

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sampah**

Sampah adalah bahan-bahan hasil dari kegiatan masyarakat umum yang tidak digunakan lagi, pada umumnya berupa padatan, baik yang mudah membusuk maupun yang tidak mudah membusuk (Suhartini, 2008). Aktivitas manusia dalam memanfaatkan alam selalu meninggalkan sisa yang dianggapnya sudah tidak berguna lagi sehingga diperlakukannya sebagai barang buangan, yaitu sampah dan limbah. Jenis dan sumber sampah yaitu:

##### **a. Sampah Rumah Tangga**

Sampah yang berasal dari kegiatan rumah tangga ini dapat terdiri dari bermacam-macam jenis sampah yaitu:

- Sampah basah atau sampah yang terdiri dari bahan-bahan organik yang mudah membusuk yang sebagian besar adalah sisa makanan, potongan hewan, sayuran, dan lain-lain.
- Sampah kering yaitu sampah yang terdiri dari logam seperti besi tua, kaleng bekas, dan sampah kering nonlogam misalnya kertas, kayu, dan kaca.
- Sampah lembut misalnya sampah debu yang berasal dari penyapuan lantai rumah, penggergajian kayu, dan abu yang berasal dari sisa pembakaran kayu.
- Sampah besar atau sampah yang terdiri dari buangan rumah tangga yang besar-besarnya seperti meja, kursi, kulkas, televisi, radio, dan peralatan dapur.

##### **b. Sampah Komersial**

Sampah yang berasal dari kegiatan komersial seperti pasar, pertokoan, rumah makan, bengkel, kios, dan lain-lain.

c. Sampah Bangunan

Sampah yang berasal dari kegiatan pembangunan termasuk pemugaran dan pembongkaran suatu bangunan seperti semen, kayu, batu bata, genting, dan lain-lain.

d. Sampah Fasilitas Umum

Sampah ini berasal dari pembersihan dan penyapuan jalan, trotoar, taman, dan fasilitas umum lainnya. Contoh jenis sampah ini yaitu daun, ranting, kertas pembungkus, plastik, rokok, debu, dan lain-lain (Widyatmoko dan Sintorini, 2002).

## **2.2 Pengaruh Sampah Terhadap Kesehatan dan Lingkungan**

Sampah merupakan konsekuensi dari adanya aktivitas manusia. Setiap aktivitas manusia pasti menghasilkan buangan atau sampah. Jumlah atau volume sampah tergantung dari tingkat konsumsi barang atau material yang digunakan sehari-hari. Jenis-jenis sampah sangat tergantung dari jenis material yang dikonsumsi (Effendi, 2003).

Kegagalan dalam pengelolaan sampah berdampak pada menurunnya kualitas kesehatan masyarakat, merusak estetika lingkungan, dan dalam jangka panjang dapat mempengaruhi kualitas kesehatan lingkungan. Pembuangan sampah ke lingkungan tanpa pengolahan lebih lanjut akan menyebabkan pencemaran dan degradasi lingkungan. Misalnya saja pembuangan sampah ke sungai oleh penduduk, selain membuat keindahan (estetika) sungai yang bersih menjadi kumuh, sampah-sampah tersebut bisa mencemari air sungai sehingga menyebabkan air sungai tidak sesuai lagi dengan peruntukannya (Effendi, 2003).

Sampah dapat membawa dampak yang buruk pada kondisi kesehatan manusia. Sampah yang tidak dikelola secara baik seringkali menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan manusia. Sampah yang dibuang secara sembarangan atau ditumpuk tanpa ada pengelolaan yang baik akan menimbulkan berbagai dampak kesehatan yang serius. Tumpukan sampah rumah tangga yang

dibiarkan begitu saja akan mendatangkan tikus dan serangga (lalat, kecoa, lipas, kutu, dan lain-lain) sebagai vektor yang membawa kuman penyakit (Sumantri, 2001).

### **2.3 Pengelolaan Sampah dan Permasalahannya**

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah adalah sarana fisik yang digunakan untuk kegiatan pengumpulan dan pengelolaan sampah. Tempat Pemrosesan Akhir merupakan wilayah yang disediakan untuk membuang sampah, kemudian diolah lebih lanjut agar tidak berdampak pada pencemaran lingkungan. Secara garis besar prinsip pengelolaan sampah terdiri dari tahapan pengumpulan dan penyimpanan sementara di tempat sumber, tahap pengangkutan ke tempat pemrosesan akhir, dan tahap pemusnahan atau pengolahan di tempat pemrosesan akhir (Sumantri, 2010).

Teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah secara umum dibedakan menjadi 3 (tiga) metode yaitu : *Open Dumping*, *Sanitary Landfill* dan *Controlled Landfill*. Metode *open dumping* merupakan sistem pengolahan sampah konvensional dengan hanya membuang dan menimbun sampah di TPA tanpa ada perlakuan khusus, sehingga sistem *open dumping* menimbulkan gangguan pencemaran lingkungan. Metode *Sanitary Landfill* merupakan metode pengolahan sampah yang dilakukan dengan cara sampah ditimbun, diratakan dan dipadatkan, kemudian ditutup dengan tanah sebagai lapisan penutup. Metode *controlled landfill* merupakan sistem pengalihan *open dumping* dan *sanitary landfill* yaitu dengan penutupan sampah dengan lapisan tanah dilakukan setelah TPA penuh yang dipadatkan atau setelah mencapai periode tertentu (Supanca, 2003).

Sebagian besar TPA di Indonesia yang masih menggunakan sistem *open dumping* untuk mengelola sampahnya karena sistem ini dianggap berbiaya murah dan sederhana. Akan tetapi kelemahan sistem ini terletak pada tingkat pencemaran yang tinggi ke lingkungan disekitarnya. Apabila air permukaan yang terserap kelapisan tanah melalui lapisan sampah yang tertumpuk akan terbentuk suatu cairan yang mengandung padatan terlarut dan bahan-bahan lain sebagai hasil

perombakan bahan organik oleh mikroorganisme disebut dengan Lindi (leachate). Lindi yang mengalir bersama-sama air hujan kemudian meresap ke lapisan tanah atas dan akhirnya masuk ke dalam air tanah berpotensi mencemari air tanah dangkal.

Lindi yang bersifat toksik terhadap makhluk hidup perlu dikendalikan secara baik dikarenakan untuk menghindari pencemaran air tanah serta efeknya terhadap penurunan kualitas air sumur gali maupun sumur bor. Tingkat pencemaran yang ditimbulkan oleh lindi sangat tergantung pada sifat-sifat lindi, jarak aliran lindi dengan air tanah, dan sifat-sifat tanah yang dilaluinya. Wilayah yang memiliki curah hujan tinggi, porositas tanah yang tinggi dan memiliki air tanah dangkal dengan tidak memiliki lapisan kedap air berpotensi tinggi terhadap pencemaran air tanah dangkal oleh lindi.

#### **2.4 Sumur**

Pengambilan air tanah yang umum digunakan dalam masyarakat di Indonesia adalah dengan membuat sumur. Pembuatan sumur dilakukan dengan menggali tanah mencapai kedalaman lebih rendah dari muka air tanah. Sebagian besar penduduk di Indonesia mengenal 2 macam jenis sumur yaitu sumur gali atau perigi dan sumur bor. Sumur gali biasanya memiliki jumlah yang terbatas dalam pengambilan air (Asdak, 2010). Umumnya konstruksi pada sumur gali atau perigimeliputi dinding sumur, bibir sumur, lantai sumur, serta jarak dengan sumber pencemar. Sumur gali menyediakan air yang berasal dari lapisan tanah yang relatif dekat dari permukaan tanah dan dapat dengan mudah terkena pencemaran melalui rembesan limbah maupun cairan lindi (Gabriel, 2001).

Sumur bor adalah jenis sumur yang dibuat dengan cara pengeboran lapisan air tanah yang lebih dalam ataupun lapisan tanah yang jauh dari tanah permukaan sehingga sedikit dipengaruhi oleh polutan. Umumnya air ini bebas dari pencemaran mikrobiologi dan secara langsung dapat dipergunakan sebagai air minum. Air tanah ini dapat diambil dengan pompa tangan maupun pompa mesin (Gabriel, 2001). Kontruksi sumur bor umumnya terdiri dari sistem pemipaan di dalam sumur, pompa, kepala jet dan *tusen klep* atau *foot valve*. Pada umumnya

sumur bor memiliki karakteristik dapat melakukan pengambilan air pada kedalaman tertentu walaupun dalam keadaan permukaan air yang tinggi. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menempatkan tusen klep dalam kedalaman tertentu. Tusen klep tersebut yang dapat mengatur tinggi rendah pengambilan air tanah.

## 2.5 Proses Pencemaran Sumur Gali

Marsono (2009) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa pencemaran sumur gali terjadi karena beberapa hal diantaranya :

### a. Aliran air tanah

Didalam siklus hidrologi maka air tanah secara alami mengalir oleh karena adanya perbedaan tekanan dan letak ketinggian lapisan tanah. Air akan mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Oleh karena itu apabila letak sumur gali berada di bagian bawah dari letak sumber pencemaran maka bahan pencemar bersama aliran air tanah akan mengalir untuk kemudian mencapai sumur gali. Penentuan lokasi pembuatan sumur yang jauh dari sumber pencemar merupakan usaha untuk mencegah dan mengurangi resiko terhadap pencemaran.

### b. Penurunan permukaan air tanah

Pada lapisan tanah yang mencapai lapisan ketinggian yang relatif sama dan landai, maka secara relatif pula tempat tersebut tidak terjadi aliran air tanah. Jika dilakukan pemompaan atau penimbaan atau pengambilan air tanah pada sumur, maka akan terjadi *draw down* yaitu penurunan dari permukaan tanah. Oleh karena adanya *draw down* ini maka pada sumber itu tekanannya menjadi lebih rendah dari air tanah disekitarnya sehingga mengalirlah air tanah disekitar menuju ke sumur gali tersebut. Jika air tanah disekitarnya telah tercemar oleh bahan-bahan pencemar akan sampai ke dalam air sumur gali. Hal ini dapat terjadi dari sumur yang satu ke sumur yang lain yang jangkauannya semakin jauh.

## 2.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pencemaran Sumur Gali

Faktor-faktor yang mempengaruhi pencemaran sumur gali sebagai berikut :

a. Jenis sumber pencemar

Karakteristik limbah ditentukan oleh jenis sumber pencemar. Karakteristik limbah rumah tangga berbeda dengan karakteristik limbah septic tank ataupun peternakan. Limbah septic tank dan peternakan banyak mengandung bahan organik yang merupakan habitat bagi tumbuhnya mikroorganisme. Septic tank merupakan cara terbaik untuk membuang kotoran dalam jumlah kecil. Namun demikian cara ini tidak dapat digunakan untuk menghilangkan bakteri patogen. Dengan demikian harus diusahakan agar drainage dari tank tidak berhubungan dengan sumber air minum (Budiyanto, 2002). Perbedaan karakteristik limbah mempunyai pengaruh yang berbeda pula terhadap kualitas bakteriologis air sumur gali.

b. Jumlah sumber pencemar

Semakin banyak sumur pencemar yang berbeda dalam jarak minimal 10 meter, semakin besar pengaruhnya terhadap penurunan kualitas bakteriologi air sumur gali. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya bakteri yang mampu meresap kedalam sumur.

c. Jarak sumber pencemar

Pola pencemaran air tanah oleh bakteri mencapai  $\pm 11$  meter. Pembuatan sumur gali yang berjarak kurang dari 11 meter dari sumber pencemar, mempunyai resiko tercemarnya air sumur oleh perembesan air dari sumber pencemar.

d. Arah aliran air tanah

Pencemaran air sumur gali oleh bakteri coliform dipengaruhi arah aliran air tanah. Pergerakan air tanah yang mengandung bakteri coliform mengarah kesumur gali, menyebabkan air sumur gali tercemar oleh bakteri.

e. Porositas dan permeabilitas tanah

Porositas dan permeabilitas tanah akan berpengaruh pada penyebaran bakteri coliform, meningat air merupakan alat transportasi bakteri dalam tanah. Makin besar porositas dan permeabilitas tanah, makin besar kemampuan melewatkan air

yang berarti jumlah bakteri yang dapat bergerak mengikuti aliran tanah semakin banyak.

f. Curah hujan

Air hujan mengalir di permukaan tanah dapat menyebarkan bakteri coliform yang ada di permukaan tanah. Meresapnya air hujan kedalam lapisan tanah mempengaruhi Bergeraknya bakteri coliform di dalam lapisan tanah. Semakin banyak air hujan yang meresap ke dalam lapisan tanah semakin besar kemungkinan terjadinya pencemaran. Pada musim hujan tingkat *Escherichia coli* meningkat hingga 700 koloni per 100 ml sampel air dibandingkan dengan musim kemarau karena kemungkinan kontaminasi air sumur dengan limbah *septic tank*. Air dapat melarutkan berbagai bahan kimia yang berbahaya dan merupakan media tempat hidup berbagai mikroba, maka tidak mengherankan bila banyak penyakit menular melalui air.

g. Konstruksi/bangunan fisik sumur

Pembangunan sumur harus mengikuti standar kesehatan. Bangunan fisik sumur yang tidak memenuhi standar akan mempermudah bakteri meresap dan masuk kedalam sumur.

h. Jumlah pemakai

Sebagaimana dinyatakan pada stratifikasi puskesmas bahwa jumlah pemakai sumur adalah 5 jiwa. Makin banyak jumlah pemakai sumur berarti semakin banyak air diambil dari sumur yang berarti berpengaruh juga terhadap merembesnya bakteri *coliform* ke dalam sumur. Banyaknya jumlah pemakai sumur juga mempengaruhi kemungkinan terjadinya pencemaran sumur secara kontak langsung antara sumber pencemar dengan air sumur, misalnya melalui ember atau tali timba yang digunakan.

i. Umur sumur

Sumur yang telah digunakan cukup lama dan volume air yang diambil relatif banyak, menyebabkan aliran air tanah di sekitar sumur semakin bagus dan mendominasi. Selain itu sumber pencemar yang ada disekitar sumur juga semakin banyak sejalan dengan perkembangan aktivitas manusia. Hal ini memberikan peluang lebih besar terhadap merembesnya bakteri *coliform* dari sumber pencemar

ke dalam sumur. Sumur yang digunakan dalam waktu yang relatif lama lebih besar kemungkinan mengalami pencemaran, karena selain bertambahnya sumber pencemar juga lebih mudahnya sumber pencemar merembes ke dalam sumur mengikuti aliran air tanah yang berbentuk memusat ke arah sumur.

j. Kedalaman permukaan air tanah

Kedalaman muka air tanah merupakan permukaan tertinggi dari air yang naik keatas pada suatu sumuran. Ketinggian permukaan air tanah antara lain dipengaruhi oleh jenis tanah, curah hujan, penguapan, dan keadaan aliran terbuka (sungai). Kedalaman muka air tanah akan berpengaruh pada penyebaran bakteri coliform secara vertikal. Pencemaran tanah oleh bakteri secara vertikal dapat mencapai kedalaman 3 meter dari permukaan tanah.

k. Perilaku

Kebiasaan masyarakat membuat sumur tanpa bibir, bibir sumur tidak ditutup, mandi dan mencuci di pinggir sumur akan menyebabkan air bekas mandi dan cuci sebagian mengalir kembali ke dalam sumur dan menyebabkan pencemaran. Selain itu kebiasaan mengambil air sumur dan membuang kotoran manusia juga mempengaruhi.

## **2.7 Pergerakan Lindi dalam Lapisan Tanah**

Lindi atau leachate adalah cairan yang banyak mengandung senyawa organik maupun anorganik, terbentuk dari dekomposisi sampah sehingga memiliki konsentrasi bahan pencemar yang tinggi. Komposisi cairan lindi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis sampah terdeposit, jumlah curah hujan di TPA dan kondisi spesifik tempat. Dalam kondisi normal, cairan lindi terdapat di dasar landfill dari tumpukan sampah, sehingga pergerakannya melalui lapisan bawah. Gerakan lateral juga terjadi pada cairan lindi di dalam tanah, hal ini tergantung dari karakteristik penyusun tanah di sekitarnya dan kecepatan rembesan air lindi dari dasar landfill ke air tanah pada permukaan akuifer.

Potensial gravitasi merupakan gaya utama yang menyebabkan terjadinya aliran cairan lindi umumnya bergerak dari sudut kemiringan tinggi ke sudut kemiringan rendah Apparo (1997). Lebih lanjut Jagloo (2002) dalam menyatakan



bahwa cairan lindi akan semakin mudah menyebar dan cepat mencapai air tanah jika didukung oleh kondisi tanah yang bersifat porous dan memiliki permeabilitas yang tinggi, seperti kontur tanah berpasir, kerikil, dan batu pasir. Pada kawasan yang memiliki curah hujan tinggi, cairan lindi menjadi mudah terbentuk dan jumlahnya sangat banyak.

Mekanisme masuknya cairan lindi ke lapisan air tanah, terutama air tanah dangkal melalui beberapa tahapan. Tahapan tersebut dimulai dari terbentuknya cairan lindi yang ditemukan pada lapisan tanah *open dumpingsampah*, kira-kira berjarak 2 meter di bawah permukaan tanah dan apabila cairan lindi masuk dengan cara infiltrasi ke dalam tanah, menyebabkan permukaan tanah dijenuhi air. Akibat adanya faktor seperti air hujan, dapat mempercepat proses masuknya lindi ke lapisan tanah zona aerasi yang mempunyai kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah. Semakin banyaknya cairan lindi yang terbentuk menyebabkan zona aerasi menjadi jenuh oleh lindi sehingga air lindi masuk ke lapisan air tanah dangkal dan bercampur dengan air tanah Todd (1980).

## **2.8 Pencemaran Air**

Air merupakan kebutuhan vital bagi makhluk hidup. Tanpa air makhluk hidup sukar untuk melakukan aktivitas maupun metabolisme dalam tubuhnya. Bagi organisme akuatik, air merupakan tempat atau sarana mendasar untuk kehidupan (Asdak, 2010). Apabila air menjadi tercemar oleh sampah maupun limbah industri akan berdampak padaterganggunya semua kehidupan baik organisme akuatik secara langsung dan manusia secara tidak langsung (Sumantri, 2010). Pencemaran air diakibatkan oleh masuknya bahan pencemar berupa gas, bahan terlarut, maupun partikulat yang menyebabkan air menjadi tidak lagi sesuai dengan kondisi alamiahnya. Bahan pencemar yang memasuki badan perairan bisa masuk dengan berbagai cara antara lain melalui tanah, atmosfer, limbah domestik, limbah industri dan lain sebagainya (Effendi, 2003). Pengertian pencemaran air juga didefinisikan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang didefinisikan sebagai berikut pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk

hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Pencemaran bisa terjadi pada air permukaan (*surface water*) dan air tanah (*Groundwater*). Kebanyakan pencemaran air tanah disebabkan oleh bahan pencemar yang berifat cairan misalnya limbah industri dan cairan lindi. Tercemarnya air tanah dangkal oleh zat-zat kimia yang terkandung dalam lindi seperti misalnya nitrat, nitrit, ammonia, magnesium, kalsium, kalium, klorida, sulfat, kebutuhan oksigen biologi atau *Biological Oxygen Demand* (BOD), kebutuhan oksigen kimiawi atau *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan pH.

Indikasi bahwa air tanah dangkal sudah tercemar umumnya terlihat dari perubahan atau tanda-tanda yang dapat diamati seperti perubahan warna, rasa, dan bau. Ketepatan pengecekan kualitas air untuk menentukan tercemar atau tidaknya bisa dilakukan dengan pemeriksaan secara laboratorium. Umumnya indikator yang dipakai dalam pemeriksaan pencemaran air adalah padatan terlarut, kekeruhan, suhu. Dari segi kimia yaitu pH, oksigen terlarut, kebutuhan oksigen biologi, kebutuhan oksigen kimiawi, logam berat, sedangkan parameter biologi dilakukan pemeriksaan mikroorganisme, baik bakteri ataupun jamur mikroskopik (Sumantri, 2010).

## **2.9 Parameter Untuk Mengukur Kualitas Air**

Parameter yang digunakan dalam menentukan kualitas air secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu parameter fisik, kimia, dan biologi.

### **2.9.1 Parameter Fisik**

Sifat fisik air merupakan sifat dari parameter kualitas air yang lebih mudah dideteksi dengan menggunakan alat laboratorium. Perubahan sifat fisik dari kondisi yang dipersyaratkan dapat dipakai sebagai petunjuk tentang kondisi kualitas air. Parameter fisik air yang biasa digunakan untuk menentukan kualitas air meliputi temperatur atau suhu, bau, rasa, kekeruhan, warna, padatan total, padatan terlarut, padatan tersuspensi, dan salinitas (Effendi, 2003).

Temperatur merupakan parameter fisik yang secara langsung berpengaruh terhadap kondisi biota dalam air dan juga dapat mempengaruhi oksigen terlarut (DO) dalam air. Fluktuasi temperatur berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi suatu perairan. Peningkatan temperatur dalam suatu badan perairan mengakibatkan peningkatan reaksi kimia, penguapan, dan peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Umumnya peningkatan temperatur yang tinggi disertai dengan penurunan kelarutan gas dalam air sepertigas oksigen, karbondioksida, nitrogen, dan sebagainya (Effendi, 2003). Lebih lanjut Fardiaz (1992) menyatakan bahwa kenaikan temperatur air yang dipergunakan sebagai medium pendingin dalam proses industri akan menimbulkan dampak yaitu menurunkan jumlah oksigen terlarut.

Bau yang keluar dari badan air dapat langsung berasal dari limbah industri atau dari hasil degradasi oleh mikroba yang hidup dalam air. Mikroba yang hidup dalam air akan mengubah bahan buangan organik terutama gugus protein secara degradasi menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau. Disamping itu bau juga timbul karena terjadinya reaksi kimia yang menimbulkan gas (Sunu, 2001).

Rasa air yang menyimpang biasanya disebabkan oleh adanya polusi dan dihubungkan dengan bau karena air yang berbau tidak normal juga dianggap mempunyai rasa yang tidak normal (Fardiaz, 1992). Lebih lanjut, menurut Sunu (2001), air yang normal sebenarnya tidak memiliki rasa. Timbulnya rasa pada air tanah merupakan indikasi yang kuat bahwa air telah tercemar.

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan banyaknya cahaya yang terserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang ada di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan-bahan organik maupun anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Padatan tersuspensi berkolerasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, semakin tinggi pula nilai kekeruhannya (Effendi, 2003).

Padatan terlarut total atau total dissolved solid (TDS) merupakan bahan-bahan terlarut dalam air yang tidak tersaring dengan kertas saring millipore dengan ukuran pori 0,45  $\mu\text{m}$ . Padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa anorganik dan organik yang terlarut dalam air, mineral dan garam-garamnya. Penyebab

utama terjadinya TDS adalah bahan anorganik berupa ion-ion yang umum dijumpai di perairan. Nilai padatan terlarut total sangat dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah, dan pengaruh kegiatan antropogenik misalnya berupa limbah domestik dan industri (Effendi, 2003).

Sedangkan total zat padat tersuspensi (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2,0 mm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Total suspended solid dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik. Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen, dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. Penetrasi cahaya matahari ke permukaan dan bagian yang lebih dalam tidak berlangsung efektif akibat terhalang oleh zat padat tersuspensi, sehingga fotosintesis tidak berlangsung sempurna.

### **2.9.2 Parameter Kimia**

Parameter kimia terdiri dari merupakan parameter yang penting dalam penentuan kualitas air. Sifat kimia yang penting berkaitan dengan air minum dan sering dipakai sebagai parameter kimia air meliputi pH, oksigen terlarut, kebutuhan oksigen biologi, kebutuhan oksigen kimiawi, senyawa nitrogen (nitrit, nitrat, ammonia), sulfat, fenol, klorida dan logam berat.

Air dapat bersifat asam atau basa tergantung pada besar kecilnya pH air atau besarnya konsentrasi ion hidrogen di dalam air. Nilai pH air normal yaitu antara pH 6 sampai 8, sedangkan pH air yang terpolusi berbeda-beda tergantung dari jenis polutannya. Air tanah yang telah tercemar polutan biasanya memiliki nilai pH yang menyimpang dari pH normalnya.

Oksigen terlarut merupakan parameter mutu air yang penting karena nilai oksigen terlarut dapat menentukan tingkat pencemaran air. Secara normal air mengandung kira-kira 8 mg/l oksigen terlarut. Oksigen terlarut dapat berasal dari proses udara yang secara lambat terdifusi ke dalam air dan fotosintesis tanaman

air yang jumlahnya tidak tetap tergantung pada jumlah tanaman. Penurunan kadar oksigen dalam perairan dapat diakibatkan oleh keberadaan limbah organik yang membutuhkan konsumsi oksigen untuk melakukan proses perombakan (dekomposisi) oleh mikroorganisme (Fardiaz, 1992).

Kebutuhan oksigen biologis atau biological oxygen demand (BOD) adalah jumlah konsumsi oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air untuk memecah/mendegradasi atau mengoksidasi limbah organik yang terdapat di dalam air. Semakin tinggi nilai BOD, maka semakin rendah oksigen terlarutnya atau dapat diasumsikan bahwa semakin besar pula bahan organik yang terkandung di perairan tersebut. Proses pengukuran nilai BOD didasarkan pada lima hari inkubasi disebut dengan BOD<sub>5</sub>. Apabila dalam perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, maka lebih cocok dilakukan pengukuran nilai kebutuhan oksigen kimiawi dibandingkan dengan nilai BOD (Effendi, 2003).

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimiawi (COD) adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Sunu, 2001). Nilai COD selalu lebih besar atau sama dengan kebutuhan oksigen biologi suatu perairan, karena pada uji COD tidak hanya mengukur senyawa organik yang dapat diuraikan melainkan juga mengukur senyawa anorganik (Saeni, 1997 dalam Sudiartawan, 2005).

Parameter kimia air dalam mengukur kualitas air minum adalah sulfida dan sulfat. Reaksi reduksi anion sulfat menjadi hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) dalam kondisi anaerob bisa meningkatkan korosivitas logam dan menimbulkan bau yang tidak sedap. Sulfat terbentuk dari sulfur yang berikatan dengan ion hidrogen dan oksigen. Kadar sulfat dalam perairan tawar alami berkisar 2 mg/l sampai 80 mg/l. kadar sulfat yang tinggi mencapai 500 mg/l dapat menyebabkan gangguan pada sistem pencernaan. Magnesium sulfat dalam jumlah yang sedikit bisa menyebabkan diare pada manusia. World Health Organization (WHO) atau Organisasi Kesehatan Dunia merekomendasikan bahwa kadar sulfat untuk air minum tidak lebih dari 400 mg/l dan kadar hidrogen sulfida berkisar 0,5 mg/l (Effendi, 2003).

Senyawa klorida banyak dipakai sebagai desinfektan pada perairan karena dapat membunuh organisme patogen, akan tetapi residu dari klorida menjadi berbahaya apabila terikat pada senyawa organik dengan membentuk halogen hidrokarbon dan banyak dikenal sebagai senyawa karsinogenik. Kation dari garam-garam klorida sangat mudah larut dalam perairan dan apabila kelebihan konsentrasi garam-garam klorida dalam perairan tawar dapat menyebabkan salinitas yang tinggi sehingga terjadi penurunan kualitas perairan (Effendi, 2003).

Pencemaran air tanah akibat logam berat disebabkan oleh bahan-bahan polutan dari limbah industri, maupun sampah-sampah logam misalkan baterai bekas, aki bekas dan lain sebagainya. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis yaitu logam berat esensial dan non esensial. Logam berat esensial merupakan logam berat yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, tetapi dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Logam berat non esensial atau beracun, di mana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain. Logam berat non esensial dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia, bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Lebih jauh lagi, logam berat ini akan menyebabkan alergi, mutagen, teratogen atau karsinogenik bagi manusia. Jalur masuknya adalah melalui kulit, pernapasan dan pencernaan (Effendi, 2003)

### **2.9.3 Parameter Mikrobiologi**

Parameter kualitas air selain ditentukan oleh parameter fisika dan kimia, juga ditentukan oleh kehadiran jumlah mikroorganisme patogen yaitu bakteri Coliform. Bakteri Coliform merupakan kelompok bakteri yang mempunyai kemampuan memfermentasi laktosa dan merupakan indikator yang baik tentang adanya kontaminasi tinja (Suriawijaya, 2003). Tempat-tempat pemrosesan akhir (TPA) sampah terutama sampah organik, limbah domestik, dan limbah tinja dan kotoran ternak dapat menjadi sumber bakteri patogen yang mencemari air tanah.

Pencemaran air tanah oleh bakteri pathogen terjadi melalui proses terinfiltrasinya air permukaan yang mengandung bakteri pathogen atau hasil dekomposisi sampah organik oleh bakteri ke dalam tanah (Sumantri, 2001).

Bakteri coli yang terdapat dalam air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu faecal coli seperti *Escherichia coli* adalah bakteri yang bersifat pathogen yang berasal dari tinja manusia dan kotoran hewan berdarah panas dan coli non faecal adalah bakteri non pathogen yang terdapat dalam tanah, sampah, limbah pertanian dan limbah rumah tangga. Penghitungan bakteri coliform menggunakan metode Most Probable Number (MPN).

## 2.10 Indikator Kualitas Bakteriologis Air

Pengukuran kualitas air bersih secara bakteriologis dilakukan dengan melihat keberadaan organisme golongan coli (*coliform*) sebagai indikator. *Coliform* merupakan suatu kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran dan kondisi yang tidak baik terhadap air. *Coliform* dibedakan menjadi dua yaitu *coliform fecal* dan *coliform total*.

Salah satu jenis *coliform fecal* yang dijadikan sebagai indikator tercemar air adalah bakteri *E.coli*. Bakteri *E.coli* merupakan bakteri yang berbentuk batang dengan panjang sekitar 2 mikrometer dengan diameter 0,5 mikrometer. Volume sel *E.coli* berkisar 0,6 – 0,7 mikrometer kubik. Bakteri ini termasuk umumnya hidup pada rentang 20 - 40<sup>0</sup>C, optimum pada 37<sup>0</sup>C.

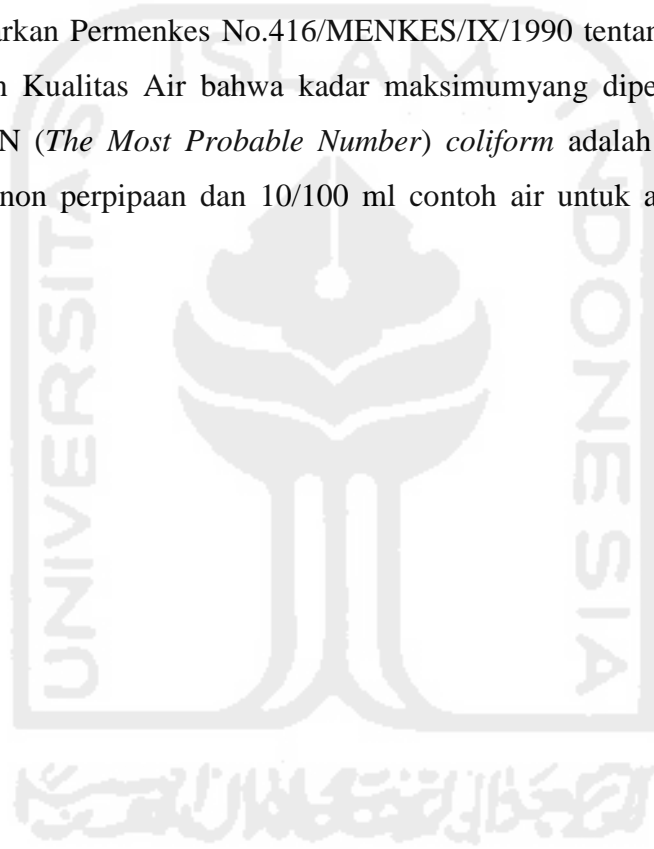
*E.coli* digunakan sebagai indikator pemeriksaan kualitas bakteriologis secara universal dan analisi dengan alasan :

- a. *E.coli* secara normal hanya ditemukan di saluran pencernaan manusia atau hewan mamalia, atau bahan yang telah terkontaminasi dengan tinja manusia atau hewan, jarang sekali ditemukan dalam air dengan kualitas kebersihan tinggi.
- b. *E.coli* mudah diperiksa di laboratorium dan sensitivitasnya tinggi jika pemeriksaan dilakukan dengan benar.
- c. Bila dalam air tersebut ditemukan *E.coli*, maka air tersebut dianggap berbahaya bagi penggunaan domestik.

- d. Adanya kemungkinan bakteri enterik patogen yang lain ditemukan bersama-sama *E.coli* dalam air tersebut.

*Coliform* tinja adalah bakteri gram negatif tidak membantuk spora, tumbuh pada suasana aerobik atau fakultatif anaerob. Bakteri tersebut hidup di usus manusia dan hewan berdarah panas, sedangkan di air dapat bertahan hidup pada suhu 20<sup>0</sup>C selama 1 minggu sampai dengan 1 bulan. Adanya *coliform* tinja dalam air adalah berasal dari kontaminasi tinja manusia atau binatang.

Berdasarkan Permenkes No.416/MENKES/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan Kualitas Air bahwa kadar maksimum yang diperbolehkan pada air bersih, MPN (*The Most Probable Number*) *coliform* adalah sebesar 50/100 ml contoh air non perpipaan dan 10/100 ml contoh air untuk air perpipaan (Pitojo, 2003)





## 2.11 Penelitian sebelumnya

**Tabel 2.1** Penelitian Sebelumnya

No	Nama/ Tahun	Penelitian
1	Kurniawan (2006)	<p>Kualitas air sumur wilayah sekitar TPA Galuga dari beberapa parameter hasil analisis telah melampaui batas maksimum yang diperbolehkan menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesi Nomer 82 Tahun2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan pencemaran air. Sehingga berdasarkan hal tersebut, air sumur sekitar wilayah Galuga tidak layak digunakan sebagai air baku air minum sebagaimana peruntukannya air kelas 1, namun masih bisa digunakan untuk keperluan perikanan dan pertanian. Parameter kualitas air yang diatas baku mutu ialah BOD, COD dan Total coli, namun dari hasil penelitian ditemukan fenomena yang menarik dimana air sumur dengan jarak yang paling dekat dengan TPA ternyata memiliki kualitas air yang lebih baik dari pada air sumur yang jaraknya lebih jauh pada wilayah penelitian. kondisi ini diduga disebabkan oleh faktor geologis, geografis dan juga faktor konstruksi pembatas TPA saluran lindi dan sumur itu sendiri.</p>

2	Suhartini (2008)	Berdasarkan hasil uji parameter kualitas air diketahui bahwa sumur pantau di TPA ada parameter yang melebihi baku mutu yaitu timbal. Tingginya unsur ini dapat disebabkan karena sumur ini letaknya dekat dengan leachate sehingga sangat memungkinkan terjadinya pencemaran oleh rembesan leachate. Berdasarkan uji parameter mikrobiologis kualitas air maka semua sampel air sumur melebihi baku mutu, hal ini dimungkinkan karena banyaknya feses ternak sapi yang berada di TPA Piyungan.
3	Yatim (2013)	Parameter kualitas air lindi sampah (leachate) dari TPA Air Dingin yang konsentrasinya telah melampaui ambang batas baku mutu air limbah domestik berdasarkan kep. MNLH no.112 tahun 2003 adalah TSS, COD, BOD. Air lindi sampah (leachate) dari TPA Air Dingin berpengaruh terhadap kualitas air sumur penduduk sekitar TPA Air Dingin. Parameter yang berpengaruh pada sumur S1 ( jarak 1-50 m dari TPA) adalah TSS, BOD5 dan COD; Parameter yang berpengaruh pada sumur S2 ( jarak 50-200 m dari TPA) adalah BOD5 dan COD; Parameter yang berpengaruh pada sumur S3 ( jarak 200-300 m dari TPA) adalah BOD5 dan COD. Status kualitas air sumur yang berada pada jarak 1-300 m dari TPA tergolong dalam tingkat tercemar ringan.

4	Farida Nur	Berdasarkan hasil analisis data, pemeriksaan sampel air berdsasarkan parameter biologi tidak ada pengaruh jarak TPA Tamangapa terhadap jumlah bakteri didalam air tanah. Akan tetapi keberadaan TPA sangat mempengaruhi jumlah bakteri. Sedangkan kedalaman sumur sangat berpengaruh terhadap jumlah bakteri total coliform dan fecal coliform, semakin dalam sumur semakin rendah bakterinya.
5	Rusnaya (2013)	Berdasarkan hasil analisis pengujian sampel air sumur dangkal secara fisik, kimia dan mikrobiologi, diperoleh beberapa parameter yang sangat melampaui kadar maksimum baku mutu, diantaranya parameter BOD, COD dan bakteri total coliform yang menyebabkan air menjadi tercemar.
6	Wulandari (2014)	Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai kondisi bakteriologis air sumur di sekitar TPA Air Dingin Kota Padang, Nilai MPN bakteri koliform dan E.coli air sumur pada jarak 250 m, 350 m dan 450 m secara berurut adalah 9 –2400, 43 –2400 dan 0 –2400 sel/100 ml. Kualitas air sumur disekitar TPA Air Dingin Kota Padang berdasarkan parameter bakteriologis tidak layak dikonsumsi kecuali sumur 1 pada jarak 450 m.

### 2.12 Uji Normalitas

Uji distribusi normal adalah uji untuk mengukur apakah data yang didapatkan memiliki distribusi normal sehingga dapat dipakai dalam statistik parametrik (statistik inferensial). Dengan kata lain, uji normalitas adalah uji untuk mengetahui apakah data empirik yang didapatkan dari lapangan itu sesuai dengan

distribusi teoritik tertentu. Dalam kasus ini, distribusi normal. Dengan kata lain, apakah data yang diperoleh berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Uji normalitas berguna untuk menentukan data yang telah dikumpulkan berdistribusi normal atau diambil dari populasi normal. Metode klasik dalam pengujian normalitas suatu data tidak begitu rumit. Berdasarkan pengalaman empiris beberapa pakar statistik, data yang banyaknya lebih dari 30 angka ( $n > 30$ ), maka sudah dapat diasumsikan berdistribusi normal. Biasa dikatakan sebagai sampel besar.

Namun untuk memberikan kepastian, data yang dimiliki berdistribusi normal atau tidak, sebaiknya digunakan uji statistik normalitas. Karena belum tentu data yang lebih dari 30 bisa dipastikan berdistribusi normal, demikian sebaliknya data yang banyaknya kurang dari 30 belum tentu tidak berdistribusi normal, untuk itu perlu suatu pembuktian. Uji statistik normalitas yang dapat digunakan diantaranya Chi-Square, Kolmogorov Smirnov, Lilliefors, Shapiro Wilk.

### **2.12.1 Pengujian Kolmogorov Smirnov**

Pengujian Kolmogorov-Smirnov dinyatakan suatu cara untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara observasi distribusi frekuensi dengan teoritis distribusi frekuensi juga merupakan perhitungan “Goodness of fittest” untuk teori distribusi frekuensi. Uji ini dapat digunakan untuk menentukan seberapa baik sebuah sampel random data mempunyai distribusi teoritis tertentu, yang dimaksud disini adalah distribusi Poisson.

Konsep dasar dari uji normalitas Kolmogorov Smirnov adalah dengan membandingkan distribusi data (yang akan diuji normalitasnya) dengan distribusi normal baku. Distribusi normal baku adalah data yang telah ditransformasikan ke dalam bentuk Z-Score dan diasumsikan normal. Jadi sebenarnya uji Kolmogorov Smirnov adalah uji beda antara data yang diuji normalitasnya dengan data normal baku. Seperti pada uji beda biasa, jika signifikansi di bawah 0,05 berarti terdapat perbedaan yang signifikan, dan jika signifikansi di atas 0,05 maka tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Penerapan pada uji Kolmogorov Smirnov adalah

bahwa jika signifikansi di bawah 0,05 berarti data yang akan diuji mempunyai perbedaan yang signifikan dengan data normal baku, berarti data tersebut tidak normal.

Lebih lanjut, jika signifikansi di atas 0,05 maka berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara data yang akan diuji dengan data normal baku, artinya data yang kita uji normal.

Kelemahan dari Uji Kolmogorov Smirnov yaitu bahwa jika kesimpulan kita memberikan hasil yang tidak normal, maka kita tidak bisa menentukan transformasi seperti apa yang harus kita gunakan untuk normalisasi. Jadi kalau tidak normal, gunakan plot grafik untuk melihat menceng ke kanan atau ke kiri, atau menggunakan Skewness dan Kurtosis sehingga dapat ditentukan transformasi seperti apa yang paling tepat dipergunakan.

