

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Sampah**

Sampah merupakan limbah yang bersifat padat terdiri dari zat organik maupun anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak berbahaya terhadap lingkungan serta melindungi investasi untuk pembangunan. (SNI 19–2454–2002).

Sampah merupakan sesuatu yang tidak dapat digunakan, dipakai, disenangi ataupun sesuatu yang dibuang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya (Chandra, 2006).

Selain itu berdasarkan Undang – undang No. 18 Tahun 2008, sampah juga dapat diartikan sebagai sisa kegiatan sehari – hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padatan. Sampah spesifik adalah sampah yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus.

#### **2.1.1 Sumber Sampah**

Sumber sampah dalam kehidupan sehari – hari berasal dari berbagai macam sumber, seperti rumah tangga, tempat perdagangan, kegiatan industri, pekarangan, pertanian, peternakan, pertambangan, dan lain – lain. Dari sekian banyak sumber, volume sampah dari rumah tangga serta tempat perdagangan dan komersial sangat besar jumlahnya. Tidak jarang di tempat – tempat tersebut terlihat sampah yang menumpuk sebelum akhirnya dibuang ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).

Menurut Prasajo (2015), secara umum sumber sampah dibagi menjadi 5, yaitu :

1. Sampah pemukiman

Sampah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga atau biasa disebut sebagai sampah rumah tangga. Jenis sampah yang dihasilkan merupakan sampah organik yang bersifat basah ataupun kering, atau lainnya.

2. Sampah fasilitas umum dan perdagangan

Fasilitas umum dan perdagangan memiliki potensi yang cukup besar

dalam menghasilkan sampah. sampah yang dihasilkan biasanya berupa bahan organik dan anorganik yang berupa plastik, kertas, abu, kaleng, dan sampah lainnya.

3. Sampah sarana pelayanan masyarakat milik pemerintah

Sarana pelayanan masyarakat yang dituju seperti tempat hiburan umum, rumah sakit, perkantoran, halte, dll. Juga menghasilkan sampah.

4. Sampah industri

Sampah industri dihasilkan dari proses produksi hingga proses distribusi. Sampah yang dihasilkan lebih dominan dalam bentuk sampah anorganik ada juga sampah organik untuk industri makanan.

5. Sampah pertanian

Bidang pertanian biasanya lebih dominan menghasilkan sampah organik misalnya sampah hasil perkebunan, ladang, dan atau sawah.

### **2.1.2 Jumlah Timbulan Sampah**

Menurut teori dari Tchobanoglous (1993), penyebab perbedaan jumlah timbulan sampah ada 2 faktor, yaitu

1. Alam

- a. Musim hujan atau musim kemarau,
- b. Iklim, daerah hujan kandungan air tinggi,
- c. Letak geografis

2. Manusia

- a. Perlakuan terhadap sampah, mulai dari frekuensi pengumpulan, perilaku masyarakat terhadap sampah, pengolahan sampah pada sumbernya, serta tingkat teknologi.
- b. Aktivitas sehari – hari, tingkat aktivitas tinggi menimbulkan sampah lebih banyak.
- c. Keadaan rumah, jenis peruntukan bangunan untuk rumah, kantor, pasar, atau industri.
- d. Jenis sampah, ada tidaknya proses daur ulang.
- e. Kondisi atau tingkat ekonomi.

Menurut SNI 19 – 3964 – 1994, bila pengamatan lapangan belum tersedia, maka untuk menghitung besaran, sistem, dapat digunakan angka timbulan sampah sebagai berikut:

1. Satuan timbulan sampah kota besar adalah 2 – 2,5 L/org/hari atau 0,4 – 0,5 kg/org/hari.
2. Satuan timbulan sampah pada kota sedang dan kecil adalah 1,5 – 2 L/org/hari atau 0,3 – 0,4 kg/org/hari.

Sampah yang masuk di TPS umumnya lebih sedikit jumlahnya daripada jumlah sampah yang dihasilkan penduduk. Hal ini dikarenakan adanya pemulung sampah, sampah yang dibakar, sampah yang dibuang ke badan air, ataupun sampah yang dibuang begitu saja.

### **2.1.3 Perhitungan Kuantitas Sampah**

Besarnya timbulan sampah dapat dilakukan dengan pengukuran di lapangan atau dengan menggunakan data sampah terdahulu, atau beberapa kombinasi dari dua pendekatan. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan kuantitas sampah adalah (Tchobanoglous, 1993):

1. *Load – count analysis*, yaitu dengan cara menentukan muatan sampah individu dan karakteristik yang diambil dalam periode waktu tertentu.
2. *Weight – volume analysis*, yaitu dengan cara menentukan volume dan berat masing – masing muatan, sehingga dapat menghasilkan angka pasti dari berbagai sampah yang ada.
3. *Materials – balance analysis*, yaitu dengan cara melihat detail keseimbangan material di setiap sumber timbulan seperti di rumah tangga, kegiatan komersial, atau industri.

### **2.1.4 Komposisi Sampah**

Komponen pembentuk sampah biasanya dinyatakan dalam persentase berat. Informasi komposisi dari sampah diperlukan dalam mengevaluasi kebutuhan peralatan, sistem, serta manajemen program dan peralatan. Distribusi persentase aktual sampah pemukiman tergantung dari besarnya aktivitas, besarnya

ketersediaan pelayanan pemukiman, tipe pengolahan air dan limbah yang digunakan. Komposisi sampah suatu daerah biasanya dibagi menurut kebijakan daerah tersebut, misalnya komposisi bahan dilihat dari komponen bahan – bahan yang menjadi materi sampah dalam persentase berat. Bahan – bahan tersebut meliputi: sisa makanan, kertas, kardus, plastik, tekstil, karet, kulit, sampah, debu, abu. Jika dilihat dari kategori sampahnya bisa dari perumahan dan komersial, institusi, konstruksi, dan penghancuran pelayanan pemukiman, pengolahan air.

Komposisi sampah dapat dipengaruhi oleh faktor – faktor sebagai berikut (Tchobanoglous, 1993):

1. Sumber sampah
2. Aktivitas penduduk
3. Sistem pengumpulan dan pembuangan yang dipakai
4. Geografi
5. Sosial ekonomi
6. Musim / iklim
7. Teknologi
8. Waktu

### **2.1.5 Sistem Pengolahan Sampah**

Masalah pengolahan sampah sangat berkaitan dengan teknologi. Salvato (2003) mengatakan ada beberapa teknologi pengolahan sampah, antara lain:

1. Pembakaran (*incineration*), cara pembakaran ini menimbulkan asap dan debu yang berterbangan kemana saja dan berpotensi menyebabkan penyakit saluran pernapasan apabila seringkali dilakukan. Keuntungan dalam metode ini adalah pemusnahan sampah dengan *incenerator* tidak membutuhkan lahan yang luas, tidak bergantung pada cuaca, serta mampu mengurangi volume sampah hingga 90%. Kerugiannya, dengan sistem ini berpotensi mencemari udara.
2. Pengomposan (*composting*), sampah yang diubah menjadi kompos adalah sampah organik yang dapat terurai. Sampah ditempatkan pada suatu galian tanah dan dibiarkan agar terjadi proses anaerobik atau proses dekomposisi.

Kelebihan sistem pengomposan adalah lebih dari 50% sampah padat dimanfaatkan dan luas lahan yang dibutuhkan kecil. Kekurangannya, sistem ini diterapkan dengan sistem mekanis yang membutuhkan biaya tinggi.

Metode yang paling umum dipergunakan dalam kegiatan pengolahan sampah menurut Salvato (2003) adalah pembakaran dan pengomposan. Salvato juga mengemukakan bahwa ada beberapa aspek yang termasuk dalam kegiatan pengelolaan sampah, yaitu: pewadahan sampah (*storage*), pengumpulan (*collection*), pemindahan (*transfer*), pengangkutan (*transport*), pengolahan (*processing*), dan pembuangan akhir (*disposal*).

Seiring bertambahnya populasi, masalah pengolahan sampah semakin kompleks karena jumlahnya yang semakin banyak dan jenisnya lebih beragam, namun pendanaannya terbatas. Sebagai konsekuensinya, jika pengolahan sampah harus dicapai dengan cara yang efisien dan teratur, aspek – aspek penting dan hubungan yang terlibat harus diidentifikasi, disesuaikan untuk keseragaman data, dan dipahami dengan jelas.

Volume sampah yang besar dan beraneka ragam jenisnya jika tidak dikelola dengan baik dan benar sangat berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan yang kompleks dan serius, salah satunya pencemaran air oleh lindi yang keluar dari tumpukan sampah dan mengalir menuju badan perairan ataupun meresap ke dalam tanah.

## **2.2 Kualitas dan Kuantitas Air Tanah**

Air tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat terbarukan dan dapat dimanfaatkan sebagai air untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Air merupakan suatu sumber kehidupan dan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan, oleh karena itu perlu diperhatikan kualitasnya agar tidak memberikan pengaruh buruk terhadap kesehatan, sehingga manusia dapat terhindar dari penyakit yang dapat merugikan tubuh manusia.

Air mengalami suatu daur yang disebut siklus hidrologi. Air laut, danau, sungai, waduk air di permukaan tanah lainnya, tanaman dan lain – lain menguap karena panas matahari. Uap air di udara membentuk awan dan akhirnya

mengembun dan menjadi titik air hujan dan jatuh ke permukaan tanah, sebagian mengalir di atas permukaan tanah dan sebagian meresap ke dalam tanah dan menjadi sumber air baru bagi kehidupan (Shah & Patel, 2008).

Selanjutnya air tersebut akan menguap kembali dengan bantuan panas matahari dan seterusnya. Dari siklus hidrologi tersebut yang dapat menyebabkan tercemarnya sumber air bersih ada 2 kemungkinan, yaitu tanah tempat sumber air bersih yang sudah terkontaminasi, atau sesaat sebelum meresap ke dalam tanah air tersebut sudah tercemari oleh bahan lain. Pencemar air tanah dari limbah penduduk dapat berasal dari pembuangan sampah yang terjadi pada daerah pemukiman padat, akibat terbatasnya lahan tempat penampungan sampah, pengangkutan sampah yang kurang lancar serta kurangnya kesadaran masyarakat tentang kebersihan.

Air selain bermanfaat juga dapat menimbulkan penyakit, hal ini dikarenakan kemampuan air untuk melarutkan zat padat serta mengabsorpsi zat cair lainnya, sehingga secara alami semua air akan mengandung zat mineral yang diperoleh baik dari udara maupun tanah selama proses air tersebut mengalir. Kandungan zat – zat ini jika konsentrasinya di dalam air melebihi baku mutu yang ditetapkan akan menimbulkan penyakit bagi yang menggunakannya.

Sesuai dengan ketentuan umum Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 (Kelas I) tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, air Kelas I yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Umumnya sumber air bersih berasal dari air tanah, baik yang dapat digunakan langsung maupun harus diolah terlebih dahulu. Air bersih harus memenuhi beberapa persyaratan baik secara kuantitatif maupun kualitatif.

### **2.2.1 Persyaratan Kualitatif**

Kualitas air ditandai dengan sifat kimia (organik & anorganik), fisik, serta mikrobiologi. Pemantauan dan pengujian pada suatu konstituen harus fokus pada suatu bahan yang bersifat berbahaya bagi kesehatan manusia (National Research

Council, 2008). Unsur kimia yang terdapat pada air tanah masuk ke dalam suatu akuifer melalui bentuk air hujan yang meresap melalui pori – pori tanah.

Persyaratan kualitatif, menggambarkan mutu atau kualitas dari air bersih. Persyaratan ini meliputi persyaratan fisik, kimia, biologis, dan radiologis. Syarat – syarat tersebut dapat dilihat berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 (Kelas I) tentang Syarat – syarat dan Pengawasan Kualitas Air yang akan ditunjukkan pada lampiran.

#### 1. Syarat – syarat kimiawi air

Ditinjau dari segi pengaruhnya, sifat kimia air dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan, yaitu:

##### a. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) yang dipersyaratkan untuk air bersih adalah 6 sampai 9. Apabila lebih kecil dari 6 atau lebih besar dari 9 akan menyebabkan korosi pada pipa – pipa air yang dapat membentuk senyawa kimia bersifat toksik dan mengganggu kesehatan. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik.

##### b. Zat organik

Zat organik dapat diketahui konsentrasinya dalam air dengan menggunakan nilai permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) sebagai tolak ukur. Batas aman yang masih diperkenankan adalah 10 mg/liter, apabila zat organiknya melebihi batas tersebut maka air akan menimbulkan bau tidak sedap dan dapat menimbulkan sakit perut atau mual.

##### c. Zat – zat kimia lainnya yang terdapat di dalam air, di antaranya sianida ( $\text{CN}$ ), amoniak ( $\text{NH}_3$ ), karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ), nitrit ( $\text{NO}_2$ ), sulfid ( $\text{SO}_2$ ), dan fosfat ( $\text{PO}_4$ ).

##### 1. Amonia ( $\text{NH}_3$ )

Menurut Schwab *et. al.* (1996), Amonia merupakan senyawa

nitrogen yang menjadi  $\text{NH}_4$  pada pH rendah yang disebut amonium. Amonia dalam air permukaan berasal dari air seni dan tinja serta dari oksidasi zat organik secara mikrobiologi yang berasal dari industri dan penduduk.

Amonia berada dimana – mana dalam jumlah yang kecil beberapa mg/liter sampai dengan 30 mg/l pada air buangan. Kadar amonia yang tinggi pada air menunjukkan adanya pencemaran. Pada air minum konsentrasi amonia harus nol dan pada air sungai harus di bawah 0,5 mg/l (syarat mutu air sungai di Indonesia).

Amonia ( $\text{NH}_3$ ) merupakan senyawa nitrogen. Pada bentuk cairan, amonia terdapat dalam 2 bentuk yaitu amonia bebas atau tidak terionisasi ( $\text{NH}_3$ ) dan dalam bentuk ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Perbandingan amonia dalam kedua bentuk tersebut sangat dipengaruhi oleh nilai pH dan suhu. Sebagai contoh pada pH sekitar 9, sekitar setengah dari total amonia terdapat dalam bentuk tidak terionisasi.

Standar kualitas air menggunakan bentuk total amina ini, untuk menyatakan batas amonia dalam air bersih maksimum adalah 2 mg/l pada pH sama atau lebih besar dari 8. Pada pH tersebut konsentrasi amonia tidak terionisasi pada air sungai bersuhu  $20^\circ\text{C}$  adalah 0.074 mg/L.

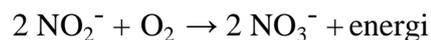
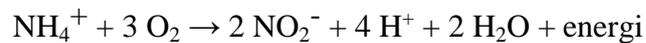
Konsentrasi amonia yang tinggi pada air selalu menunjukkan adanya pencemaran. Rasa  $\text{NH}_3$  kurang enak, sehingga kadar  $\text{NH}_3$  harus rendah.

2. Nitrat ( $\text{NO}^{3-}$ ) dan Nitrit ( $\text{NO}^{2-}$ )

Nitrat ( $\text{NO}^{3-}$ ) dan Nitrit ( $\text{NO}^{2-}$ ) adalah ion – ion anorganik alami yang merupakan bagian dari siklus nitrogen. Aktivitas mikroba di tanah atau air menguraikan sampah yang mengandung Nitrogen organik pertama – tama menjadi amonia, kemudian

dioksidasikan menjadi nitrit dan nitrat. Nitrat dan nitrit merupakan bentuk nitrogen yang teroksidasi. Nitrit biasanya tidak bertahan lama dan merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara amoniak dan nitrat. Oleh karena nitrit dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi nitrat, maka nitrat adalah senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah maupun air yang terdapat di permukaan.

Nitrit dan nitrat terjadi akibat proses nitrifikasi yang merubah amonia/amonium menjadi nitrit oleh bakteri *nitrosomonas*, kemudian nitrit tersebut berubah lagi menjadi nitrat oleh bakteri *nitrobacter*. Reaksi kimia yang terjadi dapat dilihat di bawah ini:



Proses nitrifikasi ini memerlukan oksigen yang sangat besar sehingga dapat menurunkan oksigen terlarut. Kurang lebih 4,3 mg O<sub>2</sub> untuk mengoksidasi 1 mg NH<sub>4</sub> menjadi nitrat.

Nitrit merupakan bentuk nitrogen yang hanya sebagian teroksidasi. Nitrit dalam air merupakan perubahan biologis dari zat organik. Keberadaan nitrit dalam air merupakan petunjuk adanya pencemaran bahan organik. Nitrit tidak ditemukan dalam air limbah yang segar, melainkan dalam limbah yang sudah basi atau lama. Nitrit tidak dapat bertahan lama dan merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara amoniak dan nitrat. Nitrit bersumber dari bahan – bahan yang bersifat korosif dan banyak dipergunakan di pabrik – pabrik. Nitrit tidak tetap dan dapat berubah menjadi amoniak atau dioksidasi menjadi nitrat. Pengaruh nitrit pada kesehatan manusia yaitu, dapat menyebabkan methemoglobinemia dan efek racun kandungan nitrit dalam air lebih besar dari 0 (nol) mg/l.

Nitrat sangat mudah larut dalam air dan memiliki sifat yang relatif stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi yang sempurna di perairan. Pada dasarnya, nitrat merupakan sumber utama nitrogen di perairan, akan tetapi tumbuhan lebih menyukai amonia untuk digunakan dalam proses pertumbuhan. Nitrat dengan konsentrasi tinggi merupakan indikasi adanya sumber polutan dalam air tanah. Kandungan nitrat umumnya kurang dari 10 mg/l untuk air tanah dengan komposisi biasa. Kadar nitrat lebih dari 5 mg/l menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja hewan. Air hujan memiliki kadar nitrat sekitar 0,2 mg/l. Serta pada perairan yang menerima limpasan air dari daerah pertanian yang banyak mengandung pupuk, kadar nitrat dapat mencapai 1.000 mg/l.

### 3. Fosfat ( $\text{PO}_4$ )

Fosfat merupakan senyawa dari fosfor yang terdapat di alam dalam bentuk organik dan anorganik. Senyawa fosfat organik adalah fosfor yang terikat dengan senyawa – senyawa organik sehingga tidak berada dalam keadaan bebas. Dalam air bersih atau air buangan, fosfor yang bebas hampir tidak ditemui. Senyawa fosfat anorganik terdiri dari ortofosfat dan polifosfat. Ortofosfat adalah senyawa monomer seperti  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$ , sedangkan polifosfat atau disebut juga dengan *condensed phosphates* merupakan senyawa polimer seperti  $(\text{PO})_6^{3-}$  (heksametafosfat),  $\text{PO}_5^{5-}$  (tripolifosfat) dan  $\text{PO}_4^{4-}$  (pirofosfat) (Schwab *et al*, 1996).

Setiap senyawa fosfat yang telah disebutkan di atas berada di alam dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme. Dalam air limbah, senyawa fosfat dapat berasal dari limbah domestik, industri dan pertanian. Dalam limbah domestik

terdapat fosfat dalam bentuk polifosfat dan fosfat organis. Dari limbah industri yang mengandung deterjen dihasilkan polifosfat. Sedangkan dari kegiatan pertanian dihasilkan ortofosfat yang berasal dari bahan pupuk (Schwab et al, 1996).

Menurut Sawyer (2003), limbah domestik relatif kaya akan fosfat. Deterjen sintetis umumnya memiliki kandungan fosfat anorganik sebesar 2 hingga 3 mg/L dan fosfat organik sebesar 0,5 hingga 1,0 mg/L. Pada umumnya, deterjen sintetis dalam bentuk padat yang didesain untuk kebutuhan rumah tangga mengandung sejumlah besar polifosfat, bahkan hingga 50%. Sebagian fosfat anorganik juga ditemukan dari limbah manusia sebagai hasil pengrusakan protein dan asam nukleat secara metabolis dan pemusnahan fosfor bebas dalam urin.

### **2.2.2 Persyaratan Kuantitatif**

Jumlah air bersih yang dibutuhkan untuk kebutuhan rumah tangga bervariasi, tergantung pada sumber air yang tersedia, kebiasaan masyarakat, harga langganan air, dan aspek – aspek pengelolaan air. Besarnya jumlah air yang dibutuhkan tergantung pula pada tingkat kemajuan suatu negara. Negara – negara dengan tingkat kesejahteraan yang tinggi akan membutuhkan air lebih banyak.

### **2.3 Air Tanah**

Menurut Herlambang (1996) dalam Gunawan (2016), air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat didalam ruang antar butir – butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah. Lapisan tanah dapat dibedakan menjadi lapisan permeable dan lapisan impermeable. Lapisan permeabel adalah lapisan tanah yang dapat ditembus oleh air, yang terbentuk dari hasil endapan pasir atau kerikil, sedangkan lapisan impermeable adalah lapisan yang kedap air sehingga air tidak akan mampu melewati lapisan ini.

Air tanah dangkal akan diambil oleh tanaman, sedangkan air tanah dalam akan keluar sebagai mata air. Sirkulasi dan perubahan fisis akan berlangsung terus sampai akhir zaman ROSS (1994) dalam Tjutju (2003).

Menurut Danaryanto (2004) dalam Gunawan (2016), secara umum cekungan air tanah di Indonesia dibedakan menjadi dua, yaitu akuifer bebas (unconfined aquifer) dan akuifer tertekan (confined aquifer).

Air tanah merupakan sumber daya alam yang sangat penting mengingat bahwa hampir 97% air bersih berasal dari air tanah dan 3% berasal dari sungai, danau dll (National Research Council, 2008).

Air tanah sejak terbentuk di daerah hulu dan mengalir ke daerah hilirnya, melalui ruang antara dari batuan penyusun akuifer. Dalam perjalanan tersebut air tanah melarutkan mineral batuan serta dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya. Oleh sebab itu, mutu air tanah dari satu tempat ke tempat lain sangat beragam tergantung dari jenis batuan, di mana air tanah tersebut meresap, mengalir, dan terakumulasi, serta kondisi lingkungan. Kualitas air merupakan salah satu faktor dalam menentukan kesejahteraan manusia. Kehadiran bahan pencemar di dalam air dalam jumlah tidak normal mengakibatkan air dinyatakan sebagai terpolusi.

Dari sekian banyaknya parameter air, parameter yang pada umumnya diuji dalam proses analisis kualitas air tanah meliputi 3 parameter yaitu:

1. Parameter fisika yang meliputi:
  - a. Kekeruhan (turbidity)
  - b. Bau
  - c. Suhu (temperatur)
  - d. Konduktivitas
  - e. *Total Dissolved Solid* (total padatan terlarut)
2. Parameter kimia yang meliputi:
  - a. PH
  - b. Kesadahan (hardness) Alkalinitas (alkalinity)
  - c. DO (Kadar Oksigen Terlarut)
  - d. BOD<sub>5</sub> (Biochemical Oxygen Demand)
  - e. Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

- f. Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ )
  - g. Amonia ( $\text{NH}_3$ )
  - h. Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )
  - i. Besi (Fe)
  - j. Mangan (Mn)
  - k. Khlorida (Cl)
  - l. Sulfat ( $\text{SO}_4$ )
3. Parameter mikrobiologi yang meliputi:
- a. Bakteri E.Coli
  - b. Total Coliform

Namun dari ketiga parameter di atas, hanya beberapa dari parameter kimia yang diujikan, karena parameter tersebut terkait dengan pengaruhnya dari komposisi kimia air lindi yang terpampang pada tabel 2.1, seperti pH, fosfat, amonia, dan zat organik. Penjelasan selanjutnya akan dijabarkan pada bab 3.

### **2.3.1 Sumber Air Tanah**

Hampir semua air tanah dapat dianggap sebagai bagian dari siklus hidrologi dan berasal dari salah satu sumber berikut (Shah & Patel, 2008):

1. Air meteorik merupakan air berasal dari curah hujan. Meskipun sebagian besar dari air hujan mencapai laut melalui aliran permukaan, sebagian besar air yang jatuh pada permukaan dalam bentuk infiltrat mengendap atau merembes ke bawah permukaan dan membentuk air tanah. Sebagian besar air yang diperoleh dari persediaan tanah berada pada kategori ini. Infiltrasi air hujan dimulai setelah air mencapai tanah, dan juga dapat mengambil tempat dari badan air permukaan seperti sungai, danau dan laut, dalam proses hampir terus – menerus.
2. Air bawaan merupakan air yang keluar dari kontak dengan atmosfer selama setidaknya satu bagian dari periode geologi disebut sebagai air bawaan. Ini terdiri dari fosil interstisial air yang telah bermigrasi dari lokasi aslinya. Air ini mungkin telah diturunkan dari sumber air laut atau air bersih dan sangat termineralisasi. Banyak sedimen batuan penting, seperti kapur, batu pasir

yang disimpan dan konsolidasi di bawah air tanah atau meskipun pemadatan mungkin memeras keluar sebagian besar air awalnya hadir dalam pori – pori antar butir, namun air mungkin masih dipertahankan dalam ruang antar butiran batuan tersebut.

3. Air juvenile merupakan air yang berasal dari magma, dimana pemisahan dalam istilah air plutonik diterapkan, sementara air vulkanik berasal dari kedalaman relatif dangkal (3 m sampai 5 m). Air baru asal magmatik atau kosmis yang belum sebelumnya pernah menjadi bagian dari hidrosfer disebut sebagai air remaja.

### **2.3.2 Pencemaran Air Tanah**

Air yang berasal dari permukaan ketika meresap kedalam dalam tanah maka dengan seketika air tersebut akan berinteraksi secara fisik, kimia dan biologi sehingga mengubah kualitas dari air tersebut. Air tanah yang belum tercemar memiliki kualitas air yang jernih, tidak berwarna serta bebas dari kotoran. Hal itu dikarenakan ketika terjadi proses presipitasi maka kotoran yang terbawa air akan tersaring oleh butiran-butiran partikel pada lapisan tanah (Lehr & Keeley, 2005).

Di dalam menentukan suatu kualitas air tanah diperlukan beberapa parameter di dalam mengetahui kandungan yang terdapat di dalam air (National Research Council, 2008).

Menurut Schwab (1996), pencemaran air terdiri dari bermacam – macam jenis, antara lain:

1. Pencemaran Mikroorganisme dalam Air

Berbagai kuman penyebab penyakit pada makhluk hidup seperti bakteri, virus, protozoa, dan parasit sering mencemari air. Kuman yang masuk ke dalam air tersebut berasal dari buangan limbah rumah tangga maupun buangan dari industri peternakan, rumah sakit, tanah pertanian dan lain sebagainya. Pencemaran dari kuman penyakit ini merupakan penyebab utama terjadinya penyakit pada orang yang terinfeksi. Penyakit yang disebabkan oleh pencemaran air ini disebut *water – borne disease* dan sering ditemukan pada penyakit tifus, kolera, dan disentri.

2. Pencemaran Air oleh Bahan Anorganik Nutrisi Tanaman

Penggunaan pupuk nitrogen dan fosfat dalam bidang pertanian telah dilakukan sejak lama secara meluas. Pupuk kimia ini dapat menghasilkan produksi tanaman yang tinggi sehingga menguntungkan petani. Tetapi di lain pihak, nitrat dan fosfat dapat mencemari sungai, danau, dan lautan. Sumber pencemaran nitrat ini tidak hanya berasal dari pupuk pertanian saja, karena di atmosfer bumi mengandung 78% gas nitrogen. Pada waktu hujan dan terjadi kilat dan petir, di udara akan terbentuk amoniak dan nitrogen terbawa air hujan menuju permukaan tanah. Nitrogen akan bersenyawa dengan komponen yang kompleks lainnya.

3. Pencemar Bahan Kimia Anorganik

Bahan kimia anorganik seperti asam, garam dan bahan toksik logam lainnya seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg) dalam kadar yang tinggi dapat menyebabkan air tidak enak diminum. Disamping dapat menyebabkan matinya kehidupan air seperti ikan dan organisme lainnya, pencemaran bahan tersebut juga dapat menurunkan produksi tanaman pangan dan merusak peralatan yang dilalui air tersebut.

4. Pencemar Bahan Kimia Organik

Bahan kimia organik seperti minyak, plastik, pestisida, larutan pembersih, deterjen dan masih banyak lagi bahan organik terlarut yang digunakan oleh manusia dapat menyebabkan kematian pada ikan maupun organisme air lainnya. Lebih dari 700 bahan kimia organik sintetis ditemukan dalam jumlah relatif sedikit pada permukaan air tanah untuk diminum di Amerika, dan dapat menyebabkan gangguan pada ginjal, gangguan kelahiran, dan beberapa bentuk kanker pada hewan percobaan di laboratorium. Tetapi sampai sekarang belum diketahui apa akibatnya pada orang yang mengkonsumsi air tersebut sehingga dapat menyebabkan keracunan kronis.

Menurut Shah & Patel (2008), mutu air tanah dinyatakan menurut sifat fisik, kandungan unsur kimia, ataupun bakteriologi. Persyaratan mutu air tanah telah dibakukan berdasarkan penggunaannya, seperti mutu air untuk air minum, air irigasi, maupun industri. Beberapa unsur utama kandungan air

tanah 1,0 hingga 1000 mg/l adalah sodium, kalsium, magnesium, bikarbonat, sulfat, dan khlorida. Kandungan khlorida yang tinggi merupakan indikasi adanya pencemaran bersumber dari air limbah atau intrusi air laut. Sementara kandungan nitrat sebagai unsur sekunder 0,01 hingga 10 mg/l bersumber dari limbah manusia, tanaman, maupun pupuk buatan.

Dari segi kuantitas, apabila air tanah dipakai sebagai sumber air baku air bersih relatif cukup. Tetapi jika dilihat dari segi kontinuitas, penggunaan air tanah harus dibatasi karena dikhawatirkan dengan pengambilan yang terus – menerus akan menyebabkan penurunan muka air tanah. Sehingga kemungkinan jika muka air tanah lebih rendah dari air laut, maka air laut akan mengisi kekosongan air tanah yang disebut peristiwa intrusi air laut.

Menurut UU Republik Indonesia No 32 tahun 2009 tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan hidup yaitu masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Demikian pula dengan lingkungan air tanah yang dapat pula tercemar karena masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup atau zat yang membahayakan bagi kesehatan.

### **2.3.3 Peranan Air Dalam Memindahkan Penyakit**

Air menjadi hal utama dalam kehidupan. Bahkan tubuh manusia sebagian besar terdiri dari cairan. Air dibutuhkan tubuh untuk proses metabolisme tubuh, antara lain proses respirasi, pencernaan, fungsi glandular, sirkulasi darah, dan proses pembuangan. Air adalah media transportasi yang membawa gizi makanan ke sel – sel tubuh dan mengeluarkan banyak material kotor dari sel untuk dibuang. Apabila tinggal di daerah yang buruk kualitas airnya, maka akan rentan dengan penyakit yang dibawa oleh air, seperti keracunan, diare, thypus, kolera, dan lain sebagainya. Dengan mengkonsumsi air yang tercemar, tubuh akan dengan cepat menerima penyakit. Air selain digunakan untuk minum, juga digunakan keperluan

untuk memasak, mandi, mencuci, dan memelihara kebersihan. Penggunaan air untuk memelihara kebersihan perorangan merupakan kondisi yang dapat mencegah penyakit saluran pencernaan, infeksi kulit dan mata. Infeksi pencernaan disebabkan oleh organisme penyakit yang menular melalui alat penyiapan makanan atau minuman yang tidak dicuci bersih.

#### **2.3.4 Pergerakan Aliran Air Tanah**

Secara prinsip dapat dikatakan, bahwa penyebab utama dari segala bentuk keberadaan air tanah adalah Bergeraknya air. Sekalipun didukung oleh permeabilitas dan porositas yang baik, infiltrasi, perkolasi, dan pengisian kembali air tanah tidak akan mungkin berlangsung apabila air tersebut tidak bergerak. Sifat dasar air yang mampu bergerak ke berbagai arah memungkinkan segalanya itu. Air yang diterima permukaan bumi akhirnya, jika permukaannya tidak kedap air, akan bergerak ke dalam tanah dengan dukungan gaya gravitasi dan efek kapiler (Shah & Patel, 2008).

Ketika hujan turun ke tanah, air tidak berhenti bergerak. sebagian mengalir sepanjang permukaan tanah untuk sungai atau danau, sebagian digunakan oleh tanaman, sebagian lagi menguap dan kembali ke atmosfer, dan merembes bawah tanah, ke dalam pori – pori antara formasi pasir, tanah liat dan batu yang disebut akuifer. Air bergerak melalui akuifer seperti segelas air dituangkan ke tumpukan pasir. Menyinggung pergerakan air tanah, tentu akan menyinggung pula kecepatan alirannya. Menurut Hukum Darcy, kecepatan semu aliran berbanding lurus dengan gradien hidrolik. Semakin curam gradien hidrolik, memungkinkan air tanah bergerak mengalir semakin cepat. Namun, porositas dan permeabilitas lapisan tanah atau lapisan batuan yang dilaluinya memiliki peranan yang besar dalam mengendalikan kecepatan pergerakan mengalirnya air tanah.

Air yang mengalir dengan pergerakan jauh lebih lambat dibanding pergerakan air di atas permukaan tanah. Kecepatan gerakannya rata-rata 0,5 – 1 meter/hari. Laju kecepatannya tergantung pada ukuran pori-pori dalam lapisan batu – batu (laju gerakannya lebih cepat melalui lapisan batu – batu yang berpori besar), derajat kemiringan hidrolik dari lapisan batu pembawa air, jarak tempuh,

dan temperatur yang menentukan kecairannya. Dalam lapisan tanah dan batu yang sulit ditembus air, air tanah memerlukan waktu berbulan – bulan untuk mencapai jarak beberapa ratus meter (Shah & Patel, 2008).

Menurut Todd (2005), model aliran air tanah itu akan dimulai pada daerah resapan air tanah atau sering juga disebut sebagai daerah imbuhan air tanah (*recharge zone*). Daerah ini adalah wilayah dimana air yang berada di permukaan tanah baik air hujan ataupun air permukaan mengalami proses infiltrasi secara gravitasi melalui lubang pori tanah/batuan atau celah pada tanah/batuan. Proses infiltrasi ini akan terakumulasi pada satu titik dimana air tersebut menemui suatu lapisan atau struktur batuan yang bersifat kedap air. Titik akumulasi ini akan membentuk suatu zona jenuh air (*saturated zone*) yang seringkali disebut sebagai daerah luahan air tanah (*discharge zone*). Perbedaan kondisi fisik secara alami akan mengakibatkan air dalam zonasi ini akan bergerak baik secara gravitasi, perbedaan tekanan, kontrol struktur batuan dan parameter lainnya. Kondisi inilah yang disebut sebagai aliran air tanah. Daerah aliran air tanah ini selanjutnya disebut sebagai daerah aliran (*flow zone*).

Dalam perjalanan aliran air tanah ini seringkali melewati suatu lapisan akuifer yang di atasnya memiliki lapisan penutup yang bersifat kedap air, hal ini mengakibatkan perubahan tekanan antara air tanah yang berada di bawah lapisan penutup dan air tanah yang berada di atasnya. Perubahan tekanan inilah yang didefinisikan sebagai air tanah tertekan (*confined aquifer*) dan air tanah bebas (*unconfined aquifer*).

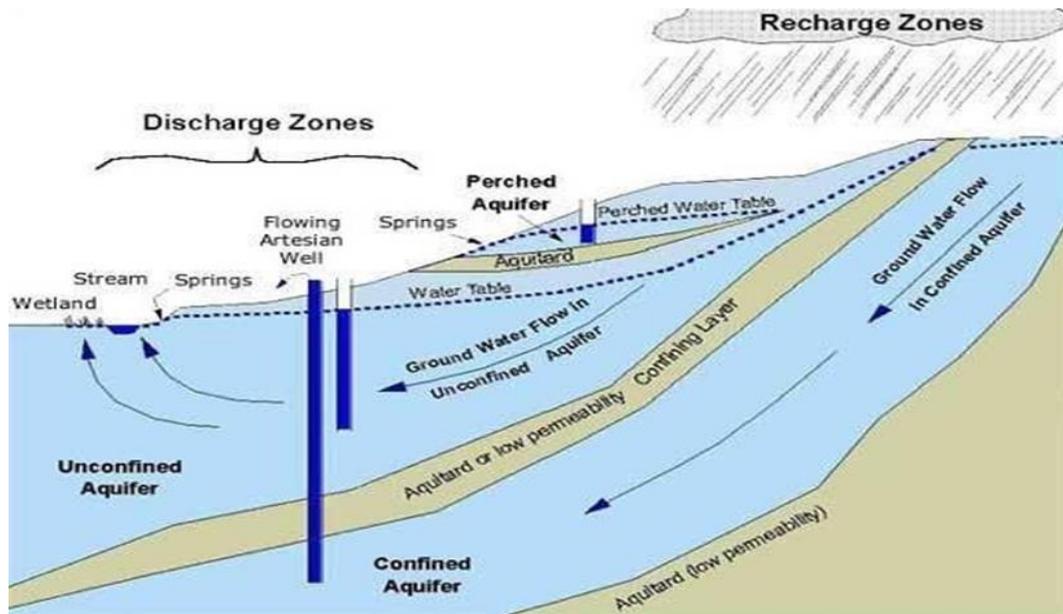
Akuifer bebas atau akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*) adalah air tanah dalam akuifer yang tertutup lapisan impermeable, dan merupakan akuifer yang mempunyai muka air tanah. Akuifer ini merupakan akuifer yang jenuh air. Lapisan pembatasnya merupakan lapisan semikedap (*aquitard*) pada bagian bawahnya dan tidak ada pembatas *aquitard* di lapisan atasnya, batas di lapisan atas berupa muka air tanah. Permukaan air tanah bebas adalah batas antara zona yang jenuh dengan air tanah dan zona yang tak jenuh dengan air tanah. Air tanah dangkal ini banyak dimanfaatkan oleh penduduk untuk berbagai keperluan dengan kedalaman sumur umumnya antara 1 – 25 meter.

Dalam kehidupan sehari-hari pola pemanfaatan air tanah bebas sering kita lihat dalam penggunaan sumur gali oleh penduduk. Melalui pola aliran air tanah inilah masuknya air lindi tersebut ke dalam air tanah.

Akuifer tertekan (*confined aquifer*) adalah suatu akuifer dimana air tanah terletak di bawah lapisan kedap air (*impermeable*) dan mempunyai tekanan lebih besar daripada tekanan atmosfer. Air yang mengalir pada lapisan pembatasnya, karena *confined aquifer* merupakan akuifer yang jenuh air yang dibatasi oleh lapisan kedap air di atas dan bawahnya. Akuifer yang terletak di antara lapisan kedap air ini, umumnya merupakan air tanah dalam dengan kedalaman umumnya lebih dari 40 m dan terletak di bawah akuifer bebas. Air tanah dalam adalah air tanah yang kualitas dan kuantitasnya lebih baik daripada air tanah dangkal, oleh karenanya umum dipergunakan oleh kalangan industri termasuk di dalamnya kawasan pertambangan.

Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo (2020), Kabupaten Sidoarjo adalah daerah yang dihimpit dua sungai besar, sehingga terkenal dengan sebutan kota Delta. disebelah utara melintas sungai Mas dan disebelah selatan melintas sungai Brantas. Luas wilayah terbentang antara  $112,5^0 - 112,9^0$  Bujur Timur dan  $7,3^0 - 7,5^0$  Lintang Selatan.

Di seluruh wilayah Sidoarjo, di sepanjang tahun, relatif tidak pernah mengalami kekeringan, karena kedalaman air tanah di semua wilayah Sidoarjo tidak pernah lebih dari 5 m.



Gambar 2.1 Pergerakan Aliran Air Tanah

Sumber: Todd, 2005

### 2.3.5 Peranan Tanah Dalam Air Tanah

Ditinjau dari pengertian tanah serta sanitasi lingkungan, fungsi tanah dalam hal sanitasi lingkungan yaitu melindungi dan menetralsir zat – zat berbahaya yang terdapat dalam sampah ataupun limbah, dimana ketika ada pencemaran pada lingkungan maka tanah itu merupakan salah satu unsur yang peranannya cukup penting dalam mengatasi pencemaran suatu lingkungan tersebut, seperti penyangga kimia (*buffer*), penyaringan, pengendapan, pengalihragaman (*transformer*), serta pengendali biologi (Van der Perk, 2006). Dalam kaitannya dengan pencemaran lingkungan, fungsi–fungsi tanah tersebut sangat penting peranannya sebagai pelindung dan penetralisir zat – zat berbahaya yang terdapat dalam sampah maupun limbah. Berikut merupakan beberapa peranan tanah untuk mengendalikan pencemaran air tanah (Van der Perk, 2006):

1. Tanah Sebagai Fungsi Penyaring Tanah, sebagai fungsi penyaring karena tubuh tanah terdiri dari jaringan yang memiliki beberapa lapisan dengan kepadatan dan struktur yang berbeda pada tiap lapisan. Limbah atau sampah yang mengandung bahan beracun berupa debu yang mengendap, baik dari udara maupun dari perairan ditahan oleh tanah atas sehingga tidak terbawa

atau ikut terserap masuk ke dalam tanah. Oleh karena itu tanah bawah dan air tanah akan terhindar dari masuknya zat – zat beracun yang berasal dari limbah maupun sampah tersebut.

2. Tanah Sebagai Fungsi Penyangga, sebagai fungsi penyangga tanah memiliki kemampuan untuk menyerap zat – zat beracun yang bersifat cair dan terlarut. Fungsi penyangga tanah tidak terlepas dari kadar lempung terutama montmorilonit, dan bahan organik yang terkandung di dalam tanah. Fungsi pengendapan secara kimiawi berkaitan dengan pH dan potensial redoks. Dengan demikian maka air limpasan (*runoff*) dan air perkolasi terbersihkan dari zat – zat beracun, oksida – oksida N dan S, sisa pupuk dan sisa pestisida yang terlarut. Penangkapan senyawa – senyawa amonium, nitrat dan fosfat yang terlarut dalam air limpasan dan dalam air perkolasi sebelum masuk ke air tanah untuk menghindarkan eutrofikasi perairan.
3. Tanah Sebagai Fungsi Pengalihragaman, sebagai fungsi pengalihragaman tanah memiliki edafon, khususnya flora renik, atas senyawa pencemar organik seperti zat – zat yang terkandung dalam air urin, tinja, kotoran hewan, serta rembesan pestisida organik. Senyawa – senyawa tersebut akan dirombak dan diubah dengan proses mineralisasi dan humifikasi menjadi zat – zat yang tidak berbahaya. Penguraian bahan organik juga dapat menanggulangi pemasukan bahan organik yang mudah teroksidasi ke perairan. Selain itu penguraian bahan organik juga bermanfaat untuk menetralsir penghangatan oksigen terlarut di perairan. Jika terjadi penghangatan perairan dapat mendorong dan memicu pertumbuhan tumbuhan air terutama alga dan eceng gondok yang tidak terkendali.
4. Tanah Sebagai Fungsi Pengendali Biologi, sebagai fungsi pengendali tanah berguna untuk menekan serangan penyakit yang bersumber dari tanah. Beberapa jenis penyakit seperti jenis jamur patogen dapat ditekan perkembangannya dengan montmorilonit, koloid humus dan beberapa bakteri tanah. Lempung montmorilonit dapat memperbesar daya saing bakteri melawan jamur dengan cara menyerap miselium jamur yang tidak terserap oleh bakteri. Dengan demikian lempung montmorilonit

memperkuat daya tindh bakteri atas jamur patogen. Dengan demikian tanah yang banyak mengandung lempung montmorilonit atau koloid humus mampu menjalankan fungsinya sebagai pengendali biologi. Tanah yang memiliki kandungan lempung montmorilonit serta kaya akan koloid humus adalah vertisol. Ekosistem tanah yang sehat berarti memiliki keanekaragaman edafon, yang menyebabkan tanah mampu berfungsi sebagai pengendali biologi. Untuk itu ketersediaan vertisol serta tanah yang kaya akan bahan organik sangat diperlukan dalam sanitasi lingkungan.

#### **2.4 Air Lindi**

Tchobanoglous (1993) dalam Hadiwidodo (2009) menyatakan bahwa lindi (leachate) adalah cairan yang meresap melalui sampah yang mengandung unsur-unsur terlarut dan tersuspensi atau cairan yang melewati landfill dan bercampur serta tersuspensi dengan zat – zat atau materi yang ada dalam tempat penimbunan (landfill) tersebut. Cairan dalam landfill merupakan hasil dari dekomposisi sampah dan cairan yang masuk ke tempat pembuangan seperti aliran atau drainase permukaan, air hujan dan air tanah.

Sumber air yang memacu timbulnya lindi berasal umumnya dari rembesan air hujan ke dalam timbunan sampah atau air tanah yang tinggi di samping cairan yang terkandung dalam sampah. Pada saat air menembus dalam timbunan sampah akan terjadi reaksi dengan sampah baik secara kimiawi maupun biologis. Proses biologis akan berlangsung secara terus menerus di dalam timbunan sampah sampai jangka waktu yang panjang tergantung pada tahap penguraian yang ada dan ketersediaan oksigen.

Masuknya lindi ke dalam air tanah akan menyebabkan turunnya kualitas air tersebut. Selain mencemari air permukaan, lindi juga berpotensi mencemari air dalam tanah. Gerakan air lindi ke dalam tanah mengikuti aliran air tanah. Gerakan air lindi dalam tanah terjadi seperti suatu cairan mengalir di dalam tanah – tanah jenuh air. Pada semua kasus gerakan air dikendalikan oleh laju aliran air yang diketahui sebagai konduktivitas hidrolik tanah dan juga oleh gaya – gaya lainnya (Gotaas, 1983).

### 2.4.1 Komposisi dan Karakteristik Air Lindi

Komposisi lindi menurut Tchobanoglous (1993), sangat bervariasi karena proses pembentukannya juga bervariasi dan dipengaruhi oleh:

1. Macam buangan (organik atau non – organik),
2. Mudah tidaknya peruraian,
3. Karakteristik sumber air (kuantitas dan kualitas),
4. Komposisi tanah penutup,
5. Tingkat curah hujan, dan
6. Ada atau tidaknya lapisan kedap air.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Air Lindi

Parameter	Nilai (mg/l)*	
	Rentang	Tipikal
BOD	2000 – 30000	10000
TOC	1500 – 20000	6000
Nitrogen Organik	200 – 1000	500
Nitrogen Amonia	10 – 600	200
Nitrat	5 – 40	25
Total Fosfat	1 – 70	30
Alkalinitas	1000 – 10000	3000
pH	5.3 – 8.5	6
Kalium	200 – 2000	300
Sodium	200 – 2000	500
Klorida	100 – 3000	500
Sulfat	100 – 1500	300
Total Besi	50 – 600	60
Keterangan: 1. Kecuali pH 2. Dalam mg/lCaCO <sub>3</sub>		

Sumber: Tchobanoglous, 1993

Karakteristik air lindi sangat ditentukan oleh jenis bahan – bahan yang terdapat pada lokasi penimbunan sampah. Menurut Tchobanoglous (1993), sampah dari pemukiman umumnya terdiri dari kertas dan material serat (64 %),

sisa makanan (12 %), bahan logam (8 %), gelas dan keramik (6 %), dan kelembabannya sekitar 20 %.

#### **2.4.2 Faktor – Faktor Masuknya Air Lindi ke Dalam Air Tanah**

Faktor yang mempengaruhi air lindi masuk ke air tanah adalah kondisi curah hujan, tekstur tanah, permeabilitas tanah, ketebalan atau kedalaman zona aerasi dari sumur. Sampah yang dibiarkan terbuka bukan hanya mengakibatkan pencemaran udara akibat bau. Sampah yang menggunung akan menghasilkan lindi, yakni limbah cair, baik yang berasal dari proses pembusukan sampah maupun karena pengaruh luar. Kedua hal itu akan mempengaruhi kuantitas dan kualitas lindi. TPS yang terletak di daerah yang curah hujan tinggi akan menghasilkan kandungan lindi tinggi. Tetapi kualitas lindi itu masih dipengaruhi komposisi atau karakteristik sampah yang dibuang, umur timbunan, dan pola operasional TPS. Semakin banyaknya lindi, maka semakin berpotensi untuk masuk ke dalam air tanah dan mencemari sumur.

Tekstur tanah menunjukkan kasar atau halusny suatu tanah. Istimewanya tekstur merupakan perbandingan relatif pasir, debu, dan tanah liat dikatakan baik apabila komposisi antara pasir debu dan liatnya hampir seimbang (Suthersan, 1999). Tanah seperti ini disebut tanah lempung, semakin halus butir – butir tanah, maka semakin kuat tanah tersebut memegang air dan unsur hara. Tanah yang kandungan liatnya terlalu tinggi akan sulit diolah, apalagi bila tanah tersebut basah maka akan menjadi lengket. Tanah jenis ini akan sulit melewatkan air sehingga apabila tanahnya datar akan cenderung tergenang dan pada tanah berlereng erosinya akan tinggi. Disamping itu tanah ini menghambat lindi untuk meresap ke dalam tanah, sehingga sumur – sumur akan aman dari kontaminasi lindi. Tanah dengan butir – butir kasar yang terlalu kasar tidak dapat menahan air dan unsur hara. Dengan demikian tanaman yang tumbuh pada tanah jenis ini mudah mengalami kekeringan dan kekurangan hara.

Permeabilitas tanah adalah kemampuan tanah untuk melewatkan cairan, terutama air, minyak, dan gas. Apabila nilai permeabilitasnya besar maka potensi semakin tercemarnya dengan lindi akan semakin besar, begitu sebaliknya.

Permeabilitas ini tergantung dari jenis tanah. Faktor – faktor di atas memberikan kontribusi terhadap tercemar atau tidaknya sumur kita (Suthersan, 1999).

## 2.5 Teori Statistik

Banyak analisis statistika bertujuan untuk mengetahui apakah ada hubungan antara dua atau lebih peubah. Bila hubungan demikian ini dapat dinyatakan dalam bentuk rumus matematik, maka rumus matematik tersebut dapat digunakan untuk keperluan peramalan. Masalah peramalan dapat dilakukan dengan menerapkan persamaan regresi (Peronika,2019).

### 2.5.1 Regresi Linier

Menurut Saefuddin (2008), bila terdapat suatu data yang terdiri atas dua atau lebih variabel, adalah sewajarnya untuk mempelajari cara bagaimana variabel – variabel itu saling berhubungan dan saling mempengaruhi satu sama lain. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel – variabel. Studi yang menyangkut masalah ini dikenal dengan analisis regresi. Analisis regresi bertujuan untuk mengestimasi atau menduga suatu hubungan antara variabel – variabel ekonomi, misalnya  $Y = f(x)$ . Dan juga untuk melakukan peramalan atau prediksi nilai variabel terikat (*dependent variable*) berdasarkan nilai variabel terikat (*independent variable*). Penentuan variabel mana yang bebas dan mana yang terikat dalam beberapa hal tidak mudah dilaksanakan.

Untuk menentukan persamaan hubungan antarvariabel, langkah–langkahnya sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data dari variabel yang dibutuhkan misalnya X sebagai variabel bebas dan Y sebagai variabel tidak bebas.
2. Menggambarkan titik – titik pasangan (x,y) dalam sebuah sistem koordinat bidang. Hasil dari gambar itu disebut Scatter Diagram (Diagram Pencar/Tebaran) dimana dapat dibayangkan bentuk kurva halus yang sesuai dengan data. Kegunaan dari diagram pencar adalah membantu menunjukkan apakah terdapat hubungan yang bermanfaat antara dua variabel dan

membantu menetapkan tipe persamaan yang menunjukkan hubungan antara kedua variabel.

3. Menentukan persamaan garis regresi dengan mencari nilai – nilai koefisien regresi dan koefisien korelasi.
4. Regresi linier dibedakan menjadi dua bagian berdasarkan banyaknya variabel bebas yang terlibat dalam persamaan yang ikut mempengaruhi nilai variabel terikat. Salah satunya adalah regresi linear sederhana, yaitu apabila dalam diagram pencar terlihat bahwa titik–titiknya mengikuti suatu garis lurus, menunjukkan bahwa kedua peubah tersebut saling berhubungan secara linier. Bila hubungan linier demikian ini ada, maka kita berusaha menyatakan secara matematik dengan sebuah persamaan garis lurus yang disebut garis regresi linier. Untuk regresi linier sederhana, perlu ditaksir parameter. Jika ditaksir oleh a dan b, maka regresi linier berdasarkan sampel dirumuskan sebagai berikut (Harinaldi, 2005).

$$Y_i = a + bX_i$$

Keterangan :

$Y_i$  : nilai yang diukur/dihitung pada variabel tidak bebas

$X_i$  : nilai tertentu dari variabel bebas

a : intersep / perpotongan garis regresi dengan sumbu y

b : koefisien regresi / kemiringan dari garis regresi / untuk mengukur kenaikan atau penurunan y untuk setiap perubahan satu – satuan x / untuk mengukur besarnya pengaruh x terhadap y kalau x naik satu unit.

### 2.5.2 Nilai Korelasi

Teknik korelasi merupakan teknik analisis yang melihat kecenderungan pola dalam satu variabel berdasarkan kecenderungan pola dalam variabel yang lain. Maksudnya, ketika satu variabel memiliki kecenderungan untuk naik maka kita melihat kecenderungan dalam variabel yang lain apakah juga naik atau turun atau tidak menentu (Harinaldi, 2005). Jika kecenderungan dalam satu variabel selalu diikuti oleh kecenderungan dalam variabel lain, dapat dikatakan bahwa kedua variabel ini memiliki hubungan atau korelasi (Saefuddin, 2008).

Jika data hasil pengamatan terdiri dari banyak variabel, ialah beberapa kuat hubungan antara – antara variabel itu terjadi. Dalam kata – kata lain perlu ditentukan derajat hubungan antara variabel – variabel. Studi yang membahas tentang derajat hubungan antara variabel – variabel dikenal dengan nama korelasi. Untuk menghitung koefisien korelasi ( $r$ ) dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Harinaldi, 2005):

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

Keterangan :

- $r$  : koefisien korelasi  
 $n$  : banyaknya sampel

Menurut Harinaldi (2005),  $r$  menunjukkan arah dan kekuatan dari hubungan linier (garis lurus) antara dua variabel berskala rasio atau interval. Nilai  $r$  berkisar antara +1 sampai -1, nilai  $r$  yang positif ditandai oleh nilai  $\beta_2$  yang positif pula, sebaliknya. Jika nilai  $r$  mendekati +1 atau  $r$  mendekati -1 maka  $X_i$  dan  $Y_i$  memiliki korelasi linier yang tinggi. Jika nilai  $r = +1$  atau  $r = -1$  maka  $X_i$  dan  $Y_i$  memiliki korelasi linier sempurna. Jika nilai  $r = 0$  maka  $X_i$  dan  $Y_i$  tidak memiliki relasi linier. Sebuah nilai yang mendekati 1 menunjukkan sebuah arah atau hubungan positif antar variabel. Sebuah nilai yang mendekati -1 menunjukkan hubungan negatif antar variabel arti dari koefisien korelasi  $r$  adalah:

1. Bila  $0,90 < r < 1,00$  atau  $-1,00 < r < -0,90$ : artinya hubungan yang sangat kuat
2. Bila  $0,70 < r < 0,90$  atau  $-0,90 < r < -0,70$ : artinya hubungan yang kuat
3. Bila  $0,50 < r < 0,70$  atau  $-0,70 < r < -0,50$ : artinya hubungan yang moderat
4. Bila  $0,30 < r < 0,50$  atau  $-0,50 < r < -0,30$ : artinya hubungan yang lemah
5. Bila  $0,0 < r < 0,30$  atau  $-0,30 < r < 0,0$ : artinya hubungan yang sangat lemah

Sebagai contoh, apabila nilai  $r$  nya sebesar 0,90, menyatakan hubungan yang sangat kuat antara dua variabel. 90 % dari variabel terikatnya dipengaruhi oleh variabel bebas, dan sisa 10 % nya dipengaruhi oleh faktor lain.

Menurut Harinaldi (2005), indeks korelasi R untuk menyatakan keeratan hubungan dari bentuk – bentuk linier berganda dan bentuk non linier. Indeks korelasi R sering disebut juga koefisien korelasi berganda. Selain koefisien korelasi sederhana r, dan indeks korelasi R, terdapat juga modifikasi atau fraksi dari R, yang disebut dengan koefisien korelasi parsial, korelasi rank, korelasi biserial, dan korelasi biserial, korelasi kontingensi, dan korelasi kanonikal. Apabila r dan R, jika dikuadratkan akan memberikan suatu nilai tertentu yaitu  $r^2$  atau  $R^2$ . Koefisien determinasi dengan simbol  $r^2$  merupakan proporsi variabilitas dalam suatu data yang dihitung didasarkan pada model statistik. Definisi berikutnya menyebutkan bahwa  $r^2$  merupakan rasio variabilitas nilai – nilai yang dibuat model dengan variabilitas nilai data asli. Dengan demikian, jika  $r^2 = 1$  akan mempunyai arti bahwa model yang sesuai menerangkan semua variabilitas dalam variabel Y, jika  $r^2 = 0$  akan mempunyai arti bahwa tidak ada hubungan antara variabel X dengan variabel Y. Dalam kasus misalnya jika  $r^2 = 0,8$  mempunyai arti bahwa sebesar 80% variasi dari variabel Y dapat diterangkan dengan variabel X; sedang sisanya 0,2 dipengaruhi oleh variabel – variabel yang tidak diketahui atau variabilitas yang inheren.

Menurut Saefuddin (2008), angka yang digunakan dalam menggambarkan derajat hubungan korelasi linear disebut koefisien korelasi dengan lambang  $r_{x y}$ . Teknik yang paling sering digunakan untuk menghitung koefisien korelasi selama ini adalah teknik *Korelasi Product Moment Pearson*. Teknik ini sebenarnya tidak sebatas untuk menghitung koefisien korelasi dari variabel pada skala pengukuran interval saja, hanya saja interpretasi dari hasil hitunganya harus dilakukan dengan hati – hati. Pemikiran utama korelasi *product moment* adalah seperti ini:

1. Jika kenaikan kuantitas dari suatu variabel diikuti dengan kenaikan kuantitas dari variabel lain, maka dapat kita katakan kedua variabel ini memiliki korelasi yang positif.
2. Jika kenaikan kuantitas dari suatu variabel sama besar atau mendekati besarnya kenaikan kuantitas dari suatu variabel lain dalam satuan SD, maka korelasi kedua variabel akan mendekati 1.

3. Jika kenaikan kuantitas dari suatu variabel diikuti dengan penurunan kuantitas dari variabel lain, maka dapat kita katakan kedua variabel ini memiliki korelasi yang negatif.
4. Jika kenaikan kuantitas dari suatu variabel sama besar atau mendekati besarnya penurunan kuantitas dari variabel lain dalam satuan SD, maka korelasi kedua variabel akan mendekati  $-1$ .
5. Jika kenaikan kuantitas dari suatu variabel diikuti oleh kenaikan dan penurunan kuantitas secara random dari variabel lain atau jika kenaikan suatu variabel tidak diikuti oleh kenaikan atau penurunan kuantitas variabel lain (nilai dari variabel lain stabil), maka dapat dikatakan kedua variabel itu tidak berkorelasi atau memiliki korelasi yang mendekati nol.

Koefisien korelasi antara dua peubah sehingga nilai  $r = 0$  berimplikasi tidak ada hubungan linear, bukan bahwa antara peubah itu pasti tidak terdapat hubungan. Ukuran korelasi linear antara dua peubah yang paling banyak digunakan adalah koefisien korelasi momen hasil kali pearson atau ringkasnya koefisien korelasi (Harinaldi, 2005).

## 2.6 Hasil Penelitian Sebelumnya

Dari studi pustaka, ditemukan beberapa penelitian tentang hubungan sampah dengan kualitas air tanah. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan antara lain seperti tercantum dalam Tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Penelitian Tentang Hubungan Sampah Dengan Kualitas Air Tanah.

No.	Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
1.	Arbain, NK Mardana, IB Sudana (Universitas Udayana, 2008).	Pengaruh lindi TPA suwung terhadap air tanah dangkal di Denpasar.	1. Mengetahui konsentrasi parameter pencemar dalam air lindi sampah dari TPA suwung. 2. Mengetahui pengaruh air lindi	Semua parameter air lindi sampah tidak memenuhi Baku Mutu Air Limbah Domestik Peraturan Gubernur Bali No. 8 Tahun 2007.

No.	Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
			sampah (leachate) dari TPA Suwung terhadap kualitas air tanah dangkal. 3. Mengetahui status kualitas air tanah dangkal yang berada pada jarak 1 – 375 m dari TPA Suwung.	
2.	Anizah Mahardika, M. Dana Zulfikar, Akhmad Athar Lutfi (Universitas Negeri Malang, 2010).	Mendeteksi dampak polutan sampah terhadap air tanah pemukiman di sekitar TPA dengan menggunakan metode geolistrik.	1. Mengetahui letak akumulasi rembesan polutan sampah di TPA.	Rembesan polutan yang diinjeksikan ke dalam tanah dapat dideteksi menggunakan metode geolistrik, selain itu juga dapat diprediksi hasil tanah itu tercemar.
3.	Srikandi, F. (Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, 2014).	Analisis Kualitas Air Tanah Masyarakat di Sekitar Tempat Pembuangan Sampah Kelurahan Sumur Batu Bantar Gebang Bekasi.	1. Mengetahui kualitas fisik air tanah. 2. Mengetahui kualitas kimia air tanah.	1. Kualitas air tanah secara fisik terdiri dari parameter warna, bau, rasa, TDS, kekeruhan. Tidak memenuhi syarat baku mutu. 2. Kualitas air tanah secara kimia terdiri dari parameter Ph tidak memenuhi syarat, sampel

No.	Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
				mengandung besi, sampel mengandung nitrat, sampel mengandung klorida.
4.	Achmad, F. (Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, 2018)	Pengaruh Air Lindi Terhadap Kualitas Air Sumur Sekitar TPA Jabon (Sidoarjo)	1. Mengetahui penyebaran kualitas air sumur Pada jarak radius $\pm$ 1000 m. 2. Mengetahui besar kadar parameter pH, COD, BOD pada air lindi TPA Jabon (Sidoarjo)	Berdasarkan hasil uji sampel air sumur di sekitar TPA jabon, kondisi sumur di sekitar TPA jabon dikategorikan tercemar, dengan kondisi parameter BOD dan COD diatas ambang batas baku mutu menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan sumber daya air dan syarat – syarat pengawasan kualitas air.