

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Airtanah

Pencemaran merupakan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tersebut tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (PP No.82, tahun 2001). Menurut Odum (1996), pencemaran adalah perubahan-perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi yang tidak dikehendaki pada udara, tanah, dan air. Perubahan tersebut dapat menimbulkan bahaya bagi kehidupan manusia atau spesies-spesies yang berguna, proses-proses industri, tempat tinggal dan peninggalan-peninggalan kebudayaan atau dapat merusak sumber bahan mentah.

Pencemaran merupakan penyebab utama penurunan kualitas airtanah terutama di daerah perkotaan. Pencemaran umumnya disebabkan oleh aktifitas manusia diantaranya penggunaan bahan bakar hidrokarbon. Pencemaran airtanah oleh hidrokarbon dapat terjadi karena adanya kebocoran pada tangki timbun di Stasiun Pengisian Bahan Bakar. Kawasan perkotaan yang tingkat kepadatan penduduknya tinggi dan memiliki aktivitas yang kompleks sangat rentan dengan pencemaran airtanah. Kompleksitas kegiatan penduduk yang dilakukan tidak lepas dari peningkatan akan kebutuhan bahan bakar minyak yang menyebabkan peningkatan pembangunan SPBU. Hal tersebut beriringan dengan adanya peningkatann kebutuhan airtanah sebagai sumber kehidupan. Namun kondisi tersebut tidak diikuti dengan peningkatan pengelolaan lingkungan yang baik terutama perbaikan pada tangki timbun di SPBU yang menjadi sumber pencemar terhadap airtanah. Kondisi ini menyebabkan daerah menjadi rentan terhadap pencemaran, karena itu monitoring terhadap tingkat potensi pencemaran airtanah sangat penting untuk dilakukan.

Kebocoran tangki penyimpanan bahan bakar atau tumpahan (*spill*) merupakan hal yang sering terjadi. Di Indonesia, walaupun diduga sering terjadi

kebocoran tangki penyimpanan bahan bakar, tetapi nampaknya masih dianggap sebagai hal yang biasa atau dianggap tidak berbahaya. Padahal beberapa senyawa dalam minyak bumi atau produk destilatnya mengandung senyawa yang berbahaya atau karsinogenik (Notodarmojo, 2005).

Pencemaran airtanah petrokimia juga terjadi di stasiun bahan bakar di Ile-Ife, Nigeria yang diselidiki menggunakan GIS dan karakteristik fisika-kimia dari sumur yang digali dengan sampel air yang diambil dekat dengan stasiun bahan bakar. Bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh tumpahan hidrokarbon pada sumber daya airtanah dalam sekitar tangki bahan bakar bawah tanah yang bocor. Sistem Informasi Geografis (GIS) alat yang digunakan untuk menguji hubungan spasial antara kontaminan dan untuk mengkarakterisasi tingkat mereka dalam wilayah studi. (Adeoti, 2014)

Kasus lain yang berhubungan dengan pencemaran airtanah oleh SPBU juga terdapat pada penelitian oleh Eny Muryani (2012), SPBU 44.552.10 Yogyakarta letaknya berbatasan langsung dengan pemukiman, tahun 1999 pernah bocor dan mencemari sumur warga. Faktor-faktor lingkungan fisik yang dijadikan parameter dalam penentuan potensi pencemaran benzena terhadap airtanah pada penelitian ini yakni : kedalaman muka airtanah dari dasar tangki, daya serap di atas muka airtanah, permeabilitas akuifer, kemiringan muka airtanah, dan jarak horisontal dari sumber pencemar. Penelitian bertujuan untuk menganalisis faktor lingkungan fisik yang paling berpengaruh terhadap potensi pencemaran benzena pada airtanah di lingkungan sekitar SPBU tersebut.

2.2 Faktor Faktor Pencemaran Air

Faktor Faktor Pencemaran Airtanah yaitu :

a. Kondisi sanitasi lingkungan

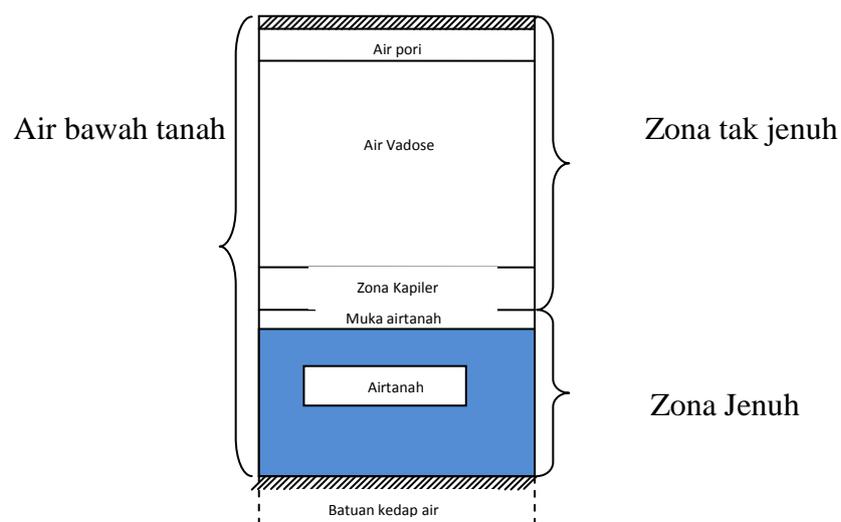
Airtanah memiliki kualitas yang pada umumnya baik, akan tetapi banyak tergantung kepada sifat lapisan tanahnya, apabila kondisi sanitasi lingkungan sangat rendah maka banyak tercemar oleh bakteri. Apabila berdekatan dengan industri dengan beban pencemaran tinggi dan tidak memiliki sistem pengendalian pencemaran air maka akan terpengaruh rembesan pencemaran (Munif, 2009).

b. Tingkat eksploitasi dan degradasi kualitas lingkungan

Tekanan terhadap sumber daya airtanah tidak hanya disebabkan tingkat eksploitasi yang berlebihan, namun juga karena adanya degradasi kualitas lingkungan. Pembuangan air limbah secara langsung (tanpa pengolahan), buangan dari industri, limpasan dari pengairan sawah yang telah memperoleh perlakuan dengan bahan pestisida dan herbisida merupakan sumber pencemaran secara eskponensial menimbulkan dampak negatif pada sumber daya air (Achmadi, 2001)

2.3 Airtanah

Airtanah merupakan semua air yang terdapat dibawah permukaan tanah pada lajur atau zona jenuh air (*zone of saturation*). Airtanah berasal dari air hujan dan air permukaan yang meresap (infiltrasi) mula-mula ke zona tak jenuh air (*zone of aeration*) dan kemudian meresap makin dalam (perkolasi) hingga mencapai zona jenuh air, lalu terkumpul dalam reservoir alam yaitu akuifer dan kemudian menjadi airtanah. Sumberdaya air dapat mengalir kembali ke permukaan tanah sebagai mata air dan air rembesan, atau dapat pula dialirkan ke permukaan melalui sumur gali, sumur bor, dan sebagainya. Dengan demikian airtanah merupakan bagian dari sistem daur hidrologi.



Gambar 2.1 Zona Airtanah

(Sumber: Handoyo dan Soekanto, 2006)

Untuk mengetahui terjadinya airtanah diperlukan peninjauan kembali bagaimana dan dimana airtanah tersebut berada. Distribusi di bawah permukaan tanah dalam arah vertikal dan horizontal harus di masukkan dalam pertimbangan. Zona geologi yang sangat mempengaruhi airtanah dan strukturnya dalam arti kemampuannya untuk menyimpan dan menghasilkan airtanah harus didefinisikan. Dengan anggapan bahwa kondisi hidrologi menyediakan air pada zona bawah tanah, maka lapisan-lapisan bawah tanah akan melakukan distribusi dan mempengaruhi gerakan airtanah sehingga peranan geologi terhadap airtanah tidak dapat diabaikan (soemarto, 1995)

Airtanah terdiri dari airtanah dangkal, airtanah dalam, dan mata air. Airtanah dapat ditemukan pada akuifer dengan pergerakan yang lambat. Hal ini yang akan menyebabkan airtanah untuk sulit pulih jika terjadi pencemaran. Klasifikasi airtanah dangkal yaitu:

a. Airtanah Dangkal

Yaitu air yang terdapat diatas kedap air pertama. Airtanah dangkal sangat rentan terhadap pencemaran. Daerah yang memiliki jumlah penduduk yang banyak, biasanya memiliki kondisi airtanah yang telah tercemar oleh limbah domestik (septik tank, saluran irigasi). Sedangkan daerah yang memiliki kepadatan penduduk yang rendah kondisi kualitas air relatif cukup baik.

Airtanah dangkal terjadi kaerna adanya proses peresapan air dan permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, sehingga airtanah akan jernih tetapi banyak mengandung zat-zat kimia karena air tersebut selama dalam perjalanannya melewati lapisan tanah yang mengandung unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah.

Lapisan tanah berfungsi sebagai penyaring. Disamping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dengan muka tanah. Air akan terkumpul pada lapisan rapat air, berkumpulnya air ini merupakan airtanah dangkal dimana air dapat dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal.

b. Airtanah Dalam

Airtanah dalam merupakan air yang terdapat dibawah lapisan kedap air (akuifer) pertama. Airtanah ini mempunyai sifat yang berlawanan dengan airtanah dangkal dimana fluktuasinya relatif kecil. Kualitas air tidak tergantung pada kegiatan lingkungan di atasnya.

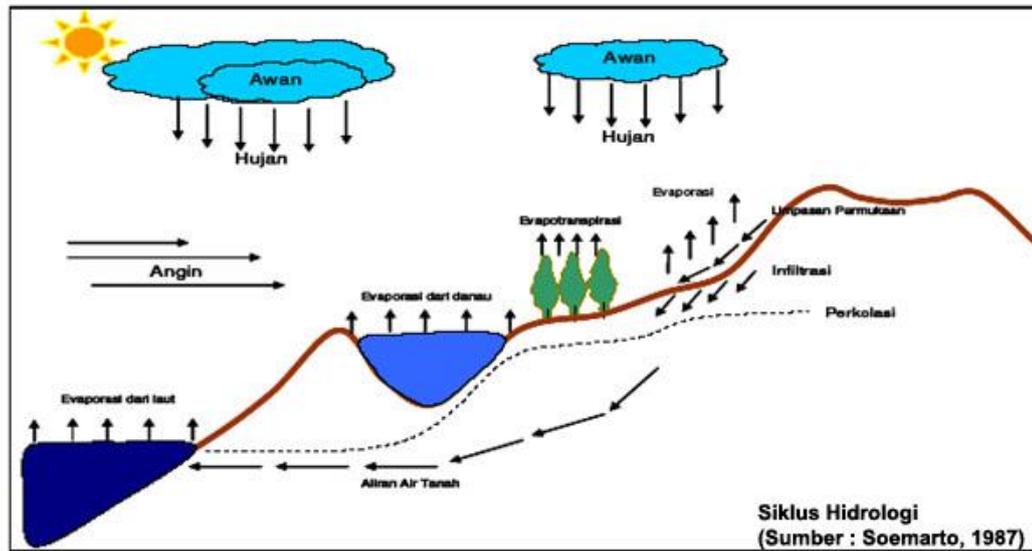
Pengambilan airtanah dalam tidak semudah pada airtanah dangkal. Dalam hal ini menggunakan bor dan memasukan pipa kedalamnya hingga kedalaman tertentu (100-300 meter). Kualitas dari airtanah dalam pada umumnya lebih baik daripada airtanah dangkal, karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri.

c. Mataair

Mataair adalah airtanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mataair yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kuantitas dan kualitas sama dengan airtanah dalam. Selain itu, gaya gravitasi juga mempengaruhi aliran airtanah menuju ke laut. Tetapi, dalam perjalanannya airtanah juga mengikuti lapisan geologi yang berkelok sesuai jalur akuifer dimana airtanah tersebut itu berada. Bila terjadi patahan geologi di dekat permukaan tanah, maka aliran airtanah tersebut akan muncul ke permukaan bumi. Sebagai tumpahan airtanah alami yang pada umumnya berkualitas baik, maka mata air dijadikan pilihan sumber air bersih yang dicari-cari dan diperebutkan oleh penduduk kota (Asdak, 2004).

2.4 Aliran Airtanah

Airtanah mengalir dari daerah yang memiliki tekanan lebih tinggi menuju ke daerah yang memiliki tekanan lebih rendah dan akhir perjalanannya menuju ke laut dan sungai.



Gambar 2.2 Arah Aliran Airtanah

(Sumber: Soemarto, 1987)

Dalam gambar daerah yang lebih tinggi merupakan daerah tangkapan/imbuan atau pengisian (*recharge area*) dan daerah yang lebih rendah merupakan daerah pelepasan luahan atau pengeluaran (*discharger area*). Pada ilustrasi tersebut daerah pelepasan adalah daerah aliran sungai. Daerah tangkapan dapat didefinisikan sebagai bagian dari suatu daerah aliran (*watershed/catchment area*) dimana aliran airtanah (*saturated*) menjauhi muka airtanah (Freeze dan Cherry, 1979). Biasanya daerah tangkapan muka airtanah daerah pengeluaran umumnya mendekati permukaan tanah, salah satu contohnya adalah pantai.

Aliran air dipengaruhi gaya gravitasi akan menarik secara vertikal ke bawah, tekanan tanah beroperasi ke seluruh arah dalam keadaan tanah lembab dan kering. Air bebas bergerak karena gaya gravitasi dan ikatan air karena potensial matriks. Apabila tanah yang kering terkena hujan, kandungan lengas tanah di lapisan permukaan meningkat mencapai kapasitas lapangan, kemudian airtanah bergerak ke lapisan yang lebih dalam. Air juga bergerak ke semua arah, di atas kapasitas lapang perkolasi bergerak lambat melalui pori berukuran 10-50 μm dan pengatusan terjadi dengan cepat melalui pori berukuran $> 50 \mu\text{m}$.

2.5 Proses pencemaran sumur gali

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

a. Aliran airtanah

Di dalam siklus hidrologi maka airtanah 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 airtanah akan mengalir untuk kemudian mencapai sumur gali. Penentuan lokasi pembuatan sumur yang jauh dari sumber pencemar merupakan usaha untuk mencegah dan mengurangi risiko terhadap pencemaran.

b. Penurunan permukaan airtanah (*draw down*)

Pada lapisan tanah yang mencapai lapisan ketinggian yang relatif sama dan landai, maka secara relatif pula tempat tersebut tidak terjadi aliran airtanah. Jika dilakukan pemompaan atau penimbaan atau pengambilan airtanah pada sumur, maka akan terjadi *draw down* yaitu penurunan dari permukaan airtanah. Oleh karena adanya *draw down* ini maka pada sumber itu tekanannya menjadi lebih rendah dari airtanah di sekitarnya sehingga mengalirlah airtanah di sekitar menuju ke sumur gali tersebut. Perkataan lain untuk mengganti air yang telah diambil sampai permukaan air sumur gali tersebut menjadi sama dengan permukaan airtanah disekitarnya. Jika airtanah di sekitarnya 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.

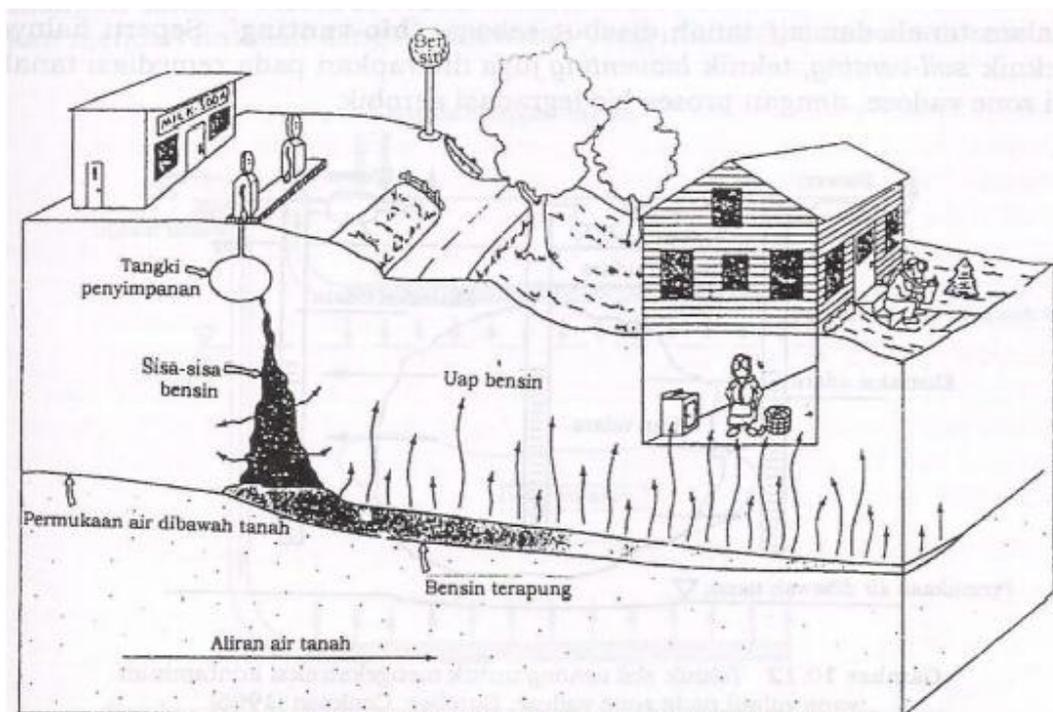
2.6 Hidrokarbon

2.6.1 Pengertian Hidrokarbon

Hidrokarbon merupakan salah satu kontaminan yang dapat berdampak buruk baik bagi manusia maupun lingkungan. Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa organik yang terdiri atas karbon dan hidrogen. Minyak bumi dan

turunannya merupakan salah satu contoh dari hidrokarbon yang banyak digunakan oleh manusia dan berpotensi mencemari lingkungan (Notodarmojo, 2005).

Pencemaran hidrokarbon pada airtanah berasal dari berbagai sumber. Salah satu sumber utama adalah Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Beberapa kejadian pencemaran hidrokarbon dari SPBU adalah kebocoran tangki timbun dan sistem perpipaan, pengisian tangki timbun yang terlalu penuh dan ceceran saat pengisian bahan bakar. Tumpahan dari kecelakaan kendaraan bermotor dan keluaran dari sumber lain pencemaran hidrokarbon pada airtanah dan air permukaan (Muryani, 2010).



Gambar 2.3 Mekanisme Pencemaran Hidrokarbon terhadap airtanah di sekitar SPBU

(Sumber : Notodarmojo, 2005)

Hidrokarbon merupakan senyawa kompleks yang terdiri atas unsur karbon dan unsur hidrogen yang dikelompokkan menjadi dua kelompok utama, yaitu

hidrokarbon alifatik dan hidrokarbon siklik. hidrokarbon siklik dibagi menjadi dua kelompok, yaitu hidrokarbon alisiklik dan aromatik. Senyawa hidrokarbon yang biasanya dijumpai dalam oily sludge memiliki rantai karbon kompleks dengan jumlah molekul bervariasi antara C_8 sampai C_{33} sehingga sulit didegradasi (Nugroho, 2006)

2.6.2 Senyawa Hidrokarbon pada Minyak Bumi

Minyak bumi tersusun dari senyawa hidrokarbon yang berbeda-beda. Perbedaan ini tergantung dari faktor umur, suhu pembentukan, dan cara pembentukan. Minyak dari Indonesia mengandung banyak senyawa aromatik seperti benzena, sedangkan minyak bumi dari Rusia mengandung banyak senyawa sikloalkana seperti sikloheksana. Senyawa-senyawa hidrokarbon yang terdapat pada Minyak bumi yaitu sebagai berikut.

- Alkana

Golongan alkanan yang banyak terdapat dalam minyak bumi adalah n-alkana dan isoalkana. n-alkana adalah alkana jenuh berantai lurus dan tidak bercabang, contoh n-oktana. Isoalkana adalah alkana jenuh yang rantai induknya mempunyai atom C tersier dan bercabang, contoh isooktana.

- Sikloalkana

Sikloalkana adalah senyawa hidrokarbon berantai tunggal dan berbentuk cincin. Golongan sikloalkana yang terdapat dalam minyak bumi adalah siklopentana seperti metil siklopentana dan sikloheksana seperti etil sikloheksana.

- Hidrokarbon Aromatik

Hidrokarbon aromatik adalah hidrokarbon yang tidak tersaturasi, memiliki satu atau lebih cincin planar karbon-6 atau cincin benzena. Jika hidrokarbon aromatik dibakar, akan menimbulkan asap hitam pekat dan beberapa bersifat karsinogen (menyebabkan kanker). Senyawa hidrokarbon aromatik yang terdapat dalam minyak bumi adalah senyawa benzena, contoh etil benzena.

2.7 Karakteristik Hidrogeologi

2.7.1 Akuifer

Akuifer adalah lapisan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air dalam jumlah yang ekonomis. Lapisan ini terbentuk oleh batuan atau material yang mempunyai permeabilitas tinggi atau mampu mengalirkan air dengan baik seperti lapisan pasir, krikil, batu pasir, dan gamping rekahan. Air yang terdapat di dalam akuifer dapat diambil melalui suatu sumur, lubang bor atau mata air.

Berdasarkan kemampuan batuan/tanah pelapukan untuk menyimpan dan mengalirkan air terdapat 4 jenis batuan (seyhan, 1997), yaitu :

- a. Akuifer, merupakan lapisan pembawa atau mengandung air karena terdapat cukup batuan yang mampu meloloskan air. Contoh : krikil, pasir, dan batu gamping rekahan.
- b. Aquilud, merupakan lapisan yang mampu menyimpan air, tetapi tidak dapat mengalirkan dalam jumlah yang berarti. Contoh : lempung, serpih, tuf halus, lanau.
- c. Aquitard, merupakan lapisan yang dapat menyimpan air dan mengalirkan dalam jumlah yang terbatas. Contoh : lempung pasiran (*sandy clay*).
- d. Aquifug, merupakan lapisan batuan yang kedap air, tidak dapat menyimpan dan mengalirkan air. Contoh : batuan kristalin, metamorf kompak.

Menurut Nelson (2008), secara hidrodinamika terdapat dua tipe akuifer, yaitu :

- a. *Unconfined Aquifer* (akuifer tidak tertekan atau akuifer bebas).

Akuifer yang dibatasi oleh suatu lapisan kedap air di bagian bawahnya dan pada bagian atasnya tidak ada lapisan penutup atau lapisan kedap air. Pada akuifer bebas dikenal istilah muka airtanah bebas yang artinya adalah kedalaman air yang akan ditemui jika kita melakukan suatu penggalian sumur atau pemboran. Kedalaman muka airtanah bebas dipengaruhi oleh bentuk permukaan tanah atau topografi disekitarnya dan juga oleh kondisi resapan air ke dalam akuifernya. Pada daerah yang bertopografi miring dan berbukit, kedalaman muka airtanah akan lebih dalam. Pada musim kemarau dimana air hujan yang meresap ke dalam tanah berkurang, maka muka airtanah bebas

akan turun. Umumnya akuifer bebas berada pada kedalaman dangkal dan pengambilan airtanah dilakukan dengan menggunakan sumur gali atau sumur bor dangkal.

b. *Confined Aquifer* (Akuifer tertekan) merupakan suatu akuifer yang bagian atas dan bawahnya dibatasi oleh lapisan bersifat akifug atau akiklud. Pada akuifer tertekan dikenal istilah artesis yang artinya tekanan air yang ada di dalam akuifer melebihi tekanan atmosfer. Hal ini menyebabkan kedalaman muka air di dalam suatu lubang bor akuifer tertekan akan melebihi permukaan tanah disebut artesis negatif, sedangkan jika muka airtanah melebihi permukaan tanah disebut artesis positif. Keterdapatannya airtanah tertekan tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi musim, sehingga umumnya pada musim kemarau debit air yang mengalir tidak berbeda dibandingkan dengan saat musim hujan kondisi dan distribusi sistem akuifer dalam sistem geologi dikontrol oleh faktor litologi, stratigrafi dan struktur dari endapan-endapan geologi. Litologi adalah penyusun secara fisik meliputi komposisi mineral, ukuran butir dan kemas dari endapan-endapan atau batuan yang membentuk sistem geologi. Stratigrafi menggambarkan kondisi geometri dan hubungan umur antar lapisan dan satuan batuan dalam sistem geologi. Sedangkan struktur geologi merupakan bentuk atau sifat geometri dari sistem geologi yang diakibatkan deformasi yang terjadi setelah batuan terbentuk. Pada sedimen yang belum terkonsolidasi atau kompak, kontrol yang berperan adalah litologi dan stratigrafi. Pengetahuan akan ketiga faktor di atas memberikan arahan kepada pemahaman karakteristik dan distribusi sistem akuifer (Freeze dan Cherry, 1979).

2.7.2 Kedalaman Muka Airtanah

Kedalaman muka airtanah adalah kedalaman untuk mencapai muka airtanah yang dihitung antara permukaan airtanah dengan permukaan tanah tempat dilakukannya pengukuran atau jarak dari permukaan tanah sampai ke muka airtanah (watertabel). Muka airtanah dijadikan acuan untuk dapat melihat pengaruh terjadinya pencemaran, karena semakin dangkal kedalaman untuk

mencapai muka airtanah, maka akan semakin rentan terhadap pencemaran. Untuk mendapatkan data kedalaman muka airtanah dilakukan dengan pengukuran langsung ke lapangan. (Nurraini, 2011)

2.7.3 Topografi

Topografi (lereng) merupakan *variable* dari permukaan bumi yang berperan sebagai pengontrol polutan yang mengalir (runoff) atau menggenang, yang memberikan cukup waktu untuk terjadi infiltrasi (Mato, 2002). Lereng yang cukup datar, memungkinkan terjadi pencemaran menjadi besar karena air lama berada di atas tanah serta memungkinkan terjadi penyerapan yang lebih banyak (*infiltrasi > run off*). Kondisi ini akan berbalik pada lereng yang cukup terjal, run off yang terjadi akan lebih besar daripada infiltrasinya.

2.7.4 Tekstur Tanah

Tekstur tanah merupakan perbandingan kandungan partikel-partikel tanah primer berupa fraksi lempung, debu dan pasir dalam suatu massa tanah. Tekstur dapat diartikan secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif tekstur dapat diartikan tekstur tersebut apakah kasar atau halus, sedangkan secara kuantitatif tekstur digambarkan susunan relatif berat fraksi-fraksi tanah, yaitu pasir, debu dan liat, sehingga dapat diketahui presentase kandungan masing-masing fraksi tanah yang dimana penjelasannya dapat mengacu pada segitiga tekstur tanah. Pertimbangan dan pembagian kelas yang biasa digunakan untuk menjelaskan tanah pada segitiga tekstur tanah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Pembagian Kelas Tekstur Tanah

tanah berpasir	tanah bertekstur kasar	Pasir
		pasir berlempung
tanah berlempung	tanah bertekstur kasar sedang	lempung berpasir
		lempung berpasir halus
	tanah bertekstur sedang	lempung berpasir sangat halus
		Lempung
		lempung berdebu
		Debu
	tanah bertekstur halus sedang	lempung liat
		lempung liat berpasir
		lempung liat berdebu
	tanah berliat	tanah bertekstur halus
liat berdebu		
Liat		

Sumber : Foth (1988)