

# AIR TANAH

Sebagai Aspek Penting Bagi Kelangsungan Hidup  
(Studi di Jakarta)

Cahyadi Setiawan  
Agung Adiputra  
Fauzi Ramadhuan A'Rachman  
Ode Sofyan Hardi





# **AIRTANAH**

**Sebagai Aspek Penting Bagi Kelangsungan Hidup**

**(Studi di Jakarta)**

**Penulis:**

**Cahyadi Setiawan**

**Agung Adiputra**

**Fauzi Ramadhuan A'Rachman**

**Ode Sofyan Hardi**



## **Airtanah Sebagai Aspek Penting Bagi Kelangsungan Hidup**

Hak Cipta © 2023 oleh

Cahyadi Setiawan, Agung Adiputra, Fauzi Ramadhuan A'Rachman,  
dan Ode Sofyan Hardi.

Penyunting: Rianto

Ilustrasi Isi: Iqbal Rizky, Muhammad Wahyu Wardana,  
dan Layla Nurul Rachmayani

Tata Letak: Qoirun Nisa dan Ayenni Afriyani

Desain Sampul: Rio Maulana dan Oktavia Ariyanti

**Cetakan Pertama, 2023**

viii + 96 halaman

**ISBN: 978-623-5327-72-3**



UNJ Press

Gedung Rektorat Lantai 1, Kampus A UNJ

Jalan Rawamangun Muka, Rawamangun, Pulo Gadung,

Jakarta Timur, 13220

UNJ Press telah menjadi anggota:



Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI)

No. Anggota: 001.126.1.10.2020

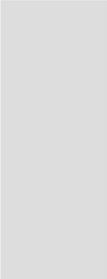


Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia (APPTI)

No. 585/Anggota Luar Biasa/DKI/2020

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang  
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk  
dan dengan cara apapun tanpa izin penulis dan penerbit

# Ucapan Terima Kasih



Terimakasih yang sebesar-besarnya kami ucapkan atas kontribusinya sebagai asisten peneliti dan dalam mencari data guna mendukung penelitian dan terselesaikannya buku ini, antara lain kepada Achmad Adam, S.Pd., M.Pd., Asep Abdul Rachman, S.Pd., M.Pd., Bintar Permana, S.Pd., M.Si., Rasyid Marassabesy, S.Pd., Andi Irawan, S.Pd., Wiragung Bathororesi, S.Pd., Muhammad Umar, S.Pd., Akhmad Fatoni, S.Pd., Pradita Athayandini, S.Pd., Akhmad Wahyudi, S.Pd., Supriyatna, S.Pd. dan kepada berbagai pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu. Semoga semua kebaikan dan sumbangsih yang sudah diberikan mendapat ganjaran yang melimpah dari Tuhan Yang Maha Esa.

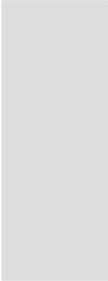


# Daftar Isi

<b>Ucapan Terima Kasih .....</b>	<b>iii</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>v</b>
<b>Pengantar .....</b>	<b>vii</b>
<b>Bab 1 Keberadaan Air di Bumi .....</b>	<b>1</b>
1.1 Keberadaan Air.....	1
1.2 Air Bagi Kehidupan.....	4
1.3 Air sebagai Komponen Utama Makhluk Hidup.....	5
<b>Bab 2 Siklus Hidrologi dan Keberadaan Airtanah .....</b>	<b>7</b>
2.1 Siklus Hidrologi.....	7
2.2 Keberadaan Airtanah.....	14
<b>Bab 3 Kualitas dan Pencemaran Airtanah di Jakarta .....</b>	<b>21</b>
3.1 Kualitas Airtanah.....	21
3.2 Parameter Fisik.....	22
3.2.1 Bau.....	22
3.2.2 Warna.....	23
3.2.3 Rasa.....	25
3.2.4 Suhu.....	26
3.2.5 Kekeruhan .....	27
3.2.6 TDS.....	28

3.3 Parameter Kimia.....	29
3.3.1 Sulfur .....	32
3.3.2 Fluorida.....	33
3.3.3 Nitrogen .....	34
3.3.4 Nitrat .....	35
3.3.5 Nitrit .....	36
3.3.6 Besi .....	37
3.3.7 Mangan .....	37
3.3.8 Klorida .....	38
3.3.9 Kesadahan.....	40
3.3.10 Derajat Keasaman.....	41
3.4 Zat Organik.....	43
3.5 Kualitas Biologi.....	44
3.6 Pencemaran Airtanah.....	45
<b>Bab 4 Kebutuhan Air dan Pemanfaatan Airtanah.....</b>	<b>59</b>
4.1 Kebutuhan Air .....	59
4.2 Pemanfaatan Airtanah.....	63
<b>Bab 5 Air Tanah sebagai Bagian dari Daya Dukung Lingkungan.....</b>	<b>67</b>
5.1 Ketersediaan (Kuantitas) Airtanah sebagai Daya Dukung Lingkungan.....	68
5.2 Dampak Kekurangan Kualitas Airtanah dalam Daya Dukung Lingkungan.....	72
<b>Bab 6 Pengelolaan Airtanah, Pendidikan dan Nilai Kemanusiaan dalam Air .....</b>	<b>77</b>
6.1 Pengelolaan Airtanah.....	77
6.2 Pendidikan Air dan Nilai Kemanusiaan dalam Air.....	79
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>85</b>
<b>Biodata Penulis.....</b>	<b>93</b>

# Pengantar



Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan karunia-Nya sehingga buku “Airtanah Sebagai Aspek Penting Bagi Kelangsungan Hidup” ini dapat selesai. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang turut mendukung selesainya buku ini.

Buku ini mengacu pada berbagai buku terkait dan juga merupakan kumpulan dari hasil-hasil penelitian kami selama kurun waktu lima tahun terakhir. Buku ini dapat dipergunakan untuk menambah referensi bagi yang tertarik mempelajari dan mendalami aspek sosial dari pemanfaatan airtanah. Kami menyadari atas segala kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan untuk penyempurnaan buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, Januari 2023

Penyusun



# Bab 1

## KEBERADAAN AIR DI BUMI

### 1.1 Keberadaan Air

Keberadaan air sangat unik, karena air memiliki keunikan pada tegangan permukaan tinggi, indeks panas spesifik yang tinggi dan satu-satunya zat yang ditemukan di Bumi dalam tiga fase, yaitu: gas, cair, dan padat (Hanslmeier, 2011). Keberadaan air ini menyebabkan Bumi disebut '*blue planet*', karena bumi tampak berwarna biru jika dilihat dari luar angkasa. Hal ini bukan karena air berwarna biru atau karena air mencerminkan langit yang berwarna biru, namun karena adanya hamburan cahaya. Hamburan cahaya menghasilkan warna biru terjadi karena cahaya bergerak dalam gelombang dan bagian dari spektrum elektromagnetik yang dikenal dengan sebutan 'cahaya tampak' memiliki panjang gelombang antara 380nm (violet) hingga 750nm (merah).

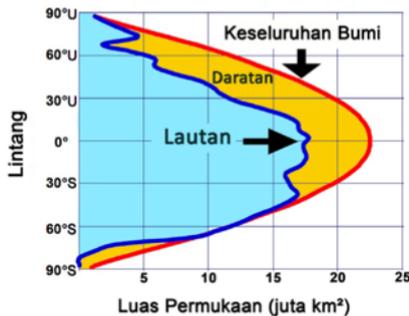
Keberadaan lautan dan daratan asimetris antara belahan Bumi utara dan selatan berdampak terhadap adanya perbedaan distribusi lautan dengan daratan berdasarkan pada garis lintang.

Sebagian besar daratan berada di belahan Bumi utara dengan lautan di tengah (Gambar 1. A.), dan sebagian besar lautan terbentang di belahan Bumi selatan dengan sedikit daratan di tengahnya (Gambar 1. B).



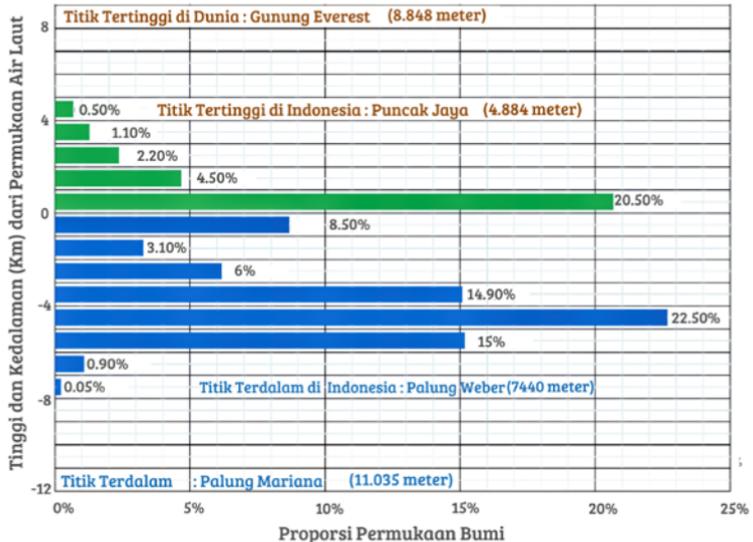
Gambar 1.1 Citra Satelit yang Menggambarkan Belahan Bumi Utara (A) dan Belahan Bumi Selatan (B)

Lautan menutupi kurang lebih 70% permukaan Bumi yang mendominasi di belahan Bumi utara dan selatan. Namun demikian, proporsi lautan mencakup 60,7%, sedangkan daratan 39,3% di belahan Bumi utara. Sebaliknya di belahan Bumi selatan, proporsi lautan mencakup 80,9% dan daratan 19,1% . Oleh karena itu proporsi lautan dan daratan 3:2 di belahan Bumi Utara dan 4:1 di belahan Bumi selatan. (Gambar 1.2)



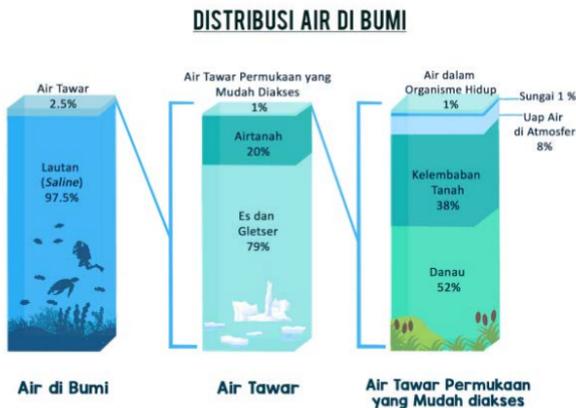
Gambar 1.2 Distribusi Asimetri Belahan Bumi Utara dan Belahan Bumi Selatan Ditinjau dari Lautan dan Daratan

Adanya distribusi asimetri lautan belahan Bumi utara dan belahan Bumi selatan akan berdampak pada siklus hidrologi. Lautan merupakan wilayah depresi (lebih rendah), sedangkan daratan merupakan wilayah yang terangkat atau lebih tinggi. Daratan didominasi oleh ketinggian 0-1 km (20,8%) di atas permukaan laut rata-rata, sedangkan lautan didominasi oleh kedalaman 4-5 km (22,5%) di bawah permukaan laut rata-rata. Titik tertinggi di permukaan bumi dapat ditemukan di Gunung *Everest* dengan ketinggian 8.848 meter di atas permukaan laut. Indonesia sendiri memilik titik tertinggi yang berada di *Cartenz Pyramid*, puncak jaya dengan ketinggian 4.884 meter. Titik terdalam di permukaan bumi berada Palung *Mariana* dengan kedalaman 11.035 meter dibawah permukaan laut. Titik terdalam di Indonesia berada di Palung *Weber* laut Arafura dengan kedalaman 7.440 meter. (Gambar 1.3).



Gambar 1.3 Tinggi atau Kedalaman Relatif dari Permukaan Air Laut Dibedakan Berdasarkan Proporsi Permukaan Bumi

Jumlah air di Bumi sejak awal mula terbentuk hingga saat ini relatif tidak berubah, yaitu kurang lebih 1,39 miliar kilometer kubik (331 juta mil kubik atau sama dengan  $3,26 \times 10^{20}$  galon). Air di Bumi terdiri dari sebagian besar air di lautan (97,5%), sedangkan sisanya berupa air tawar (2,5%). Air tawar tersebut dapat dirinci lagi berupa : es dan gletser (79%); airtanah (20%); dan air tawar di daratan yang mudah diakses (1%). Air tawar pada daratan dapat dirinci lagi berupa : air di danau (52%); air yang melembabkan tanah (38%); uap air di atmosfer (8%), aliran air permukaan berupa sungai (1%); dan air pada tubuh organisme hidup (1%) (Hoffmann, 2009). Adapun distribusi air di Bumi secara rinci disajikan pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Distribusi Air di Bumi

## 1.2 Air Bagi Kehidupan

Ada keterkaitan antara kelimpahan air dengan kehidupan, sebab air penting bagi keberlangsungan makhluk hidup. Air dalam tubuh makhluk hidup menampilkan karakteristik yang unik, misalnya DNA dan gen hanya dapat menjalankan fungsinya dengan bantuan air. Hal ini sejalan dengan pernyataan Felix Franks dari *University of Cambridge* yang tertulis pada sebuah artikel pada *New*

Scientist, “*The Quantum Elixir*” bahwa “*without water it is all just chemistry. Add water and you get biology.*” Maka, dapat dipahami bahwa tanpa air, semua hanya unsur kimia biasa. Penambahan air akan menghasilkan unsur biologis. Air merupakan prasyarat untuk hidup, karena semua makhluk hidup membutuhkan air untuk keberlangsungan hidupnya .

Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) memperkirakan pada tahun 2017 populasi dunia mencapai 7,6miliar jiwa dan akan terus meningkat menjadi 8,6 miliar pada tahun 2030, hingga menjadi 9,8miliar pada tahun 2050 dan bahkan menjadi 11,2miliar pada tahun 2100. Seiring peningkatan jumlah penduduk tersebut, jumlah air yang dari dulu hingga sekarang tidak mengalami perubahan. Oleh karena itu, terjadi peningkatan pemanfaatan air yang tidakimbang dengan ketersediaanya. Hal ini menunjukan terbatasnya sumberdaya air yang dapat dimanfaatkan oleh penduduk. Air pun menjadi sumberdaya yang terbatas, langka dan mahal, terlebih khusus pada tempat-tempat dengan konsentrasi penduduk seperti perkotaan.

### **1.3 Air sebagai Komponen Utama Makhluk Hidup**

Sel pada makhluk hidup memiliki kandungan air sebesar 70%. Air merupakan zat yang istimewa karena merupakan pereaksi utama dalam berbagai proses sistem hidup. Baik reaksi sendiri maupun reaksi asam basa, air ( $H_2O$ ) menyuplai ion-ion  $H_3O^+$  dan  $OH^-$  yang berfungsi sebagai pelarut, baik bagi larutan ionik dan polar, namun menjadi pelarut yang tidak baik bagi larutan non polar.

Hanslmeier (2011), menyatakan bahwa air memiliki beberapa peran pada suatu organisme hidup. 1) Pelarut, air berfungsi sebagai pelarut oksigen, hormon dan zat-zat dalam tubuh, seperti: monosakarida, asam amino, lemak, vitamin dan mineral; 2) Penyangga suhu, air memiliki kemampuan untuk mendistribusikan

panas dalam tubuh sehingga suhu tubuh tetap berada pada kondisi ideal untuk kerja enzim-enzim yaitu 37°C; 3) Metabolit, air juga berfungsi sebagai pengangkut sisa-sisa metabolisme seperti karbon dioksida dan ureum untuk dikeluarkan dari tubuh melalui paru-paru, kulit dan ginjal; 4) Lingkungan hidup, air sebagai bagian jaringan tubuh diperlukan untuk pertumbuhan (sebagai zat pembangun); dan 5) Pelumas, air berfungsi untuk meminimalkan gesekan, seperti: cairan sendi-sendi tubuh, air dalam mata, jaringan saraf tulang belakang, dan kantung ketuban.

Air merupakan zat pelarut kimia terbaik yang tidak bersifat universal. Alasannya karena apabila air dapat menjadi pelarut universal, maka air tidak dapat tersimpan dalam sel-sel tubuh. Sel tubuh manusia sebagian besar (75%) tersusun oleh air. Air menjadi pelarut serbaguna karena memiliki karakter molekul yang polaris. Suatu senyawa tidak perlu berbentuk senyawa ionik agar dapat larut dalam air, selain itu senyawa polar juga mudah larut dalam air. Berbagai senyawa polar berupa cairan biologis (seperti darah, sari tumbuhan, dan cairan dalam sel) pada tubuh makhluk hidup dapat dilarutkan dalam air.

# Bab 2

## SIKLUS HIDROLOGI DAN KEBERADAAN AIR TANAH

### 2.1 Siklus Hidrologi

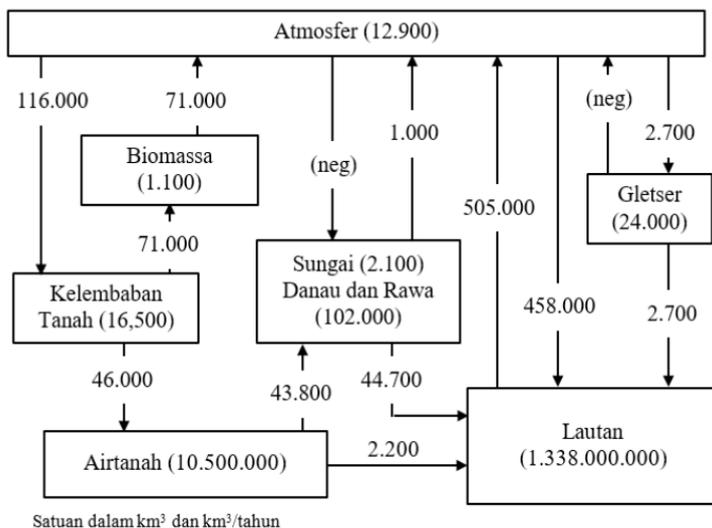
Siklus hidrologi adalah suatu proses peredaran air di atas, di bawah dan pada permukaan Bumi yang berlangsung secara terus-menerus (Gambar 2.1). Seluruh proses peredaran air tersebut merupakan perpindahan air dari satu tempat ke tempat lain yang saling berkaitan. Sebuah siklus hidrologi sama seperti layaknya suatu proses berputar yang tidak berujung pangkal dan biasanya dimulai dari lautan yang mencakup 71% permukaan Bumi hingga kembali lagi ke lautan.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi Tidak Berujung Pangkal

Lautan mendominasi sistem penyimpanan air dalam hal volume, sedangkan airtanah mendominasi volume air tawar. Sebagian besar air tawar tersimpan di bawah tanah sebagai airtanah sehingga menjadikannya sumberdaya alam yang penting. Pada siklus hidrologi terdapat uap air di atmosfer dan air yang mengalir di sungai yang juga memainkan peran penting (Pinder dan Celia, 2006).

Pinder dan Celia (2006) menjelaskan bahwa air dalam kompartemen yang berbeda terus bergerak dalam kompartemen tertentu dan juga bertukar antara kompartemen. Bergerak dalam kompartemen tertentu dapat diamati pada sirkulasi air laut dan gerakan air tanah, sedangkan bertukar antara kompartemen dapat diamati pada penguapan dari samudra ke atmosfer. Pergerakan dan pertukaran air yang konstan ini disebut siklus hidrologi atau siklus air. (Gambar 2.2)



Gambar 2.2. Diagram Siklus Hidrologi

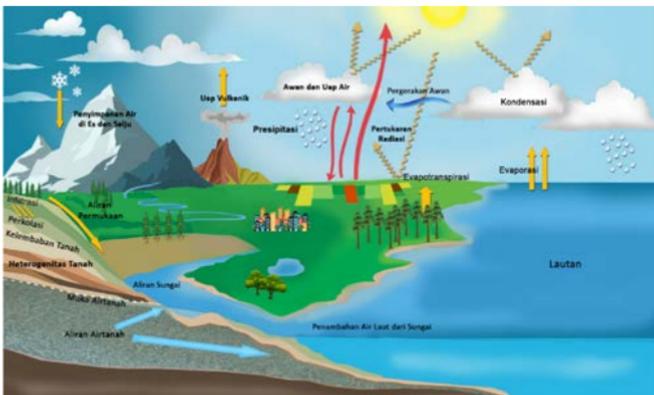
Gambar 2.2 memberikan representasi sederhana dari siklus hidrologi yang disajikan dalam bentuk diagram. Diagram tersebut mewakili kompartemen sebagai reservoir penyimpanan dan masing-masing berisi volume air total yang disebut sebagai stok/cadangan air. Pada kompartemen ini terjadi pertukaran air yang berlangsung terus menerus yang disebut sebagai fluks atau arus. Angka yang disajikan dalam gambar 2.2 diambil dari Dingman (1994), namun demikian, banyak ahli memberikan angka yang agak berbeda.

Sinar Matahari sangat mempengaruhi siklus hidrologi. Hal tersebut karena menyebabkan air di seluruh permukaan bumi akan menguap bila terkena sinar matahari. Sinar Matahari yang cukup, mengubah air di permukaan bumi dari fase cair ke fase gas, sehingga air bergerak menuju atmosfer yang dikenal dengan istilah evaporasi. Air pada fase gas atau lebih dikenal dengan uap air tidak tampak oleh mata, hal ini berbeda dengan air pada fase cair yang sebelumnya tampak oleh mata. Selama terjadi pemanasan oleh sinar matahari, evaporasi dapat terjadi, seperti di laut, danau, sungai, dan tanah. Peristiwa evaporasi di lautan, hanya menyebabkan air ( $H_2O$ ) yang ter-evaporasi, sedangkan garam yang terkandung dalam air laut tidak terbawa. Sedangkan pada tubuh manusia, saat beraktivitas juga terjadi penguapan yang prosesnya mirip dengan evaporasi. Sama halnya dengan lautan, pada tubuh manusia yang berkeringat, hanya air yang mengalami evaporasi. Kandungan garam yang terkandung pada keringat yang menguap, akan tertinggal di permukaan kulit dan menyisakan rasa asin.

Udara yang hangat membawa uap air dari permukaan Bumi bergerak menuju atmosfer. Ketika mencapai ketinggian tertentu di atmosfer, temperatur udara yang semakin turun menyebabkan partikel air saling mengikat sehingga menjadi titik-titik air. Proses berubahnya air pada fase gas yang berupa uap air ke fase cair ini dikenal dengan istilah kondensasi, sehingga kondensasi

merupakan kebalikan dari evaporasi. Kondensasi sangat penting pada perubahan cuaca dan iklim, karena kondensasi berkaitan dengan pembentukan awan.

Partikel air yang sangat kecil yang terbentuk seringkali bergabung membentuk awan. Tergantung pada ukuran butirnya, sehingga partikel air ada yang dapat terlihat ataupun tidak. Pada saat langit cerah, uap air tetap ada di atmosfer meskipun jumlahnya tidak banyak, sedangkan awan berada jauh di atas permukaan Bumi, maka banyak orang mengenal awan sebagai air dalam fase gas, padahal yang sebenarnya merupakan air pada fase cair. Karena air pada fase gas terbentuk dari uap air yang tidak tampak oleh mata, maka jelaslah bahwa awan bukanlah air pada fase gas. (Gambar 2.3)



Gambar 2.3 Siklus Hidrologi

Awan yang terbentuk lambat laun menjadi semakin besar dan berat yang kemudian melepaskan partikel air jatuh ke permukaan Bumi dalam bentuk hujan atau salju yang dikenal dengan istilah presipitasi. Tanpa awan, tidak akan ada presipitasi. Ada beberapa tipe presipitasi, yaitu: hujan, salju, hujan es, dan hujan yang bercampur dengan es dan salju. Air yang jatuh ke permukaan Bumi

dapat tertampung pada berbagai tempat, seperti: danau, sungai, dan rawa. Matahari memanaskan badan air dan evaporasi terjadi kembali. Evaporasi, kondensasi dan presipitasi adalah bagian dari siklus hidrologi yang tak terpisahkan.

Presipitasi yang terjadi seringkali menggenangi permukaan Bumi. Apabila ini terjadi, maka akan dimanfaatkan oleh organisme untuk hidup. Tumbuhan akan menyerap air dari tanah melalui akar dan binatang akan meminum air ataupun menjadikan tempat hidup dari genangan yang ada. Makhluk hidup akan memanfaatkan air dan melepaskan air dalam kehidupannya. Tumbuhan akan melepaskan air ke udara melalui daunnya, sedangkan binatang melepaskan air melalui keringat dan urin.

Air hujan dapat tertahan oleh vegetasi yang kemudian turun menjadi aliran permukaan (*overland flow*). Sebagian aliran permukaan mengalami infiltrasi ke dalam tanah dan mengalir sebagai *subsurface flow* hingga mencapai *baseflow*. Selanjutnya akan muncul sebagai mata air (*spring flow*) atau rembesan (*seepage*) pada permukaan tanah yang lebih rendah. Air akan kembali ke lautan dan dengan adanya energi Matahari menyebabkan terjadinya evaporasi dan siklus hidrologi terus berlangsung.

Energi Matahari dan siklus hidrologi berperan penting pada perubahan cuaca di Bumi. Ketika Matahari memanaskan lautan, secara bersamaan juga akan memanaskan daratan dan atmosfer. Selama proses pemanasan di permukaan Bumi, pada tempat yang berbeda akan menyerap jumlah panas yang berbeda pula.

Sebagai konsekuensinya ada udara yang terasa lebih hangat di satu tempat, sedangkan di tempat lain terasa lebih dingin. Udara dingin lebih padat daripada udara hangat, sehingga udara dingin berada lebih dekat dengan permukaan Bumi dan udara hangat berada di atasnya. Ketika naik ke atmosfer, udara hangat secara perlahan berubah menjadi lebih dingin. Proses tersebut

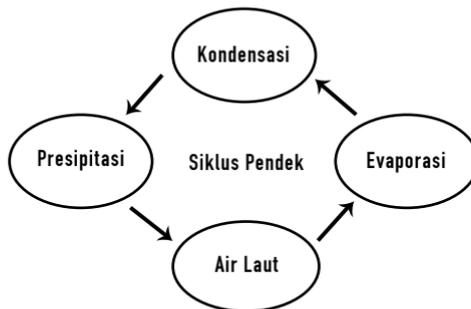
membuat udara dingin lebih padat dan secara perlahan turun kembali mendekati permukaan Bumi. Udara yang bergerak di atmosfer tersebut menyebabkan perubahan cuaca dari berawan menjadi cerah ataupun sebaliknya.

Keadaan suhu rata-rata di Bumi yang semakin meningkat mempengaruhi siklus hidrologi. Meningkatnya suhu berakibat pada meningkatnya proses evaporasi yang sekaligus juga meningkatkan jumlah kondensasi yang berada di atmosfer. Hal ini akan meningkatkan keseluruhan pembentukan awan, kelembaban, dan curah hujan yang berada di Bumi. Suhu udara yang lebih tinggi relatif menghasilkan lebih banyak curah hujan. Peningkatan curah hujan tersebut dapat menyebabkan sungai meluap dan membuat sebagian daerah mengalami banjir dengan intensitas yang lebih besar.

Siklus hidrologi dibedakan menjadi tiga, yaitu siklus pendek, siklus sedang dan siklus panjang.

a. Siklus pendek

Dalam siklus pendek, air laut mengalami pemanasan dan menguap menjadi uap air. Pada ketinggian tertentu uap air mengalami kondensasi menjadi awan. Bila butir-butir embun air itu cukup jenuh dengan uap air, hujan akan turun di atas permukaan laut. (Gambar 2.4)



Gambar 2.4 Siklus Pendek

b. Siklus sedang

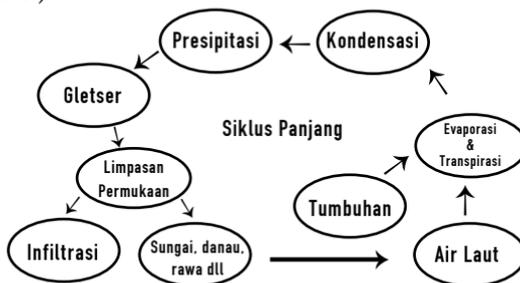
Pada siklus sedang, uap air yang berasal dari lautan diterbangkan oleh angin menuju ke daratan. Di daratan uap air membentuk awan yang akhirnya jatuh sebagai hujan di atas daratan. Air hujan tersebut akan mengalir melalui sungai-sungai, selokan dan sebagainya hingga kembali lagi ke laut. (Gambar 2.5)



Gambar 2.5 . Siklus Sedang

c. Siklus panjang

Pada siklus panjang, uap air yang berasal dari lautan ditiup oleh angin ke atas daratan. Adanya pendinginan yang mencapai titik beku pada ketinggian tertentu, membuat terbentuknya awan yang mengandung kristal es. Awan tersebut menurunkan hujan es atau salju di pegunungan. Di permukaan bumi es mengalir dalam bentuk gletser, masuk ke sungai dan selanjutnya kembali ke lautan. (Gambar 2.6.)



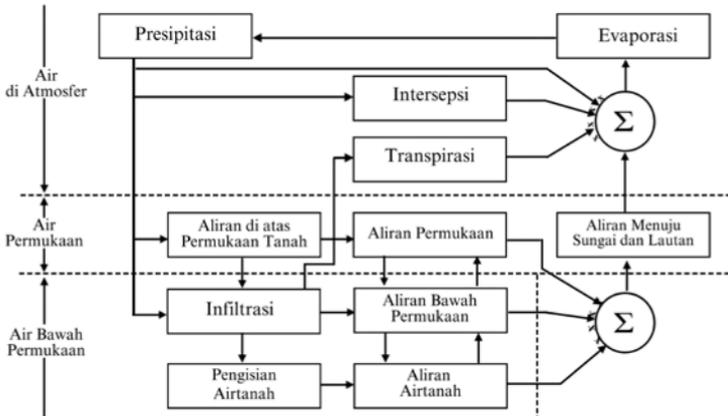
Gambar 2.6 Siklus Panjang

## 2.2 Keberadaan Airtanah

Airtanah berada pada akuifer, yaitu formasi batuan yang dapat menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang cukup. Keberadaannya diawali dari proses presipitasi, infiltrasi, dan perkolasi (Heath, 1987; Shaw, 1988; USDA, 2007). Kondisi fisiografi yang berbeda-beda menyebabkan sebaran hujan tidak merata. Proses presipitasi merupakan fenomena alam sebagai komponen pengendali berlangsungnya siklus hidrologi di Bumi, yang menempatkan air hujan sebagai penyedia utama pemenuhan kebutuhan air (Sandy, 1987). Hujan dapat terjadi karena 4 hal, yakni: 1) Persediaan air yang cukup di udara; 2) Udara yang mengandung air mengalami pendinginan; 3) Uap air menyatu dan membentuk titik-titik embun atau butir-butir es; dan 4) Butir-butir air atau butir-butir es mencapai ukuran tertentu sehingga terjadi hujan. Perbedaan peresapan air ke dalam tanah dipengaruhi oleh keadaan topografi setempat, bentuk penggunaan lahan, vegetasi penutup, tanah dan juga luas daerah aliran sungai. Sedangkan persediaan airtanah dipengaruhi oleh keadaan geologi, geomorfologi, tanah, topografi, vegetasi dan kondisi iklim (Sosrodarsono dan Takeda, 1977).

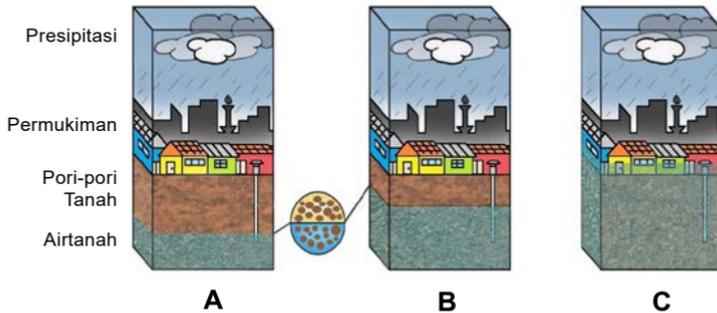
Bouwer (1978) menyatakan bahwa airtanah merupakan sejumlah air di permukaan Bumi yang dapat terkumpul pada sumur, terowongan atau sistem drainase yang secara alami mengalir ke permukaan tanah melalui pancaran dan rembesan. Todd dan Mays (2005) (Gambar 2.7 menyebutkan asal terjadinya airtanah dapat dibedakan menjadi empat, yaitu: air konat, air metamorfik, air oseanik, dan air meteorik. Air konat yaitu air yang terperangkap dalam rongga batuan sedimen berupa kantong sewaktu terjadinya pengendapan, tidak mengalami siklus hidrologi dan berasal dari air tawar. Air metamorfik yaitu air yang berasal dari batuan selama terjadinya metamorfosa. Air oseanik yaitu air laut menyusup kedalam lapisan akuifer dan kualitasnya kurang baik untuk kebutuhan domestik. Air meteorik yaitu airtanah yang

berasal dari air hujan dan paling baik digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia.



Gambar 2.7 Blok Diagram Representasi Sistem Hidrologi Secara Global (Todd dan Mays, 2005)

Menurut Todd dan Mays (2005) terdapatnya airtanah adalah pada formasi geologi yang disebut akuifer dan dimungkinkan air dapat masuk dan bergerak melaluinya dalam kondisi normal. Airtanah bebas (*unconfined aquifer*) adalah airtanah yang terdapat di atas lapisan kedap air yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan penduduk (Gambar 2.8). Sejalan dengan hal tersebut, Notodarmojo (2005) menyatakan bahwa airtanah berada di antara butir tanah ataupun mengalir dalam pori tanah. Tanah merupakan medium airtanah yang tidak dapat dipisahkan jika berbicara mengenai airtanah. Sifat fisik tanah seperti ukuran diameter partikel dan porositas memengaruhi gerak serta keberadaan kontaminan atau polutan dalam airtanah. Sifat kimia tanah berpengaruh terhadap interaksi antara zat pencemar.

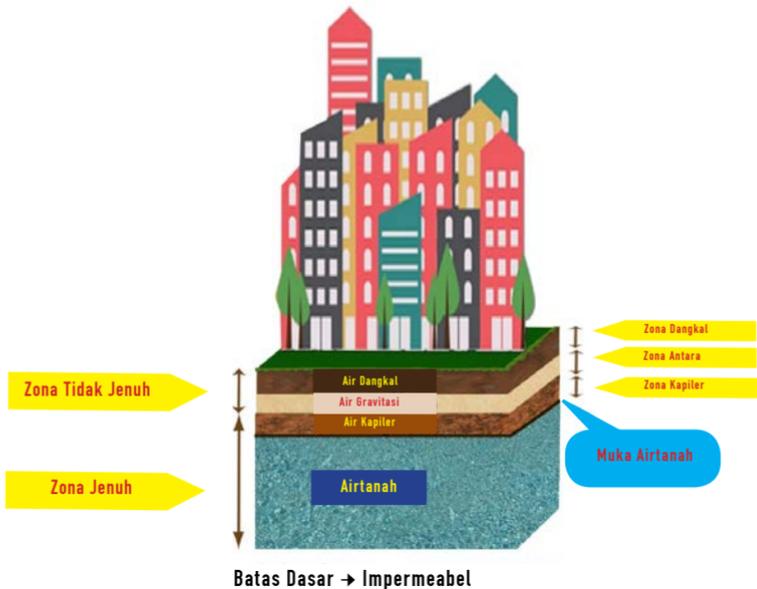


Gambar 2.8 Proses Pengisian Airtanah

Penyebaran airtanah di bawah permukaan tanah dibagi atas zona tidak jenuh air (*Zone of Aeration*) dan zona jenuh air (*Zone of Saturation*). Zone tidak jenuh air terdapat air lebih sedikit dibandingkan dengan zona jenuh air dan terdapatnya udara serta air tersuspensi. Secara garis besar *Zone of Aeration* terbagi lagi menjadi *Soil water zone*, *Intermediate vadose zone* dan *Capillary zone* (Todd dan Mays, 2005). Zona aerasi merupakan lapisan yang hanya sebagian terisi air, sedangkan semua pori pada zona saturasi terisi penuh dengan air. Lapisan jenuh air dikenal dengan sebutan akuifer. Air yang berada di dalam akuifer disebut airtanah (Asdak, 2004).

Menurut Kruseman dan De Ridder (1970), akuifer dapat dibedakan menjadi empat macam berdasarkan nilai permeabilitasnya, yaitu: akuifer bebas, akuifer setengah bebas, akuifer tertekan, dan akuifer setengah tertekan. Akuifer bebas merupakan akuifer yang lapisan bawahnya berupa lapisan kedap air dan di bagian atasnya dibatasi oleh muka airtanah bebas atau muka preatik di bawah kondisi tekanan atmosfer. Akuifer setengah bebas merupakan peralihan antara akuifer setengah tertekan dengan akuifer bebas. Konduktivitas hidrolis dari lapisan yang berbutir halus dalam akuifer ini demikian besarnya sehingga komponen

aliran horizontal pada lapisan penutupnya tidak dapat diabaikan. Akuifer tertekan merupakan akuifer yang sepenuhnya jenuh air yang dibatasi oleh lapisan kedap air baik di bagian atas maupun di bagian bawahnya. Pada kondisi ini tekanan air biasanya jauh lebih besar dari tekanan atmosfer, sehingga muka air pada sumur yang mencapai akuifer ini memancar keluar hingga mencapai muka piezometrik, muka airtanah ini disebut dengan sumur artesis. Akuifer setengah tertekan merupakan akuifer yang bagian atasnya dibatasi oleh suatu lapisan semi lolos air dan batas bawahnya oleh lapisan kedap air. Lapisan semi lolos air merupakan lapisan dengan permeabilitas lebih kecil daripada permeabilitas akuifer sendiri. (Gambar 2.9)



Gambar 2.9 Distribusi Vertikal Airtanah

Menurut Chow (1964), air hujan yang jatuh kepermukaan Bumi dapat dipisahkan menjadi aliran permukaan (*run off*), evaporasi, evapotranspirasi dan infiltrasi. Air yang meresap ke dalam tanah, kecepatan dan volume yang masuk berbeda-beda dari suatu tempat ke tempat lainnya. Perbedaan peresapan air ke dalam tanah dipengaruhi oleh keadaan topografi setempat, bentuk penggunaan lahan, vegetasi penutup, tanah dan luas daerah aliran sungai. Penggunaan lahan merupakan faktor berpengaruh pada kecepatan infiltrasi yang tergolong cepat mengalami perubahan dibanding dengan faktor lainnya. Apabila pada suatu daerah dengan penggunaan lahannya dominan penghambat infiltrasi seperti perumahan, pertokoan/pasar, perkantoran, dan jalan yang diaspal, maka curah hujan yang meresap ke dalam tanah menjadi berkurang sehingga berkurang pula umpan airtanahnya.

Pergerakan air dalam tanah dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pergerakan air pada zona tak jenuh air (*unsaturated soil*) dan zona jenuh air (*saturated soil*). Zona tak jenuh melalui pori-pori tanah menghubungkan atmosfer pada permukaan tanah dengan zona jenuh yang ada di bawahnya. Fungsi zona tak jenuh air adalah menyimpan air dan nutrisi yang penting untuk biosfer dan mentransmisikan air dan zat penting lainnya untuk mengisi akuifer. Pergerakan air pada zona jenuh air terjadi pada pori-pori tanah ketika ada perbedaan energi potensial. Kandungan air pada zona jenuh air tidak berubah selama proses pergerakan terjadi.

Air yang terdapat dalam formasi batuan akan bergerak dari tempat yang tinggi menuju ke tempat yang lebih rendah. Gerakan airtanah terjadi di bawah pengaruh gaya tarik Bumi (*gravitation*) dan mengikuti kemiringan muka airtanah (*gradient hidrollic*). Pengaruh gravitasi menyebabkan airtanah meresap dari permukaan Bumi menuju permukaan airtanah (muka preatik) yang disebut sebagai proses infiltrasi dan perkolasi. Pengaruh gradien hidrolis menyebabkan airtanah bergerak dari muka

preatik yang tinggi menuju muka preatik yang lebih rendah. Umumnya arah dan kemiringan muka airtanah mengikuti kondisi topografi, sedangkan kecepatan aliran airtanah dipengaruhi oleh kemiringan lereng. Muka airtanah bebas dan arah aliran airtanah bebas dipengaruhi oleh topografi. Semakin tinggi ketinggian suatu tempat, maka semakin dalam pula muka airtanah bebasnya dan arah alirannya mengikuti topografi.

Todd (1980) menyatakan bahwa kecepatan dan arah aliran airtanah sangat menentukan kemampuan air dalam melarutkan polutan. Kemampuan airtanah mengalir melalui batuan tergantung pada permeabilitas batuan. Kedalaman muka airtanah di suatu tempat dihitung berdasarkan dalamnya permukaan air terhadap elevasi muka tanah.



# Bab 3

## KUALITAS DAN PENCEMARAN AIRTANAH DI JAKARTA

### 3.1 Kualitas Airtanah

Kualitas airtanah merupakan faktor penting di samping faktor kuantitas. Kualitas airtanah di suatu tempat dengan tempat lain berbeda-beda yang disebabkan oleh pengaruh faktor alami dan buatan manusia. Faktor alami berupa geologi, tanah, vegetasi dan iklim, sedangkan faktor buatan manusia adalah pupuk, penggunaan insektisida, limbah industri dan limbah rumah tangga. Pada wilayah pesisir yang mempengaruhi kualitas airtanah dapat berupa tingkat pembangunan, curah hujan, serta muka air laut. Semakin tinggi tingkat pembangunan wilayah yang disertai dengan bertambahnya jumlah penduduk maka dapat menurunkan kualitas airtanah.

Curah hujan dengan kualitas yang relatif baik dapat menambahkan cadangan airtanah dan dapat mengencerkan konsentrasi pencemar, namun demikian jika hujan yang terjadi disertai dengan larutnya zat-zat pencemar maka dapat menambah jumlah zat pencemar yang ada. Kualitas air merupakan bagian penting yang harus dipertimbangkan dalam pemanfaatan

sumberdaya airtanah. Kualitas airtanah berkaitan dengan tujuan dari penggunaannya di antaranya adalah untuk bahan baku air minum, dan kegiatan perindustrian.

Kualitas airtanah merupakan gambaran mengenai tingkat kesesuaian airtanah untuk dapat dipergunakan sebagai pemenuhan kebutuhan bagi kehidupan manusia. Kualitas airtanah merupakan suatu sistem dengan subsistemnya adalah tanah dan batuan yang mengandung atau yang dilewati air yang tergantung pada pori-pori dan komposisi kimia tanahnya. Proses perpindahan air dalam tanah dari satu tempat ke tempat lain dapat terjadi secara vertikal ataupun horizontal serta perubahannya. Proses perubahan airtanah berkaitan dengan perubahan kualitas fisika, kimia, ataupun biologi airtanah. Airtanah yang mengalir pada akuifer mengalami penambahan ion terlarut yang tergantung pada jumlah, komposisi, dan mudah tidaknya mineral tersebut terlarut.

Airtanah yang baik, idealnya tidak berasa, tidak berbau, dan tidak berwarna. Perubahan terhadap rasa, bau dan warna airtanah dapat dijadikan indikator terhadap terjadinya pencemaran airtanah (PP No. 22 Tahun 2021). Kualitas airtanah dapat diketahui menggunakan tiga parameter yaitu fisika, kimia dan biologi. Parameter fisika airtanah meliputi bau, warna, suhu, kekeruhan, daya hantar listrik (DHL), dan total padatan terlarut (*total dissolved solid*/TDS). Parameter kimia meliputi derajat keasaman (pH), kesadahan dan jumlah zat padat tersuspensi (TSS). Adapun parameter biologi berkaitan dengan kandungan bakteri E-Coli yang terdapat pada kandungan airtanah.

## **3.2 Parameter Fisik**

### **3.2.1 Bau**

Bau termasuk ke dalam salah satu parameter yang tidak dapat dinyatakan dalam satuan. Beragam bau yang dapat ditemukan

dalam air adalah amis, tanah, seperti minyak, dan lain-lain. Penyebab adanya bau pada air adalah keberadaan gas-gas tertentu didalam air dengan jumlah yang cukup tinggi, misalnya gas  $H_2S$  dan Amonia ( $NH_4$ ), dapat pula disebabkan oleh konsentrasi unsur kimia yang terlalu tinggi, misalnya besi (Fe). Airtanah yang baik idialnya tidak memiliki bau.

Hasil kajian pada sampel airtanah yang diambil di beberapa lokasi di DKI Jakarta dan telah diuji melalui laboratorium menunjukkan bahwa sebagian besar sampel airtanah tidak memiliki bau, baik pada musim hujan maupun pada musim kemarau. Namun, terdapat beberapa sampel airtanah yang mengalami perubahan dari yang tidak berbau menjadi agak berbau ataupun menjadi berbau. Wilayah yang tidak mengalami perubahan bau baik pada musim kemarau dan musim hujan tetap berbau yaitu ada pada wilayah sekitar Koja. Pada musim kemarau berbau kemudian berubah menjadi tidak berbau pada musim hujan yaitu pada wilayah sekitar Tanjung Priok, Kalideres, Kelapa Gading, dan Sawah Besar, sedangkan pada musim kemarau tidak berbau berubah menjadi berbau pada musim hujan, yaitu pada Pademangan, Cengkareng, dan Koja. Penyebab airtanah yang berbau pada sampel disebabkan oleh konsentrasi Amonia ( $NH_4$ ) dapat ditemukan pada wilayah Cakung dan Cilincing, sedangkan airtanah berbau sebagai akibat adanya konsentrasi unsur Besi (Fe) dapat ditemukan di wilayah Pademangan, Cakung dan Cilincing.

### 3.2.2 Warna

Warna dapat dijadikan sebagai salah satu indikator adanya pencemaran pada airtanah. Warna airtanah dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu warna sesungguhnya (*true color*) dan warna tampak (*apparent color*). Warna sesungguhnya adalah warna yang disebabkan oleh bahan-bahan kimia terlarut yang terkandung pada airtanah. Warna sesungguhnya hanya dapat ditentukan melalui

hasil laboratorium dengan kadar maksimum yang diperbolehkan untuk warna sesungguhnya adalah sebesar 50 skala TCU.

Warna Tampak adalah warna yang tidak hanya disebabkan oleh adanya bahan terlarut, namun juga dapat disebabkan oleh adanya bahan tersuspensi pada airtanah. Berbeda dengan warna sesungguhnya, warna tampak dapat diamati secara langsung saat berada di lapangan. Sumber warna yang terdapat dalam airtanah berkaitan dengan keberadaan plankton, humus, ion-ion logam, serta bahan lainnya. Beberapa macam warna dalam air berdasarkan sumbernya disajikan pada Tabel 2.2. (Tabel 3.1)

Tabel 3.1 Warna Air Berdasarkan Sumbernya

Warna Air	Sumber
Kemerahan	Oksida besi
Kecoklatan atau kehitaman	Oksida mangan
Kehijauan	Kalsium karbonat
Kecoklatan	Dekomposisi bahan-bahan organik

Sumber: Effendi (2003)

Berdasarkan hasil kajian beberapa sampel airtanah di DKI Jakarta, belum ditemukan adanya airtanah yang melebihi kadar maksimum warna yang diperbolehkan yaitu 50 skala TCU. Warna airtanah yang ditemukan lebih bervariasi ketika musim hujan jika dibandingkan dengan musim kemarau, namun pada beberapa lokasi juga ditemukan adanya airtanah yang tidak mengalami perubahan warna. Ketika musim hujan wilayah yang mengalami perubahan warna sesungguhnya pada bagian airtanah bebas berada di wilayah sekitar Pademangan, Kalideres, Cakung, Penjaringan, Matraman, dan Koja. Selanjutnya wilayah yang pada musim kemarau dan musim hujan tetap memiliki warna tampak (*Apparent Color*) terdapat di wilayah sekitar Cakung dengan warna yang semula berwarna kecoklatan menjadi agak hitam.

Perubahan pada warna tampak (*Apparent Color*) yang semula berwarna pada musim kemarau kemudian menjadi tidak berwarna pada musim hujan terjadi pada wilayah sekitar Sawah Besar, Koja, Kelapa Gading, Matraman, dan Tambora. Sedangkan untuk wilayah yang pada musim kemarau tidak berwarna kemudian menjadi berwarna pada musim hujan terdapat pada wilayah Pademangan, Duren Sawit, Penjaringan dan Koja. Hujan memiliki pengaruh dalam menyebabkan airtanah menjadi lebih berwarna dari biasanya. Hal ini dapat terjadi karena banjir yang terjadi pada musim hujan membawa material yang tersuspensi dalam air.

### **3.2.3 Rasa**

Rasa adalah salah satu indikator terjadinya pencemaran airtanah atau tidak. Airtanah yang baik idealnya adalah tidak memiliki rasa. Airtanah pada ini memiliki rasa yang berkisar antara tidak berasa, payau dan asin. Rasa airtanah yang terdapat di daerah telah banyak mengalami perubahan yaitu dari yang awalnya tidak berasa menjadi memiliki rasa payau bahkan menjadi asin.

Perubahan airtanah menjadi asin lebih banyak terjadi pada musim kemarau dibandingkan dengan musim hujan. Terutama pada wilayah sekitar Cilincing, Pademangan, Tanjung Priok, Koja, Cengkareng dan Penjaringan. Ketika musim kemarau, airtanah yang terdapat pada lokasi tersebut memiliki rasa yang asin, namun pada saat memasuki musim hujan beberapa wilayah tersebut mengalami perubahan rasa menjadi payau yaitu pada wilayah sekitar Cilincing, Koja dan Penjaringan, sedangkan pada wilayah Pademangan dan Tanjung Priok ketika musim hujan airtanahnya menjadi tidak berasa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh musim terhadap perubahan rasa airtanah, ketika terjadi hujan air yang sebagian masuk kedalam tanah akan mengencerkan airtanah sehingga berdampak pada perubahan rasa para airtanah.

### 3.2.4 Suhu

Suhu airtanah dipengaruhi oleh musim dan ketinggian tempat dari permukaan laut. Perubahan suhu menyebabkan terjadinya perubahan proses fisika, kimia dan biologi dalam airtanah. Terjadinya peningkatan suhu menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misalnya gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>. Sama halnya dengan air pada permukaan tanah, keberadaan air di bawah permukaan tanah juga berlaku hukum gradien hidrotermal, yaitu semakin dalam keberadaan air di bawah permukaan tanah, maka semakin terjadi peningkatan suhu pada air. Terjadinya peningkatan suhu pada air menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air, dan selanjutnya mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen. Selain itu peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba yang terdapat di dalam air.

Berdasarkan hasil pengukuran suhu airtanah yang terdapat di DKI Jakarta, ditemukan adanya perbedaan suhu sebesar  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  antara suhu airtanah dengan suhu udara, dengan adanya perbedaan ini mengindikasikan adanya pencemaran yang terjadi dengan perbedaan suhu tertinggi terdapat pada wilayah sekitar Sawah Besar. Pada musim hujan suhu airtanah cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan musim kemarau, namun pada musim hujan suhu udaranya cenderung suhu lebih rendah dibandingkan dengan musim kemarau. Suhu rata-rata airtanah pada musim hujan adalah sebesar  $30,4^{\circ}\text{C}$ , dan pada musim kemarau sebesar  $28,9^{\circ}\text{C}$ . Selanjutnya rata-rata suhu udara pada musim kemarau adalah sebesar  $32,3^{\circ}\text{C}$  dan pada musim hujan sebesar  $31,9^{\circ}\text{C}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan rata-rata suhu airtanah dengan suhu udara pada musim kemarau adalah sebesar  $3,4^{\circ}\text{C}$  dan pada musim hujan memiliki perbedaan  $1,5^{\circ}\text{C}$ . Perbedaan suhu antara suhu airtanah dengan suhu udara pada musim kemarau yang dapat mencapai lebih dari  $3^{\circ}\text{C}$  terjadi pada beberapa pemukiman organis

dan terencana, namun pada musim hujan hanya pada pemukiman organis saja.

### **3.2.5 Kekeruhan**

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan pancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Penyebab kekeruhan pada air adalah adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (seperti lumpur dan pasir halus), maupun bahan anorganik dan organik berupa plankton dan mikroorganisme lain. Kadar maksimum kekeruhan air yang diperbolehkan adalah 25 skala NTU. Tingginya nilai kekeruhan dalam air dapat mempersulit usaha penyaringan dan mengurangi desinfeksi pada proses penjernihan air.

Beberapa wilayah di DKI Jakarta, belum ditemukan adanya kadar kekeruhan air yang melampaui batas maksimum yang diperbolehkan. Namun, di beberapa lokasi, ditemukan adanya peningkatan yang signifikan pada tingkat kekeruhan air jika dibandingkan dengan wilayah lain. Peningkatan kekeruhan ini terjadi pada pemukiman organis dengan kepadatan sedang dan kepadatan tinggi yang terdapat pada bentuklahan dataran aluvial pantai.

Peningkatan kekeruhan tinggi terjadi baik pada musim kemarau maupun musim hujan dapat ditemukan pada wilayah sekitar Pademangan dan Penjaringan. Selanjutnya, apabila kekeruhan diklasifikasikan berdasarkan musim, maka kekeruhan di sebagian besar lokasi lebih tinggi pada musim hujan jika dibandingkan dengan musim kemarau, namun sebaliknya pada wilayah sekitar Kelapa Gading dan Cilincing kekeruhan tinggi cenderung terjadi pada musim kemarau dan turun pada musim hujan.

### 3.2.6 TDS

Padatan terlarut total (*total dissolved solid*/TDS) merupakan salah satu parameter fisika untuk menentukan padatan terlarut dalam air yang berdiameter  $<10^{-6}$  mm dan koloid berdiameter  $10^{-6}$  mm– $10^{-3}$  mm. Padatan terlarut ini berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45  $\mu\text{m}$ . TDS merujuk pada jumlah total materi organik maupun anorganik yang terkandung di dalam air.

Berdasarkan sifat volatilitas (penguapan) pada suhu  $600^{\circ}\text{C}$ , padatan terlarut dapat dibedakan menjadi *volatile solids* dan *non volatile solids* atau *fixed solids*. *Volatile solids* adalah bahan organik yang teroksidasi pada pemanasan dengan suhu  $600^{\circ}\text{C}$ , sedangkan *non volatile solids* adalah fraksi bahan anorganik yang tertinggal sebagai abu pada suhu tersebut. Nilai TDS sangat dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari permukaan tanah, dan pengaruh antropogenik (berupa limbah domestik dan industri).

Kadar maksimum yang diperbolehkan untuk TDS adalah sebesar 1.500mg/l. Air laut memiliki nilai TDS yang tinggi karena mengandung senyawa kimia, yang juga mengakibatkan air laut memiliki kadar salinitas yang tinggi. Nilai TDS dengan salinitas memiliki keterkaitan antara satu dengan lainnya. Semakin tinggi nilai yang terdapat dalam TDS, maka semakin tinggi pula tingkat salinitasnya, begitupun sebaliknya. (Tabel 3.2)

Tabel 3.2 Hubungan Antara TDS dengan Salinitas

Nilai TDS (mg/L)	Tingkat Salinitas
0 – 1000	Air tawar
1001 – 3000	Air payau
3001 – 10000	Air asin sedang
10001 – 100000	Air asin
> 100000	Air sangat asin

Sumber: McNeely *et al.*, 1979

Beberapa wilayah di DKI Jakarta ditemukan bahwa sebagian besar nilai TDS masih berada di bawah kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu sebesar 1.500mg/l. Namun, pada beberapa lokasi baik pada musim kemarau dan musim hujan ditemukan terdapat nilai TDS yang melebihi angka 1.500mg/l yang terjadi pada permukiman organik maupun permukiman terencana yang terletak pada bentukan lahan pematang pantai yaitu pada wilayah sekitar Kalideres dan Kelapa Gading. Sedangkan, untuk nilai TDS yang melebihi 1.500mg/l dan hanya terjadi pada salah satu musim terdapat pada permukiman organik dengan kepadatan tinggi yang terletak pada bentuklahan dataran aluvial pantai yaitu pada wilayah sekitar Koja dan Kalideres.

Berdasarkan distribusi spasial konsentrasi nilai TDS pada airtanah di wilayah Jakarta dapat dibedakan berdasarkan musim. Ketika musim hujan wilayah yang memiliki nilai TDS lebih tinggi dibandingkan dengan musim kemarau akan menjadi lebih banyak. Hal ini dapat terjadi karena lebih banyak material organik maupun anorganik meliputi mineral, garam, logam anion, kation yang terdispersi melalui volume air hujan.

### **3.3 Parameter Kimia**

Kualitas kimia yang terkandung dalam airtanah dapat diketahui melalui kandungan ion-ion yang terdiri dari ion positif (kation) dan ion negatif (anion). Ion-ion kation yang menjadi penyusun utama pada airtanah adalah Kalsium (Ca), Magnesium (Mg) dan Natrium (Na), sedangkan untuk ion anionnya adalah Clorida (Cl), Sulfur ( $\text{SO}_4$ ) dan Bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ).

Karakteristik kimia airtanah secara alami dipengaruhi oleh adanya komposisi mineral dan struktur fisik materi yang dilewati oleh air. Material tersebut dilewati oleh airtanah pada saat terjadi proses infiltrasi (yaitu masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah), proses perkolasi dan pergerakan air pada zona

jenuh. pada pergerakan ini, air memiliki sifat melarutkan material yang dilaluinya. Ion-ion terlarut dalam air terutama pada ion yang dapat terionisasi sering dinyatakan dengan berat ekuivalen yaitu miliekuivalen/liter. Konversi miliekuivalen/liter menjading/liter dilakukan melalui perkalian dengan faktor 1 : 0,0499 (Cole, 1988).

Air yang mengalir melalui batuan beku lebih sedikit melarutkan material jika dibandingkan dengan batuan sedimen, hal ini dikarenakan sifat batuan beku yang kurang mudah larut, sedangkan batuan sedimen lebih mudah larut. Todd (1980) mengemukakan jenis-jenis unsur utama airtanah berdasarkan sumber alaminya seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Jenis-jenis Unsur Utama Airtanah dan Sumbernya

Unsur	Sumber
Silika (SiO <sub>2</sub> )	Feldspar, ferromagnesium dan mineral lempung, chert, opal, amorphous silica.
Besi (Fe)	Batuan beku: amfibol, mika ferromagnesian, besi pirit (FeS <sub>2</sub> ), magnetite (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ); Batuan batupasir: karbonat, sulfida, atau mineral besi lempung.
Mangan (Mn)	Pada perairan alami kemungkinan berasal dari tanah atau sedimen, batuan beku, batuan sedimen, mineral mika biotit dan amfibol hornblende.
Kalsium (Ca)	Amfibol, feldspar, gypsum, piroksen, aragonite, kalsit, dilomit, dan mineral lempung.
Magnesium (Mg)	Amfibol, olivine, piroksen, dolomite, magnesit, dan mineral lempung.
Natrium (Na)	Feldspar (albit), mineral lempung: halit (NaCl) dan mirabili (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .10H <sub>2</sub> O), limbah industri.
Potassium (K)	Feldspar (ortoklas dan mikroclin), feldspathoids, mika, dan mineral lempung.

Unsur	Sumber
Karbonat ( $\text{CO}_3$ )	Batugamping, dolomite
Bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ )	Batugamping, dolomite
Sulfat ( $\text{SO}_4$ )	Oksida dari bijih sulfida, gypsum, anhidrit.
Klorida (Cl)	Batuan sedimen evaporit dan batuan beku
Floride (F)	Amfibol, Hornblende, apatit, fluorit, mika.
Nitrat ( $\text{NO}_3$ )	Atmosfer, kotoran hewan, legumes, plant debris.

Sumber : Todd, 1980

Material atau unsur kimia yang larut dalam airtanah ditemukan dalam bentuk ion. Berdasarkan muatannya, ion dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe, yaitu kation yang memiliki muatan positif, dan anion yang membawa muatan negatif. Selanjutnya, berdasarkan konsentrasinya dalam perairan, ion dapat diidentifikasi sebagai ion mayor, ion minor, dan ion renik. Ion mayor merujuk pada ion terlarut dalam jumlah besar, melebihi 5mg/L. Ion minor merujuk pada ion terlarut dalam jumlah yang lebih sedikit, berkisar antara 0,01 hingga 10mg/L. Sedangkan, ion renik adalah ion dalam jumlah yang sangat sedikit, yaitu kurang dari 0,01mg/L. Ion-ion yang termasuk dalam ion mayor, minor dan renik disajikan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Ion-ion dalam Airtanah

Ion Mayor	Ion Minor	Ion	Renik
Natrium (Na)	Nitrogen (N)	Arsenik (As)	Selenium (Se)
Klorida (Cl)	Fosfor (F)	Kadmium (Cd)	Perak (Ag)
Sulfur (S)	Besi (Fe)	Seng (Zn)	Uranium (U)
Bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ )	Silika (Si)	Timbal (Pb)	Sianida (Cn)
Kalsium (Ca)	Mangan (Mg)	Aluminium (Al)	Kobalt (Co)

<b>Ion Mayor</b>	<b>Ion Minor</b>	<b>Ion</b>	<b>Renik</b>
Magnesium (Mg)	Molibdenum	Barium (Ba)	Strontium (Sr)
Kalium (K)			

Sumber: Effendi, 2003; USDA, 2007

### 3.3.1 Sulfur

Sulfur (S) merupakan salah satu unsur mayor yang dapat dijumpai dalam berbagai bentuk. Sulfur dapat dijumpai dalam bentuk organik dan anorganik. Sulfur anorganik terutama terdapat dalam bentuk Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), sedangkan dalam bentuk gas adalah sulfur oksida ( $\text{SO}_x$ ) dan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Atmosfer menerima sulfur dari berbagai sumber. Aktivitas bakteri dapat menghasilkan hidrogen sulfida, pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan sulfur oksida, dan aktivitas vulkanik menghasilkan hidrogen sulfida, sulfur dioksida, dan sulfat. Beberapa bentuk sulfur di perairan adalah sulfide ( $\text{S}^{2-}$ ), hydrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Ferro Sulfida ( $\text{FeS}$ ), Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), Sulfit ( $\text{SO}_3$ ) dan Sulfat ( $\text{SO}_4$ ). Hidrogen sulfida bersifat mudah larut, toksik, dan menimbulkan bau seperti telur busuk (Effendi, 2003).

Sulfur (S) berada dalam bentuk organik dan anorganik. Sulfur anorganik terutama terdapat dalam bentuk Sulfat ( $\text{SO}_4$ ), yang merupakan bentuk Sulfur utama di perairan dan tanah (Rao, 1992). Ion Sulfat bersifat larut dalam air dan merupakan bentuk oksidasi utama sulfur, sedangkan Sulfat yang berikatan dengan hidrogen membentuk asam sulfat. Apabila di perairan tidak terdapat oksigen dan nitrat maka sulfat berperan sebagai oksigen dalam proses oksidasi yang dilakukan oleh bakteri anaerob. Pada kondisi ini ion sulfat direduksi membentuk kesetimbangan dengan ion hidrogen untuk membentuk hidrogen sulfida. Pada perairan alami yang mendapat cukup serasi biasanya tidak ditemukan  $\text{H}_2\text{S}$  karena telah teroksidasi menjadi sulfat.

Pada wilayah konsentrasi Sulfat pada musim hujan cenderung mengalami peningkatan. Beberapa wilayah yang mengalami peningkatan konsentrasi paling tinggi terdapat pada wilayah sekitar Cengkareng, Kalideres, Kemayoran, dan Cempaka Putih dengan besaran 216,18mg/l – 30,85mg/l dengan sebelumnya pada musim kemarau adalah sebesar 107,2mg/l – 216,17mg/l yang kemudian di ikuti oleh wilayah sekitar Cilincing dengan besaran 150,35mg/l – 216,17mg/l dengan sebelumnya pada musim kemarau adalah sebesar 107,2mg/l – 150,34mg/l. Sedangkan pada wilayah Sekitar Cakung, Johar Baru dan Matraman mengalami peningkatan menjadi 107,2mg/l. – 150,34mg/l dengan sebelumnya pada musim kemarau adalah sebesar. 16,37mg/l. – 107,19mg/l. Hal ini ditandai dengan adanya peningkatan konsentrasi Asam Sulfat dan Asam Nitrat saat terjadi hujan di Jakarta

Terjadinya peningkatan konsentrasi Asam Sulfat dan Asam Nitrat pada sampel air hujan, dapat menjadi penanda terjadinya hujan asam di lokasi tersebut. Hujan asam termasuk ke dalam salah satu indikator terdapatnya pencemaran udara yang dapat disebabkan oleh alam maupun aktivitas manusia. Terjadinya hujan asam menimbulkan berbagai kerugian, seperti rusaknya tanaman dan penurunan produktivitas pertanian, terganggunya saluran pernapasan, korosi pada logam, terganggunya kehidupan air, kerusakan pada bangunan yang mengandung batu kapur dan juga kerusakan pada tanah.

### **3.3.2 Fluorida**

Fluor (F) merupakan salah satu unsur melimpah yang terdapat pada kerak bumi. Unsur Fluor (F) ditemukan dalam bentuk ion Fluorida (F) yang merupakan salah satu unsur halogen pada air tanah dalam bentuk monovalen, yang biasanya terpengaruh dengan perairan laut. Fluorida yang berikatan dengan kation monovalen seperti NaF, AgF, dan KF bersifat mudah larut, sedangkan yang

berikatan dengan kation divalen seperti  $\text{CaF}_2$  dan  $\text{PbF}_2$  bersifat tidak larut dalam air. Kadar maksimum yang diperbolehkan untuk Fluorida adalah 1,5mg/l. Sumber fluorida di alam adalah *flourspar* ( $\text{CaF}_2$ ), *cryolite* ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), dan *flourapatite*. Keberadaan fluorida juga dapat berasal dari pembakaran batu bara. Fluorida banyak digunakan dalam industri besi baja, gelas, pelapisan logam, aluminium, dan pestisida (Eckenfelder, 1989; Effendi, 2003).

Konsentrasi ion Fluorida yang melampaui kadar maksimum yang diperbolehkan terjadi pada permukiman terencana kepadatan rendah yang terletak pada bentuklahan pematang pantai sekitar Kelapa Gading yang terjadi hanya pada musim kemarau. Walaupun pada musim hujan menjadi turun drastis. Secara umum dapat diketahui bahwa terjadi penurunan konsentrasi Fluorida pada musim hujan, hal ini berarti ada perbedaan konsentrasi Fluorida yang dipengaruhi oleh musim. Konsentrasi Fluorida dalam jumlah kecil menguntungkan bagi pencegahan kerusakan gigi. Konsentrasi yang berlebihan dapat mengakibatkan pewarnaan pada enamel gigi yang dikenal dengan istilah *mottling* dan dapat berimplikasi pada kerusakan tulang.

### 3.3.3 Nitrogen

Nitrogen (N) merupakan salah satu jenis ion minor yang dapat ditemukan dalam perairan, baik dalam bentuk organik maupun anorganik. Nitrogen dalam bentuk organik meliputi protein, asam amino, dan urea. Sementara itu, bentuk anorganik dari nitrogen terdiri dari amonia ( $\text{NH}_3$ ), amonium ( $\text{NH}_4$ ), nitrit ( $\text{NO}_2$ ), dan nitrat ( $\text{NO}_3$ ). Keberadaan nitrogen dalam bentuk anorganik dipengaruhi oleh aktivitas biologis yang berlangsung di dalam tanah. Amonia berasal dari limbah urine, feses, serta oksidasi zat-zat organik secara mikrobiologis yang muncul dari aliran air alami atau limbah industri dan domestik. Amonia bisa terikat pada partikel-partikel tanah liat selama proses infiltrasi air ke dalam tanah, dan melekat

kuat pada partikel tersebut. Nitrit adalah bentuk nitrogen yang mengalami oksidasi. Biasanya, keberadaan nitrit bersifat sementara dan merupakan hasil dari proses oksidasi antara amonia dan nitrat.

### 3.3.4 Nitrat

Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) dapat berasal dari udara yang merupakan komponen utama pembentukan asap kimiawi (*smog*). Nitrat terbentuk pada saat ada reaksi antara Nitrogen dan Oksigen di udara yang menyebabkan hujan asam. Hujan asam memiliki dampak yang dapat dirasakan baik oleh makhluk hidup maupun pada lingkungan sekitar. Salah satu contoh dampak yang dapat dirasakan adalah mata akan terasa perih ketika terkena air dari hujan asam, selain itu hujan asam juga akan mempercepat korosi yang terdapat pada besi. Kandungan Nitrat yang terdapat di dalam air hujan dipengaruhi oleh adanya intensitas hujan dan kondisi meteorologis seperti angin, curah hujan, kelembapan udara, dan radiasi matahari.

Konsentrasi Nitrat di Jakarta rata-rata berada dibawah kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu 10mg/l. Konsentrasi Nitrat cenderung lebih rendah ketika musim kemarau jika dibandingkan dengan musim Hujan. Besaran konsentrasi Nitrat pada musim kemarau sebesar 0,48mg/l – 1,09mg/l yang ditemukan hampir pada seluruh wilayah Jakarta. Namun, pada beberapa wilayah seperti sekitar Matraman, Johar Baru, Sawah Besar dan Taman Sari kandungan Nitratnya sebesar 1,5mg/l – 1,83mg/l. Namun, ketika musim penghujan hampir keseluruhan wilayah Jakarta ditemukan mengalami peningkatan dengan kadar peningkatan yang berbeda – beda terkecuali untuk wilayah sekitar Grogol Petamburan, Kelapa Gading dan Pulo Gadung. Pada wilayah sekitar Kalideres, Cengkareng dan Matraman mengalami peningkatan besaran Nitrat menjadi 1,1mg/l – 1,49mg/l, kemudian pada wilayah sekitar

Penjaringan, Tambora, Pademangan, Sawah Besar, Johar Baru, Cempaka Putih, Tanjung Priok, Cilincing, Cakung dan Duren Sawit mengalami peningkatan konsentrasi Nitrat menjadi 1,5mg/l – 2,23mg/. Selanjutnya peningkatan tertinggi terjadi pada wilayah Cakung, Kemayoran, Koja dan Penjaringan dengan peningkatan konsentrasi Nitrat menjadi rentang 2,24mg/l – 3.13mg/l.

### 3.3.5 Nitrit

Nitrit ( $\text{NO}_2$ ) terbentuk oleh aktivitas bakteri *Nitrosomonas* sp. dan biasanya ditemukan dalam konsentrasi yang sangat sedikit karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Nitrit merupakan bentuk peralihan (intermediate) antara amonia dan nitrat (nitrifikasi), dan antara nitrat dan gas nitrogen (denitrifikasi). Kadar maksimum yang diperbolehkan untuk Nitrit adalah 1mg/l. Secara umum konsentrasi Nitrit di Seluruh daerah belum melampaui kadar maksimum yang diperbolehkan, kadar Nitrit yang terdapat di seluruh wilayah hanya berkisar 0.01 sampai dengan 0.86mg/l. Wilayah dengan kandungan Nitrit Terbanyak terdapat pada wilayah sekitar Kalideres, Tambora, Taman Sari, Penjaringan, Pademangan, Sawah Besar, Kemayoran, Tanjung Priok Koja, Cilincing, Matraman, dan Cempaka Putih. Pada musim kemarau kemudian menurun menjadi hanya pada wilayah sekitar Cakung, Clincing,,Pulo Gadung Tambora Penjaringan, dan Grogol Petamburan ketika musim hujan. Nitrit dapat berasal dari pengawet makanan dan dapat masuk ke airtanah melalui air limbah. Jika Nitrit bereaksi dengan amino sekunder maka akan membentuk Nitrosamin yang berpotensi membentuk zat Karsinogen yang dapat menyebabkan kanker.

Konsumsi airtanah dengan konsentrasi Nitrit yang tinggi juga dapat menyebabkan terbentuknya methemoglobin simptomatik yang dapat menghambat perjalanan oksigen dalam tubuh dan dapat menyebabkan “blue babies” pada bayi (Effendi, 2003). Semakin

dekat jarak sumur dengan sungai dan semakin dekat jarak sumur dengan tangki septik (septic tank), maka semakin kecil konsentrasi nitrit.

### 3.3.6 Besi

Keberadaan besi pada kerak bumi menempati posisi keempat terbesar, besi ditemukan dalam bentuk kation ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Unsur besi dalam air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh dalam bentuk zat besi yang berguna untuk metabolisme tubuh. Tubuh membutuhkan 7mg –35mg unsur per hari, yang tidak hanya diperolehnya dari air. Kadar maksimum untuk Besi dalam airtanah bebas sebesar 1,0mg/l, standar konsentrasi besi dalam airtanah yang dapat dikonsumsi sebesar 0,1mg/l – 1,0mg/l.

Berdasarkan hasil belum ditemukan adanya wilayah yang memiliki kadar besi melebihi nilai 1,0mg/l, namun pada permukiman dataran aluvial pantai menunjukkan adanya peningkatan seperti pada wilayah sekitar Pademangan, Cakung dan Cilincing. Airtanah yang mengandung besi kemudian mengalami kontak dengan udara, maka besi teroksidasi menjadi ferihidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) yang menyebabkan kerusakan peralatan porselen dan cucian serta menimbulkan bau dan rasa yang tidak enak namun efek tersebut dapat diatasi dengan menggunakan saringan keramik (Febrina dan Ayuna, 2014). Selanjutnya ketika konsentrasi besi diklasifikasikan berdasarkan musim maka, konsentrasi besi pada musim kemarau lebih tinggi ketika dibandingkan dengan musim hujan, sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan konsentrasi zat besi dalam airtanah dapat dipengaruhi oleh musim.

### 3.3.7 Mangan

Mangan (Mn) adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan berada dalam bentuk manganous ( $\text{Mn}^{2+}$ ) dan Manganik ( $\text{Mn}^{4+}$ ). Manganik

( $Mn^{4+}$ ) berada dalam bentuk senyawa mangan dioksida di dalam tanah. Pada perairan dengan kondisi anaerob akibat dekomposisi bahan organik dengan kadar tinggi,  $Mn^{4+}$  pada senyawa mangan dioksida mengalami reduksi menjadi  $Mn^{2+}$  yang bersifat larut dalam air.  $Mn^{2+}$  berikatan dengan Nitrat, Sulfat, dan Klorida, dan larut dalam air.  $Mn^{2+}$  hanya terdapat pada perairan yang memiliki kondisi anaerob (Cole, 1988). Mangan merupakan salah satu logam yang digunakan dalam industri baja, baterai, gelas, keramik, cat dan bahan celupan (Eckenfelder, 1989). Kadar maksimum yang diperbolehkan untuk Mangan adalah 0,5mg/l.

Umumnya, di lokasi , konsentrasi mangan cenderung meningkat selama musim kemarau dan menurun saat musim hujan. Beberapa tempat dengan konsentrasi mangan yang tinggi juga menunjukkan kandungan klorida yang tinggi, karena mangan berikatan dengan klorida. Pada wilayah sekitar Cengkareng dan Penjaringan saat musim kemarau ditemukan adanya peningkatan konsentrasi mangan dengan masing-masing sebesar 0,67mg/l untuk sekitar wilayah Cengkareng dan sebesar 1,8mg/l untuk sekitar wilayah Penjaringan dengan kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 0,5mg/l. Selama musim kemarau, area permukiman yang memiliki lapisan airtanah di bawah permukaan laut cenderung memiliki peningkatan konsentrasi mangan. Namun, setelah terdapat pengaruh oleh curah hujan, konsentrasi ini perlahan mulai mengalami penurunan. Airtanah yang memiliki kadar mangan tinggi, jika dibiarkan terpapar udara terbuka dan memiliki akses cukup oksigen, akan membentuk koloid dan mengendap dalam bentuk presipitasi. Hal ini mengakibatkan air mengambil warna cokelat gelap yang berujung pada kekeruhan.

### 3.3.8 Klorida

Unsur Klor yang terdapat dalam air berada dalam bentuk ion Klorida ( $Cl^-$ ) yang merupakan unsur halogen pada airtanah

dalam bentuk ion monovalen yang biasanya terpengaruh dengan perairan laut. Ion Klorida ditemukan dalam jumlah yang besar jika dibandingkan dengan ion halogen lainnya. Klorida biasanya terdapat dalam bentuk senyawa Natrium Klorida ( $\text{NaCl}$ ), Kalium Klorida ( $\text{KCl}$ ), dan Kalsium Klorida ( $\text{CaCl}_2$ ). Keberadaan Klorida pada perairan alami berkisar antara  $2\text{mg/l} - 20\text{mg/l}$  dan  $19.000\text{mg/l}$  pada air laut. Kadar maksimum yang diperbolehkan untuk Klorida adalah sebesar  $600\text{mg/l}$ . Ketika konsentrasi Klorida cukup tinggi atau bahkan melebihi kadar batas maksimum yang diperbolehkan maka akan menyebabkan korosi/karat pada alat-alat rumah tangga yang terbuat dari unsur logam.

Pada lokasi , peningkatan konsentrasi Klorida terjadi pada wilayah sekitar Penjaringan yang memiliki ketinggian tempat berada di bawah muka air laut. Pada musim kemarau di ditemukan adanya peningkatan konsentrasi Klorida sebesar  $1.142,5\text{mg/l}$  dengan kadar maksimum yang diperbolehkan  $600\text{mg/l}$ . Hal ini sejalan dengan yang pernah dilakukan oleh Djijono (2002) bahwa pada daerah yang memiliki ketinggian muka airtanah di bawah muka air laut cenderung memiliki nilai konsentrasi Klorida yang lebih tinggi.

Beberapa wilayah tersebut yang mengalami peningkatan konsentrasi Klorida ketika musim kemarau adalah pada wilayah sekitar Kalideres, Cengkareng, Cakung dan Cilincing dengan konsentrasi sebesar  $600,01\text{mg/l} - \text{diatas } 800\text{mg/l}$  yang sebelumnya pada musim hujan adalah sebesar  $< 200\text{mg/l} - 800\text{mg/l}$ . Selanjutnya pada wilayah sekitar Koja, Penjaringan, Cakung dan Cilincing juga mengalami peningkatan menjadi  $400,01\text{mg/l} - 600\text{mg/l}$  yang sebelumnya pada musim hujan adalah sebesar  $200,1\text{mg/l} - 400\text{mg/l}$ . Selain itu Pada beberapa wilayah menunjukkan peningkatan konsentrasi Klorida meskipun jaraknya relatif jauh dari pantai yang membuktikan bahwa selain intrusi air laut, juga terdapat air konat. Hal ini terkait dengan kenaikan muka air laut Abrolhos di

masa lampau dan diperkuat dengan endapan laut berupa fragment cangkang kerang di Rawa Badak pada kedalaman 10,70m – 14,20m dan pada kedalaman 18,00m – 18,50 m, juga di Tamansari pada kedalaman 17,00m –17,50m (Wafid dkk., 2014).

### 3.3.9 Kesadahan

Kesadahan (*hardness*) merupakan gambaran kaion logam divalen (valensi dua). Pada airtahan, kation divalen yang paling banyak adalah Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) yang berikatan dengan anion penyusun alaklinitas, yaitu Bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) dan Karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Kesadahan yang dimaksud dalam ini adalah kesadahan Kalsium Karbonat atau ( $\text{CaCO}_3$ ) yang bersifat stabil dengan keberadaan Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di dalamnya. Pengendapan Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) terjadi sebagai akibat dari terjadinya peningkatan suhu, penurunan kadar  $\text{CO}_2$  dan peningkatan kegiatan fotosintesis. Kadar maksimum yang diperbolehkan untuk Kesadahan Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) adalah 500mg/l. Air hujan tidak memiliki kemampuan untuk melarutkan ion-ion penyusun kesadahan yang banyak terikat di dalam tanah dan batuan kapur (limestone). Larutnya ion-ion yang dapat meningkatkan nilai kesadahan, lebih banyak disebabkan oleh aktivitas bakteri di dalam tanah yang banyak mengeluarkan  $\text{CO}_2$ .

Pada lokasi dapat ditemukan adanya peningkatan konsentrasi Kesadahan yang signifikan bahkan dapat melebihi kadar batas maksimum yang diperbolehkan. Wilayah tersebut terdapat pada permukiman organis kepadatan sedang, yaitu pada pematang pantai dan dataran aluvial pantai. Kemudian berdasarkan musim, peningkatan konsentrasi Kesadahan cenderung lebih tinggi pada musim hujan dibandingkan dengan musim kemarau. Wilayah – wilayah yang mengalami peningkatan tersebut terdapat pada wilayah sekitar Kalideres, Pademangan, Sawah Besar, Kemayoran, Cempaka Putih, Johar Baru, Tanjung Priuk, Koja, dan Cilincing

dengan besaran antara  $< 200\text{mg/l} - 400\text{mg/l}$  menjadi  $200\text{mg/l}$  hingga  $>500\text{mg/l}$ . Selanjutnya pada beberapa lokasi juga ditemukan ada yang tidak mengalami perubahan besaran kesadahan yaitu terletak pada wilayah sekitar Cengkareng, Tambora, TamanSari, Grogol Petamburan, Pulo Gadung, Kelapa Gading, dan Cakung. yaitu tetap pada besaran angka  $<200\text{mg/l} - 400\text{mg/l}$ . Selain itu pada beberapa wilayah lainnya juga dapat ditemukan adanya wilayah yang mengalami penurunan nilai kesadahan ketika musim penghujan yaitu pada wilayah Penjaringan menjadi sebesar  $<200\text{mg/l}$  yang ketika dibandingkan dengan musim kemarau adalah sebesar  $300 - \text{diatas } 500\text{mg/l}$ . Kation- kation kesadahan ini dapat bereaksi dengan sabun membentuk endapan (presipitasi) maupun dengan anion-anion yang terdapat di dalam airtanah sehingga membentuk endapan atau karat pada peralatan rumah tangga yang terbuat dari logam.

### **3.3.10 Derajat Keasaman**

Derajat Keasamaan (pH) merupakan istilah yang digunakan untuk, menyatakan intensitas keadaan suatu larutan basa asam atau basa. Keberadaan ion Hidrogen digunakan untuk menggambarkan nilai Derajat Keasamaan (pH) suatu larutan. Pada proses penyediaan air, pH merupakan salah satu faktor yang harus dipertimbangkan karena Derajat Keasamaan air akan mempengaruhi aktivitas pengolahan air. Derajat Keasamaan (pH) berkaitan erat dengan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan alkalinitas. Semakin tinggi nilai pH maka akan semakin tinggi pula nilai alkalinitasnya dan semakin rendah kadar  $\text{CO}_2$  nya, sebaliknya semakin rendah nilai pH maka semakin rendah nilai alkalinitasnya dan semakin tinggi kadar  $\text{CO}_2$  nya. Derajat Keasamaan (pH) juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kehidupan makroorganisme dalam air, dan dapat pula mempengaruhi toksik suatu senyawa kimia. Kadar maksimum

yang diperbolehkan untuk pH adalah 6,5–9,0 (Permenkes RI No. 416 Tahun 1990).

Secara umum pH yang ditemukan di lokasi pada wilayah permukiman organis banyak didapati pH yang lebih kecil dari 6,5 dan secara umum diketahui bahwa pH pada musim kemarau cenderung lebih rendah dibandingkan pada musim hujan. Wilayah-wilayah yang berada disekitar Cengkareng, Kalideres, Penjaringan, Grogol Petamburan, Tambora, Taman Sari, Pademangan, Koja, Sawah Besar, Cilincing, Kelapa Gading, Pulo Gadung, Duren Sawit dan Cakung merupakan wilayah yang nilai Derajat Keasamaannya (pH) lebih rendah ketika pada musim kemarau yaitu pada rentang 5,4 – 7, namun pada musim penghujan mengalami kenaikan menjadi 5,6 – 7,2. Selanjutnya, selain kenaikan pada musim penghujan juga dapat ditemukan adanya penurunan pH yang dapat diartikan bahwa pH pada musim penghujan di wilayah ini cenderung lebih rendah dibandingkan ketika musim kemarau, wilayah tersebut terdapat pada wilayah sekitar Tanjung Priuk dengan besaran (pH) 6,1 – 6,4 lebih rendah dibandingkan pada musim kemarau yaitu sebesar 6,5 - 7. Kemudian dapat ditemukan juga bahwa pada beberapa wilayah tidak mengalami perubahan pH baik pada musim penghujan ataupun musim kemarau, yaitu pada wilayah sekitar Kemayoran Pulo Gadung, serta Duren Sawit, yang tetap pada rentang 6,1 – 6,4.

Pengaruh dari adanya penyimpangan pH yang lebih kecil dari 6,5 dan lebih besar dari 9,0 adalah dapat menyebabkan korosi yang terjadi pada pipa-pipa air dan dapat menyebabkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang dapat mengganggu Kesehatan. Secara empirik kebanyakan mikroorganisme tumbuh dengan baik pada pH 6–8. Senyawa amonium dapat terionisasi pada pH rendah dan tidak bersifat toksik, namun pada keadaan alkalis (pH Tinggi) lebih banyak ditemukan amonia yang tidak

terionisasi dan bersifat toksik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimia perairan, misalnya pada proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah.

### 3.4 Zat Organik

Zat organik yang terkandung di dalam air didapat berasal dari hasil alam, sintesis dan fermentasi. Zat organik yang berasal dari alam diantaranya seperti: fiber, minyak nabati, minyak hewani, lemak hewan, alkaloid, selulosa, kanji dan gula. Zat organik yang berasal dari sintesis dapat berupa bahan organik yang diproses oleh manusia. Zat organik yang berasal dari fermentasi melalui mikroorganisme diantaranya adalah: alkohol, aseton, gliserol antibiotika dan asam.

Produk akhir dari proses dekomposisi bahan organik pada kondisi aerob adalah senyawa-senyawa yang stabil sedangkan untuk produk akhir dari proses dekomposisi pada kondisi anaerob selain CO<sub>2</sub> dan air adalah senyawa-senyawa yang tidak stabil dan bersifat toksik yang diantaranya adalah amonia, metana dan hidrogen sulfida. Peningkatan adanya konsentrasi zat organik disebabkan sebagai akibat dari adanya rembesan bak peresapan, bocornya saluran air kotor maupun dari pembuangan sampah. Pada lokasi konsentrasi zat organik ditemukan pada permukiman yang berada di sekitar Kalideres, Tambora, Taman Sari, Sawah Besar dan Pademangan.

Konsentrasi zat organik yang terjadi di wilayah-wilayah ini didapatkan bahwa kadarnya telah melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan pada kedua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Selain pada lokasi-lokasi tersebut pada wilayah sekitar Cempaka Putih juga ditemukan adanya peningkatan zat organik pada musim hujan. Pada musim hujan di wilayah sekitar Cempaka Putih terdapat peningkatan zat organik sebesar 69,52mg/l yang

melampaui kadar maksimum yang diperbolehkan 10mg/l. Secara umum konsentrasi zat organik yang terdapat pada musim hujan lebih tinggi dan terdistribusi lebih luas disebabkan karena adanya curah hujan yang membawa zat organik terdistribusi ke wilayah sekitarnya. Pada wilayah yang telah tercemar oleh zat organik, airtanahnya telah mengalami perubahan rasa dan bau. Hal ini dapat terjadi karena adanya bahan organik yang terlarut dalam air, sehingga dapat menghabiskan oksigen serta menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap.

### **3.5 Kualitas Biologi**

Kualitas biologi airtanah menunjukkan banyaknya mikroba yang terkandung pada airtanah. Mikroba menjadi salah satu indikator yang digunakan untuk mengetahui kualitas air tanah tersebut tercemar atau tidak. Mikroba yang menjadi indikator tersebut adalah Bakteri Coli. Bakteri Coli adalah bakteri yang menjadi petunjuk bahwa air tersebut telah tercemar oleh tinja manusia atau kotoran hewan yang berdarah panas. Bakteri total Coliform meliputi jenis bakteri aerobik, anaerobik fakultatif, dan bakteri bentuk batang (rod-shape) yang dapat memfermentasikan laktosa dan menghasilkan gas dalam waktu 48 jam pada suhu 35°C. Bakteri total Coliform terdiri dari *Echerichia*, *Citrobakter*, *Klebsiella*, dan *Enterobakter*. Berdasarkan Permenkes RI No. 416/ MENKES/PER/1990 diketahui bahwa baku mutu untuk sumur non perpipaan sebesar 50 MPN index/100 ml sampel, sedangkan untuk sumur perpipaan sebesar 10 MPN index/100 ml sampel. Bakteri Coli dapat berasal dari adanya rembesan pada bak peresapan, terjadinya kebocoran pada saluran air kotor bahkan dari pembuangan sampah.

Secara umum dapat diketahui bahwa kualitas biologi airtanah yang terdapat di lokasi sudah sangat buruk. Pada sumur non perpipaan yang terdapat di lokasi dapat diketahui bahwa pada

semua sumur sampel yang terdapat di semua tipe permukiman memiliki nilai konsentrasi total Coliform yang telah melebihi kadar baku mutu yang telah ditetapkan. Pada musim kemarau sebaran konsentrasi total Coliform dengan nilai kadar yang melebihi 1.000 MPN index/100 ml sampel lebih banyak jika dibanding pada musim hujan. Hal ini dapat terjadi karena dengan adanya peristiwa hujan dapat menjadikan konsentrasi total Coliform menjadi berkurang.

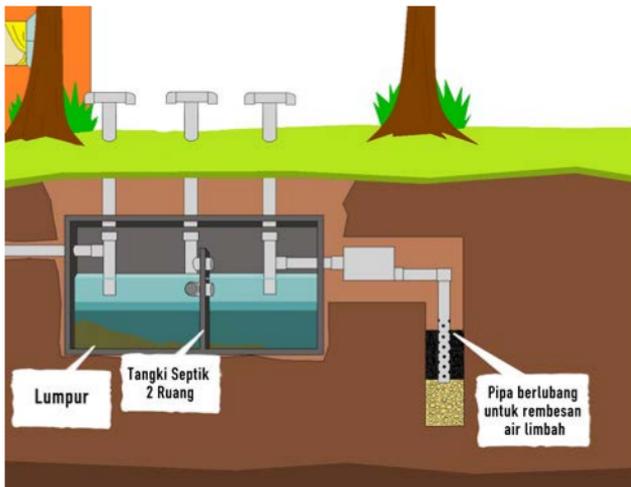
### **3.6 Pencemaran Airtanah**

Sebagian besar masyarakat masih menggunakan airtanah sebagai sumber utama pemenuhan kebutuhan air bersih sehari-sehari. Oleh karena itu, kualitas airtanah menjadi sangat penting untuk diperhatikan karena sebagian besar pengguna airtanah menggunakan air tersebut secara langsung. Meskipun ada beberapa yang melakukan pengolahan, namun hanya terbatas pada pengolahan fisik atau kimia yang sederhana. Beragamnya kontaminan dengan tingkat toksisitas yang bervariasi dan mahalnya biaya untuk remediasi membuat aktivitas untuk menjaga kualitas airtanah akan lebih baik daripada mencemari kemudian memperbaikinya. Beberapa kontaminan mempunyai sifat kumulatif dan resistan, kadang-kadang secara kasat mata tidak terlihat keberadaannya atau berbau, seperti misalnya organoklorin sebagai pestisida atau pelarut yang penggunaannya sangat sulit untuk dikontrol. Situasi tersebut dengan jelas akan berkontribusi pada peningkatan risiko bagi manusia sebagai konsumen airtanah.

Tanah sebagai tempat pembuangan akhir limbah merupakan cara alternatif yang paling mudah untuk dilakukan. Di samping itu, cara ini juga telah dipraktikkan sejak adanya kehidupan manusia. Pencemaran pada airtanah telah terjadi di beberapa tempat, baik dalam skala kecil maupun regional. Degradasi

kualitas airtanah dan tanah sebagai mediumnya dapat terjadi karena berbagai hal, di antaranya adalah perkolasi dari rembesan (*effluent*) tangki septik, rembesan aliran air permukaan yang telah tercemar, tempat pembuangan akhir sampah, ataupun tumpahan (*spilling*) dari zat pencemar yang tidak disengaja.

Jenis sumber pencemaran airtanah dapat berupa sumber tersebar (*diffuse source*), terpusat (*point source*) ataupun dalam bentuk memanjang (*line source*). Kemudian seberapa jauh kontaminan tersebut dapat bersifat racun terhadap manusia dan lingkungannya tergantung pada berbagai faktor, seperti misalnya sifat resistansi dan akumulasi dalam tubuh ataupun kepekaan manusia terhadap kontaminan tersebut (Notodarmojo, 2005). Badan Standardisasi Nasional (2002) menetapkan jarak tangki septik ke sumur air bersih sejauh 10 meter. (Gambar 3.1)



Gambar 3.1 Pencemaran dari Bocornya Tangki Septik

Pencemaran airtanah dapat disebabkan karena sumber air yang digunakan sehari-hari oleh masyarakat mengandung organisme seperti bakteri dan virus. Selain disebabkan oleh kontaminasi mikroorganisme, pencemaran air juga dapat terjadi akibat adanya konsentrasi zat atau senyawa kimia dalam sumber air yang melebihi ambang batas yang diperbolehkan. Kontaminasi zat atau senyawa kimia ini dapat terjadi secara alami maupun akibat aktivitas manusia antara lain zat organik, amonia, dan bakteri coli. Beberapa zat atau senyawa kimia yang bersifat racun terhadap tubuh manusia misalnya logam berat, pestisida, senyawa mikro polutan hidrokarbon, dan zat-zat radioaktif. Kontaminasi baik oleh mikroorganisme maupun oleh zat atau senyawa kimia terhadap sumber air yang digunakan oleh masyarakat menyebabkan pengkonsumsinya rentan terhadap berbagai penyakit.

Diare, polio, kolera, dermatitis (penyakit kulit), disentri, hepatitis, thypus dan parthypus adalah penyakit berhubungan dengan air yang seringkali menjangkiti warga sebagai akibat dari mengkonsumsi sumber air yang telah tercemar oleh zat-zat pencemar.

Seringkali penyebab penyakit tersebut diakibatkan oleh kondisi lingkungan rumah yang kotor dan tidak sehat serta kurangnya menjaga kebersihan lingkungan. Salah satu faktor yang penting untuk menanggulangi hal tersebut yakni dengan cara meningkatkan kebersihan lingkungan, meningkatkan pelayanan air bersih yang sehat, meningkatkan sistem pembuangan limbah yang memenuhi syarat, serta meningkatkan peran dan fungsi pemerintah dengan memberikan pengetahuan kepada masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan.

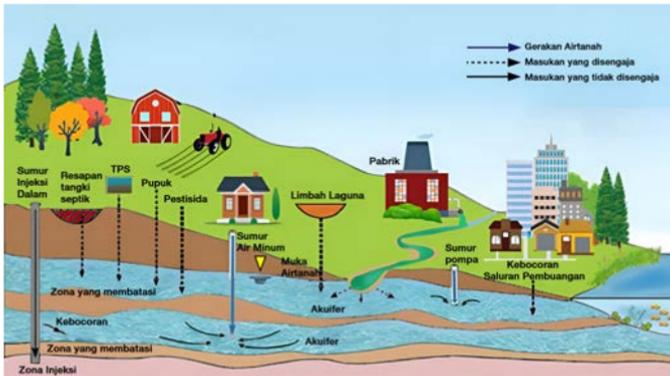
Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan hidup

adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Kerusakan lingkungan hidup merupakan perubahan langsung dan/atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup yang melampaui kriteria baku kerusakan lingkungan hidup.

Baku mutu lingkungan hidup adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup. Kriteria baku kerusakan lingkungan hidup adalah ukuran batas perubahan sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup yang dapat ditenggang oleh lingkungan hidup untuk dapat tetap melestarikan fungsinya. Pengendalian pencemaran lingkungan hidup meliputi pengendalian pencemaran air, udara, dan laut, sedangkan pengendalian kerusakan lingkungan hidup meliputi kerusakan ekosistem dan kerusakan akibat perubahan iklim.

Perubahan-perubahan tidak dikehendaki yang dapat terjadi pada udara, tanah, dan air sebagai akibat dari adanya perubahan pada sifat fisik, kimia dan biologinya sehingga dapat mengancam kehidupan manusia dan spesies yang bermanfaat, proses industri, tempat tinggal, warisan budaya, serta merusak sumber daya alam atau bahan mentah dapat disebut dengan pencemaran. Zat pencemar (*Pollutant*) merupakan suatu zat kimia dalam bentuk padat, cair maupun gas yang dapat berasal dari alam namun dipicu oleh kegiatan manusia (*Anthropogenic Origin*) sehingga dapat mengakibatkan dampak buruk bagi kehidupan manusia dan lingkungannya. Sedangkan untuk kontaminan sama seperti dengan zat pencemar hanya saja yang membedakan adalah dampaknya terhadap manusia dan lingkungannya secara nyata belum teridentifikasi secara jelas.

Pencemaran air diakibatkan oleh masuknya bahan pencemar yang dapat berupa gas, bahan-bahan terlarut, dan partikulat yang disebabkan aktivitas manusia dan lingkungan. Secara umum masuknya polutan ke badan air dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *point source* dan *non point source*. *Point source* adalah pencemaran yang berasal dari tempat-tempat yang telah diketahui secara pasti asalnya, sedangkan *non point source* adalah pencemaran yang tidak diketahui sumber asalnya (Tjokrokusumo, 1998). Wilayah pemukiman, kegiatan industri, pusat pertokoan, hotel, rumah sakit dan pelayanan jasa yang membuang limbahnya tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu menjadi penyebab pencemaran yang terjadi pada sungai dan airtanah, bahkan hal tersebut juga menyebabkan pencemaran yang terjadi pada wilayah teluk. (Gambar 3.2).



Gambar 3.2 Berbagai Sumber Pencemaran Airtanah di Jakarta

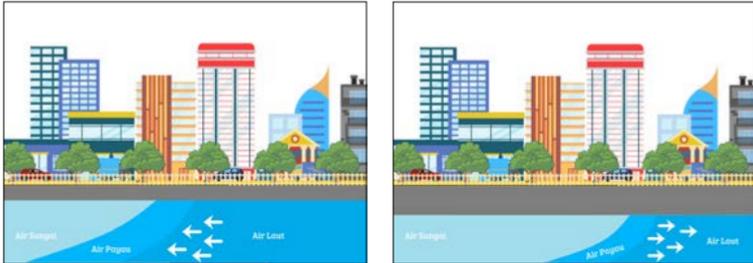
Pencemaran air merupakan suatu peristiwa penurunan kualitas air sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan air menjadi tidak berfungsi sebagaimana mestinya yang disebabkan oleh masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, Zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air yang disebabkan oleh kegiatan

manusia. Air yang tercemar dapat dilihat dari beberapa indikator, antara lain perubahan warna, bau, dan rasa air. Adanya perubahan suhu udara, pH, timbulnya endapan, koloidal, bahan terlarut, adanya mikroorganisme dan meningkatnya radioaktivitas juga menjadi indikator pencemaran air. Untuk mengetahui tingkat pencemaran air maka perlu dibandingkan dengan standar baku mutu air yang sudah ditetapkan, adapun yang dimaksud dengan baku mutu air adalah batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air.

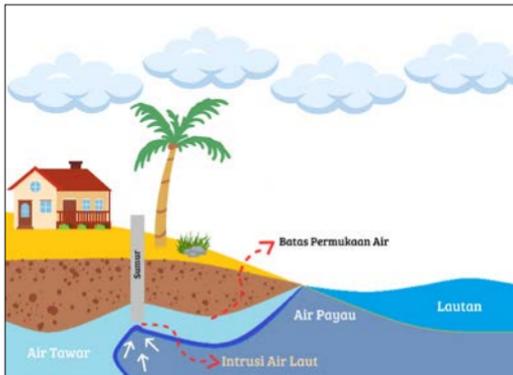
Jusseret dan Dassargues (2009) memperkirakan adanya interaksi antara airtanah dengan sungai. Sejalan dengan hal tersebut Ako *et al.* (2012) menyatakan bahwa kualitas airtanah pada hulu sungai umumnya masih dapat dimanfaatkan untuk menunjang berbagai macam kebutuhan manusia seperti air minum, dan irigasi, namun semakin mengarah ke hilir, kualitas airtanahnya semakin berkurang. Bakari *et al.* (2011) menyatakan bahwa ada 3 proses utama yang memengaruhi airtanah, yaitu: intrusi air laut, pengenceran airtanah pada saat pengisian, dan infiltrasi limbah ke dalam tanah.

Penurunan kualitas airtanah dapat disebabkan karena adanya aktivitas perubahan penggunaan lahan menjadi lokasi permukiman, pertanian ataupun kegiatan industri. Aktivitas pertanian memiliki dampak secara langsung ataupun tidak langsung terhadap peningkatan komposisi biokimia yang terdapat di lapisan akuifer. Dampak langsung yang dimaksud adalah pelarutan dan residu pupuk yang terbawa oleh irigasi dan sistem drainase yang pada akhirnya akan mencemari airtanah, sedangkan dampak tidak langsung adalah perubahan reaksi kimia pada tanah dan akuifer yang disebabkan oleh peningkatan konsentrasi ion oleh aktivitas pertanian.

Penurunan potensi airtanah yang terjadi pada wilayah pesisir terjadi karena disebabkan oleh adanya aktivitas yang terjadi pada wilayah perkotaan. Penurunan potensi airtanah ini salah satunya dapat ditandai dengan adanya intrusi air laut yang terjadi pada airtanah yang terdapat pada wilayah pesisir (Gambar 3.3).



(a) Ilustrasi Intrusi Air Laut yang Terjadi di Badan Sungai Pada Wilayah Perkotaan saat Pasang (kiri) dan Saat Surut (Kanan)



(b) Intrusi Air Laut Melalui lapisan Akuifer  
Gambar 3.3 Berbagai cara intrusi air laut

Hal ini dapat terlihat dari distribusi spasial konsentrasi Cl<sup>-</sup> dan DHL pada airtanah yang mengalami peningkatan. Sungai yang berada di muara Jakarta khususnya pada wilayah yang mengalami

penurunan tanah termasuk kedalam kategori sungai influent, yang dimana air sungai ini masuk ke dalam tanah karena dipicu oleh pengambilan air tanah, kondisi ini diikuti dengan masuknya pencemaran dari hulu dan intrusi air laut kedalam tanah.

Selain intrusi air laut, permukiman informal memiliki peranan besar terhadap terjadinya pencemaran airtanah dangkal yang merupakan sumber dalam pemenuhan kebutuhan air sehari-hari kehidupan masyarakat. Hal ini terbukti melalui adanya rasa asam pada airtanah, karena tanahnya memiliki tekstur berpasir sehingga waktu tinggal air dalam tanah cenderung singkat.

Penyebab utama serta sumber dari adanya pencemaran yang terdapat pada airtanah dikelompokkan menjadi 4 macam, yaitu kegiatan kota, kegiatan industri, kegiatan pertanian dan kelompok kegiatan lain diluar tiga kelompok tersebut.

Sebagian besar pencemaran airtanah berkaitan erat dengan cara pembuangan limbah di atas permukaan tanah ataupun ke dalam tanah. Pencemaran akibat kegiatan kota berupa pencemaran oleh limbah penduduk yang berasal dari rembesan bak peresapan, bocoran saluran air kotor maupun dari pembuangan sampah yang dapat dilihat dari tingginya kadar zat organik dalam air, Nitrat, Bakteri Coli, dan deterjen dalam airtanah. Pencemaran akibat limbah industri dapat berasal dari saluran air limbah, tempat pengolahan limbah dan dari rembesan tempat pembuangan limbah pabrik yang dapat dilihat dari kadar logam berat dan zat kimia dalam airtanah. Pencemaran dari kegiatan pertanian terjadi akibat rembesan dari saluran air dan perkolasi air sawah yang dapat dilihat dari kadar fosfat dan pestisida yang ada dalam airtanah.

Kedalaman muka air tanah, daya serap permukaan, kemiringan muka tanah, permeabilitas akuifer serta jarak horizontal dengan sumber pencemaran merupakan faktor-faktor yang berperan dalam pencemaran lingkungan. Konsep ini diterapkan dalam hubungan antara tempat pembuangan limbah dan sumur. Kedalaman

muka airtanah berkaitan dengan jarak vertikal antara sumber pencemar dengan muka airtanah. Semakin dekat jarak vertikal antara sumber pencemar dengan muka airtanah semakin besar kemungkinan airtanah tersebut mengalami pencemaran. Ukuran butir berpengaruh terhadap penyerapan pencemar. Oleh sebab itu, semakin halus butir material batuan di atas muka airtanah, semakin besar daya serapnya terhadap pencemar. Sebagai lapisan pembawa air, akuifer menentukan pula terhadap penyebaran pencemar. Akuifer dengan permeabilitas tinggi memungkinkan pencemar untuk menyebarkan dengan cepat dan jauh. Gradien muka airtanah berpengaruh terhadap gerak dan penyebaran airtanah yang terdapat di dalamnya. Makin besar gradien muka airtanah maka akan semakin besar kemungkinan pencemar di dalamnya menyebar lebih cepat dan lebih jauh. Hal yang tidak kalah pentingnya untuk diperhatikan adalah jarak horisontal dengan sumber pencemar. Semakin dekat jarak antara sumur dengan sumber pencemar makin besar kemungkinan airtanah dalam sumur mengalami pencemaran.

Todd (1980) menjelaskan bahwa keberadaan pencemar yang masuk ke dalam airtanah akan berkurang seiring dengan waktu dan jarak yang telah ditempuh oleh pencemar tersebut. Secara hipotetik, pencemar yang masuk ke dalam airtanah akan membentuk tabung (*plume*). Bentuk dan ukuran tabung tergantung pada struktur geologi, aliran airtanah, tipe dan konsentrasi pencemar, kesinambungan pembuangan limbah, dan modifikasi yang dilakukan manusia terhadap sistem airtanah seperti pemompaan sumur.

Zat pencemar dapat berada dalam airtanah selama tahunan, dekade, bahkan berabad-abad karena airtanah mengalir sangat lambat. Kontaminasi yang ditemukan hari ini dalam air sumur, mungkin merupakan akibat pencemaran yang terjadi beberapa tahun yang lalu. Air sumur yang dideteksi sangat bersih hari ini

mungkin dapat terkontaminasi di kemudian hari, sebagai akibat pencemaran yang terjadi beberapa tahun yang lalu (Darmono, 2001; Todd, 1980). Sebelumnya Darmono (1995) menyatakan bahwa pencemaran air dapat menjadi masalah regional maupun lingkungan global, dan sangat berhubungan dengan pencemaran udara serta penggunaan lahan tanah atau daratan. Walaupun air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, tetapi air akan dapat dengan mudah terkontaminasi oleh aktivitas manusia untuk tujuan yang bermacam-macam sehingga dapat tercemar dengan mudah.

Pencemaran air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang tersebar di alam tidak pernah terdapat dalam bentuk murni, bukan berarti semua air sudah tercemar. Pada daerah pegunungan atau hutan dengan udara yang bersih dan bebas dari polusi, air hujan yang jatuh selalu mengandung bahan-bahan terlarut, seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , dan  $\text{N}_2$ , serta bahan-bahan tersuspensi seperti debu dan partikel-partikel lainnya yang terbawa dari atmosfer (Effendi, 2003).

Indikator yang dapat menjadi tanda bahwa air pada lingkungan sekitar telah mengalami pencemaran adalah terdapatnya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui pengamatan secara fisis, kimia, dan biologis. Pengamatan secara fisis yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, warna, dan adanya perubahan warna, bau dan rasa. Pengamatan secara kimiawi yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut, perubahan pH. Pengamatan secara biologis yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada dalam air, terutama ada tidaknya bakteri patogen.

Berdasarkan OTA (*Office of Technology Assessment*) dalam Notodarmojo (2005) membagi sumber kontaminan menjadi 6 kategori, yaitu: 1) Sumber yang berasal dari tempat atau kegiatan

yang dirancang untuk membuang dan mengalirkan zat atau substansi; 2) Sumber yang berasal dari tempat atau kegiatan yang dirancang untuk mengolah atau membuang zat atau substansi; 3) Sumber yang berasal dari tempat atau kegiatan transportasi zat atau substansi; 4) Sumber yang berasal dari konsekuensi suatu kegiatan yang tercemar; 5) Sumber yang berasal dari kegiatan yang menyebabkan adanya jalan masuk bagi air terkontaminasi masuk ke dalam akuifer; dan 6) Sumber kontaminan yang bersifat alamiah atau terjadi secara alamiah, tetapi pengaliran atau penyebarannya disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pencemaran lingkungan, kegiatan industry, domestik, pertanian, dan zat radioaktif merupakan empat sumber utama yang menyebabkan terjadinya pencemaran pada airtanah.

Pencemaran airtanah oleh industri melalui 3 cara, yaitu: 1) Penggunaan air yang mengandung unsur dan senyawa kimia atau yang memiliki suhu agak tinggi. Pencemaran airtanah oleh zat radioaktif yang berasal dari perencanaan nuklir dapat juga terbawa masuk ke dalam air; 2) Air hujan yang masuk pembuangan limbah; dan 3) Kecelakaan seperti bocornya pipa perusahaan. Pencemaran airtanah oleh limbah domestik melalui 2 cara, yaitu: 1) Air hujan yang masuk ke sanitasi; dan 2) Kecelakaan misalnya bocornya *septic tank*. Pencemaran airtanah oleh pertanian meliputi air irigasi dan hujan yang membawa unsur hara tanah, mineral, garam dan pestisida. Pencemaran airtanah oleh lingkungan salah satunya karena intrusi air laut ke akuifer yang berada di wilayah pesisir.

Hasil kajian lapangan sampel airtanah Jakarta melalui perhitungan indeks pencemaran diketahui bahwa pada beberapa area ditemukan adanya variasi tingkat pencemaran yaitu tingkat pencemaran ringan, pencemaran sedang, dan pencemaran berat. Ketika dibedakan berdasarkan musim yaitu musim kemarau dan musim hujan, beberapa sumur sampel kajian airtanah kondisinya masih baik pada musim kemarau, namun berubah menjadi

tercemar ringan pada musim hujan. Hal terjadi pada wilayah sekitar Cempaka Putih ketika musim kemarau airtanah yang terdapat pada unit lahan tersebut masih dapat dipergunakan sebagai sumber air bersih rumah tangga untuk berbagai keperluan, namun pada musim hujan menunjukkan adanya peningkatan tingkat pencemaran karena ditemukannya peningkatan zat organik sebesar 69,52mg/l yang melampaui kadar maksimum yang diperbolehkan 10mg/l.

Pada wilayah sekitar Cengkareng dan Penjaringan ketika musim kemarau sumber airtanah yang terdapat pada unit lahan tersebut mengalami pencemaran ringan, namun pada musim hujan berubah menjadi kondisi baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada kedua unit lahan ini ketika musim hujan airtanahnya dapat dipergunakan sebagai sumber air bersih rumah tangga namun tidak disarankan untuk di konsumsi. Sedangkan pada musim kemarau pada sumur sekitar wilayah Cengkareng ditemukan terdapatnya peningkatan konsentrasi mangan sebesar 0,67mg/l yang melampaui kadar maksimum yang diperbolehkan 0,5mg/l. Selanjutnya, Pada musim kemarau di wilayah sekitar Penjaringan juga ditemukan terdapatnya peningkatan beberapa konsentrasi yang di antaranya adalah peningkatan zat padat terlarut sebesar 1.652mg/l dengan kadar maksimum yang diperbolehkan 1.500mg/l, peningkatan konsentrasi Klorida sebesar 1.142,5mg/l dengan kadar maksimum yang diperbolehkan 600mg/l, dan terjadi peningkatan konsentrasi Mangan sebesar 1,8mg/l dengan kadar maksimum 0,5mg/l.

Sumur yang tercemar ringan pada musim kemarau, yaitu terdapat pada wilayah sekitar Tanjung Priok, Cengkareng, Penjaringan, Cakung, Taman Sari, Cakung, dan Kelapa Gading, sedangkan sumur yang tercemar ringan pada musim hujan, yaitu hanya pada wilayah sekitar Cempaka Putih. Peningkatan konsentrasi zat pada beberapa sumur ini g terjadi pada berbagai

yaitu pada parameter total Coliform, parameter zat organik, parameter konsentrasi Mangan, parameter konsentrasi zat padat terlarut, dan parameter konsentrasi Klorida. Peningkatan konsentrasi pada berbagai parameter tersebut sudah melampaui kadar batas maksimum yang diperbolehkan. Pada sumur-sumur yang mengalami pencemaran ringan ini sebenarnya masih dapat dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga yang terbatas, misalnya untuk keperluan mencuci alat makan, mencuci alat masak dan MCK.

Selanjutnya pada sebagian besar wilayah Jakarta ditemukan bahwa tingkat pencemaran yang terjadi lebih banyak terdapat pada kategori sedang. Tingkat pencemaran ini terjadi baik pada saat musim kemarau maupun pada saat musim hujan. Tingkat pencemaran sedang ini biasanya terjadi pada sumur-sumur dengan sistem perpipaan dan memiliki water torn dengan konsentrasi total Coliform yang tinggi. Oleh karena itu sebagian besar airtanah di Jakarta tidak cocok untuk dikonsumsi. Pada kondisi seperti ini sebaiknya airtanah hanya digunakan untuk menyiram halaman, mencuci kendaraan dan berkebun.

Terakhir pada wilayah sekitar Matraman airtanahnya mengalami pencemaran berat yang terjadi pada musim kemarau, sedangkan pada wilayah sekitar Kelapa Gading dan Cengkareng, pencemaran terjadi dalam kondisi tercemar berat ketika pada musim hujan. Tingkat pencemaran berat ini terjadi disebabkan oleh konsentrasi total Coliform yang telah melebihi batas kadar maksimum yaitu sebesar sebesar 10 MPN Index/100 ml air, sedangkan hasil di lapangan menunjukkan bahwa kadar konsentrasi total Coliform adalah sebesar  $\geq 1.600$  MPN Index/100 ml air yang artinya telah jauh melampaui baku mutu untuk perpipaan. Oleh karena itu disarankan untuk tidak dikonsumsi karena bakteri Coli dalam jumlah yang banyak dapat menimbulkan gangguan sistem pencernaan manusia.



# Bab 4

## KEBUTUHAN AIR DAN PEMANFAATAN AIRTANAH

### 4.1 Kebutuhan Air

**K**ebutuhan air yang dimaksud adalah kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, meliputi air bersih domestik non domestik, air irigasi baik pertanian maupun perikanan, dan air untuk kota. Air bersih digunakan untuk memenuhi kebutuhan air domestik dan keperluan air non domestik. Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air untuk keperluan rumah tangga di antaranya untuk minum, masak, mandi, dan mencuci. Kebutuhan domestik dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal berkaitan dengan kebiasaan individu dalam menggunakan air, sedangkan faktor eksternal merupakan faktor dari luar individu, seperti iklim, ekonomi, kondisi sosial budaya, lingkungan, dan tempat tinggal. Tingkat penggunaan air untuk pemenuhan kebutuhan domestik pada umumnya berbeda-beda setiap daerah karena dipengaruhi beberapa faktor seperti ketersediaan air, kualitas air, kondisi sosial,

dan waktu. Adapun keperluan air non domestik meliputi keperluan air untuk industri, pariwisata, tempat ibadah, tempat sosial, dan tempat umum lainnya (Kodoatie, 2005).

Sejalan dengan meningkatnya kemakmuran dan kesejahteraan penduduk kebutuhan air domestik terus meningkat dan diperkirakan kebutuhan air penduduk kota mencapai 200 L/orang/hari (Direktorat Bina Program, 1984 dalam Martopo, 1991). Sebelumnya Sutikno (1981) mengemukakan bahwa kebutuhan air domestik adalah air untuk penduduk secara individu, apartemen dan rumah-rumah. Air tersebut dimanfaatkan oleh penduduk untuk keperluan minum, mencuci, mandi, menyiram, pekarangan dan sanitasi. Menurut Hartanto (1990), air yang dapat digunakan untuk keperluan air minum harus memenuhi persyaratan sebagai berikut: a) jernih, tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa, b) tidak mengandung zat-zat berbahaya seperti garam, mineral dan logam berat, dan c) harus steril tidak mengandung kuman-kuman atau bakteri-bakteri penyakit seperti kolera dan tifus.

Kebutuhan air domestik dipengaruhi oleh kondisi rumah tangga pengguna air dan dalam penyediaan air bersih sarasannya adalah airtanah, sebab airtanah lebih luas dan mudah terdapatnya dari pada air permukaan dan kebanyakan airtanah tidak mengalami pencemaran (Simoen, 1985). Kebutuhan penduduk akan sumber air menjadi sangat nyata apabila dikaitkan dengan 4 (empat) hal, yaitu: penambahan penduduk, pertumbuhan pangan, peningkatan industrialisasi dan perlindungan ekosistem terhadap teknologi. Jumlah air di Bumi tetap, perubahannya hanya mengikuti siklus hidrologi yang berlangsung sepanjang masa. Kebutuhan air meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk (Soerjani dkk., 1987). Apabila air baku dalam kondisi baik, maka tidak diperlukan pengelolaan sama sekali. Apabila ada kontaminasi oleh kuman maka desinfeksi saja sudah cukup, tetapi apabila air baku sudah jelek kualitasnya, maka pengelolaannya

harus lengkap yaitu melalui proses koagulasi, filtrasi dan desinfeksi (Slamet, 2002).

Menurut Kamulyan (1996), Jenis-jenis sumber air baku untuk air bersih selain berasal dari air hujan dan air permukaan juga berasal dari airtanah. Airtanah terdapat pada lapisan akuifer yaitu lapisan tanah yang bersifat *porous* (berpori) sehingga air dapat masuk dan mengisi rongga-rongga antara butir-butir tanah. Jumlah air yang dapat terkandung dalam lapisan akuifer tergantung dari tebal lapisan akuifer dan porositasnya. Ketersediaan airtanah dipengaruhi oleh pengisian kembali airtanah yang berasal dari infiltrasi air hujan yang jatuh dari daerah setempat atau di daerah yang secara topografi lebih tinggi. Scanlon *et al.* (2002) menyatakan bahwa laju pengisian airtanah pada zona jenuh (*saturated zone*) membutuhkan waktu lebih lama daripada zona tidak jenuh (*unsaturated zone*). Oleh karena itu, ketersediaan airtanah tergantung kondisi hidroklimatologis, keadaan geologi dan keadaan permukaan lahan. Kualitas airtanah dipengaruhi oleh kondisi struktur geologi dalam tanah, sehingga airtanah sering membawa mineral-mineral tertentu seperti besi dan mangan terutama untuk airtanah dalam. Walaupun demikian secara umum kualitas airtanah biasanya dapat dikatakan sudah bersih, karena selama mengalir dalam tanah sudah menjalani proses pembersihan terutama adalah proses penyaringan oleh butir-butir tanah.

Kebutuhan akan air menjadi amat mutlak untuk dapat dipenuhi bagi keberlangsungan hidup manusia. Air sangat penting bagi kehidupan manusia karena tubuh manusia sebagian besar (73%) terdiri dari air (Azwar, 1996). Badan Standardisasi Nasional (2002b) menetapkan penggunaan air untuk kebutuhan domestik, dengan membedakan antara warga yang bertempat tinggal di wilayah kota dan desa. Penggunaan air untuk warga di wilayah kota ditetapkan sebanyak 120 L/orang/hari, sedangkan bagi warga di wilayah desa sebanyak 60 L/orang/hari. Wardhana

(2004) mengatakan bahwa kebutuhan air domestik rata-rata adalah sebesar 150 l/orang/hari. Adapun rata-rata kebutuhan air penduduk yang tinggal pada fluviomarin di Jakarta adalah 155 l/orang/hari pada musim kemarau dan 151 l/orang/hari pada musim hujan, adapun secara rinci disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rata-rata Kebutuhan Air Anggota Rumah Tangga untuk Memenuhi Berbagai Keperluan

Keperluan	Jumlah (l/orang/hari)	
	Kemarau	Hujan
Masak	3,00	3,00
Minum	2,50	2,50
Mencuci bahan makanan	2,50	2,50
Mencuci alat masak dan alat makan	10,00	10,00
Mandi dan sikat gigi	55,00	55,00
Wudhu	10,00	10,00
Mencuci pakaian	15,00	15,00
Membersihkan rumah	5,00	5,00
Mencuci kendaraan	8,00	8,00
Menyiram halaman	2,00	0,00
Berkebun	2,00	0,00
BAB dan BAK	20,00	20,00
Lainnya	20,00	20,00
Jumlah	155,00	151,00

Sumber : Setiawan, 2017

## 4.2 Pemanfaatan Airtanah

Pengambilan airtanah yang berlebihan berdampak pada penurunan muka airtanah. Penurunan muka airtanah ini ditunjukkan dengan adanya perubahan dari sungai *effluent* menjadi *influent* (Ahmad *et al.*, 2009). Pengambilan airtanah yang berlebihan di daerah pesisir berdampak pada penurunan muka airtanah dan intrusi air laut. Pengurangan tingkat pengambilan airtanah menjadi satu-satunya solusi yang paling relevan untuk mencegah intrusi. Peningkatan muka airtanah dilakukan dengan pembuatan lubang resapan untuk memasukkan aliran air permukaan dan buangan rumah tangga yang telah dikelola terlebih dahulu (Vandenbohede *et al.*, 2008).

Faktor-faktor yang memengaruhi jumlah kebutuhan air adalah iklim, ciri-ciri penduduk dan masalah lingkungan hidup. Kebutuhan air untuk seperti untuk masak, mandi, mencuci, dan menyiram taman akan lebih besar pada iklim yang hangat dan kering daripada di iklim yang lembab. Pada iklim yang sangat dingin, air mungkin diboroskan di keran-keran untuk mencegah bekunya pipa. Pemakaian air dipengaruhi oleh status ekonomi dari para langganan. Pemakaian per kapita di daerah-daerah miskin jauh lebih rendah daripada di daerah-daerah kaya. Meningkatnya perhatian masyarakat terhadap berlebihannya pemakaian sumber-sumber daya telah menyebabkan berkembangnya alat-alat yang dapat dipergunakan untuk mengurangi jumlah pemakaian air di daerah permukiman (Linsley dan Franzini, 1972).

Menurut Muta'ali (2012) jumlah kebutuhan air dipengaruhi oleh tingkat pendapatan pengguna air, jenis air yang digunakan, budaya dan kebiasaan yang berkembang. Jumlah kebutuhan air rumah tangga dipengaruhi oleh jenis sumber air (PAM, hidran, sumur) dan jenis pemakaian (MCK), jenis peralatan rumah tangga yang dimiliki (mesin cuci, kulkas, dispenser, pompa

air), penggunaan air di luar rumah (cuci kendaraan dan siram tanaman), tingkat pendapatan, dan jumlah anggota keluarga (liter/kapita/hari).

Nizam dan Kamulyan (2003) menyebutkan faktor-faktor yang memengaruhi kebutuhan air, yaitu: iklim, karakteristik daerah, ukuran kota, sistem sanitasi yang digunakan, sistem operasi dan pemeliharaan, tekanan air dalam pipa, kualitas air, penggunaan meter air, tingkat ekonomi masyarakat dan harga air. Secara umum kebutuhan air akan meningkat pada saat musim panas dan pada saat hujan berkurang. Pada daerah di mana variasi suhu cukup besar, maka kebutuhan air juga semakin meningkat. Jumlah kebutuhan air beragam tergantung dari karakteristik daerah yang dapat digolongkan menjadi daerah industri, komersial, atau permukiman. Kebutuhan air pada permukiman tingkat atas dengan kemampuan ekonomi yang cukup mapan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah permukiman dengan kemampuan ekonomi yang cukup rendah.

Nizam dan Kamulyan (2003) menambahkan bahwa kebutuhan air dapat ditinjau dari ukuran kota. Kota besar dengan fasilitas yang lebih beragam dan jumlah yang banyak tentunya akan lebih banyak membutuhkan air. Sistem sanitasi khususnya pembuangan air limbah setempat dengan sistem tangki septik dan peresapan setempat membutuhkan jumlah air yang lebih sedikit daripada sistem pembuangan yang terpusat dengan jaringan di kota. Sistem operasi pemberian air yang tidak kontinu sering menyebabkan meningkatnya jumlah kebutuhan air secara total tetapi tidak efektif digunakan. Meningkatnya tekanan air agar dapat terdistribusi merata, sering menyebabkan kehilangan air yang lebih besar melalui kebocoran atau kran yang dibiarkan terbuka. Air dengan kualitas rendah akan menyebabkan air tidak diminati oleh masyarakat. Penggunaan meter air diharapkan dapat mengontrol dan menekan penggunaan air, sedangkan harga air dapat dipergunakan untuk

menekan penggunaan air. Meningkatnya kemampuan ekonomi masyarakat akan meningkatkan kebutuhan air seiring dengan fasilitas yang dimiliki dan tuntutan hidup yang semakin tinggi.

Menurut Sudarmadji (1995), pemanfaatan airtanah sebagai sumber air bersih memberikan beberapa keuntungan dan kerugian. Keuntungan pemanfaatan airtanah, yaitu: 1) Variasi kualitas air dari waktu ke waktu relatif kecil; 2) Airtanah umumnya mempunyai kualitas yang baik, sehingga menyebabkan biaya pengolahan murah; 3) Tagihan dan luasan wilayah airtanah lebih besar jika dibandingkan dengan air permukaan, sehingga jaringan transmisi dengan pembiayaan yang mahal untuk mendistribusikan airtanah dapat dikurangi; 4) Lahan di atas akuifer yang mengandung airtanah masih dapat digunakan untuk industri, perumahan, pertanian dan rekreasi; dan 5) Akuifer mengandung airtanah dan menyimpan air dalam jumlah yang besar, sehingga tidak perlu dibuat waduk sebagai penyimpan air seperti yang dilakukan untuk air permukaan, lagi pula terhindar dari masalah evaporasi. Adapun kerugian pemanfaatan airtanah adalah sebagai berikut: 1) Airtanah yang diambil dari sumur mengandung konsentrasi ion-ion tertentu seperti Ca, Mg, Mn, dan Fe dalam jumlah yang cukup tinggi; 2) Dekomposisi anaerobik dari zat organik yang tertimbun dapat mencemari airtanah dengan menghasilkan gas-gas seperti metana, amonia, dan hidrogen sulfida; 3) Airtanah di daerah pantai dapat mengalami intrusi air asin; dan 4) Apabila akuifer airtanah sudah tercemar, maka sangat sukar atau hampir tidak mungkin untuk dibersihkan kembali.

Menurut Hastuti dan Wardiha (2011), bahwa tingginya eksploitasi airtanah dan tidak terkontrolnya pembangunan di kota-kota pesisir di Indonesia berdampak pada semakin luasnya genangan banjir, terjadinya erosi pesisir dan intrusi air laut yang menyebabkan terjadinya perubahan kualitas air permukaan dan airtanah. Air permukaan dan airtanah yang telah terintrusi

dan terkontaminasi limbah sudah tidak dapat lagi diolah secara tradisional untuk dapat diminum. Hal ini memerlukan biaya yang tinggi karena tingginya tingkat pencemaran pada sumber air, sehingga dibutuhkan penanganan khusus untuk dapat memperoleh air bersih yang siap diminum.

Pada cekungan airtanah Jakarta, resapan terjadi di daerah yang lebih tinggi (*upstream*) yang terletak di sebelah selatan di daerah Bogor dan Depok. Pengambilan airtanah lebih dominan terjadi di bagian tengah dan utara dari cekungan airtanah Jakarta, sedangkan zona transisi yang terletak di tengah terjadi pengisian dan pengambilan airtanah secara lokal (Lubis *et al.*, 2008).

Penurunan muka airtanah di Jakarta juga diikuti penurunan muka tanah. Menurut Abidin *et al* (2015) di Jakarta selama kurun waktu 1974 hingga 2010 terjadi penurunan muka tanah baik secara spasial maupun temporal yang berkisar antara 3cm/tahun - 10cm/tahun dengan rata-rata 6,5cm/tahun. Selain itu, laju kenaikan muka air laut mencapai 2,8mm/tahun - 3,6mm/tahun dengan rata-rata 3,2mm/tahun dalam waktu 1993 - 2010 (IPCC, 2013). Oleh karena itu di Jakarta selain menghadapi permasalahan penurunan muka tanah juga kenaikan muka air laut secara global.

# Bab 5

## AIRTANAH SEBAGAI BAGIAN DARI DAYA DUKUNG LINGKUNGAN

**D**aya dukung lingkungan adalah kemampuan lingkungan untuk menopang keberlangsungan hidup organisme-organisme yang tinggal di dalamnya, baik itu manusia maupun makhluk hidup lainnya. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 tahun 2009 pasal 1, daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lain. Penentuan daya dukung lingkungan hidup dilakukan berdasarkan tiga pendekatan, salah satunya dengan pendekatan perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air.

Daya dukung lingkungan juga melibatkan keseimbangan ekosistem, yaitu interaksi antara organisme dan lingkungan yang saling mempengaruhi satu sama lain. Termasuk juga kemampuan lingkungan untuk menyerap limbah dan mengatasi polusi. Dalam hal ini, daya dukung lingkungan bergantung pada keberadaan spesies yang hidup dalam suatu lingkungan, dan kemampuan

lingkungan untuk menyediakan makanan, air, dan tempat tinggal yang cukup untuk semua organisme tersebut. Penting bagi manusia untuk memahami dan memperhatikan daya dukung lingkungan dalam kegiatan dan kehidupan sehari-hari agar tidak merusak lingkungan secara berlebihan dan mempertahankan keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya di bumi.

### **5.1 Ketersediaan (kuantitas) airtanah sebagai daya dukung lingkungan**

Air tanah memiliki peran penting dalam daya dukung lingkungan, yaitu sebagai sumber air yang penting, terutama di daerah yang memiliki ketersediaan air permukaan yang terbatas. Ketersediaan air tanah yang memadai dapat mendukung berbagai aktivitas manusia dan ekosistem secara keseluruhan. Ketersediaan air tanah memiliki hubungan yang erat dengan daya dukung lingkungan karena air tanah merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya di lingkungan. Air tanah digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti air minum, irigasi pertanian, dan kebutuhan industri, serta menjadi sumber air bagi hewan dan tumbuhan di lingkungan.

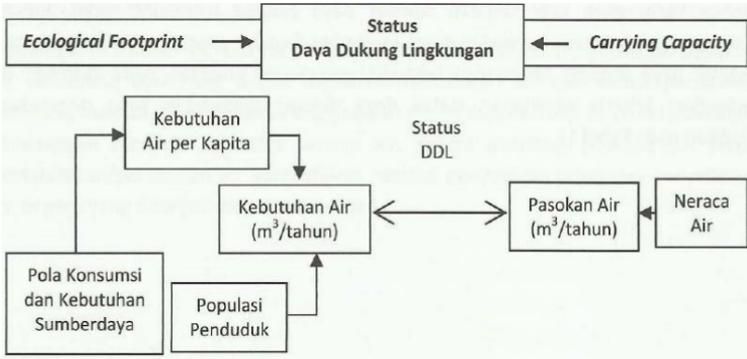
Kondisi lingkungan yang rusak karena kurangnya ketersediaan air tanah dapat berdampak negatif pada keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Ketersediaan air tanah yang buruk dapat menyebabkan kerusakan pada ekosistem dan menurunkan produktivitas pertanian, yang pada gilirannya dapat berdampak pada kesehatan dan kesejahteraan manusia. Dalam hal ini, menjaga ketersediaan air tanah yang baik dan memperhatikan daya dukung lingkungan sangat penting untuk memastikan keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya di lingkungan.

Ketersediaan air tanah yang baik dan aman untuk dikonsumsi sangat penting untuk menjaga kesehatan dan kesejahteraan masyarakat perkotaan. Namun, pengambilan air tanah yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan kualitas dan jumlah air tanah yang tersedia, serta kerusakan lingkungan. Air tanah memang merupakan sumber daya alam yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat terutama di perkotaan. Di perkotaan seperti Jakarta, air tanah digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi rumah tangga, industri, dan komersial, serta menjadi sumber air bagi taman dan lahan hijau di kota. Namun, ketidakseimbangan antara permintaan dan pasokan air tanah dapat menyebabkan penurunan kualitas air, penurunan jumlah air yang tersedia, dan kerusakan lingkungan.

Perhitungan neraca kapasitas ketersediaan airtanah suatu wilayah merupakan suatu cara untuk mengetahui daya dukung lingkungan. Neraca kapasitas ini sangat bergantung pada kemampuan untuk mempertahankan dan menjaga siklus hidrologi berfungsi dengan baik. Pengambilan airtanah yang tidak terkendali dapat menyebabkan pasokan air berkurang karena pemakaian air yang tidak efisien seperti pemanfaatan oleh pertanian, domestik, industri, dan lain-lain. Analisis daya dukung lingkungan berbasis neraca air (DDL-air) membandingkan kondisi ketersediaan air suatu wilayah dengan kebutuhan yang ada. Hasil dari perbandingan keduanya menentukan status kondisi ketersediaan airtanah suatu wilayah.

Tiga pendekatan berbeda dapat digunakan untuk menganalisis DDL-airtanah: status daya dukung lingkungan berbasis neraca airtanah; sumber daya iklim untuk pertanian (agroklimat); dan potensi suplai air. Status Daya Dukung Lingkungan Berbasis Neraca Air: Konsep ini membandingkan ketersediaan air hujan (nilai CH andalan) dengan tapak air untuk menilai status DDL-airtanah. Kriteria status DDL-airtanah ditunjukkan dengan rasio supply/demand dan surplus-defisit neraca airtanah. Gambar 5.1

menunjukkan pendekatan analisis daya dukung lingkungan yang bergantung pada neraca air, dan Tabel 5.1 menunjukkan kriteria penetapan status daya dukung lingkungan yang disarankan.



Gambar 5.1 Pendekatan Analisis Daya Dukung Lingkungan Berbasis Neraca Air

Tabel 5.1 Kriteria Penetapan Status DDL-air

Kriteria	Status DDL-air
Rasio $supply/demand > 2$	Daya dukung lingkungan aman ( <i>sustain</i> )
Rasio $supply/demand 1 \sim 2$	Daya dukung lingkungan aman bersyarat ( <i>conditional sustain</i> )
Rasio $supply/demand < 2$	Daya dukung lingkungan aman terlampaui ( <i>overshoot</i> )

Pengambilan air tanah yang berlebihan dapat mengurangi kemampuan lingkungan untuk menyediakan sumber daya air yang cukup untuk kehidupan organisme di dalamnya. Oleh karena itu, penting untuk menjaga keseimbangan antara permintaan dan pasokan air tanah di perkotaan dengan memperhatikan daya dukung lingkungan. Hal ini dapat dilakukan dengan membatasi pengambilan air tanah secara berlebihan, meningkatkan efisiensi penggunaan air, dan mengembangkan teknologi pengolahan air

yang ramah lingkungan. Selain itu, upaya-upaya konservasi air tanah seperti penghijauan, penanaman pohon, dan pembangunan waduk juga dapat membantu menjaga ketersediaan air tanah dan memperkuat daya dukung lingkungan di perkotaan.

Faktor-faktor berikut memengaruhi penurunan ketersediaan air tanah:

1. Curah hujan

Jika curah hujan tinggi di suatu tempat, ketersediaan air tanah lebih tinggi, begitu pula sebaliknya.

2. Morfologi lokasi, atau kemiringan lereng

Daerah dengan kemiringan tinggi akan memiliki sedikit air tanah karena air selalu mengalir ke tempat yang lebih rendah.

3. Vegetasi

Jumlah air tanah yang tersedia di sebuah daerah dipengaruhi oleh berapa banyak tumbuhan di sana. Daerah dengan banyak pohon akan memiliki banyak air tanah.

4. Jenis batuan dan tanah

Air hujan akan diserap oleh tanah dan mengalir melalui celah batuan di dalam tanah, membentuk aliran sungai bawah tanah yang menyebabkan pembentukan air tanah.

Kondisi lingkungan yang rusak karena kurangnya ketersediaan air tanah dapat menyebabkan dampak negatif pada kesehatan masyarakat, kualitas lingkungan, dan produktivitas pertanian. Selain itu, kerusakan lingkungan juga dapat mempengaruhi kelestarian habitat alami dan keanekaragaman hayati di sekitar perkotaan. Untuk menjaga daya dukung lingkungan di perkotaan, penting untuk mempertahankan ketersediaan air tanah yang cukup dan berkualitas baik dengan memperhatikan keberlanjutan pengambilan air tanah dan upaya-upaya konservasi

air. Upaya pengelolaan sumber daya air yang baik dan efektif, termasuk mengembangkan sistem pengolahan air limbah dan mempromosikan penggunaan air bersih secara efisien, juga dapat membantu meningkatkan daya dukung lingkungan di perkotaan.

Selain itu, masyarakat juga dapat berperan aktif dalam menjaga daya dukung lingkungan dengan mengurangi penggunaan air tanah secara berlebihan, membuang limbah secara tepat, dan mendukung program-program konservasi air dan lingkungan di perkotaan. Lingkungan yang padat di Jakarta memiliki kaitan erat dengan menurunnya ketersediaan air tanah. Kepadatan penduduk di perkotaan menyebabkan permintaan air yang semakin meningkat, baik untuk kebutuhan domestik, industri, maupun pertanian. Selain itu, pertumbuhan Kota Jakarta yang pesat seringkali tidak diimbangi dengan upaya pengelolaan sumber daya air yang baik dan efektif.

## **5.2 Dampak penurunan kualitas airtanah dalam daya dukung lingkungan**

Kualitas air tanah merupakan salah satu aspek penting dari daya dukung lingkungan. Air tanah yang berkualitas baik sangat penting untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat, hewan, dan tumbuhan di lingkungan sekitar. Daya dukung lingkungan yang baik terkait dengan kualitas air tanah meliputi beberapa hal, di antaranya adalah:

- Kesehatan manusia: Air tanah yang terkontaminasi dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti diare, tifus, kolera, dan penyakit kulit. Oleh karena itu, kualitas air tanah yang baik sangat penting untuk menjaga kesehatan manusia.
- Kualitas lingkungan: Air tanah yang tercemar dapat merusak lingkungan di sekitarnya, misalnya dengan membunuh tumbuhan atau hewan, mengurangi kualitas tanah, dan merusak ekosistem yang ada.

- Pertanian: Air tanah yang berkualitas baik sangat penting untuk pertanian, karena tanaman memerlukan air yang bersih dan sehat untuk tumbuh dan berkembang. Air tanah yang tercemar dapat merusak pertanian, mengurangi produktivitas, dan menyebabkan kerugian ekonomi.

### **Intrusi Airlaut**

Wilayah perkotaan yang ada di pesisir sangat rentan terhadap menurunnya daya dukung lingkungan terutama terhadap ketersediaan airtanah yang terganggu oleh intrusi airlaut. Wilayah perkotaan yang ada di pesisir cenderung memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga memerlukan pasokan air yang cukup untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, seperti air minum, irigasi, dan industri. Namun, ketersediaan airtanah di wilayah perkotaan pesisir cenderung terbatas dan rentan terhadap intrusi airlaut.

Air tanah yang terintrusi oleh air laut dapat menyebabkan penurunan kualitas air tanah yang diukur dengan parameter-parameter kimia seperti kadar garam, logam berat, dan bahan kimia beracun lainnya. Sehingga, tidak lagi dapat digunakan sebagai sumber air yang layak bagi masyarakat. Intrusi air laut pada air tanah dapat menyebabkan penurunan kualitas air tanah dan berdampak pada menurunnya daya dukung lingkungan terutama di wilayah pesisir. Intrusi air laut terjadi ketika air laut masuk ke dalam zona air tanah, baik karena penurunan permukaan air tanah akibat pengambilan air yang berlebihan. Selain itu, wilayah perkotaan pesisir juga seringkali terkena dampak dari perubahan iklim, seperti naiknya permukaan air laut dan cuaca ekstrem, yang dapat memperburuk kondisi ketersediaan airtanah. Hal ini dapat mengancam kelangsungan hidup masyarakat di wilayah tersebut serta mengurangi daya dukung lingkungan secara keseluruhan.

Beberapa dampak negatif intrusi air laut pada air tanah antara lain:

- Menurunnya produktivitas pertanian: Air tanah yang terintrusi air laut tidak cocok untuk pertanian karena memiliki kadar garam yang tinggi. Hal ini menyebabkan menurunnya produktivitas pertanian dan dapat menyebabkan kerugian ekonomi bagi masyarakat di wilayah pesisir.
- Penurunan kualitas air minum: Air tanah yang terintrusi air laut tidak dapat digunakan sebagai air minum karena rasanya yang asin dan berbahaya bagi kesehatan manusia.
- Kerusakan ekosistem: Intrusi air laut pada air tanah juga dapat merusak ekosistem di sekitarnya.

Untuk menjaga daya dukung lingkungan terutama di wilayah pesisir, perlu dilakukan upaya-upaya untuk mengurangi intrusi air laut pada air tanah. Beberapa upaya tersebut meliputi pengelolaan sumber daya air yang baik dan efektif, pengembangan teknologi pengolahan air yang ramah lingkungan, serta pengurangan pengambilan air tanah dan peningkatan penggunaan sumber daya air alternatif yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, upaya-upaya konservasi dan rehabilitasi ekosistem di wilayah pesisir juga dapat membantu mempertahankan daya dukung lingkungan di wilayah tersebut.

Perlu dilakukan upaya-upaya untuk mengurangi intrusi air laut pada airtanah, seperti pengelolaan sumber daya air yang baik dan efektif, pengembangan teknologi pengolahan air yang ramah lingkungan, serta pengurangan pengambilan air tanah dan peningkatan penggunaan sumber daya air alternatif yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, pemerintah juga perlu meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan dan konservasi sumber daya air agar dapat mempertahankan daya dukung lingkungan yang ada di wilayah perkotaan pesisir.

### ***Land Subsidence***

*Land subsidence* adalah kondisi turunnya permukaan tanah secara perlahan-lahan akibat penurunan volume atau kepadatan tanah di bawah permukaan tanah. Penyebab *land subsidence* dapat bervariasi, namun pengambilan airtanah yang berlebihan merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya *land subsidence* di daerah-daerah tertentu.

Kaitannya dengan pengambilan airtanah yang berlebihan, hal ini terjadi karena airtanah merupakan sumber air yang sangat penting bagi kehidupan manusia, terutama di daerah-daerah perkotaan. Namun, ketika airtanah diambil secara berlebihan tanpa pengisian kembali yang memadai, maka akan terjadi penurunan volume atau kepadatan tanah di bawah permukaan tanah yang berujung pada terjadinya *land subsidence*.

Permasalahan *land subsidence* yang disebabkan oleh pengambilan airtanah yang berlebihan dapat berdampak buruk pada daya dukung lingkungan. Kondisi ini dapat menyebabkan kerusakan pada infrastruktur, seperti jalan dan bangunan, serta merusak lingkungan hidup dan mempengaruhi kesehatan masyarakat. *Land subsidence* juga dapat memicu terjadinya intrusi airlaut pada airtanah, yang akan menurunkan kualitas airtanah dan berdampak buruk pada ekosistem lingkungan.

Jakarta adalah salah satu contoh kasus di Indonesia yang mengalami *land subsidence* akibat pengambilan airtanah yang berlebihan. Jakarta terletak di wilayah pesisir utara Pulau Jawa dan memiliki sumber daya air yang terbatas, sehingga masyarakat setempat mengandalkan air tanah sebagai sumber air utama. Pengambilan air tanah yang berlebihan tanpa pengisian kembali yang memadai mengakibatkan terjadinya *land subsidence* di Jakarta. Kondisi ini semakin diperparah dengan kondisi tanah yang lunak dan rawan erosi di daerah tersebut. Seiring waktu, lahan yang mengalami *subsidence* semakin menurun hingga akhirnya

tenggelam di bawah permukaan laut.

Kondisi ini berdampak buruk bagi masyarakat Jakarta, terutama bagi nelayan. Karena tanah yang awalnya subur dan produktif menjadi tidak dapat ditanami lagi akibat tergenang air laut. Selain itu, juga menimbulkan kerusakan pada infrastruktur seperti jalan dan bangunan di sekitar wilayah yang tenggelam.



Gambar 5.2 Ilustrasi artificial intelengent tentang tenggelamnya Jakarta akibat *land subsidence* (sumber : *bing image creator*)

# Bab 6

## PENGELOLAAN AIRTANAH, PENDIDIKAN, DAN NILAI KEMANUSIAAN DALAM AIR

### 6.1 Pengelolaan Airtanah

Pengelolaan airtanah adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, mengevaluasi penyelenggaraan konservasi airtanah, pendayagunaan airtanah, dan pengendalian daya rusak airtanah yang berlandaskan pada strategi pelaksanaan pengelolaan airtanah dengan keseimbangan antara upaya konservasi dan pendayagunaan airtanah (PP No. 43 Tahun 2008). Berdasarkan sudut pandang ekonomi pengelolaan air bawah tanah (*groundwater*) merupakan sumberdaya yang bersifat *common property* dalam bentuknya yang paling asli (*the purest common pool problem*). Hal ini disebabkan karena pada saat sumberdaya tersebut tidak dimiliki dengan jelas, ia akan menjadi *common pool* di mana setiap pengguna sumberdaya air meyakini bahwa ekstraksi yang dilakukannya tidak akan memengaruhi stok sumberdaya air, sehingga deplesi dari sumberdaya air dinilai tanpa harga (*zero price*). Namun demikian, jika tidak diatur, ekstraksi akan terlalu

besar sehingga menyebabkan ketersediaan air menurun dan menyebabkan biaya yang terlalu besar (Fauzi, 2006).

Neher (1990) menyatakan bahwa deplesi sumberdaya airtanah menyebabkan dampak ekonomi dalam tiga hal. Pertama, sumberdaya air dapat menjadi langka (*extinct*) melalui pemanfaatan yang berlebihan (*overuse*) yang dapat berakibat pada biaya ekonomi yang sangat mahal. Kedua, air bawah tanah dapat dijadikan cadangan pada saat curah hujan menurun akibat musim kemarau. Jika cadangan ini habis karena ter-depleksi, maka akan menyebabkan bencana yang menimbulkan biaya ekonomi yang sangat mahal. Ketiga, ketika ketersediaan air dalam tanah habis, biaya ekstraksi akan meningkat. Pada pengelolaan yang tidak terkendali, biaya pengelolaan sumber daya air akan menjadi sangat mahal. Oleh karena itu salah satu tujuan utama dari pengelolaan sumber daya air bawah tanah adalah untuk mengendalikan biaya tersebut.

Pendayagunaan airtanah adalah upaya penatagunaan, penyediaan, penggunaan, pengembangan, dan pengusahaan airtanah secara optimal agar berhasil guna dan berdayaguna dengan mengutamakan pemanfaatan airtanah pada pemenuhan kebutuhan pokok sehari-hari masyarakat secara adil dan berkelanjutan. Pendayagunaan sumber daya airtanah dilakukan dengan mengutamakan fungsi sosial untuk mewujudkan keadilan dengan memperhatikan prinsip pemanfaatan air membayar biaya jasa pengelolaan sumberdaya air dan dengan melibatkan peran serta masyarakat. Prinsip pemanfaatan membayar biaya jasa pengelolaan adalah penerima manfaat ikut menanggung biaya pengelolaan sumberdaya air baik secara langsung maupun tidak langsung. Ketentuan ini tidak diberlakukan kepada pengguna air untuk pemenuhan kebutuhan pokok sehari-hari dan pertanian rakyat (Kodoatie dan Sjarief, 2008).

Pengelolaan sumberdaya air sangat penting untuk menjaga kualitas dan kuantitas airtanah secara adil dan berkelanjutan. Data

pemanfaatan airtanah menunjukkan bahwa 80% kebutuhan air bersih masyarakat perkotaan dan pedesaan berasal dari airtanah. Peningkatan jumlah penduduk yang semakin pesat menyebabkan kebutuhan akan air bersih turut meningkat. Peningkatan akan kebutuhan air bersih ini akan merubah nilai dari sumberdaya airtanah yang sebelumnya merupakan barang bebas (*free good*) menjadi barang yang bernilai ekonomi (*economic good*) dan diperdagangkan seperti komoditi lain. Nilai strategis sumberdaya air bawah tanah akan semakin besar sejalan dengan meningkatnya Jumlah penduduk yang di ikuti dengan meningkatnya pembangunan pemukiman, bangunan publik, perhotelan, industri makanan, minuman, obat-obatan, dan industri lainnya yang memerlukan air sebagai bahan baku dan proses (Kodoatie dan Sjarief, 2008).

## **6.2 Pendidikan Air dan Nilai Kemanusiaan dalam Air**

Krisis kekurangan persediaan air bersih dan buruknya sanitasi menjadi isu global. Guna mengantisipasi dampak yang semakin buruk dari krisis tersebut, maka beberapa negara di dunia pada tahun 2000 di Johannesburg, Afrika Selatan menyepakati adanya *Millenium Development Goals* (MDGs) yang berisi tentang pengentasan krisis air. Ada tiga masalah utama yang berkaitan dengan sumberdaya air, yaitu: 1) Air yang berlebihan dapat menimbulkan bencana, seperti: banjir dan tanah longsor; 2) Kekurangan air dapat menyebabkan kekeringan; dan 3) Masalah yang berkaitan dengan kualitas air, seperti pencemaran dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan.

Air merupakan sumberdaya alam yang terbatas dan sanitasi yang penting untuk kesehatan. Oleh karena itu, masyarakat diharapkan dapat menggunakan air secara efisien dan berperan aktif dalam memelihara sanitasi lingkungan. Peningkatan kesadaran masyarakat untuk mengelola sumberdaya air dengan bijaksana

dan memelihara sanitasi lingkungan salah satunya dapat dilakukan melalui pendidikan. Pendidikan dapat menjadi salah satu alternatif dalam usaha peningkatan kesadaran dalam penggunaan dan pengelolaan sumberdaya air. Melalui pendidikan juga diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan, sikap, dan perilaku masyarakat untuk dapat bersikap secara arif dan bijaksana untuk mengatasi berbagai permasalahan dan pengelolaan sumberdaya air.

Pengembangan konsep dan nilai pendidikan air dan sanitasi berbasis nilai (*values based water and sanitation education*) telah dikembangkan oleh The United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat) di negara-negara Afrika Selatan pada tahun 2001 yang selanjutnya ditindaklanjuti oleh negara-negara di Asia Tenggara melalui kerjasama *SEAMEO-UN-HABITAT* untuk mengembangkan program pembelajaran air dan sanitasi berbasis nilai bagi sekolah-sekolah yang ada di negara Asia Tenggara.

Menurut UN-Habitat ada tiga definisi tentang pendidikan air dan sanitasi berbasis nilai, yaitu:

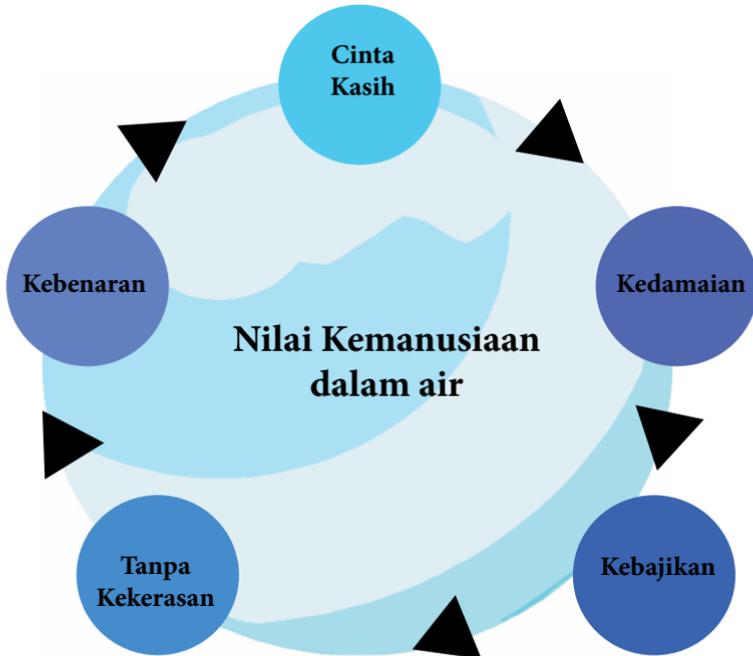
1. Suatu proses di mana siswa memperoleh kesadaran dan pengetahuan akan pentingnya lingkungan hidup di sekitarnya. Keterampilan, nilai, dan pengalaman akan mendorong mereka untuk bertindak secara individual maupun secara berkelompok dalam memecahkan segala permasalahan baik kini maupun di masa yang akan datang terkait masalah-masalah manajemen air dan sanitasi.
2. Suatu proses pembelajaran yang dapat meningkatkan pengetahuan dan kesadaran manusia terhadap pengelolaan air dan sanitasi serta tantangan yang terkait sehingga dapat mengembangkan keterampilan atau keahlian, sikap, motivasi dan komitmen yang diperlukan dalam menangani tantangan tersebut.
3. Pendidikan air dan sanitasi berbasis nilai merupakan pembelajaran komprehensif yang dilakukan seumur hidup, merupakan jawaban terhadap tantangan perubahan dunia.

Hal ini untuk menyiapkan individu untuk memahami permasalahan yang terkait dengan air dan sanitasi dan menyediakan individu yang memiliki keterampilan dan sikap produktif untuk memperbaiki dan melindungi lingkungan hidup sesuai dengan nilai-nilai etika.

Pada setiap makhluk hidup terdapat air dengan berbagai proporsi untuk keberlangsungan kehidupannya, sehingga nilai-nilai kemanusiaan dalam air perlu diterapkan dalam kehidupan. Nilai-nilai kemanusiaan merupakan elemen penting dalam kehidupan yang diinginkan, dihormati dan disetujui secara universal. Nilai-nilai kemanusiaan melekat pada semua orang dan dapat ditemukan dalam berbagai tingkatan di masyarakat. Nilai-nilai kemanusiaan perlu ditanamkan pada setiap orang sehingga menghasilkan orang-orang yang peduli dan bertanggungjawab serta mampu meletakkan dasar untuk pengembangan karakter generasi di masa mendatang. Dengan menanamkan nilai-nilai kemanusiaan dalam air diharapkan baik secara individu maupun kolektif mendapatkan kesadaran tentang lingkungan dalam penggunaan air, sanitasi dan kebersihan yang bijaksana dan berkelanjutan.

Menurut UN-Habitat, terdapat 5 nilai kemanusiaan dalam air, yaitu: cinta kasih, kebajikan, kedamaian, kebenaran, dan tanpa kekerasan. Nilai cinta kasih dapat dipahami karena semua makhluk terdapat air. Oleh karena itu kita mesti mencintai orang lain (75% terdiri dari air), hewan (75% terdiri dari air), tumbuhan (60% terdiri dari air) sebagaimana kita mencintai diri kita sendiri (75% terdiri dari air). Rasa cinta kasih terhadap air menjadi meluas dan universal, sehingga dapat terwujud peran masing-masing dalam menjaga lingkungan. Nilai kebajikan muncul dari pengamalan cinta kasih yang diwujudkan dalam tindakan nyata (Gambar 6.1). Hal ini nampak di antaranya, pada sikap tidak boros air, tidak mencemari badan air, dan mau berbagi air dengan sesamanya.

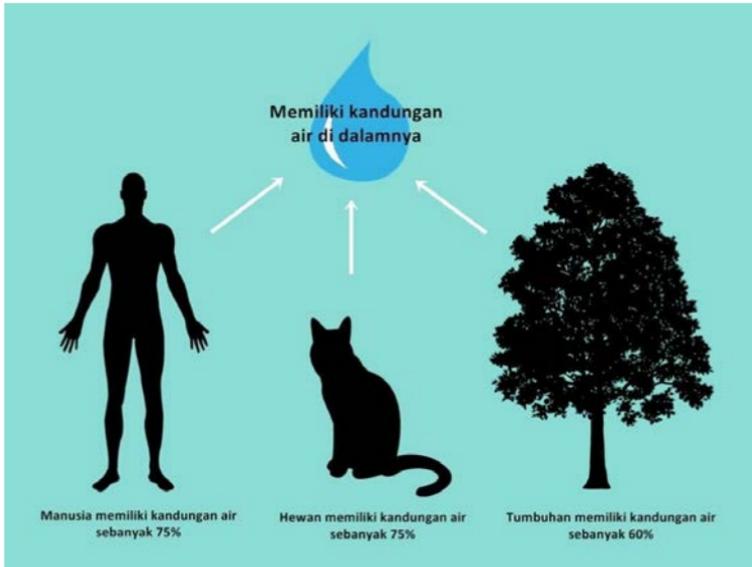
Nilai kedamaian akan muncul ketika semua kebutuhan air dapat terpenuhi dengan baik. Orang yang kehilangan 10% air dalam tubuhnya akan merasa haus, sedangkan manusia yang kehilangan lebih besar dari 10% air dalam tubuhnya akan dehidrasi. Seseorang



Gambar 6.1 Nilai Kemanusiaan dalam Air.

yang haus dan dehidrasi tidak dapat merasakan kedamaian. Nilai kebenaran muncul sebagai bentuk pemahaman akan semua makhluk yang di dalamnya terdapat air beserta dengan dunia dan seisinya tentu ada yang menciptakan. (Gambar 6.2)

Pengakuan akan kemahakuasaan Tuhan sebagai sebuah kebenaran hakiki semakin dapat dipahami. Nilai tanpa kekerasan yang dimaksud berkaitan dengan berbagai masalah air di sekitar kita akhir-akhir ini. Dengan kelangkaan dan pencemaran air, maka



Gambar 6.2 Memiliki Kesamaan Adanya Kandungan Air pada Manusia, Binatang dan Tumbuhan

kita tidak boleh dengan kekerasan dalam memecahkan masalah tersebut. Hanya dengan cinta kasih dan kedamaian kita dapat memperoleh solusi yang tepat untuk berbagi. Saling membantu dan melayani membawa kita pada nilai kebajikan. Melalui cinta kasih kita dapat memahami nilai kebenaran. (Tabel 6.1)

Tabel 6.1 Beberapa contoh penjabaran dari nilai-nilai kemanusiaan dalam air

Kebenaran	Kebajikan	Kedamaian	Cinta Kasih	Tanpa Kekerasan
Persamaan	Keberanian	Tenang	Peduli	Apresiasi terhadap yang lain

<b>Kebenaran</b>	<b>Kebajikan</b>	<b>Kedamaian</b>	<b>Cinta Kasih</b>	<b>Tanpa Kekerasan</b>
Kejujuran	Keteguhan	Konsentrasi	Belas kasihan	Persaudaraan
Integritas	Berterima kasih	Kepuasan	Kesetiaan	Kepedulian terhadap semua kehidupan
Intuisi	Kesantunan	Kebahagiaan	Pengampunan	Persamaan
Pengetahuan	Kepemimpinan	Kerendahan hati	Kemurahan hati	Rasa persahabatan
Analisis diri	Ketaatan	Penerimaan diri	Mau menolong	Keadilan sosial
Kesadaran diri	Kesabaran	Percaya diri	Kebaikan	Kesatuan
Pengetahuan diri	Ketekunan	Kontrol diri	Sabar	Keengganan untuk menyakiti

# Daftar Pustaka

- Abidin, H.Z., Andreas, H., Gumilar, I., Fukuda, Y., Pohan, Y.E. and Deguchi, T., 2011, Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and Its Relation with Urban Development, *Nat Hazard, Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 59, pp. 1753-1771.
- Ahmad, Z., Kausar, R. and Ahmad, I., 2009, Implications of Depletion of Groundwater Levels in Three Layered Aquifers and Its Management to Optimize the Supply Demand in the Urban Settlement Near Kahota Industrial Triangle Area, Islamabad, Pakistan, *Environ Monit Assess, Springer Science + Business Media (2009)*, 166, pp. 41-55.
- Ako, A.A., Shimada, J. and Hosono, T., 2012, Spring Water Quality and Usability in the Mount Cameroon Area Revealed by Hydrogeochemistry. *Environ Geochem Health, Springer Science+Business Media (2012)*, 34, pp. 615-639.
- Asdak, C., 2007, *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*, Cetakan Keempat, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Azwar, S., 1998, *Metode Penelitian*, Edisi I, Cetakan Pertama, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

- Badan Standardisasi Nasional, 2002a, *Tata Cara Perencanaan Tangki Septik dengan Sistem Resapan*, SNI : 03-2398-2002, BSN, Cibinong.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002b, *Penyusunan Neraca Sumberdaya-Bagian 1: Sumber Daya Air Spasial*, SNI : 19-6728.1-2002, BSN, Cibinong.
- Bakari, S.S., Aagaard, P, Vogt, R.D., Ruden, F., Johansen, I. and Vuai S.A., 2011, Delineation of Groundwater Provenance in A Coastal Aquifer Using Statistical and Isotopic Methods, Southeast Tanzania. *Environ Earth Sci, Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 66, pp. 889-902.
- Bouwer, H., 1978, *Groundwater Hydrology*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Chow, V.T., 1964, *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Cole, G.A. 1988. *Textbook of Limnology*. Third Edition. Waveland Press, Inc., Illinois, USA.
- Darmono, 1995, *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, UI Press, Jakarta.
- Darmono, 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI Press. Jakarta.
- Dingman, S.L. (1994) *Physical Hydrology*. Macmillan College Publishing Company, New York, 575.
- Djijono. 2002. *Intrusi Air Laut Pada Air Tanah Dangkal di Wilayah DKI Jakarta*. IPB University. Bogor.
- Eckenfelder, W.W., 1989, *Industrial Water Pollution Control*, Second Edition, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*, Penerbit PT Kanisius, Yogyakarta.

- Fauzi, A., 2006, *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Febrina, L. dan Ayuna, A., 2014, Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik, *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 7 (1), hal. 35-44.
- Foster, S. Dan R. Hirata, 1988, *Groundwater Pollution Risk Assessment: A Methodology Using Available Data*, PAN American Center for Sanitary Engineering and Environmental Science (CEPIS), Lima, Peru.
- Hanslmeier, A. (2010). *Water in the Universe*. Astrophysics and Space Science Library. Springer Netherlands.
- Hartanto, 1990, *Menjernihkan Air*, Angkasa, Bandung.
- Hastuti, E. and Wardiha, M.W., 2012, A Study of Brackish Water Membrane With Ultrafiltration Pretreatment in Indonesia's Coastal Area, *Journal of Urban Environment Engineering*, 6, (1), pp. 10-17.
- Heath, R. C., 1987, *Basic Groundwater Hydrology*, USGS, USA.
- Jusseret, S., Tam, V.T. and Dassargues, A., 2009, Groundwaterflow Modelling in the Central Zone of Hanoi, Vietnam, *Hydrogeology Journal*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 17, pp. 915-934.
- Kamulyan, B., 1996, *Bahan Kuliah Teknik Penyehatan*, Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kodoatie, R.J., 2005, *Pengantar Manajemen Infrastruktur*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Kodoatie, R.J., dan Sjarief, R., 2008, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

- Kruseman, G.P. and de Ridder, N.A., 1970. *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*, Intern. Inst. Land Reclamation and Improvement Bull. II, Wageningen, The Netherlands.
- Linsley, R.K. and Franzini, J.B., 1972, *Water-Resources Engineering*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Lubis, R.F., Sakura, Y., and Delinom, R., 2008, Groundwater Recharge and Discharge Processes in the Jakarta Groundwater Basin, Indonesia. *Hydrogeology Journal*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 16, pp. 927-938.
- Martopo, S., 1991, Keseimbangan Ketersediaan Air di Pulau Bali. *Laporan Penelitian*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- McNeely, R. N., Nelmanis, V. P., and Dwyer, L., 1979. *Water Quality Source Book, A Guide to Water Quality Parameter*. Inland Waters Directorate Water Quality Branch, Ottawa, Canada.
- Muta'ali, L., 2012, *Daya Dukung Lingkungan Untuk Perencanaan Pengembangan Wilayah*, Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPF) UGM, Yogyakarta.
- Neher, P., 1990, *Natural Resources Economics: Conservation and Exploitation*, Cambridge University Press. Cambridge.
- Nizam dan Kamulyan, B., 2003, *Kebutuhan Air, Bahan Kuliah*, Magister Pengelolaan Sumberdaya Air, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Notodarmojo, S., 2005, *Pencemaran Tanah dan Air*, Penerbit ITB, Bandung.
- Pinder, G. F. and Celia, M. A., 2006, *Subsurface Hydrology*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Putra, D.P.E., 2007, the Impact of Urbanization on Groundwater Quality, a Case Study in Yogyakarta City–Indonesia, *Dissertation*, Rheinisch – Westfalische Technische

- Hochschule Aachen (RWTH), Jerman.
- Rao, C.S., 1992, *Environmental Pollution Control Engineering*, Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Sandy, I.M., 1987, *Iklim Regional Indonesia*, Jurusan Geografi Fakultas MIPA Universitas Indonesia, Jakarta.
- Scanlon, B.R., Healy, R.W., and Cook, P.G., 2002, Choosing Appropriate Techniques for Quantifying Groundwater Recharge, *Hydrogeology Journal*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 10, pp. 18-39.
- Shaw, E.M., 1988, *Hidrology in Practice*, Van Nostrand Reinhold, London.
- Simoen, S., 1985, *Peranan Studi Air Tanah dalam Pengembangan Wilayah*, Pidato Pengukuhan Jabatan Lektor Kepala Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Slamet, J.S., 2002, *Kesehatan Lingkungan*, Cetakan Kelima, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Soerjani, M., Ahmad, R., dan Munir, R. (Eds), 1987, *Lingkungan: Sumberdaya Alam dan Kependudukan dalam Pembangunan*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K., 1977, *Hidrologi untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sudarmadji, 1991, Agihan Geografi Sifat Kimiawi Airtanah Bebas di Kotamadya Yogyakarta, *Disertasi*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Sutikno, 1981, Pattern of Water Resources Utilization for Domestic Purpose on Serayu River Basin, *Disertasi*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Tjokrokusumo, 1998, *Pengantar Engineering Lingkungan*, Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, Yayasan Lingkungan Hidup, Yogyakarta.

- Todd, D.K. and Mays, L., 2005, *Groundwater Hydrology*, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Todd, D.K., 1980, *Groundwater Hydrology*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Vandenbohede, A., Houtte, E.V. and Lebbe L., 2008, Sustainable groundwater extraction in coastal areas: a Belgian example, *Environmental Geology*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 43, pp. 978-985.
- Wardhana, W.A., 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Edisi Revisi, Penerbit Andi, Yogyakarta.

#### **PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN**

- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 tahun 1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2008 Tentang Airtanah.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

#### **INTERNET**

- USDA, 2007, *Technical Guide to Managing Groundwater Resource* (Online), [http://www.fs.fed.us/biology/resources/pubs/watershed/groundwater/ground\\_water\\_technical\\_guide/fs-881\\_march2007.pdf](http://www.fs.fed.us/biology/resources/pubs/watershed/groundwater/ground_water_technical_guide/fs-881_march2007.pdf), diakses tanggal 9 Februari 2011.

# Biodata Penulis



Cahyadi Setiawan lahir di Sleman, 03 Agustus 1979 merupakan Dosen Tetap di program studi Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial (FIS) Universitas Negeri Jakarta (UNJ). Ia menamatkan studi Doktoral di Universitas Gadjah Mada bidang Ilmu Geografi tahun 2011-2017 dengan disertasi, yaitu “Hubungan Pemanfaatan Lahan Permukiman dengan Airtanah Bebas pada Bentuklahan Fluvio-marine di Jakarta” dengan promotor Prof. Dr. Suratman, M.Sc. dan Prof. Dr.rer.nat. Muh Aris Marfai, S.Si., M.Sc.

Selama menempuh pendidikan Cahyadi Setiawan aktif di berbagai pelatihan di antaranya *Auditing Skills ISO 9001:2008 Conducted at Universitas Negeri Jakarta* (2009), *Short Course Geo-information Tool for Combating Forest Fire in Indonesia and Southeast Asia* (2009), *Penataran Applied Approach (AA)* (2011).

Sebagai akademisi kampus ia banyak menerbitkan penelitian di antaranya, *Pemanfaatan Airtanah Sebagai Air Bersih (Studi di Sunter Muara Tanjung Priok Jakarta Utara)* (2007). *Evaluasi*

Penggunaan Lahan Daerah Rawan Longsoran di Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulonprogo (2007). Kajian Intrusi air laut pada Estuaria Kali Sunter Jakarta Utara sebagai Upaya Konservasi Lahan Wilayah Pesisir. Kajian Potensi Airtanah Bebas Untuk Kebutuhan Air Domestik di DKI Jakarta Tahun I (2010), Kajian Potensi Airtanah Bebas Untuk Kebutuhan Air Domestik di DKI Jakarta Tahun II (2011), Kerentanan Masyarakat di DKI Jakarta Terhadap Risiko Bencana (2013).



Agung Adiputra, lahir di Jakarta 1 September 1988. Sebagai dosen, penulis mengampu mata kuliah Geomorfologi Indonesia, Geologi Umum, Geologi Lingkungan, Analisis citra dan foto udara, Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Penulis banyak menerbitkan atlas dan peta untuk pendidikan dan artikel ilmiah di antaranya; Analisis Risiko Bencana

Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Pulau Bengkalis, Kajian Risiko Bencana Kekeringan Di Kabupaten Cianjur, Kajian Distribusi Salinitas Airtanah di Daerah Pesisir Kecamatan Adimulyo Kab. Kebumen Jawa Tengah, Kajian Dampak Cuaca Ekstrem Saat Siklon Tropis Cempaka dan Dahlia di Wilayah Jawa Barat.



Fauzi Ramadhuan A'Rachman lahir di Wamena 25 April 1989. Penulis tinggal di Komplek DDN II, Blok F. 23 Pondok Labu, Jakarta Selatan. Sebagai dosen, penulis mengampu mata kuliah Geomorfologi, Geografi Tanah, Kartografi, Sistem Informasi Geografi (SIG). Penelitian yang sudah dilakukan Analisis Perubahan Garis Pantai di Muara Gembong Tahun 1972-2020 dengan Memanfaatkan Remote Sensing (2020), Optimalisasi Pengelolaan Sumber Daya Air untuk Pemenuhan Kebutuhan Masyarakat di Desa Weninggalih, Kecamatan Jonggol, Kabupaten Bogor (Penelitian Dasar FIS 2021), *Pengaruh El Nino Southern Oscillation (ENSO) Terhadap Hasil Produksi Padi di Provinsi Jawa Barat* (2022). Penulis pernah menjadi Tim Ahli Pemetaan dalam Penyusunan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) Provinsi Sulawesi Tenggara. Serta Penerima Beasiswa Unggulan (S2) 2015-2017.



Ode Sofyan Hardi lahir di Jakarta 26 November 1977. Sebagai dosen, penulis mengampu mata kuliah Geografi Transportasi, Biogeografi, Geografi Budaya, Geografi Industri, Teori Belajar dan Pembelajaran, Strategi Belajar Mengajar Geografi, Landasan Ilmu Pendidikan, Praktek Kuliah Lapangan Geografi Manusia, Model Pembelajaran Geografi. Penulis banyak melakukan penelitian di bidang pendidikan geografi di antaranya; Pengembangan Model PBL Untuk Meningkatkan Keterampilan

Geografis pada Peserta Didik tingkat Sekolah Dasar, Model Pembelajaran *Blended Learning* untuk Meningkatkan Keterampilan Geografis Peserta Didik di Madrasah Aliyah Jakarta, Efektivitas Pembelajaran *Probing Prompting* Guna Mengembangkan *Nurturant Effect* Ekoliterasi Peserta Didik Tingkat Sekolah Menengah Atas Berdasarkan Karakteristik Wilayah. Penulis meraih penghargaan Satya Lencana Karya Satya 10 tahun tahun 2019.





# AIRTANAH

Sebagai Aspek Penting Bagi Kelangsungan Hidup  
(Studi di Jakarta)

“ Buku ini mengacu pada berbagai buku terkait dan juga merupakan kumpulan dari hasil-hasil penelitian kami selama kurun waktu lima tahun terakhir. Buku ini dapat dipergunakan untuk menambah referensi bagi yang tertarik mempelajari dan mendalami aspek sosial dari pemanfaatan airtanah.



## Penerbit UNJ Press

Gd. Rektorat, Lt. 1, Kampus A  
Universitas Negeri Jakarta  
Jl. Rawamangun Muka, Rt. 11/ RW. 14  
Rawamangun, Pulo Gadung, Jakarta Timur 13220  
Email: [edura.unj@unj.ac.id](mailto:edura.unj@unj.ac.id) atau [unj.press@unj.ac.id](mailto:unj.press@unj.ac.id)  
CP: 081296964182

