

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pengelolaan Persampahan Kabupaten Banyumas

Sampah sebagai produk sampingan dari aktivitas manusia telah menimbulkan berbagai masalah yang cukup kompleks seiring perkembangan dan pertumbuhan zaman. Permasalahan tersebut yang sedang dirasakan Pemerintah Kabupaten Banyumas, terutama dari aspek pengelolaan persampahan. Aspek-aspek yang menjadi permasalahan utama dalam pengelolaan persampahan di Kabupaten Banyumas diantaranya terkait masalah, kelembagaan, Sumber Daya Manusia (SDM), peralatan pengelolaan sampah, sumber sampah hingga tempat pemrosesan sampah (Tempat Penampungan Sementara dan Tempat Pemrosesan Akhir) (Padyawardhana, P. 2006).

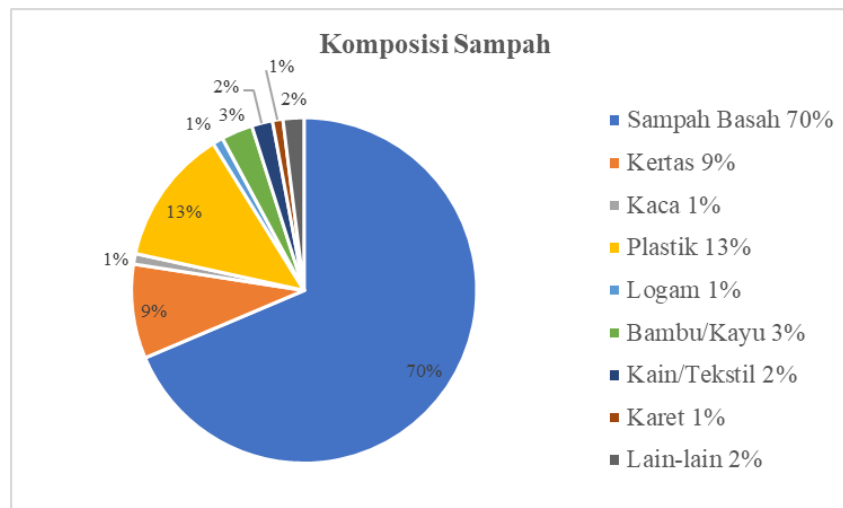
Penanganan persampahan atau limbah padat yang dihasilkan oleh masyarakat, baik yang berasal dari rumah tangga, pasar, restoran dan lain sebagainya ditampung melalui TPS atau transfer Depo ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Sistem pengelolaan persampahan di Kabupaten Banyumas secara umum dibagi menjadi 2 yaitu Sistem Pengelolaan Sampah Mandiri dan Sistem Pengelolaan Sampah Bersama (Buku Putih Sanitasi Kab.Banyumas, 2011).

2.2 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Gunung Tugel

TPA Sampah Gunung Tugel terletak di Desa Kedungrandu, Kecamatan Patikraja, Kabupaten Banyumas memiliki luas penimbunan seitar 3,0 ha. Pengoperasian TPA Gunung Tugel pada perencanaannya menggunakan umur rencana 20 tahun (tahun 1983-2003), dimanfaatkan dengan metode *open dumping*. Sistem *open dumping* merupakan sistem pemrosesan sampah tertua dan paling sederhana yang sering dipakai di negara berkembang. Prinsip dasarnya adalah hanya membuang sampah dan menumpuk begitu saja tanpa ada perencanaan lahan. Metode penumpukan ini akan sangat berpotensi menimbulkan berbagai macam

masalah pencemaran lingkungan dan sumber penyakit karena dapat menjadi tempat berkembangnya berbagai vektor penyakit (Murtadho & Sahid, 1987).

Jumlah perkiraan total timbunan sampah jenis rumah tangga di Kabupaten Banyumas mencapai 3.374 m³/hari, dengan asumsi produksi sampah kurang lebih 2,171 liter/hari/orang dikalikan jumlah penduduk 1.553.902 jiwa sehingga dalam setahun mencapai 1.214.640 m³ (Buku Putih Sanitasi Kab.Banyumas, 2011). Setiyowati (2013) mengatakan bahwa komposisi sampah yang berada di TPA Sampah Gunung Tugel Kabupaten Banyumas didominasi oleh sampah basah, seperti yang terlihat pada **Gambar 2.1** berikut:



Gambar 2.1 Komposisi Sampah di TPA Sampah Gunung Tugel Kabupaten Banyumas (Setiyowati, 2013)

Tchobanoglous (1993), membagi komposisi sampah kedalam dua golongan, yaitu:

1) Komposisi fisik sampah

Secara fisik sampah terdiri dari sampah basah, sampah halaman, taman, kertas, kardus, kain, karet, plastik, kulit, kayu, kaca, logam, debu dan lain-lain. Informasi mengenai komposisi fisik sampah diperlukan untuk memilih dan menentukan cara pengoprasian setiap peralatan serta fasilitas-fasilitas lainnya, memperkirakan kelayakan pemanfaatan kembali sumber daya dan energi dari sampah, serta sebagai perencanaan fasilitas pemrosesan akhir.

2) Komposisi kimia sampah

Umumnya komposisi kimia sampah terdiri dari unsur Karbon, Hidrogen, Oksigen, Nitrogen, Sulfur, Fosfor serta unsur lainnya yang terdapat dalam protein, karbohidrat dan lemak. Untuk mengetahui komposisi kimia sampah, perlu dilakukan analisa konsentrasi kimia sampah di laboratorium. Unsur-unsur kimia yang diselidiki tergantung dari alternatif cara pengelolaan sampah yang akan dievaluasi.

Pengoprasian TPA Sampah Gunung Tugel dengan sistem *open dumping* secara teknis, ekonomi dan lingkungan dinilai sudah tidak memenuhi syarat, sehingga pengolahan sampah di perkotaan Purwokerto akan dialihkan ke TPA Sampah Kaliori yang telah menerapkan sistem *sanitary landfill* (Buku Putih Sanitasi Kab.Banyumas, 2011).

2.3 Sampah Sebagai Sumber Air Lindi

Penimbunan sampah pada lahan TPA dapat menghasilkan limbah cair yang disebut air lindi. Air lindi merupakan hasil proses penguraian bahan organik yang bercampur dengan air hujan atau mata air pada lahan TPA. Cairan ini berpotensi sebagai sumber pencemar terhadap tanah, air permukaan dan juga air tanah dangkal. Konsentrasi bahan pencemar pada air lindi dapat diklasifikasikan atas bahan organik terlarut melalui parameter COD dan BOD, termasuk gas *methane* dan *fatty acid* yang mudah menguap, senyawa makro anorganik seperti Calsium, Magnesium, Sodium, Pottasium, Ammonium, Iron, Manganese Chlorida, Sulfate dan Carbonate (Damanhuri, 2008).

Kualitas dan kuantitas lindi bervariasi dan fluktuasinya tergantung pada curah hujan, komposisi / karakteristik sampah, umur timbunan dan pola operasional TPA. Lindi sampah kota yang berumur diatas 10 tahunpun ternyata mempunyai BOD dan COD yang masih relatif tinggi. Dari segi komponen, konsentrasi pada lindi tidak berbeda dengan air buangan domestik. Namun, zat organik yang terkandung pada air lindi dari timbunan sampah domestik sangat tinggi konsentrasinya. Hal ini ditunjukkan dari sangat tingginya konsentrasi BOD pada air lindi yaitu berkisar 2.000-30.000 mg/l. Konsentrasi karbon organik yang tinggi dalam air lindi

menandakan bahwa perlu dilakukan pengolahan terhadap air lindi sebelum dibuang ke lingkungan (Damanhuri, 2008).

Dalam air lindi juga ditemui konsentrasi logam berat diantaranya Cadmium (Cd), Tembaga (Cu), Chromium (Cr), Nikel (Ni), Timbal (Pb), Seng (Zn) serta Xenobiotic Senyawa organik dalam bentuk Karbon Aromatik, Phenols dan Hallogenated Aliphatics (Ludwig, dkk. 2003). Logam-logam tersebut diketahui dapat mengumpul dan tinggal di dalam tubuh suatu organisme sebagai racun dalam jangka waktu yang lama (Fardiaz, 1992). Palar (2004), pun mengatakan bahwa apabila jumlah dari logam berat masuk ke dalam tubuh manusia dengan jumlah berlebih akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh.

Fatmawinir, dkk (2015) telah melakukan penelitian konsentrasi logam berat pada kolam lindi dari TPA Sampah Air Dingin di kota Padang. Penelitian dilakukan pada 2 kondisi, yaitu sebelum dan sesudah hujan. Hasil penelitian konsentrasi logam berat dalam air lindi menunjukkan konsentrasi logam berat Pb berkisar 0,07-0,17 mg/l, Cu berkisar 0,013-0,025 mg/l, Zn berkisar LoD<0,725 mg/l, Cd berkisar LoD<0,005 mg/l dan Mn berkisar 0,095-0,573 mg/l seperti yang terlihat pada **Tabel 2.1** sebagai berikut:

Tabel 2.1 Konsentrasi Logam Berat di Kawasan TPA Sampah Air Dingin Kota Padang (Fatmawinir, dkk. 2015)

No	Sampel	Pb (mg/L)		Cu (mg/L)		Zn (mg/L)		Cd (mg/L)		Mn (mg/L)	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
1	A	0,11	0,15	0,018	0,022	0,009	0,725	0,002	0,004	0,095	0,573
2	B	0,07	0,1	0,016	0,025	LoD	0,013	0,005	LoD	0,246	0,503
3	C	0,1	0,17	0,013	0,012	0,04	0,679	LoD	0,002	0,157	0,317

LoD: Limit of Detection

2.4 Pencemaran Limbah Cair Ke Badan Air

Air merupakan sumber daya alam yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Sehingga, sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup lain. Pemanfaatan air untuk memenuhi kebutuhan harus dilakukan secara bijaksana, dengan tetap mementingkan kepentingan jangka panjang untuk generasi yang akan datang. Salah

satu masalah utama dari sumber daya air adalah kualitas air yang semakin menurun. Kegiatan industri, aktivitas manusia dan lain-lain dapat menyebabkan dampak negatif terhadap sumber daya air yang menyebabkan penurunan kualitas air. Kondisi ini dapat membahayakan kehidupan makhluk hidup yang bergantung pada sumber daya air tersebut (Effendi, 2003).

Untuk melestarikan fungsi air perlu dilakukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Pengelolaan kualitas air dilakukan agar tercapainya kualitas air yang diinginkan sesuai baku mutu air. Batas maksimum unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha atau kegiatan diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (PP RI. No.82 Tahun 2001).

Polusi air dapat diklasifikasikan berdasarkan sumbernya dan berdasarkan macam polutannya. Berdasarkan sumbernya, ada polusi dengan sumber titik tertentu (*point source pollution*) yaitu polusi yang berasal dari saluran pemrosesan limbah industri. Karena sumbernya jelas, yaitu berupa pipa atau selokan, maka pemantauannya dan pengendaliannya lebih mudah. Secara periodik dapat dilakukan uji kualitas air dan jika diketahui kualitasnya melebihi ambang batas yang ditentukan oleh peraturan yang berlaku sebelum air limbah tersebut dibuang ke lingkungan perairan. Ada pula sumber polusi yang tak bersumber pada titik tertentu (*non point source pollution*) yaitu polusi yang berasal dari rumah tangga, pertokoan, pertanian, pertambangan, dan lain-lain. Sumber polusi *non point source* ini tidak memiliki titik sumber pencemaran yang jelas. Sumber dari wilayah yang terpencaer luas, sehingga penangannya lebih sulit dari polusi bersumber di satu titik (Wiryo, 2013).

2.4.1 Sumber Pencemar Parameter Fisik

Pencemaran fisik misal suhu, nilai pH, warna, bau dan total padatan tersuspensi. Senyawa padatan dalam limbah cair dibedakan menurut (Suharto, 2011):

- a. Padatan tersuspensi terdiri atas padatan mengendap dan padatan tak mengendap dan selanjutnya padatan ini terdiri atas senyawa organik dan anorganik. Padatan tersuspensi dengan ukuran partikel padatan lebih besar 10^{-2} mm;
- b. Padatan berupa senyawa koloid dalam limbah cair terdiri atas senyawa organik dan senyawa anorganik. Senyawa koloid dengan ukuran partikel padatan antara 10^{-6} sampai 10^{-2} mm;
- c. Padatan terlarut dalam limbah cair yang terdiri atas senyawa organik dan anorganik. Padatan terlarut dengan ukuran partikel padatan antara 10^{-6} sampai 10^{-8} mm.

Polusi thermal dengan meningkatnya suhu di air akan mengurangi oksigen terlarut sehingga mengganggu respirasi organisme air. Dampak lainnya adalah terganggunya aktifitas reproduksi dikarenakan seringkali suhu menjadi faktor penting dari pemilihan tempat organisme perairan dalam bereproduksi. Kenaikan suhu juga dapat membuat organisme air menjadi rentan terkena penyakit. Bakteri tertentu lebih mudah menginfeksi organisme perairan ketika suhu di badan air meningkat, suhu yang lebih ekstrim bahkan dapat menyebabkan kematian.

Limbah cair juga berpotensi meningkatkan keasaman pada air. Jika deposisi asam mengenai badan air, maka air akan menjadi masam. Ketika keasaman tinggi (pH air rendah) maka biota air akan mati. Penurunan derajat keasaman ini menandakan bahwa suatu badan air telah tercemar senyawa sulfida atau senyawa yang mengandung sulfur atau belerang, dan biasanya disebabkan oleh aktivitas pertambangan. Lahan bekas pertambangan dengan keasaman air tanah yang tinggi merupakan lahan yang tidak subur bagi tumbuhan, yang ditandai tidak banyak tumbuhan yang mampu hidup di lahan tersebut (Wiryono, 2013).

2.4.2 Sumber Pencemar Senyawa Kimia Organik dan Anorganik

Pencemar senyawa kimia organik misal karbohidrat, protein, lemak, minyak, pelumas, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Organic Carbon* (TOC), TOD dan alkalinitas. Sedangkan, pencemar senyawa kimia anorganik diantaranya logam berat, N, P, klorida, sulfur, hidrogen sulfid dan gas terlarut dalam limbah cair. Jika nilai BOD tinggi berarti terdapat kelebihan

senyawa organik. Konsentrasi oksigen (*dissolve oksigen*) terlarut dalam air bebas pencemar atau kontaminan sebesar 7,59 mg/l. Hubungan antara pencemar senyawa kimia atau kontaminan dalam limbah cair dinyatakan dalam pers. (1) berturut-turut COD, BOD dan TOC sebagai berikut (Suharto, 2011):

$$\frac{COD}{TOC} = 3,45; \frac{BOD}{COD} = 1,58; \frac{COD}{BOD} = 2,18 \dots \dots \dots (1)$$

Sumber: Brauer, H. 1985 dalam Suharto, 2011

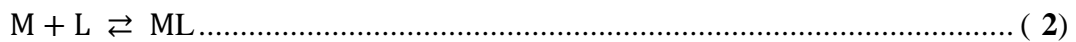
BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk konversi mikroba (*microbial conversion*) atau mengoksidasi senyawa organik dalam limbah cair oleh mikroba pada suhu 20°C selama waktu inkubasi 5 hari. Parameter BOD digunakan untuk mengetahui karakteristik senyawa kimia organik dalam limbah cair. Sedangkan nilai COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengonversi senyawa organik dalam air limbah melalui reaksi kimia (Suharto, 2011). Bahan kimia yang digunakan biasanya adalah kalium bichromat yang akan mengoksidasi limbah menjadi karbon dioksida dan air (Wiryo, 2013).

Bakteri di air mendapatkan energi dengan cara menguraikan limbah organik dengan bantuan oksigen. Semakin banyak limbah organik berarti semakin banyak oksigen yang dibutuhkan, sehingga volume oksigen yang terlarut di dalam air berkurang. Jika oksigen terlarut habis maka kondisi air berupa menjadi anaerobik, sehingga bakteri aerobik mati dan proses penguraian limbah organik diambil alih oleh bakteri anaerobik. Kondisi anaerobik ini menghasilkan bau yang tidak enak (Wiryo, 2013).

Penguraian limbah organik oleh bakteri menyebabkan sungai dan badan air berfungsi sebagai sarana pengolahan limbah alami. Jika volume tidak terlalu banyak, oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mengurai limbah akan segera digantikan kembali secara alami. Air yang dingin dan mengalir deras mengandung banyak oksigen dan cepat memulihkan konsentrasi oksigen yang dipakai bakteri. Sebaliknya air hangat dan tenang lebih mudah mengalami pengurangan oksigen. Berkurangnya oksigen terlarut dapat mengganggu kehidupan biota perairan (Wiryo, 2013).

2.4.3 Sumber Logam di Perairan

Istilah “logam” secara khas menjelaskan suatu unsur yang merupakan konduktor listrik yang baik dan mempunyai konduktivitas panas, rapatan, kemudahan ditempa, kekerasan serta keelektropositifan yang tinggi (Wittmann, 1979). Logam bereaksi sebagai akseptor pasangan elektron (asam lewis) dan donor pasangan elektron (basa lewis) untuk membentuk keberagaman gugus kimia seperti pasangan ion, kompleks logam, senyawa koordinasi atau kompleks donor-akseptor. Jenis reaksi kesetimbangan ini dapat digeneralisasi dalam pers. (1) dan (2) sebagai berikut (Connel & Gregory, 2006):



$$K_{ML} = \frac{[ML]}{[M] + [L]} \dots\dots\dots (3)$$

(Catatan: Muatan pada spesies kimia telah diabaikan)

Dalam persamaan diatas, M mewakili ion-ion logam, L ligan, ML kompleks logam-ligan, dan K_{ML} tetapan kesetimbangan (kestabilan). Ahrlund dkk. (1958) menyatakan bahwa semakin besar tetapan kesetimbangan, semakin stabil kompleks logam tersebut di dalam larutan. Sebagai contoh, logam-logam transisi dari rangkaian elektron 3d menunjukkan kenaikan kestabilan kompleks dalam urutan sebagai berikut: $Mn^{2+} < Fe^{2+} < Co^{2+} < Ni^{2+} < Cu^{2+} > Zn^{2+}$ (Rangkaian Irving-Williams). Pendekatan anorganik ini lebih jauh dikembangkan (Pearson, 1968 a,b) untuk menggolongkan akseptor dan donor pasangan elektron ke dalam asam dan basa kuat dan lemah. Sebagai contoh, asam-asam kuat (misalnya, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+}) berikatan kuat dengan basa-basa kuat (misalnya, O^{2-} atau CO_3^{2-}). Sebaliknya, asam-asam lemah (misalnya, Hg_2^{2+} atau Hg^{2+} , Pb^{2+}) akan berikatan kuat dengan basa-basa lemah (misalnya, S^{2-}).

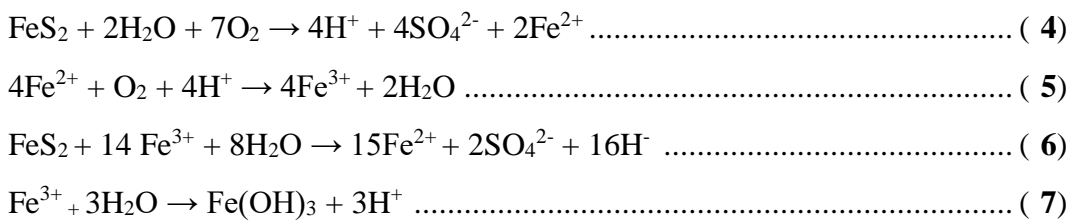
Logam memasuki lingkungan hidrosfer dari beragam sumber, baik secara alami atau disebabkan kegiatan manusia. Sumber alami seperti kerusakan kimiawi oleh kegiatan gunung berapi merupakan mekanisme pelepasan terbesar yang bertanggung jawab terhadap susunan kimiawi pada ekosistem laut dan air tawar. Di

dalam sistem air tawar, kelapukan kimiawi pada batuan-batuan perapian dan metamorfik pada tanah merupakan sumber penting masuknya logam ke perairan (Leckie & James, 1974).

Presipitasi dan jatuhnya dari atmosfer adalah sumber penting berikutnya dari masuknya logam ke perairan secara keseluruhan, selain itu tumbuh-tumbuhan yang membusuk serta *detritus* hewan juga turut menyumbang konsentrasi logam ke perairan meskipun dengan kadar yang lebih sedikit (Connel & Gregory, 2006). Kegiatan manusia merupakan sumber utama lain dari masuknya logam ke dalam lingkungan perairan, diantaranya (Wittmann, 1979):

1) Kegiatan Pertambangan

Eksplorasi tambang yang membongkar permukaan batuan atau tanah dapat mempercepat kondisi pelapukan. Terbukanya mineral pirit dan sulfida terhadap oksigen di atmosfer dan kelembapan dapat mengakibatkan oksidasi mineral. Keadaan pH yang rendah dihasilkan bersama dengan berbagai senyawa logam termasuk ferri hidroksida yang membentuk timbunan kuning oranye air asam tambang. Reaksi yang terlibat dalam oksidasi pirit untuk membentuk asam tambang dapat dilihat pada pers. (4), (5), (6) dan (7) sebagai berikut:



Sebagai akibatnya, pelepasan air asam tambang khususnya dari pertambangan batu bara yang masih aktif maupun yang sudah ditinggalkan, secara luas dihubungkan dengan masalah kualitas air yang melibatkan tingginya konsentrasi logam seperti Fe, Mn, Zn, Cu, Ni dan Co. Sebagai tambahan, kegiatan proses pertambangan berupa pengambilan bijih, peleburan dan penyulingan minyak dapat menyebabkan hamburan dan penimbunan sejumlah logam seperti Pb, Zn, Cu, As dan Ag ke dalam lingkungan perairan.

2) Limbah Cair Rumah Tangga

Limbah cair rumah tangga dari hasil metabolik sampah mengandung logam-logam (Cu, Pb, Zn dan Cd) yang cukup besar. Sebagai contoh, air limbah perkotaan dari tempat penimbunan sampah-sampah rumah tangga serta industri merupakan sumber-sumber untuk konsentrasi Cd, Cr, Cu, Fe, Pb dan Hg di New York Bight (Mueller, dkk., 1976).

Lisa (2013), mengatakan bahwa sampah yang mengandung logam di TPA Sampah Pakusari Kabupaten Jember diantaranya: Timbah (Pb) dari sampah baterai, cat dan kaleng; Kadmiu (Cd) dari sampah baterai, alat elektronik, keramik, tekstil dan plasti; Tembaga (Cu) dari sampah alat listrik, pipa dan kawat; Besi (Fe) dari sampah mesin, *meuble* dan komponen bangunan.

3) Limbah dan Buangan Industri

Cairan limbah industri mengandung beragam logam-logam yang sering dijumpai mencemari lingkungan perairan. Emisi logam dari pembakaran bahan bakar fosil menjadi salah satu sumber utama pencemaran melalui atmosfer yang masuk ke lingkungan perairan dari siklus hidrologi (presipitasi) (Connel & Gregory, 2006). Kepekatan logam dalam air limbah industri seringkali dalam miligram per liter seperti pada **Tabel 2.2** berikut:

Tabel 2.2 Kepekatan Logam Berat dalam Air Limbah Industri (Klein, dkk. 1974)

No	Industri	Kepekatan Rata-rata dalam $\mu\text{g L}^{-1}$				
		Cu	Cr	Ni	Zn	Cd
1	Pengolahan daging	150	150	70	460	11
2	Pengolahan lemak	220	210	280	3.890	6
3	Pengolahan ikan	240	230	140	1.590	14
4	Pembuatan kue/roti	150	330	430	280	2
5	Berbagai makanan	350	150	110	1.100	6
6	Minuman keras	410	60	40	470	5
7	Minuman ringan dan pemberi rasa	2.040	180	220	2.990	3
8	Es krim	2.700	50	110	780	31
9	Pewarnaan bahan	37	820	250	500	30
10	Pewarnaan dan pembuatan baju bulu	7.040	20.140	740	1.730	115
11	Berbagai zat kimia	160	280	100	800	27
12	Pencucian baju dengan zat kimia	1.700	1.220	100	1.750	134
13	Pencucian mobil	180	140	190	920	18

4) Lahan Pertanian

Sumber logam di lahan pertanian ditentukan berdasarkan sifat dan perlakuan serta praktik kegiatan di suatu lahan pertanian tersebut (McElroy, dkk., 1975). Tanah pertanian dapat menjadi kaya akan logam dari hasil pemakaian pupuk fosfat, herbisida dan fungisida tertentu serta melalui cairan limbah atau lumpur sebagai sumber makanan tanaman. Namun, kemampuan tanah dalam mengoksidasi, membentuk garam yang tidak larut dan melakukan reaksi penyerapan dapat menstabilkan konsentrasi logam dalam tanah yang besarnya kemampuan tersebut berbeda-beda tergantung pada jenis dan ciri-ciri tanah (Connel & Gregory, 2006).