

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah.

Pengolahan terakhir yang dilakukan dalam proses pengelolaan sampah adalah dengan memproses sampah kedalam tempat pemrosesan akhir sampah (TPA), dimana TPA merupakan tempat penimbunan sampah di dalam tanah. Di Indonesia terdapat tiga sistem pengolahan sampah di tempat pemrosesan akhir (TPA) yaitu dengan sistem *open dumping*, *controlled landfill* dan *sanitary landfill*. *Sanitary Landfill* merupakan metode pengelolaan sampah yang menggunakan lapisan penahan resapan air lindi serta saluran air lindi untuk meminimalisir pencemaran air lindi ke tanah di sekitar TPA dan memberikan tanah penutup setiap harinya beserta persyaratan tertentu. Sedangkan sistem *open dumping* adalah sistem pengelolaan sampah tanpa adanya aturan, sampah yang ada langsung dibuang dan ditumpuk pada area yang sudah ditentukan tanpa dilakukan pengolahan (Widyatmoko dan Moerdjoko, 2002).

Sistem pengolahan TPA menggunakan *open dumping* memiliki dampak yang buruk terhadap lingkungan sekitar, dikarenakan metode ini dapat menyebabkan pencemaran ke tanah, air dan udara disekitar TPA, pencemaran yang terjadi diakibatkan oleh bahan organik dan logam berat. Selain itu, sistem *open dumping* juga memperbesar vektor penyakit yang disebabkan oleh lalat. Disisi lain pengolahan TPA menggunakan metode *open dumping* dapat menghasilkan air lindi yang dicirikan oleh kandungan parameter fisik dan kimia yang tinggi, serta mengandung logam berat berbahaya seperti Kadmium (Cd), dan Timbal (Pb) (Fachrudin, 1989). Lindi yang dibiarkan tanpa diolah akan merembes kedalam tanah dan dapat mencemari air tanah disekitarnya (Keman, 2003). TPA Gunung Tugel sendiri berada di atas formasi batuan tapak yang memungkinkan air lindi dapat merembes dan dapat mencemari air tanah penduduk di sekitar TPA.

Sistem peralihan dari *open dumping* ke *sanitary landfill* adalah *controlled landfill*. Sistem ini hanya berlaku di Indonesia, dalam sistem *controlled landfill* ini memiliki spesifikasi yang hampir sama dengan *sanitary landfill*, akan tetapi pembeda yang cukup terlihat adalah proses penutupan sampah yang dilakukan seminggu sekali. Hingga saat ini, di Indonesia metode yang banyak digunakan adalah metode *controlled landfill*. Hal ini dikarenakan menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, pengolahan sampah dengan metode *open dumping* harus segera diganti dengan metode *controlled landfill* atau *sanitary landfill*.

## 2.2 Air Tanah dan Jenisnya

Air tanah (*groundwater*) merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah dengan kedalaman yang berbeda-beda. Air tanah merupakan air yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat terutama di Indonesia, dikarenakan air tanah dinilai lebih bersih dibandingkan dengan air permukaan, air tanah hanya dapat ditemukan pada akuifer. Pergerakan air tanah pada akuifer sangat lambat dan dipengaruhi oleh porositas, permeabilitas dari lapisan tanah dan pengisian kembali air (*recharge*). Karakteristik utama pada air tanah adalah memiliki pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang lama, dapat mencapai puluhan ataupun ratusan tahun. Hal ini menyebabkan air tanah sulit diolah saat terjadi pencemaran di dalamnya (Effendi, 2003). Terdapat perbedaan yang signifikan antara air tanah dan air permukaan, salah satunya adalah air tanah dapat melarutkan mineral-mineral bahan induk dari tanah yang melewatinya (Achmad, 2004).

Air tanah dibedakan menjadi dua macam, yaitu air tanah tertekan dan air tanah tidak tertekan (bebas). Air tanah tidak tertekan adalah air dari akuifer yang hanya terisi sebagian oleh air, terletak pada suatu dasar yang kedap air dan mempunyai permukaan bebas. Sedangkan air tanah tertekan adalah air dari akuifer yang seluruhnya jenuh air dengan bagian atas dan bawah dibatasi oleh lapisan yang kedap air (Effendi, 2003). Sedangkan berdasarkan jenisnya, air tanah dibedakan menjadi beberapa kelompok yaitu *meteoric water* (*vedose water*), air pelikular (*vadose water*), air tanah tubir (*connate water*), air fosil (*fossil water*), air magma (*juvenile water*) dan air freatis (*phreatic water*) (Saputra *et al.*, 2016).

Tinggi rendahnya air dalam air tanah sangat bergantung pada topografi setempat, formasi geologi dan jumlah kandungan airnya. Muka air yang terdapat dalam sumur gali sama dengan ketinggian muka air yang terdapat pada akuifer. Pada sumur dangkal perubahan tinggi muka air dapat berubah dan mudah dilihat. Saat musim kemarau air sumur akan berkurang bahkan mengkering, tetapi pada musim hujan air pada sumur akan berangsur naik karena proses infiltrasi dari permukaan ataupun dari sungai (Prayogo, 2014).

### **2.3 Kualitas dan Proses Pencemaran Air tanah**

Kualitas air tanah tidak selalu sama antara satu lokasi dengan lokasi lain, hal ini bergantung pada beberapa faktor yang mempengaruhi pada daerah tersebut. Terdapat dua faktor yang dapat mempengaruhi kualitas air tanah pada suatu daerah, faktor yang mempengaruhi kualitas air adalah faktor alami dan faktor buatan. Faktor alami meliputi batuan, tanah, vegetasi, dan iklim. Sedangkan faktor buatan meliputi pupuk dan limbah pertanian, insektisida, limbah domestik dan limbah industri (Purnama, 2010).

Pergerakan air pada air tanah dipengaruhi perbedaan potensi kelembapan total dan kemiringan antara dua titik dalam lapisan tanah yang dapat menyebabkan gerakan air dalam tanah. Air bergerak dari tempat dengan potensi kelembapan tinggi ke tempat dengan potensi kelembapan rendah. Selanjutnya, air bergerak mengikuti formasi batuan sesuai dengan arah kemiringan formasi geologi batuan pada daerah tersebut (Asdak, 2014).

Proses masuknya pencemar kedalam air tanah adalah dengan terbawa pada proses infiltrasi air yang terjadi kedalam tanah sampai ke air tanah, tidak semua pencemar dapat masuk ke air tanah, dikarenakan pada saat proses infiltrasi air terdapat proses kimia alami dalam tanah yang dapat mereduksi zat pencemar. Selain itu, pencemaran air tanah dapat terjadi akibat perembesan dari air permukaan kedalam air tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi bahan pencemar dapat masuk kedalam lapisan tanah hingga air tanah adalah karakteristik dari struktur bahan pencemar, kandungan bahan organik yang terdapat dalam tanah, pH tanah, ukuran partikel tanah, kemampuan untuk pertukaran ion dan temperatur (Palar, 1994).

## 2.4 Logam Berat

Logam berat termasuk kedalam golongan logam dengan karakteristik yang sama dengan logam lain. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan bila logam ini berikatan atau masuk kedalam tubuh organisme hidup. Logam berat adalah unsur yang mempunyai densitas lebih dari 5 gr/cm<sup>3</sup>. Terdapat dua jenis logam berat, pertama adalah logam berat esensial dimana unsur yang termasuk kedalam logam berat ini masih dibutuhkan oleh makhluk hidup, akan tetapi jika konsentrasi yang dikonsumsi atau yang terpapar melebihi batas dapat bersifat toksik terhadap makhluk hidup tersebut. Logam berat yang termasuk kedalam golongan ini adalah besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu) dan Seng (Zn). Selain itu, terdapat logam berat non esensial yaitu logam berat yang keberadaannya dalam tubuh belum diketahui manfaatnya (Irhamni, 2017) dan merupakan salah satu bahan pencemar lingkungan, pada penelitian ini yang termasuk dalam golongan non esensial adalah Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb). Sedangkan Kromium (Cr) masih merupakan unsur logam yang diperlukan oleh manusia tetapi belum diketahui manfaatnya untuk tumbuhan (Widowati *et al.*, 2008).

### 2.4.1 Besi (Fe)

Besi merupakan logam dengan nomor atom 26, dan memiliki berat atom 55. Besi (Fe) merupakan salah satu unsur di bumi yang terdapat pada berbagai lapisan bumi. Besi menyusun 5-5,6% dari kerak bumi dan 35% dari masa bumi. Besi (Fe) sendiri merupakan unsur esensial yang dibutuhkan oleh makhluk hidup termasuk manusia, dimana besi (Fe) berperan dalam proses respirasi sel serta sebagai kofaktor enzim yang digunakan dalam reaksi reduksi dan oksidasi untuk produksi energi yang terdapat pada semua sel tubuh (Widowati *et al.*, 2008).

Besi (Fe) merupakan salah satu logam yang banyak ditemukan pada lapisan tanah atau batuan bumi dan pada badan air, bahkan pada beberapa tempat di bumi konsentrasi Fe mencapai 70%. Besi (Fe<sup>2+</sup>) dapat ditemukan pada kondisi anaerob dan dalam suasana asam, di air tanah sendiri biasanya terbentuk anaerob akibat memiliki CO<sub>2</sub> dengan jumlah yang relatif banyak dengan memiliki ciri pH yang rendah (Effendi, 2003). Besi (Fe<sup>2+</sup>) merupakan jenis besi yang terdapat di dalam air

tanah, hal ini dikarenakan air tanah tidak mengalami kontak langsung dengan oksigen dari atmosfer, konsumsi oksigen bahan organik oleh mikroorganisme menghasilkan keadaan reduksi dalam air tanah (Achmad, 2004).

Dampak berlebihnya konsentrasi Fe berpengaruh terhadap warna air yang digunakan, pada perairan yang diperlukan untuk keperluan domestik pengendapan ion ferri dapat menyebabkan karat pada peralatan yang terbuat dari logam, porselin dan perubahan warna baju, sedangkan dampak tingginya Fe pada tubuh manusia dapat menjadi salah satu faktor penyebab jantung koroner, meningkat resiko diabetes, kanker dan infeksi penyakit *systemic lupus erythematosus* (Widowati *et al.*, 2008).

#### **2.4.2 Seng (Zn)**

Seng (Zn) adalah salah satu unsur yang terdapat di kerak bumi. Zn merupakan logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih kebiruan. Zn merupakan unsur dengan nomor atom 30 dan memiliki titik lebur 419,73°C. Zn termasuk kedalam unsur yang memiliki jumlah melimpah di alam, kadar Zn pada kerak bumi sekitar 70 mg/kg (Moore, 1991). Zn terdapat di udara, air, tanah, batuan dan biosfer. Zn dalam air sangat dipengaruhi oleh bentuk senyawanya, hal ini dikarenakan Zn yang berikatan dengan klorida dan sulfat mudah terlarut. Kelarutan Zn juga dapat meningkat jika perairan bersifat asam, kadar Zn pada perairan alami kurang dari 0,05 mg/L sedangkan pada perairan asam kadarnya dapat mencapai 50 mg/L (McNeely *et al.*, 1979).

Seng termasuk kedalam unsur esensial bagi mahluk hidup, hal ini dikarenakan seng berfungsi untuk membantu kerja enzim dalam pembentukan protein. Seng secara umum tidak toksik terhadap manusia, akan tetapi dalam kadar yang tinggi dapat menimbulkan rasa pada air (Davis & Cornwell, 1991). Selain itu kadar Zn yang tinggi juga dapat menyebabkan defisit mineral lain. Salah satu dampak dari mengkonsumsi Zn dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan penurunan kadar Cu dalam tubuh, pengurangan imunitas tubuh, dan gangguan pada pencernaan.

### 2.4.3 Mangan (Mn)

Mangan (Mn) adalah logam dengan warna abu-abu keputihan, dengan sifat dan karakteristik yang hampir serupa dengan besi (Fe), Mn merupakan unsur terbesar yang terkandung dalam kerak bumi (Widowati *et al*, 2008). Dalam kondisi aerob, mangan dalam perairan terdapat dalam bentuk  $MnO_2$  dan dalam dasar perairan atau dalam air yang kekurangan oksigen tereduksi menjadi  $Mn^{2+}$ . Oleh karena itu, air yang berasal dari suatu sumber air sering ditemukan kandungan Mn dalam konsentrasi tinggi (Achmad, 2004). Pada mangan dengan valensi dua hanya terdapat pada perairan dengan kondisi anaerob (Cole, 1988). Pada air dengan kadar Mn tinggi memiliki air yang keruh hal ini diakibatkan dari kadar Mn yang tinggi akan membentuk koloid akibat dari proses oksidasi Mn, dan koloid ini akan mengalami presipitasi dan mengendap pada dasar perairan yang dapat membuat warna air menjadi kecoklatan sehingga air jadi keruh (Moore, 1991).

Mangan sendiri merupakan nutrient renik yang esensial bagi tumbuhan dan hewan, serta berperan dalam pertumbuhan makhluk hidup dan merupakan salah satu komponen pada sistem enzim. Meskipun termasuk dalam logam esensial, jika terpapar Mn dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan gangguan pada sistem syaraf, dan dapat menimbulkan *emboli* dan *brokintis* serta *sirosis* hati. Disisi lain konsentrasi mangan yang tinggi dapat menyebabkan air menjadi keruh (Effendi, 2003).

### 2.4.4 Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) merupakan logam berwarna merah yang mudah berubah bentuk, di alam Cu bisa ditemukan dalam bentuk logam bebas. Cu sendiri merupakan logam berat yang dapat dijumpai pada perairan alami dan termasuk kedalam salah satu unsur esensial bagi tumbuhan dan hewan, pada tumbuhan Cu berperan sebagai *plastocyanin* yang berfungsi sebagai transport elektron dalam proses fotosintesis (Boney, 1989). Kadar tembaga dalam kerak bumi sekitar 50 mg/kg (Moore, 1991). Kandungan alami tembaga bersumber dari *chalcopyrite* ( $CuFeS_2$ ), *copper sulfide* ( $CuS_2$ ), *malachite*  $Cu_2(CO_3)(OH)_2$  dan *azurite*  $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$ . Konsentrasi tembaga dalam perairan alami biasanya kurang dari

0,02 mg/L sedangkan pada air tanah konsentrasinya dapat mencapai 12 mg/L. Tembaga klorida, tembaga sulfat dan tembaga nitrat mudah larut dalam air, sedangkan tembaga karbonat, tembaga hidroksida, dan tembaga sulfida tidak mudah larut dalam air. Apabila masuk kedalam perairan alami yang akalis dan ion tembaga akan mengalami presipitasi dan mengendap sebagai tembaga hidroksida. Kadar tembaga yang berlebihan dapat menyebabkan korosi pada besi dan aluminium. Toksisitas tembaga akan meningkat dengan menurunnya nilai kesadahan dan alkalinitas (Effendi, 2003). Konsentrasi Cu yang dalam dosis tinggi dapat menyebabkan anemia, kram, sakit kepala, muntaber bahkan dapat merusak ginjal dan hati (Said, 2010). Cu dapat masuk ke lingkungan melalui proses alami dan non alami, proses alami terjadi akibat perputaran dari siklus alam, sedangkan non alami terjadi akibat aktivitas manusia (Widowati *et al.*, 2008).

#### **2.4.5 Timbal (Pb)**

Timbal (Pb) adalah logam lunak dengan berat atom 207,20 yang berwarna abu-abu kebiruan mengkilat serta mudah dimurnikan dari pertambangan. Timbal tidak termasuk kedalam unsur esensial bagi makhluk hidup, bahkan unsur ini dapat bersifat toksik bagi manusia dan hewan, Pb dapat terakumulasi pada tulang. Pb dalam perairan berbentuk terlarut dan tersuspensi, kadar toksisitas timbal dipengaruhi oleh pH, kesadahan, alkalinitas dan kadar oksigen (Effendi, 2008).

Timbal (Pb) merupakan logam berat yang jumlahnya sangat sedikit dibandingkan dengan logam – logam lainnya di kerak bumi, dimana hanya sekitar 0,0002% (Palar, 1994). Pada proses alami umumnya Pb terkonsentrasi pada deposit biji logam, dan dapat masuk ke perairan melalui proses pengkristalan di udara dengan bantuan hujan serta dapat masuk ke perairan dengan proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin. Sedangkan pada proses buatan, Pb dapat masuk kedalam air akibat aktivitas manusia, seperti sisa air buangan pertambangan biji timah dan industri baterai. Logam Pb di perairan berbentuk terlarut dan tersuspensi. Kelarutan pada timbal termasuk rendah sehingga dalam perairan jumlahnya relatif sedikit.

Dampak yang dapat ditimbulkan oleh Pb apabila terus terpapar adalah kerusakan sistem syaraf, kerusakan sistem urinaria, dapat menimbulkan

gastrointestinal, gangguan pada sistem reproduksi dan timbal dapat bersifat lebih toksik pada anak-anak (Widowati *et al.*, 2008).

#### **2.4.6 Kromium (Cr)**

Logam berat kromium (Cr) adalah logam berat dengan berat atom 51,996 g/mol, berwarna abu-abu, bersifat parametik dan tahan terhadap oksidasi pada suhu tinggi sekalipun (Widowati *et al.*, 2008). Cr termasuk kedalam unsur yang jarang ditemukan pada perairan alami, kromium yang terkandung dalam kerak bumi sekitar 100 mg/kg. Pada bentuk trivalen kromium merupakan unsur yang esensial bagi manusia dan hewan. Kromium dapat membentuk berbagai macam ion kompleks yang berfungsi sebagai katalisator. Akan tetapi kromium pada bentuk heksavalen memiliki toksisitas yang tinggi (NAS, 1977). Kromium trivalent ( $\text{Cr}^{3+}$ ) tidak ditemukan pada perairan dengan pH lebih dari 5, karena kromium trivalent akan dioksidasi membentuk kromium heksavalen (Effendi, 2003).

Di alam kromium dapat berbentuk batuan, kromium sendiri dapat mencemari air dengan cara alami dan non alami, pada proses masuknya secara alami Cr dapat terjadi akibat proses erosi yang terjadi pada batuan di alam dan juga dapat di bawa oleh air hujan yang turun (Palar, 1994). Pada perairan yang lunak atau kurang sadah toksisitas kromium menjadi lebih tinggi. Toksisitas kromium dipengaruhi oleh suhu, bentuk oksidasi krom dan pH (Effendi, 2003). Cr merupakan logam yang karsinogenik sehingga dapat menyebabkan kanker pada pencernaan dan iritasi bahkan kanker paru – paru, dan pada dosis rendah Cr dapat menyebabkan gatal pada kulit (Widowati *et al.*, 2008).

#### **2.4.7 Kadmium (Cd)**

Kadmium (Cd) memiliki karakteristik dari Cd berwarna putih perak, mengkilap, lunak, mudah bereaksi, dan tidak larut dalam basa (Widowati *et al.*, 2008). Cd hanya memiliki satu jenis mineral di alam, yaitu *greenockite* ( $\text{CdS}$ ) yang selalu ditemukan bersamaan dengan mineral *spalerite* ( $\text{ZnS}$ ) (Palar, 1991). Di dalam air Cd berjumlah sangat sedikit dan bersifat tidak larut dalam air. Pada kerak bumi Cd berjumlah sekitar 0,2 mg/kg (Moore, 1991).



Cadmium (Cd) merupakan logam yang sampai saat ini belum diketahui perannya bagi makhluk hidup, dimana Cd biasa ditemukan pada kerak bumi bersamaan dengan mineral Zn (Effendi, 2008). Disisi lain Cd merupakan logam berat yang jarang ditemukan masuk ke lingkungan, logam ini banyak dihasilkan dari efek samping pada aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Cd sendiri dapat dijumpai pada daerah penimbunan sampah dan aliran air hujan, selain air buangan (Palar, 1994). Di dalam air, cadmium sangat sedikit jumlahnya dan bersifat tidak larut di dalam air. Cadmium mengalami pengendapan pada pH yang tinggi. Untuk melindungi sistem akuatik, perairan sebaiknya memiliki konsentrasi cadmium sekitar 0,0002 mg/L (Moore, 1991). Dampak yang dapat ditimbulkan akibat terakumulasi cadmium adalah merusak sistem fisiologis tubuh, antara lain sistem respirasi, sistem urinaria, sistem sirkulasi darah, sistem reproduksi, sistem syaraf bahkan dapat menyebabkan kerapuhan tulang (Widowati *et al.*, 2008).

## **2.5 Analisis Logam Berat.**

### **2.5.1 Atomic Absorption Spectrophotometri (AAS)**

Spektrometri merupakan suatu metode analisis kuantitatif dengan proses pengukuran berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan oleh molekul analit. Salah satu bagian dari spektrometri adalah Spektrometri Serapan Atom (SSA), Spektrometri Serapan Atom (SSA) merupakan metode analisis unsur yang dilakukan secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan menggunakan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog *et al.*, 2000). Proses analisis menggunakan AAS adalah dengan memasukan sampel, selanjutnya sampel akan dimasukan kedalam lintasan pembakaran gas-udara yang panjang, kemudian radiasi masuk kedalam monokromator dan terukur pada detektor. Jumlah radiasi yang diserap oleh detektor sama dengan konsentrasi unsur dalam sampel. Sedangkan kurva kalibrasi didapatkan dari serangkaian pengujian larutan standar (Boehnke, 2000).

### 2.5.2 Inverse Distance Weighted (IDW)

Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Metode ini dilakukan dengan asumsi nilai interpolasi pada data sampel terdekat dari pada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak dipengaruhi oleh letak dari data sampel (Pramono, 2008).

Metode IDW secara langsung mengasumsikan bahwa sesuatu yang saling berdekatan akan lebih serupa dibandingkan dengan yang saling berjauhan. Untuk menaksirkan sebuah nilai pada setiap lokasi yang tidak di ukur, IDW akan menggunakan nilai-nilai ukuran yang mengitari lokasi yang sedang diperkirakan. Pada metode IDW diasumsikan bahwa tingkat kemiripan dan korelasi antar titik yang ditaksir dengan data penafsir adalah proposional terhadap jarak dan bobot dapat berubah secara linear (Purnomo, 2018).

### 2.5.3 Metode Anova

Analisis ragam adalah sebuah metode analisis statistika yang digunakan untuk memeriksa hubungan dua atau lebih dua set data, salah satu analisis ragam yang dapat digunakan adalah analisis *varians* satu jalur atau disebut *one-way* ANOVA. Proses analisa data ini diperoleh dari percobaan dengan beberapa tingkat faktor, biasanya lebih dari dua tingkat faktor (Fajrin *et al.*, 2016). Pengujian anova satu arah dilakukan untuk mengetahui pengaruh persebaran logam berat pada setiap zona yang telah ditentukan. Pada metode ini menggunakan uji F nilai hasil pengujian (*F-critical* atau *F-hitung*) akan dibandingkan dengan F-tabel untuk menolak atau menerima hipotesis (Hariningtyas, 2015).

### 2.5.4 Persamaan Darcy

Persamaan Darcy adalah suatu persamaan yang biasanya digunakan untuk menghitung debit, tekanan, dan kecepatan aliran, baik aliran linear, aliran radial, aliran bola atau aliran setengah bola. Prinsip yang mengatur bagaimana cairan bergerak di bawah permukaan disebut Hukum Darcy. Hukum Darcy adalah

persamaan yang mendefinisikan kemampuan fluida untuk mengalir melalui media berpori seperti batu, hal ini bergantung pada jumlah aliran antara dua titik saling berkaitan dengan perbedaan tekanan antar titik, jarak antar titik dan interkoneksi jalur aliran dalam batuan (Dhanung, 2018). Hukum Darcy menyatakan bahwa debit aliran melalui media berpori akan berbanding lurus dengan kehilangan energi yang terjadi akan tetapi akan berbanding terbalik dengan panjang lintasannya.

### **2.5.5 Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan**

Analisis resiko kesehatan lingkungan (ARKL) merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan resiko pada kesehatan manusia. Hal yang mempengaruhi analisis ini adalah identifikasi terhadap adanya faktor ketidakpastian, penelusuran paparan tertentu, memperhtungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari target spesifik (Pamunkas *et al.*, 2017). ARKL mengenal empat langkah, yaitu:

1. Identifikasi bahaya.
2. Analisis dosis respon atau karakteristik bahaya.
3. Analisis pemajanan.
4. Karakteristik resiko.

Pada analisis resiko kesehatan terhadap manusia dilakukan dengan menganalisis tingkat resiko berdasarkan karsinogenik dan non karsinogenik. Karsinogenik adalah zat dan radiasi yang berperan langsung sebagai agen yang dapat menyebabkan kanker (Sucipto, 2012). Sedangkan non karsinogenik adalah zat yang tidak berperan langsung sebagai penyebab kanker.

## **2.6 Baku Mutu.**

Dikarenakan analisis yang dilakukan diambil dari sumur milik warga di sekitar TPA Gunung Tugel, maka baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Dimana dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82

Tahun 2001 terdapat pembagian kelas air sesuai dengan peruntukan, berikut ini adalah pembagian kelas air:

a. Kelas 1

Air yang dapat digunakan untuk air baku dan air minum, dan sejenisnya.

b. Kelas 2

Air yang digunakan untuk prasarana atau sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengaliri pertanaman, dan kegiatan sejenisnya.

c. Kelas 3

Air yang digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengaliri pertanaman dan kegiatan sejenisnya.

d. Kelas 4

Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan kegiatan lain yang sejenisnya

Berdasarkan kegunaan air tersebut, dapat dikategorikan bahwa air tanah yang diambil dari sumur warga sekitar TPA Gunung Tugel berada di kelas 1, karena air tanah tersebut digunakan untuk menunjang kegiatan sehari-hari sehingga termasuk kedalam air baku, terlebih lagi terdapat warga sekitar yang menggunakannya untuk air minum. Berdasarkan lampiran Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, diketahui bahwa kadar logam berat yang diperbolehkan pada kelas 1 terdapat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Konsentrasi Logam Berat yang Diperbolehkan Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Kelas 1

Parameter	Satuan	Kelas I
Besi (Fe)	mg/L	0,3
Mangan (Mn)	mg/L	0,1
Tembaga (Cu)	mg/L	0,02
Timbal (Pb)	mg/L	0,03
Kadmium (Cd)	mg/L	0,01
Seng (Zn)	mg/L	0,05
Kromium (Cr)	mg/L	0,05

Sumber: Lampiran Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

Sedangkan terdapat baku mutu lain yang akan digunakan, yaitu baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 parameter mengenai persyaratan kualitas air minum dibagi menjadi dua, yaitu parameter wajib dan parameter tambahan. Dimana kadar logam berat yang diperbolehkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 terdapat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Konsentrasi Logam Berat yang Diperbolehkan Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Besi (Fe)	mg/L	0,3
Mangan (Mn)	mg/L	0,4
Tembaga (Cu)	mg/L	2
Timbal (Pb)	mg/L	0,01
Kadmium (Cd)	mg/L	0,003
Seng (Zn)	mg/L	3
Kromium (Cr)	mg/L	0,05

Sumber: Lampiran Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010

## 2.7 Penelitian Sebelumnya.

Terdapat banyak penelitian yang telah membahas mengenai penyebaran logam berat pada sumur baik dengan menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometri* (AAS) ataupun dengan menggunakan instrument lainnya. Terdapat penelitian di dalam atau luar negeri yang telah dilakukan dalam kurun waktu terakhir. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menjadi hal yang penting sebagai rujukan dalam melakukan penelitian ini, terdapat 6 penelitian yang dijadikan rujukan dalam penelitian ini. Tabel mengenai penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Penelitian Sebelumnya

No	Peneliti	Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Shakerkhatibi, Mohammad <i>et al</i>	2019	Mengetahui analisis variasi spasial fisikokimia dan logam berat untuk air minum.	1. Fisikokimia: diukur berdasarkan metode standar pengukuran pemeriksaan air dan air limbah 2. Logam berat : metode Spektrofotometri Cmisi Optik Plasma (ICPOES)	1. Nilai TDS tinggi pada hamir semua sumur. 2. Terdapat beberapa logam berat seperti Nikel, Kobalt, Tembaga, Kadmium, Air Raksa, Arsen dan Nikel.
2.	Maksuk & Suzanna	2018	Mengkaji kandungan logam berat timbal disumur gali masyarakat yang bertempat tinggal disekitar TPA	1. Deskriptif analitik dengan design <i>cross section</i> 2. Teknik pembambilan sampel menggunakan <i>purposive sample</i> pada 5 sumur berbeda dengan jarak masing – masing 100 m, 200m, 300m, 400m, dan 500m. 3. Metode analisis menggunakan <i>Atomic Absorbsion Spektrophotometri (AAS)</i>	1. Kondisi fisik air sumur memenuhi syarat 2. Rata – rata kandungan Timbal (Pb) 0,03 mg dengan rentang 0,012 – 0,051 3. Terdapat 1 sumur melebihi nilai ambang baku mutu 4. Jika dibandingkan dengan persyaratan air minum maka semua sampel tidak memenuhi baku mutu standar air minum.
3.	Nasution, Hafni Indriati & Silaban, Sanonam	2017	Mengetahui kadar logam berat timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada sumur galian penduduk sekitar TPA Sampah	Menggunakan metode analisis) <i>Atomic Absorbsion Spektrophotometri (AAS)</i>	1. Kadungan timbal (Pb) rata – rata sebesar 0,31 mg/L 2. Kandungan Kadmium (Cd) rata rata sebesar 0,2 mg/L 3. Dari seluruh sumur melebihi baku mutu permenkes/409/VII/2002 4. Semakin jauh sumur semakin kecil konsentrasi timbal dan kadmiumnya.

No	Peneliti	Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
4.	Ramadiansyah, Tegar	2017	Mengidentifikasi konsentrasi logam berat dalam air tanah, memetakan arah aliran air tanah dan pencemaran air tanah yang disebabkan oleh adanya TPA berdasarkan pola aliran air tanah	Metode pengambilan sampel adalah <i>purposive sampling</i> dan metode analisis sampel menggunakan AAS	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terdapat kandungan logam berat pada air tanah yang diuji, baik lebih atau kurang dari baku mutu yang ditetapkan.</li> <li>2. Konsentrasi rerata Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr dan Cd secara berturut turut adalah: 0,055 mg/L; 0,051 mg/L; 0,211 mg/L; 0,058 mg/L; 0,172 mg/L; 0,004mg/L; 0,007 mg/L</li> <li>3. Arah aliran air tanah bergerak kearah utara, timur dan timur laut sesuai gaya grafitasi dengan elevasi TPA lebih tinggi dari air tanah</li> </ol>
5.	Sari, Nanda & Afdal	2017	Mengetahui nilai BOD, COD, TDS,Ph, suhu kandungan logam berat dan nilai konduktivitas listrik pada air lini disekitar TPA	Menggunakan metode <i>gavimetri</i> dan AAS untuk analisis logam	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nilai Ph berkisar 7,4 – 7,7</li> <li>2. Suhu lindi sekitar 28-29Oc</li> <li>3. Kandungan COD berkisar 198,8 mg/L</li> <li>4. Kandungan BOD berkisar 135,1 mg/L</li> <li>5. Konsentrasi Fe berkisar 2,5-2,9 mg/L</li> <li>6. Konsentrasi Pb berkisar 0,3-1,649 mg/L</li> <li>7. Konsentrasi Cu berkisar 0,4-1,0 mg/L</li> <li>8. Nilai konduktivitas berkisar 159<math>\mu</math>s/cm- 165 <math>\mu</math>s/cm</li> </ol>
6.	Siraj, Khalid & Kitte S	2013	Mengetahui kontaminasi air tanah pada air tanah di kota Jimma barat daya Ethiopia	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menggunakan metode analisis AAS untuk menguji kandungan Seng, Timbal dan Tembaga</li> <li>2. Mengambil sampel pada 10 sumur dengan 6 area berbeda dan membandingkan hasil uji sampel air dengan data WHO</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pada sampel air yang diuji hanya timbal yang melebihi baku mutu dari WHO dengan kadar maksimum untuk Tembaga 0,5 mg/L, Timbal (Pb) 0,01 mg/L dan Seng 3,0 mg/L.</li> <li>2. Konsterasi Seng (Zn) yang didapatkan adalah 0,15 mg/L dan Tembaga (Cu) sebesar 0,025 mg/L. sedangkan untuk timbal (Pb) konsentrasinya sebesar 0.0220 mg/L</li> <li>3. Dari analisis yang dilakukan 86,7 % sampel mengandung lebih dari 1 jenis logam berat</li> </ol>

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*