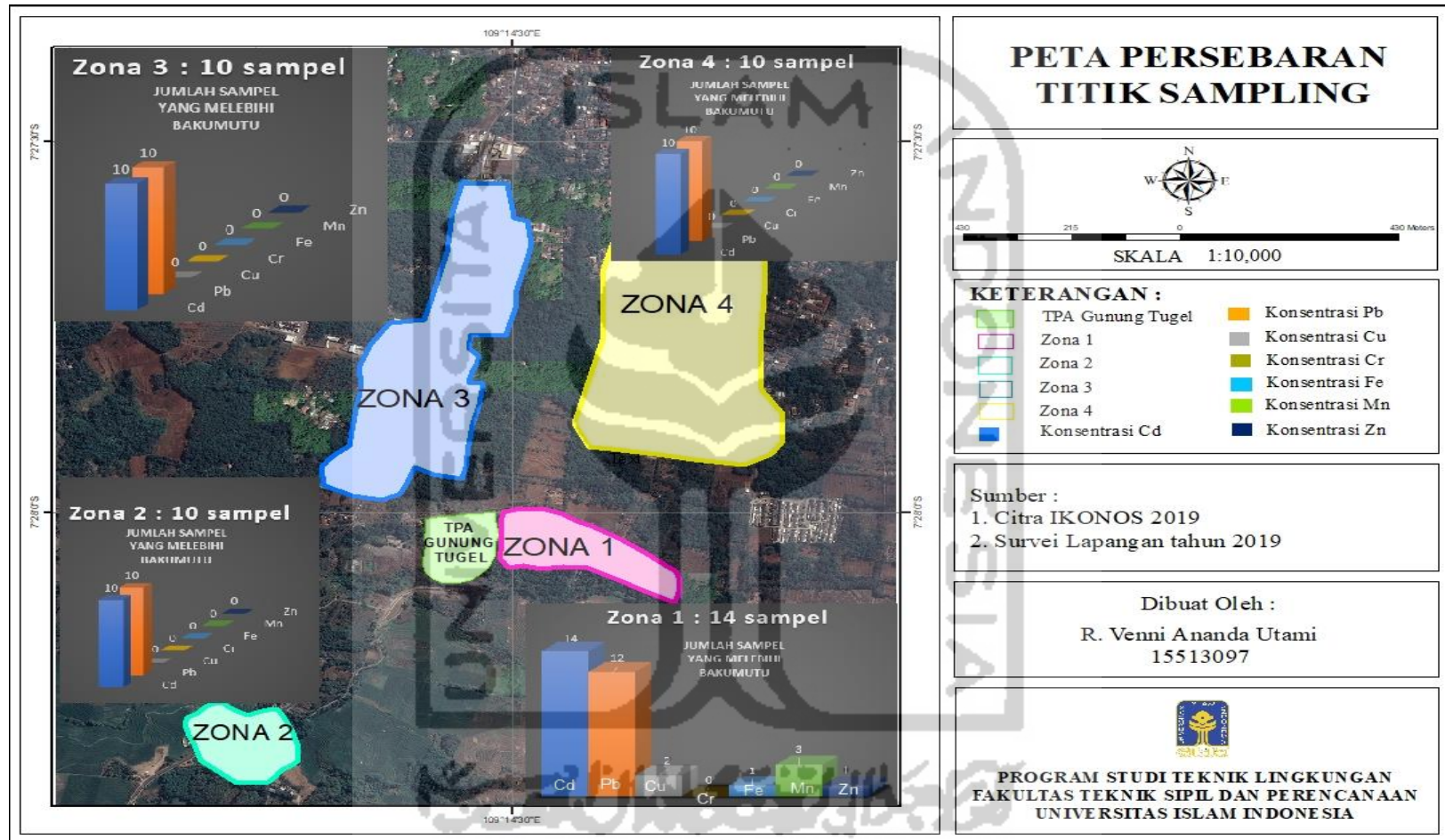
Kode Sampel	Kandungan Zn (mg/m ³)	Kadar Maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018 (mg/m ³)	Keterangan
RM1	1.653	5.0	Tidak melebihi standar
RM2	2.690	5.0	Tidak melebihi standar
RM3	3.954	5.0	Tidak melebihi standar
RM4	13.465	5.0	Melebihi standar
RM5	4.190	5.0	Tidak melebihi standar
RM6	2.233	5.0	Tidak melebihi standar
RM7	0.433	5.0	Tidak melebihi standar
RM8	2.247	5.0	Tidak melebihi standar
RM9	1.799	5.0	Tidak melebihi standar

Kode Sampel	Kandungan Zn (mg/m³)	Kadar Maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018 (mg/m³)	Keterangan
RM10	0.418	5.0	Tidak melebihi standar
RM11	0.421	5.0	Tidak melebihi standar
RM12	0.237	5.0	Tidak melebihi standar
RM13	0.349	5.0	Tidak melebihi standar
RM14	2.420	5.0	Tidak melebihi standar
RM15	0.385	5.0	Tidak melebihi standar
RM16	0.528	5.0	Tidak melebihi standar
RM17	0.472	5.0	Tidak melebihi standar
RM18	0.130	5.0	Tidak melebihi standar
RM19	4.372	5.0	Tidak melebihi standar
RM20	0.434	5.0	Tidak melebihi standar
RM21	0.225	5.0	Tidak melebihi standar
RM22	2.974	5.0	Tidak melebihi standar
RM23	0.356	5.0	Tidak melebihi standar
RM24	0.193	5.0	Tidak melebihi standar
RM25	0.454	5.0	Tidak melebihi standar
RM26	0.233	5.0	Tidak melebihi standar
RM27	0.260	5.0	Tidak melebihi standar
K1	2.053	5.0	Tidak melebihi standar
K2	2.152	5.0	Tidak melebihi standar
K3	1.965	5.0	Tidak melebihi standar
K4	3.252	5.0	Tidak melebihi standar
K5	4.215	5.0	Tidak melebihi standar
K6	0.313	5.0	Tidak melebihi standar
K7	0.304	5.0	Tidak melebihi standar
K8	0.515	5.0	Tidak melebihi standar
K9	2.135	5.0	Tidak melebihi standar
K10	1.928	5.0	Tidak melebihi standar
K11	0.544	5.0	Tidak melebihi standar
K12	0.418	5.0	Tidak melebihi standar
K13	0.239	5.0	Tidak melebihi standar
K14	0.330	5.0	Tidak melebihi standar
K15	0.243	5.0	Tidak melebihi standar
K16	0.413	5.0	Tidak melebihi standar
K17	0.386	5.0	Tidak melebihi standar

Berdasarkan hasil analisis diperoleh data seperti yang disajikan pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa 43 sampel pada penelitian ini memiliki kandungan Zn dibawah baku mutu Permenaker No. 5 tahun 2018. Kadar maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenaker No 5 tahun 2018 adalah 5,0 mg/m³. Sedangkan sampel yang melebihi bakumutu hanya terdapat 1 sampel yaitu sampel RM4 yang bernilai 13,465 mg/m³. Kandungan Zn terendah terdapat pada sampel RM18 dengan nilai 0,130 mg/m³. Sedangkan kandungan Zn tertinggi terdapat pada sampel RM4 yaitu sebesar 13,465 mg/m³.



Persebaran kandungan logam berat pada semua sampel ditiap zona digambarkan pada peta berikut ini:



Gambar 4.2 Peta Persebaran Kandungan Logam Berat Di Setiap Zona

Berdasarkan peta diatas dapat diketahui persebaran kandungan logam berat pada tiap zona. Pada zona 1 hampir semua parameter logam berat terdeteksi memiliki kandungan yang melebihi bakumutu, yaitu logam berat Cd, Pb, Cu, Fe, Mn dan Zn, sedangkan logam berat yang tidak terdeteksi memiliki kandungan melebihi bakumutu hanya logam berat Cr. Kemudian pada zona 2, zona 3 dan zona 4 kandungan logam berat yang terdeteksi melebihi bakumutu hanya terdapat pada logam berat Cd dan Pb, sedangkan kandungan logam berat lainnya tidak terdeteksi melebihi bakumutu. Pada zona 1 terdapat 14 sampel dimana kandungan logam berat Cd pada semua sampel tersebut terdeteksi melebihi bakumutu. Sedangkan kandungan logam berat Pb yang terdeteksi melebihi bakumutu terdapat pada 12 sampel. Kandungan logam berat Cu yang terdeteksi memiliki kandungan melebihi bakumutu terdapat sebanyak 2 sampel. Sedangkan logam berat Mn yang melebihi bakumutu terdapat 3 sampel. Kandungan logam berat Fe dan Zn yang terdeteksi melebihi bakumutu terdapat sebanyak 1 sampel. Sementara logam berat Cr tidak ada yang terdeteksi melebihi bakumutu. Pada zona 2, zona 3 dan zona 4 masing-masing terdapat 10 sampel, dimana semua sampel (10 sampel) memiliki kandungan logam berat Cd dan Pb yang melebihi bakumutu. Sedangkan logam berat lainnya tidak terdeteksi melebihi bakumutu.

Tabel 4.8 Persebaran jumlah sampel yang melebihi bakumutu ditiap zona

Logam Berat	Jumlah sampel yang melebihi bakumutu	Zona				Persentase (%)
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	
Cd	44	14	10	10	10	100
Pb	42	12	10	10	10	95.5
Cu	2	2	0	0	0	4.5
Cr	0	0	0	0	0	0.0
Fe	1	1	0	0	0	2.3
Mn	3	3	0	0	0	6.8
Zn	1	1	0	0	0	2.3

4.4 Hasil Analisis Univariat

Analisis univariat beberapa variabel yang merupakan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kandungan logam berat terhadap manusia yaitu lama tinggal, sumber konsumsi air minum, jumlah pemakaian air minum dan tingkat pendidikan masyarakat. Berikut merupakan hasil analisis berdasarkan kuesioner yang menunjukkan gambaran umum variabel-variabel tersebut :

Tabel 4.9 Hasil analisis univariat

No	Variabel	Kategori	Jumlah (n)	Persentase (%)
1	Lama Tinggal	≤ 32 tahun	27 sampel	61%
		> 32 tahun	17 sampel	39%
2	Sumber Konsumsi Air Minum	air galon	11 sampel	25%
		air sumur	33 sampel	75%
3	Jumlah Konsumsi Air minum	sedikit (≤ 3 liter)	37 sampel	84.1%
		banyak (> 3 liter)	7 sampel	15.9%
4	Tingkat Pendidikan	SD-SMP	35 sampel	79.5%
		SMA-S1	9 sampel	20.5%

4.4.1 Gambaran Lama Tinggal Masyarakat disekitar TPA Gunung Tugel

Berdasarkan hasil analisis dari kuesioner diperoleh data seperti yang ditampilkan pada tabel 4.11. Hasil analisis berdasarkan kuesioner menunjukkan gambaran umum berapa lama masyarakat tinggal disekitar TPA Gunung Tugel. Pada umumnya masyarakat telah menetap didaerah tersebut rata-rata selama 32 tahun. Persentase masyarakat yang menetap selama ≤ 32 tahun yaitu sebanyak 61%. Sedangkan 39% masyarakat lainnya telah menetap didaerah tersebut selama lebih dari 32 tahun.

4.4.2 Sumber Konsumsi Air Minum Masyarakat disekitar TPA Gunung Tugel

Hasil analisis univariat untuk variabel sumber konsumsi air minum masyarakat dikategorikan menjadi dua kategori yaitu air galon dan air sumur.

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan dengan menggunakan kuesioner dilihat dari Tabel 4.11 menunjukkan bahwa masyarakat yang menggunakan air galon sebagai sumber konsumsi air minumnya adalah sebanyak 25%, sedangkan yang menggunakan air sumur sebagai sumber konsumsi air minumnya adalah sebanyak 75%.

4.4.3 Jumlah Pemakaian Air Minum Masyarakat disekitar TPA Gunung Tugel

Hasil analisis univariat untuk variabel jumlah konsumsi air minum dikategorikan menjadi dua kategori yaitu sedikit (≤ 3 liter) dan banyak (> 3 liter). Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan dengan menggunakan kuesioner dilihat dari Tabel 4.11 menunjukkan bahwa masyarakat yang mengkonsumsi air minum lebih dari 3 liter yaitu sebanyak 7 sampel saja atau sekitar 15,9%, sedangkan yang mengkonsumsi air minum ≤ 3 liter yaitu sebanyak 37 sampel atau sekitar 84,1%.

4.4.4 Tingkat Pendidikan Masyarakat disekitar TPA Gunung Tugel

Tingkat Pendidikan masyarakat di daerah Gunung Tugel dikategorikan menjadi dua kategori yaitu SD hingga SMP, serta SMA hingga S1/D3. Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan dengan menggunakan kuesioner dilihat dari Tabel 4.11 menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat hanya berpendidikan sampai jenjang SD-SMP yaitu sebanyak 35 sampel atau sekitar 79,5%. Sedangkan yang berpendidikan sampai jenjang SMA-S1 yaitu sebanyak 9 sampel atau sekitar 20,5%.

4.5 Hasil Analisis Bivariat

Analisis bivariat pada penelitian ini variabel seperti lama tinggal, sumber konsumsi air minum, jumlah pemakaian air minum, dan tingkat pendidikan dihubungkan dengan variabel konsentrasi logam berat pada rambut dan kuku masyarakat disekitar TPA Gunung Tugel dengan menggunakan uji *Chi square*.

4.5.1 Hubungan Sumber Konsumsi Air Minum Masyarakat Disekitar TPA Gunung Tugel dengan konsentrasi logam berat

4.5.1.1 Hubungan Antara Sumber Konsumsi Air Minum Dengan Konsentrasi Logam Berat Mn

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi Mn:

Tabel 4.10 Hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi Mn:

Sumber Konsumsi Air Minum	Konsentrasi Mn		Total	P-Value	α
	> Standar (0,1 mg/m ³)	< Standar (0,1 mg/m ³)			
Galon	1	10	11	1.000	0.05
Sumur	2	31	33		
Total	3	41	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 1,000 (>0,05). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Mn. Berdasarkan data diatas sumber konsumsi air minum tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena sumber konsumsi air minum baik dari galon maupun air sumur sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi bakumutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Mn.

4.5.1.2 Hubungan Antara Sumber Konsumsi Air Minum Dengan Konsentrasi Logam Berat Cu

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi Cu:

Tabel 4.11 Hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi Cu:

Sumber Konsumsi Air Minum	Konsentrasi Cu		Total	P-Value	α
	> Standar (0,2 mg/m ³)	< Standar (0,2 mg/m ³)			
Galon	0	11	11	1.000	0.05
Sumur	2	31	33		
Total	2	42	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 1,000 ($>0,05$). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Cu. Berdasarkan data diatas sumber konsumsi air minum tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena sumber konsumsi air minum baik dari galon maupun air sumur sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi bakumutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Cu.

4.5.1.3 Hubungan Antara Sumber Konsumsi Air Minum Dengan Konsentrasi Logam Berat Zn

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi Zn:

Tabel 4.12 Hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi Zn:

Sumber Konsumsi Air Minum	Konsentrasi Zn		Total	P-Value	α
	> Standar (5,0 mg/m ³)	< Standar (5,0 mg/m ³)			
Galon	0	11	11	1.000	0.05
Sumur	1	32	33		
Total	1	43	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 1,000 ($>0,05$). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Zn. Berdasarkan data diatas sumber konsumsi air minum tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena sumber konsumsi air minum baik dari galon maupun air sumur sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi bakumutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Zn.

4.5.1.4 Hubungan Antara Sumber Konsumsi Air Minum Dengan Konsentrasi Logam Berat Cd

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi Cd:

Tabel 4.13 Hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi Cd:

Sumber Konsumsi Air Minum	Konsentrasi Cd		Total	P-Value	α
	> Standar (0,01 mg/m ³)	< Standar (0,01 mg/m ³)			
Galon	11	0	11	0.058	0.05
Sumur	33	0	33		
Total	44	0	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 0,058 (>0,05). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Cd. Berdasarkan data diatas sumber konsumsi air minum tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena sumber konsumsi air minum baik dari galon maupun air sumur sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi bakumutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara sumber konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Cd.

4.5.2 Hubungan Lama Tinggal Masyarakat Disekitar TPA Gunung Tugel Dengan Konsentrasi Logam Berat

4.5.2.1 Hubungan Antara Lama Tinggal Masyarakat Dengan Konsentrasi Logam Berat Mn

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi Mn:

Tabel 4.14 Hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi Mn:

Lama tinggal	Konsentrasi Mn		Total	P-Value	α
	> Standar (0,1 mg/m ³)	< Standar (0,1 mg/m ³)			
≤ 32 Tahun	1	26	27	0.549	0.05
> 32 tahun	2	15	17		
Total	3	41	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 0,549 ($>0,05$). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi logam berat Mn. Berdasarkan data diatas semakin lama seseorang tinggal didaerah tersebut tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat yang terakumulasi pada rambut dan kuku semakin tinggi pula. Hal ini dapat terlihat dari jumlah masyarakat yang tinggal lebih sebentar (kurang dari 32 tahun) juga memiliki konsentrasi logam berat Mn yang melebihi baku mutu. Lama tinggal tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena lama tinggal < 32 tahun maupun > 32 sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi baku mutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi logam berat Mn.

4.5.2.2 Hubungan Antara Lama Tinggal Masyarakat Dengan Konsentrasi

Logam Berat Cu

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi Cu:

Tabel 4.15 Hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi Cu:

Lama tinggal	Konsentrasi Cu		Total	P-Value	α
	> Standar (0,2 mg/m ³)	< Standar (0,2 mg/m ³)			
≤ 32 Tahun	1	26	27	1.000	0.05
> 32 tahun	1	16	17		
Total	2	42	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 1,000 ($>0,05$). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi logam berat Cu. Berdasarkan data diatas semakin lama seseorang tinggal didaerah tersebut tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat yang terakumulasi pada rambut dan kuku semakin tinggi pula. Hal ini dapat terlihat dari jumlah masyarakat yang tinggal lebih sebentar (kurang dari 32 tahun) juga memiliki konsentrasi logam berat Cu yang melebihi baku mutu. Lama tinggal tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena lama tinggal < 32 tahun maupun > 32 sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi baku mutu sehingga

menyebabkan tidak adanya hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi logam berat Cu.

4.5.2.3 Hubungan Antara Lama Tinggal Masyarakat Dengan Konsentrasi Logam Berat Zn

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi Zn:

Tabel 4.16 Hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi Zn:

Lama tinggal	Konsentrasi Zn		Total	P-Value	α
	> Standar (5,0 mg/m ³)	< Standar (5,0 mg/m ³)			
≤ 32 Tahun	1	26	27	1,000	0,05
> 32 tahun	0	17	17		
Total	1	43	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 1,000 (>0,05). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi logam berat Zn. Berdasarkan data diatas semakin lama seseorang tinggal didaerah tersebut tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat yang terakumulasi pada rambut dan kuku semakin tinggi pula. Hal ini dapat terlihat dari jumlah masyarakat yang tinggal lebih sebentar (kurang dari 32 tahun) juga memiliki konsentrasi logam berat Zn yang melebihi baku mutu. Lama tinggal tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena lama tinggal < 32 tahun maupun > 32 sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi baku mutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi logam berat Zn.

4.5.2.4 Hubungan Antara Lama Tinggal Masyarakat Dengan Konsentrasi Logam Berat Cd

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi Cd:

Tabel 4.17 Hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi Cd:

Lama tinggal	Konsentrasi Cd		Total	P-Value	α
	> Standar (0,01 mg/m ³)	< Standar (0,01 mg/m ³)			
≤ 32 Tahun	27	0	27	0,272	0.05
> 32 tahun	17	0	17		
Total	44	0	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 0,272 (>0,05). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi logam berat Cd. Berdasarkan data di atas semakin lama seseorang tinggal di daerah tersebut tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat yang terakumulasi pada rambut dan kuku semakin tinggi pula. Hal ini dapat terlihat dari jumlah masyarakat yang tinggal lebih sebentar (kurang dari 32 tahun) juga memiliki konsentrasi logam berat Cd yang melebihi baku mutu. Lama tinggal tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena lama tinggal < 32 tahun maupun > 32 sama-sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi baku mutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara lama tinggal dengan konsentrasi logam berat Cd.

4.5.3 Hubungan Jumlah Konsumsi Air Minum Masyarakat Disekitar TPA Gunung Tugel Dengan Konsentrasi Logam Berat

4.5.3.1 Hubungan Antara Jumlah Konsumsi Air Minum Masyarakat Dengan Konsentrasi Logam Berat Mn

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi Mn:

Tabel 4.18 Hubungan jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi Mn:

Jumlah Konsumsi Air Minum	Konsentrasi Mn		Total	P-Value	α
	> Standar (0,1 mg/m ³)	< Standar (0,1 mg/m ³)			
sedikit (< 3 liter)	3	34	37	1.000	0.05
banyak (> 3 liter)	0	7	7		
Total	3	41	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 1,000 ($>0,05$). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Mn. Berdasarkan data diatas semakin banyak air yang dikonsumsi tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat Mn yang terakumulasi pada rambut dan kuku semakin tinggi pula. Hal ini dapat terlihat dari jumlah konsumsi air minum yang sedikit (kurang dari 3 liter) juga memiliki konsentrasi logam berat yang melebihi baku mutu. Jumlah konsumsi air minum tidak mempengaruhi konsentrasi Mn karena sedikit atau banyaknya mengkonsumsi air minum sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi baku mutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Mn.

4.5.3.2 Hubungan Antara Jumlah Konsumsi Air Minum Masyarakat Dengan Konsentrasi Logam Berat Cu

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi Cu:

Tabel 4.19 Hubungan jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi Cu:

Jumlah Konsumsi Air Minum	Konsentrasi Cu		Total	P-Value	α
	> Standar (0,2 mg/m ³)	< Standar (0,2 mg/m ³)			
sedikit (< 3 liter)	1	36	37		
banyak (> 3 liter)	1	6	7	0.296	0.05
Total	2	42	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 0,296 ($>0,05$). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Cu. Berdasarkan data diatas semakin banyak air yang dikonsumsi tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat Cu yang terakumulasi pada rambut dan kuku semakin tinggi pula. Hal ini dapat terlihat dari jumlah konsumsi air minum yang sedikit (kurang dari 3 liter) juga memiliki konsentrasi logam berat yang melebihi baku mutu. Jumlah konsumsi air minum tidak mempengaruhi konsentrasi Cu karena sedikit atau banyaknya mengkonsumsi air minum sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi

baku mutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Cu.

4.5.3.3 Hubungan Antara Jumlah Konsumsi Air Minum Masyarakat Dengan Konsentrasi Logam Berat Zn

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi Zn:

Tabel 4.20 Hubungan jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi Zn:

Jumlah Konsumsi Air Minum	Konsentrasi Zn		Total	P-Value	α
	> Standar (5,0 mg/m ³)	< Standar (5,0 mg/m ³)			
sedikit (< 3 liter)	1	36	37		
banyak (> 3 liter)	0	7	7	1.000	0.05
Total	1	43	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 1,000 (>0,05). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Zn. Berdasarkan data diatas semakin banyak air yang dikonsumsi tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat Zn yang terakumulasi pada rambut dan kuku semakin tinggi pula. Hal ini dapat terlihat dari jumlah konsumsi air minum yang sedikit (kurang dari 3 liter) juga memiliki konsentrasi logam berat yang melebihi baku mutu. Jumlah konsumsi air minum tidak mempengaruhi konsentrasi Zn karena sedikit atau banyaknya mengkonsumsi air minum sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi baku mutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Zn.

4.5.3.4 Hubungan Antara Jumlah Konsumsi Air Minum Masyarakat Dengan Konsentrasi Logam Berat Cd

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi Cd:

Tabel 4.21 Hubungan jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi Cd:

Jumlah Konsumsi Air Minum	Konsentrasi Cd		Total	P-Value	α
	> Standar (0,01 mg/m ³)	< Standar (0,01 mg/m ³)			
sedikit (< 3 liter)	37	0	37	1.000	0.05
banyak (> 3 liter)	7	0	7		
Total	44	0	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 1,000 (>0,05). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Cd. Berdasarkan data diatas semakin banyak air yang dikonsumsi tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat Cd yang terakumulasi pada rambut dan kuku semakin tinggi pula. Hal ini dapat terlihat dari jumlah konsumsi air minum yang sedikit (kurang dari 3 liter) juga memiliki konsentrasi logam berat yang melebihi baku mutu. Jumlah konsumsi air minum tidak mempengaruhi konsentrasi Cd karena sedikit atau banyaknya mengkonsumsi air minum sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi baku mutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara jumlah konsumsi air minum dengan konsentrasi logam berat Cd.

4.5.4 Hubungan Pendidikan Masyarakat Disekitar TPA Gunung Tugel Dengan Konsentrasi Logam Berat

4.5.4.1 Hubungan Antara Tingkat Pendidikan Dengan Konsentrasi Logam Berat Mn

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara pendidikan dengan konsentrasi logam berat Mn:

Tabel 4.22 Hubungan antara pendidikan dengan konsentrasi Mn:

Tingkat pendidikan	Konsentrasi Mn		Total	P-Value	α
	> Standar (0,1 mg/m ³)	< Standar (0,1 mg/m ³)			
SD-SMP	3	32	35	1.000	0.05
SMA-S1	0	9	9		
Total	3	41	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 1,000 ($>0,05$). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara tingkat pendidikan dengan konsentrasi logam berat Mn. Berdasarkan data diatas semakin tinggi tingkat pendidikan tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat Mn yang terakumulasi pada rambut dan kuku. Hal ini dapat terlihat dari tingkat pendidikan SD-SMP memiliki konsentrasi logam berat Mn yang melebihi baku mutu, begitu juga dengan tingkat pendidikan SMA-S1. Tingkat pendidikan tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena tinggi atau rendahnya tingkat pendidikan sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi baku mutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara tingkat pendidikan dengan konsentrasi logam berat.

4.5.4.2 Hubungan Antara Tingkat Pendidikan Dengan Konsentrasi Logam Berat Cu

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara pendidikan dengan konsentrasi logam berat Cu:

Tabel 4.23 Hubungan antara pendidikan dengan konsentrasi Cu:

Tingkat pendidikan	Konsentrasi Cu		Total	P-Value	α
	> Standar (0,2 mg/m ³)	< Standar (0,2 mg/m ³)			
SD-SMP	2	33	35	1.000	0.05
SMA-S1	0	9	9		
Total	2	42	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 1,000 ($>0,05$). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara tingkat pendidikan dengan konsentrasi logam berat Cu. Berdasarkan data diatas semakin tinggi tingkat pendidikan tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat Cu yang terakumulasi pada rambut dan kuku. Hal ini dapat terlihat dari tingkat pendidikan SD-SMP memiliki konsentrasi logam berat Cu yang melebihi baku mutu, begitu juga dengan tingkat pendidikan SMA-S1. Tingkat pendidikan tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena tinggi atau rendahnya tingkat pendidikan sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi baku mutu

sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara tingkat pendidikan dengan konsentrasi logam berat.

4.5.4.3 Hubungan Antara Tingkat Pendidikan Dengan Konsentrasi Logam Berat Zn

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara pendidikan dengan konsentrasi logam berat Zn:

Tabel 4.24 Hubungan antara pendidikan dengan konsentrasi Zn:

Tingkat pendidikan	Konsentrasi Zn		Total	P-Value	α
	> Standar (5,0 mg/m ³)	< Standar (5,0 mg/m ³)			
SD-SMP	1	34	35	1.000	0.05
SMA-S1	0	9	9		
Total	1	43	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 1,000 ($>0,05$). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara tingkat pendidikan dengan konsentrasi logam berat Zn. Berdasarkan data diatas semakin tinggi tingkat pendidikan tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat Zn yang terakumulasi pada rambut dan kuku. Hal ini dapat terlihat dari tingkat pendidikan SD-SMP memiliki konsentrasi logam berat Zn yang melebihi baku mutu, begitu juga dengan tingkat pendidikan SMA-S1. Tingkat pendidikan tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena tinggi atau rendahnya tingkat pendidikan sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi baku mutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara tingkat pendidikan dengan konsentrasi logam berat.

4.5.4.4 Hubungan Antara Tingkat Pendidikan Dengan Konsentrasi Logam Berat Cd

Berikut merupakan tabel silang hubungan antara pendidikan dengan konsentrasi logam berat Cd:

Tabel 4.25 Hubungan antara pendidikan dengan konsentrasi Cd:

Tingkat pendidikan	Konsentrasi Cd		Total	P-Value	α
	> Standar (0,01 mg/m ³)	< Standar (0,01 mg/m ³)			
SD-SMP	35	0	35	0.566	0.05
SMA-S1	9	0	9		
Total	44	0	44		

Berdasarkan perhitungan uji alternatif *Chi-square* didapatkan *P-value* sebesar 0,566 (>0,05). Hasil penelitian ini berarti tidak adanya hubungan antara tingkat pendidikan dengan konsentrasi logam berat Cd. Berdasarkan data diatas semakin tinggi tingkat pendidikan tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat Cd yang terakumulasi pada rambut dan kuku. Hal ini dapat terlihat dari tingkat pendidikan SD-SMP memiliki konsentrasi logam berat Cd yang melebihi baku mutu, begitu juga dengan tingkat pendidikan SMA-S1. Tingkat pendidikan tidak mempengaruhi konsentrasi logam berat karena tinggi atau rendahnya tingkat pendidikan sama sama menghasilkan konsentrasi yang melebihi baku mutu sehingga menyebabkan tidak adanya hubungan antara tingkat pendidikan dengan konsentrasi logam berat.

Tidak adanya kaitan antara konsentrasi logam berat terhadap variabel-variabel tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti aktivitas atau kegiatan manusia, adanya pabrik yang beroperasi disekitar TPA yang berpotensi menjadi salah satu penyebab terdeteksinya kandungan logam berat pada masyarakat didaerah tersebut, pencemaran udara dari emisi-emisi kendaraan yang mengandung beberapa logam berat serta gaya hidup atau kebiasaan seperti merokok, mengkonsumsi alkohol, serta pengaruh penggunaan pewarna atau cat rambut yang berpotensi menjadi salah satu penyebab terdeteksinya logam berat pada rambut dan kuku masyarakat disekitar TPA Gunung Tugel.

4.6 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

4.6.1 Analisis Pemajanan (*Exposure Assessment*)

Analisis pajanan (*exposure assessment*) merupakan penilaian kontak yang bertujuan untuk mengenali jalur pajanan agen risiko agar dapat menghitung jumlah asupan atau intake yang diterima pada populasi berisiko. Penentuan analisis pajanan dilakukan dengan menghitung jumlah asupan agen risiko yang masuk tubuh melalui pajanan oral.

a. *Intake Realtime*

Intake realtime merupakan lamanya waktu terpajan oleh kontaminan dilokasi penelitian berdasarkan pajanan sebenarnya. Berikut adalah tabel data analisis pajanan oral intake realtime untuk masing-masing golongan usia :

Tabel 4.26 Perhitungan Analisis Pajanan Oral *Intake Realtime*

Rumusan	satuan	golongan usia anak-anak	golongan usia remaja	golongan usia dewasa	golongan usia lansia	golongan usia manula
Konsentrasi Cd				0.033		
Konsentrasi Cu				0.070		
Konsentrasi Pb				0.151		
Konsentrasi Cr	mg/m ³			0.072		
Konsentrasi Fe				0.560		
Konsentrasi Mn				0.062		
Konsentrasi Zn				1.566		
Laju kontak (CR)	m ³ /hari	1.4	2	2	2	2
Frekuensi pajanan (EF)	cm/jam	365	365	365	365	365
Waktu pajanan (ET)	hari/tahun	1	1	1	1	1
Durasi pajanan (ED), realtime	tahun	8	18	35	55	68
Durasi pajanan (ED), 95 percentile	tahun	30				
Durasi pajanan (ED), lifetime	tahun	70	70	70	70	70
Berat badan (BB)	Kg	20	40	55	50	40
Periode waktu rata-rata (AT), 365hari/tahun*30tahun (nonkanker)	hari/tahun	10950	10950	10950	10950	10950

Rumusan	satuan	golongan usia anak- anak	golongan usia remaja	golongan usia dewasa	golongan usia lansia	golongan usia manula
Periode waktu rata-rata (AT), 365hari/tahun*30tahun (kanker)	hari/tahun	25550	25550	25550	25550	25550
Intake Realtime Cd		0.0006	0.0010	0.0014	0.0024	0.0038
Intake Realtime Cu		0.0013	0.0021	0.0030	0.0051	0.0079
Intake Realtime Pb		0.0028	0.0045	0.0064	0.0111	0.0171
Intake Realtime Cr		0.0013	0.0022	0.0030	0.0053	0.0081
Intake Realtime Fe		0.0105	0.0168	0.0238	0.0411	0.0635
Intake Realtime Mn		0.0012	0.0019	0.0026	0.0045	0.0070
Intake Realtime Zn		0.0292	0.0470	0.0665	0.1149	0.1775

Tabel 4.41 merupakan perhitungan untuk mencari nilai *intake realtime* dengan hasil *intake* kadmium masing-masing usia adalah untuk golongan anakanak (0,0006), remaja (0,0010), dewasa (0,0014) lansia (0,0024) dan manula (0,0038) dengan perbedaan laju kontak (CR) pada golongan usia anak-anak yaitu 1,4 liter/hari. Durasi pajanan yang digunakan pada perhitungan tabel 4.40 adalah durasi rata-rata responden selama tinggal di kawasan penelitian. Contoh perhitungan *intake realtime* golongan usia anak-anak :

$$I = \frac{0,033 \frac{mg}{m^3} \times 1,4 \frac{m^3}{hari} \times 365 \frac{hari}{tahun} \times 8 \text{ tahun}}{20 \text{ kg} \times 365 \frac{hari}{tahun} \times 30 \text{ tahun}} = 0,0006 \text{ mg/kg/hari}$$

b. *Intake Lifetime*

Pajanan *lifetime* yaitu durasi pajanan yang dihitung seumur hidup. Pajanan *lifetime* yang digunakan adalah durasi pajanan standart (ED) 70 tahun yaitu nilai standart waktu yang diperkirakan efek non karsinogenik termanifestasi pada manusia. Berikut adalah tabel data analisis pajanan oral *intake lifetime* untuk masing-masing golongan usia :

$$I = \frac{0,033 \frac{mg}{m^3} \times 1,4 \frac{m^3}{hari} \times 365 \frac{hari}{tahun} \times 70 \text{ tahun}}{20 \text{ kg} \times 365 \frac{hari}{tahun} \times 70 \text{ tahun}} = 0,0023 \text{ mg/kg/hari}$$

Tabel 4.27 Perhitungan Analisis Pajanan Oral *Intake Lifetime*

Rumusan	satuan	golongan usia anak- anak	golongan usia remaja	golongan usia dewasa	golongan usia lansia	golongan usia manula
Konsentrasi Cd				0.033		
Konsentrasi Cu				0.070		
Konsentrasi Pb				0.151		
Konsentrasi Cr	mg/m ³			0.072		
Konsentrasi Fe				0.560		
Konsentrasi Mn				0.062		
Konsentrasi Zn				1.566		
Laju kontak (CR)	m ³ /hari	1.4	2	2	2	2
Frekuensi pajanan (EF)	cm/jam	365	365	365	365	365
Waktu pajanan (ET)	hari/tahun	1	1	1	1	1
Durasi pajanan (ED), realtime	tahun	8	18	35	55	68
Durasi pajanan (ED), 95 percentile	tahun	30				
Durasi pajanan (ED), lifetime	tahun	70	70	70	70	70
Berat badan (BB)	Kg	20	40	55	50	40
Periode waktu rata-rata (AT), 365hari/tahun*30tahun (nonkanker)	hari/tahun	10950	10950	10950	10950	10950
Periode waktu rata-rata (AT), 365hari/tahun*30tahun (kanker)	hari/tahun	25550	25550	25550	25550	25550
Intake Lifetime Cd		0.0023	0.0017	0.0012	0.0013	0.0017
Intake Lifetime Cu		0.0049	0.0035	0.0025	0.0028	0.0035
Intake Lifetime Pb		0.0106	0.0076	0.0055	0.0060	0.0076
Intake Lifetime Cr		0.0050	0.0036	0.0026	0.0029	0.0036
Intake Lifetime Fe		0.0392	0.0280	0.0204	0.0224	0.0280
Intake Lifetime Mn		0.0043	0.0031	0.0023	0.0025	0.0031
Intake Lifetime Zn		0.1097	0.0783	0.0570	0.0627	0.0783

4.6.2 Karakteristik Risiko (*Risk Characterization*)

Karakteristik risiko dapat ditentukan dari hasil perbandingan intake dengan dosis referensi yang diperbolehkan, dengan hubungan semakin besar intake maka akan semakin besar risiko. Berikut adalah tabel distribusi nilai RQ untuk pajanan *realtime*, dan *lifetime* masing-masing golongan usia:

Tabel 4.28 Analisis Perhitungan Risiko Nonkanker *Intake Realtime*

Senyawa	Golongan usia anak-anak		Golongan usia remaja		Golongan usia dewasa		Golongan usia lansia		Golongan usia manula	
	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ
Cd	0.0006	0.6177	0.0010	0.9927	0.0014	1.4039	0.0024	2.4267	0.0038	3.7503
Cu	0.0013	0.0327	0.0021	0.0525	0.0030	0.0742	0.0051	0.1283	0.0079	0.1983
Pb	0.0028	0.7837	0.0045	1.2596	0.0064	1.7812	0.0111	3.0789	0.0171	4.7583
Cr	0.0013	0.0009	0.0022	0.0014	0.0030	0.0020	0.0053	0.0035	0.0081	0.0054
Fe	0.0105	0.0149	0.0168	0.0240	0.0238	0.0339	0.0411	0.0587	0.0635	0.0907
Mn	0.0012	0.0083	0.0019	0.0133	0.0026	0.0188	0.0045	0.0325	0.0070	0.0502
Zn	0.0292	0.0975	0.0470	0.1566	0.0665	0.2215	0.1149	0.3829	0.1775	0.5918

Dari hasil perhitungan pada tabel didapatkan RQ (*risk quotient*) untuk seluruh responden yaitu pada pajanan *realtime* terdapat responden dengan nilai RQ > 1, maka dapat disimpulkan ada responden yang memiliki nilai RQ >1 yang menandakan bahwa nilai RQ nonkanker dapat menimbulkan efek kesehatan nonkanker. Nilai RQ (*risk quotient*) sangat dipengaruhi oleh durasi pajanan, usia responden, dan laju kontak. Apabila nilai RQ > 1 berarti pajanan logam berat tersebut memiliki risiko terhadap gangguan kesehatan, sedangkan apabila nilai RQ <1 maka masih dianggap aman bagi manusia.

Tabel 4.29 Analisis Perhitungan Risiko Nonkanker *Intake Lifetime*

Senyawa	Golongan usia anak-anak		Golongan usia remaja		Golongan usia dewasa		Golongan usia lansia		Golongan usia manula	
	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ
Cd	0.0023	2.3164	0.0017	1.6545	0.0012	1.2033	0.0013	1.3236	0.0017	1.6545
Cu	0.0049	0.1225	0.0035	0.0875	0.0025	0.0636	0.0028	0.0700	0.0035	0.0875
Pb	0.0106	2.9390	0.0076	2.0993	0.0055	1.5267	0.0060	1.6794	0.0076	2.0993
Cr	0.0050	0.0033	0.0036	0.0024	0.0026	0.0017	0.0029	0.0019	0.0036	0.0024
Fe	0.0392	0.0560	0.0280	0.0400	0.0204	0.0291	0.0224	0.0320	0.0280	0.0400
Mn	0.0043	0.0310	0.0031	0.0221	0.0023	0.0161	0.0025	0.0177	0.0031	0.0221
Zn	0.1097	0.3655	0.0783	0.2611	0.0570	0.1899	0.0627	0.2089	0.0783	0.2611

Dari hasil perhitungan pada tabel didapatkan RQ (*risk quotient*) untuk seluruh responden yaitu pada pajanan *lifetime* terdapat responden dengan nilai RQ > 1, maka dapat disimpulkan ada responden yang memiliki nilai RQ >1 yang menandakan bahwa nilai RQ (*risk quotient*) nonkanker dapat menimbulkan efek kesehatan nonkanker. Apabila nilai RQ > 1 berarti pajanan logam berat tersebut memiliki risiko terhadap gangguan kesehatan, sedangkan apabila nilai RQ <1 maka masih dianggap aman bagi manusia. Nilai RQ (*risk quotient*) sangat dipengaruhi oleh durasi pajanan, usia responden, dan laju kontak. Risiko nonkanker yang dapat ditimbulkan dari paparan logam berat Cd antara lain timbulnya rasa sakit dan panas pada bagian dada, mual, muntah, kepala pusing dan gangguan saluran pernapasan. Sedangkan risiko nonkanker yang ditimbulkan oleh logam berat Pb adalah rasa terbakar pada mulut, terjadinya perangsangan dalam gastrointestinal, dan diikuti dengan diare.

Tabel 4.30 Analisis Perhitungan Risiko Kanker

Senyawa	Golongan usia anak-anak		Golongan usia remaja		Golongan usia dewasa		Golongan usia lansia		Golongan usia manula	
	nilai ECR	nilai RQ	nilai ECR	nilai RQ	nilai ECR	nilai RQ	nilai ECR	nilai RQ	nilai ECR	nilai RQ
Cd	0.0004	2.3164	0.0003	1.6545	0.0002	1.2033	0.0002	1.3236	0.0003	1.6545
Pb	1.2447	2.9390	0.8891	2.0993	0.6466	1.5267	0.7113	1.6794	0.8891	2.0993

Berdasarkan tabel 4.44 dapat disimpulkan bahwa pada setiap golongan usia dapat berisiko kanker dengan hasil perhitungan risiko kesehatan terhadap responden ada yang melebihi ambang batas ($ECR \leq 10^{-4}$). Adapun logam berat yang berpotensi menimbulkan efek kanker pada tubuh manusia yaitu logam berat Pb karena berdasarkan hasil perhitungan risiko kanker diperoleh nilai ECR (*excess cancer risk*) yang melebihi ambang batas pada setiap golongan usia. Sedangkan pada logam berat Cd nilai ECR (*excess cancer risk*) pada setiap golongan usia masih berada di bawah nilai ambang batas yaitu ($ECR \leq 10^{-4}$).

4.6.3 Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan suatu upaya atau tindakan yang dilakukan untuk melindungi populasi terutama responden yang terpapar oleh pajanan bahan berbahaya dengan cara mengurangi kontak, menghindari kontak dan dengan upaya perlindungan diri dari senyawa berbahaya tersebut. Manajemen risiko adalah pengambilan keputusan yang melibatkan pertimbangan faktor-faktor politik, sosial, ekonomi, dan teknik yang relevan (Djafri, 2014). Pada penelitian ini manajemen risiko dilakukan dengan cara seperti menurunkan atau mengurangi konsentrasi pajanan bahan berbahaya, lama tinggal pajanan (*exposure time*) (ET) responden, dan mengurangi frekuensi pajanan (*exposure frequency*) (EF) lama tinggal responden.

Berdasarkan hasil analisis risiko diperoleh nilai $RQ > 1$ pada pajanan logam berat Cd pada golongan usia dewasa, lansia dan manula. Sedangkan untuk logam berat Pb nilai $RQ > 1$ terdeteksi pada golongan usia remaja, dewasa, lansia dan manula yang berarti berisiko tidak aman terhadap gangguan kesehatan manusia. Sementara pada logam berat Cu, Cr Fe, Mn dan Zn tidak terdeteksi nilai $RQ > 1$ yang berarti kandungan logam berat ini masih tergolong aman dan tidak berisiko terhadap gangguan kesehatan manusia. Sedangkan untuk perhitungan risiko kanker diperoleh data bahwa logam berat Pb berpotensi menimbulkan efek kanker pada tubuh manusia pada setiap golongan usia karena memiliki nilai ECR (*excess cancer risk*) yang melebihi nilai ambang batas yaitu ($ECR \leq 10^{-4}$).

Manajemen risiko dilakukan berdasarkan pada pengetahuan masyarakat yang masih kurang terhadap bahaya logam berat pada air sumur yang dijadikan sebagai sumber konsumsi air minum. Kurniawidjaja (2010) menjelaskan bahwa apabila intensitas pajanan semakin tinggi dan waktu pajanan semakin panjang maka gangguan kesehatan atau masalah kesehatan yang timbul akan semakin berat. Manajemen risiko merupakan kelanjutan dari analisis risiko dengan pengelolaan manajemen risiko yang dapat dilakukan adalah seperti aspek manajemen, KIE (Komunikasi, Informasi, dan Edukasi) dan aspek teknologi (Handoyo, 2016).

4.6.4 Solusi Teknis

Langkah pertama dalam pengurangan risiko terpapar logam berat ialah tidak mengkonsumsi air minum yang berasal dari sekitar daerah tersebut terutama air sumur karena terindikasi telah terkontaminasi oleh logam berat. Solusinya ialah dengan mengganti sumber konsumsi air minum dengan sumber yang lainnya yang tidak terkontaminasi oleh logam berat. Hal ini dapat mengurangi risiko terpapar logam berat karena salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pajanan logam berat pada manusia ialah berasal dari sumber konsumsi air minum.



