

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

2.1.1 Pengertian Air

Air adalah senyawa kimia hasil ikatan antara unsur oksigen dan hidrogen yang kemudian membentuk senyawa H_2O (air). Senyawa inilah yang paling banyak ditemukan di bumi, yakni mencapai 71%. Lapisan air yang menyelimuti bumi sering disebut dengan hidrosfer. Karena air memiliki sifat yang dapat digunakan untuk apa saja maka air dapat disebut sebagai sumber bagi kehidupan manusia (Athena, 2012).



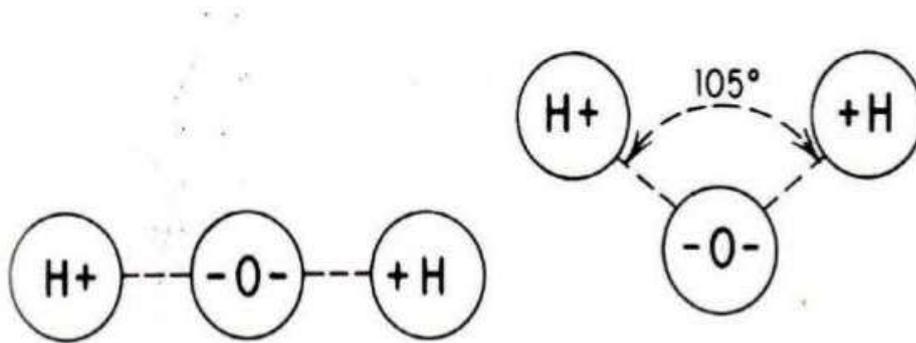
Sumber: dictio.com

Gambar 2.1 Air

Menurut Ketut Irianto (2015) air adalah salah satu dari sekian banyak sumber daya alam yang sangat dibutuhkan bagi kehidupan makhluk hidup. Air membantu aktivitas kehidupan bagi semua makhluk hidup terutama manusia. Air merupakan suatu senyawa kimia H_2O yang sangat istimewa, yang dalam kandungannya terdiri dari senyawa Hidrogen (H_2), dan senyawa Oksigen (O_2). Kedua senyawa yang membentuk air ini merupakan komponen pokok dan mendasar dalam memenuhi kebutuhan seluruh makhluk hidup di bumi selain matahari yang merupakan sumber energi.

Air dapat berupa air tawar dan air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi (Kodoatie dan Sjarief, 2010). Air dengan rumus kimia H_2O adalah suatu zat kimia

berupa oksida hidrogen, yang merupakan produk dari reaksi antara unsur hidrogen dengan unsur oksigen.



Sumber: slideshare.net

Gambar 2.2 Struktur Molekul Air yang Terbentuk dari Penggabungan Satu Atom Oksigen dan Dua Atom Hidrogen

2.1.2 Sifat Fisika dan Kimia Air

A. Sifat Fisika Air

Air memiliki titik beku 0°C , pada saat air membeku maka massa jenis es (0°C) $0,92\text{ g/cm}^3$, pada saat berbentuk cair massa jenis air (0°C) $1,00\text{ g/cm}^3$, panas lebur 80 kal/g , titik didih 100°C , panas penguapan 540 kal/g , temperatur kritis 3470C , tekanan kritis 217 Atm (Gabriel, 2001). Sifat-sifat fisika air antara lain adalah tegangan permukaan, kalor penguapan, kerapatan suhu, dan kapasitas melarutkan.

1. Tegangan permukaan

Adanya ikatan hidrogen di dalam molekul air menyebabkan air cenderung bersatu membentuk suatu kekuatan yang dinamakan kohesi. Daya kohesi ini diperlukan untuk melawan kekuatan dari luar molekul yang akan memecahkan ikatan-ikatan hidrogen. Kekuatan kohesi ini terjadi pada batas antara air dan udara, sehingga membentuk suatu "kulit" di permukaan air. "Kulit" ini cukup kuat untuk menyangga benda-benda kecil, kekuatan ini disebut sebagai tegangan permukaan. Diantara sekian banyak zat cair, air memiliki tegangan permukaan yang paling tinggi, hal ini memungkinkan terjadinya asosiasi organisme baik yang hidup dibawahnya maupun di atasnya (Tjutju Susana, 2003).

2. Kalor penguapan

Air memiliki kalor penguapan yang tinggi, hal ini nampak ketika air dipanaskan maka proses penguapannya akan berlangsung lebih lambat dengan cairan-cairan lainnya (Schroeder, 1977). Hal ini terjadi sebagai akibat dari kekuatan ikatan hidrogen di antara molekul air yang harus diputuskan agar molekul dapat terlepas. Tingginya kalor penguapan air ini menyebabkan tinggi pula titik didih air (100°C), oleh karena itu air dipermukaan bumi berbentuk cairan dan bukan berbentuk gas. Sifat air yang demikian itu dapat menjadikan air sebagai bahan pendingin yang sangat baik, karena dapat menyerap sejumlah besar panas.

3. Kerapatan suhu

Menurut Harvey (dalam Tjutju Susana, 2003) pada umumnya cairan akan semakin rapat dengan semakin dinginnya suhu. Jika cairan didinginkan sampai menjadi padat, maka wujud padat dari cairan ini menjadi lebih rapat dibandingkan dengan wujud cairnya. Kondisi demikian tidak terjadi pada air, karena air memiliki kerapatan suhu yang sedikit berbeda. Air akan menjadi semakin rapat bila didinginkan sampai pada suhu 4°C dan dalam proses pendinginan selanjutnya, maka kerapatan air semakin menurun. Keunikan sifat fisik air inilah yang menyebabkan es lebih dingin dibandingkan dengan air dan dapat terapung di atas air. Sifat ini berperan penting dalam kehidupan di laut, karena jika tidak memiliki sifat tersebut maka sebagian besar volume larutan tidak dapat dihuni karena air laut menjadi berbentuk gumpalan-gumpalan es yang besar.

4. Kapasitas melarutkan

Air dapat melarutkan zat-zat kimia dan dapat digunakan sebagai medium yang di dalamnya berlangsung berbagai reaksi kimia. Kebanyakan proses-proses kimia yang berlangsung, menyangkut reaksi yang menggunakan air sebagai pelarutnya. Kemampuan air dalam proses melarutkan zat-zat kimia disebut sebagai daya larut air, dan daya larut tersebut tergantung kepada sifat terpolarisasinya molekul air dan ikatan hidrogen. Sebagai pelarut polar air juga dapat melarutkan sebagai macam garam bergantung pada interaksi antara ion-ion garam dengan muatan listrik yang dimiliki oleh molekul air (Tjutju Susana, 2003).

5. Rasa, warna, dan bau

Menurut Tebbutt (1998) pada dasarnya air yang bersih tidak memiliki rasa, warna, dan bau, akan tetapi adanya kotoran terlarut yang sering bersifat organik seperti fenol, klorofenol, dan asam organik maka dapat mempengaruhi rasa, warna, dan bau pada air.

B. Sifat Kimia Air

Air adalah zat kimia yang istimewa, terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Atom-atom hidrogen tertarik pada satu sisi atom oksigen, menghasilkan molekul air yang mempunyai muatan positif pada atom hidrogen dan muatan negatif pada atom oksigen. Karena muatan yang berlawanan tersebut di dalam molekul air saling tarik menarik dan membuatnya menjadi saling berikatan. Sisi positif dari suatu molekul air tertarik pada sisi negatif dari molekul yang lain. Adapun sifat kimia air lainnya dapat berupa:

1. Air dapat bereaksi dengan basa kuat dan asam kuat (Lagowski, 2002).
2. Air adalah pelarut yang kuat, melarutkan banyak jenis zat kimia. Zat-zat yang tidak mudah bercampur dengan air disebut sebagai zat *hidrofilik* (suka air) dan zat-zat yang tidak mudah bercampur dengan air disebut sebagai zat *hidrofobik* (Underwood, 2002).
3. Air merupakan elektrolit yang lemah, yang terionisasi menjadi ion hidrogen dan gugus hidroksil serta berperan aktif dan banyak reaksi biokimia di dalam tubuh (Sumardjo, 2009).
4. Air dan alkohol mempunyai struktur molekul yang hampir memiliki persamaan yaitu: H-O-H dan R-O-H (alkohol).
5. Air memiliki atom oksigen yang nilai keelektronegatifannya sangat besar yaitu 3.44, sedangkan atom hidrogen memiliki nilai keelektronegatifan paling kecil diantara unsur-unsur bukan logam yaitu sebesar 2.2 (Achmad, 2004).
6. Molekul air bersifat polar karena memiliki bagian yang bermuatan positif (+) dan negatif (-).
7. Ikatan hidrogen dapat terjadi karena atom oksigen yang terikat dalam satu molekul air masih mampu mengadakan ikatan dengan atom hidrogen yang

terikat dalam molekul air yang lain. Ikatan hidrogen inilah yang menyebabkan air memiliki sifat-sifat yang khas (Achmad, 2004).

8. Ikatan Hidrogen juga mempengaruhi struktur dari air, struktur ikatan hidrogen yaitu sebesar 2.05 \AA (Miessler, 1991).
9. Air memiliki pengaruh yang lebih besar karena setiap molekul rata-rata dapat mengikat empat atom hidrogen (Miessler, 1991).

2.2 Air Tanah

2.2.1 Pengertian Air Tanah

Menurut UU Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air mendefinisikan air tanah sebagai air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Sedangkan menurut beberapa ahli, air tanah didefinisikan sebagai berikut:

- a) Menurut Asdak (2002) air tanah adalah segala bentuk aliran air hujan yang mengalir di bawah permukaan tanah sebagai akibat struktur perlapisan geologi, beda potensi kelembaban tanah, dan gaya gravitasi bumi.
- b) Menurut Fetter (1994) air tanah adalah air yang tersimpan pada lajur jenuh, yang kemudian bergerak sebagai aliran melalui batuan dan lapisan-lapisan tanah yang ada di bumi sampai air tersebut keluar sebagai mata air, atau terkumpul masuk ke kolam, danau, sungai, dan laut.
- c) Menurut Soemarto (1989) air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi. Lapisan tanah yang terletak di bawah permukaan tanah dinamakan lajur jenuh (*saturated zone*), dan lajur tidak jenuh terletak di atas lajur jenuh sampai ke permukaan tanah, yang rongga-rongganya berisi air dan udara.

2.2.2 Sumber Air Tanah

Berdasarkan perkiraan jumlah air di bumi (UNESCO, 1978 dalam Chow et al, 1988) dijelaskan bahwa sebenarnya jumlah air tanah yang ada di bumi jauh lebih besar disbanding jumlah air permukaan. Menurut Kodoatie (2013) ada dua sumber air tanah, yaitu:

1. Air hujan yang meresap ke dalam tanah melalui pori-pori atau retakan dalam formasi batuan dan akhirnya mencapai muka air tanah.

2. Air dari aliran air permukaan seperti sungai, danau, dan reservoir yang meresap melalui tanah ke dalam lajur jenuh.

Air tanah dan air permukaan merupakan sumber air yang mempunyai ketergantungan satu sama lain. Air tanah adalah sumber persediaan air yang sangat penting, terutama di daerah-daerah dimana musim kemarau atau kekeringan yang panjang menyebabkan berhentinya aliran sungai. Banyak sungai di permukaan tanah yang sebagian besar alirannya berasal dari air tanah, sebaliknya juga aliran air sungai merupakan sumber utama untuk imbuhan air tanah. Pembentukan air tanah mengikuti siklus air di bumi yang disebut daur hidrologi, yakni proses alamiah yang berlangsung pada air di alam, yang mengalami perpindahan tempat secara berurutan dan terus menerus.

2.2.3 Kandungan Unsur Air Tanah

Air tanah yang meresap ke bawah permukaan tanah dalam bentuk penelusan ataupun peresapan membawa unsur-unsur kimia. Menurut Hadipurwo (2006) komposisi zat terlarut dalam air tanah dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok, yaitu:

1. Unsur utama (*major constituents*), dengan kandungan 1.0-1.000 mg/l terdiri dari natrium (Na), kalsium (Ca), magnesium (Mg), bikarbonat (HCO_3^-), sulfat (SO_4^{2-}), klorida (Cl^-), dan silika (SiO_2).
2. Unsur sekunder (*secondary constituents*), dengan kandungan 0.01-10 mg/l terdiri dari besi (Fe), strontium (Sr), kalium (K), karbonat (CO_3^{2-}), nitrat (NO_3^-), fluorida (F^-), dan boron (B).
3. Unsur minor (*minor constituents*), dengan kandungan 0.0001-0.1 mg/l terdiri dari antimony (Sb), aluminium (Al), arsen (As), barium (Ba), bromin (Br), kadmium (Cd), krom (Cr), kobalt (Co), tembaga (Cu), germanium (Ge), yodium (I), timbal (Pb), litium (Li), mangan (Mn), molybdenum (Mo), nikel (Ni), fosfat (PO_4^{3-}), rubidium (Rb), selenium (Se), titanium (Ti), uranium (U), vanadium (V), dan seng (Zn).
4. Unsur langka (*trace constituents*), dengan kandungan biasanya kurang dari 0.001 mg/l yaitu terdiri dari berilium (Be), bismut (Bi), serium (Se), sesium (Cs), galium (Ga), emas (Au), indium (In), lanthanum (La), niobium (Nb),

platina (Pt), radium (Ra), ruthenium (Ru), scandium (Sc), perak (Ag), talium (Tl), torium (Th), timah (Sn), tungstate (W), itrium (Y), dan zirkon ($ZrSiO_4$).

2.2.4 Jenis-Jenis Air Tanah

Air tanah dapat dikelompokkan berdasarkan letaknya pada permukaan tanah dan berdasarkan asalnya. Menurut Herlambang (2005) jenis-jenis air tanah dapat dibedakan atas:

- 1) Air tanah freatis, merupakan air tanah dangkal yang terletak di antara air permukaan dan lapisan kedap air (*impermeable layer*).
- 2) Air tanah artesis, merupakan air tanah dalam yang terletak di antara lapisan akuifer dengan lapisan batuan kedap air (akuifer terkekang).
- 3) Air tanah meteorit, merupakan air tanah yang berasal dari proses presipitasi (hujan) dari awan, yang mengalami kondensasi bercampur debu meteorit.
- 4) Air tanah baru (*juvenil*), merupakan air tanah yang terbentuk dari dalam bumi karena intrusi magma. Air tanah juvenil biasanya ditemukan dalam bentuk air panas (*geyser*).
- 5) Air konat, merupakan air tanah yang terjebak pada lapisan batuan purba sehingga sering disebut *fossil water*.

Menurut Told dan Dam (1977) penggolongan air tanah berdasarkan asal mulanya dapat dibedakan menjadi:

- 1) Air meteorik, yakni air yang berasal dari atmosfer dan mencapai zona kejenuhan, baik secara langsung (infiltrasi permukaan tanah & kondensasi uap air) maupun tidak langsung (perembesan).
- 2) Air *juvenil*, merupakan air baru yang ditambahkan pada zona kejenuhan dari kerak bumi yang dalam, seperti: air magmatik, air gunung api dan air kosmik.
- 3) Air diremajakan (*rejuvenated*), yaitu air yang untuk sementara waktu telah dikeluarkan dari daur hidrologi oleh pelapukan, dan sebab-sebab lain, kembali ke daur lagi dengan proses-proses metamorfisme, pemadatan atau proses-proses yang serupa.
- 4) Air konat, adalah air yang dijebak pada beberapa batuan sedimen atau gunung pada saat asal mulanya. Air tersebut biasanya sangat termineralisasi dan mempunyai salinitas yang lebih tinggi daripada air laut.

2.2.5 Sifat Fisika dan Kimia Air Tanah

Sifat-sifat fisik dan komposisi kimia pada air tanah sangat menentukan mutu air tanah. Sehingga secara alami mutu air tanah sangat dipengaruhi oleh jenis litologi penyusun akuifer, jenis tanah/batuan yang dilalui air tanah, serta jenis air asal air tanah. Mutu tersebut akan berubah manakala terjadi intervensi manusia terhadap air tanah, seperti pengambilan air tanah yang berlebihan, pembuangan limbah, dan lain-lain (Darwis, 2018).

Air tanah dangkal rawan (*vulnerable*) terhadap pencemaran dari zat-zat pencemar dari permukaan. Namun karena tanah/batuan bersifat melemahkan zat-zat pencemar, maka tingkat pencemaran terhadap air tanah dangkal sangat tergantung dari kedudukan akuifer, besaran dan jenis zat pencemar, serta jenis tanah/batuan di zona takjenuh, serta batuan penyusun akuifer itu sendiri.

2.3 Air sebagai Air Minum

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan PERMENKES RI No. 492/Per/IV/2010 air minum adalah air yang melalui proses pengelolaan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Standar kualitas Air minum menurut PERMENKES RI No.492/Per/IV/2010 yang layak untuk dikonsumsi harus memenuhi standar parameter yang ditetapkan. Parameter-parameter tersebut merupakan parameter fisika, kimia, dan biologi. Adapun standar kualitas air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan PERMENKES RI No. 492/Per/IV/2010 dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Standar Kualitas Air Minum

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1.	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E. Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0.01
	2) Fluorida	mg/l	1.5
	3) Total Kromium	mg/l	0.05
	4) Kadmium	mg/l	0.003
	5) Nitrit, (Sebagai NO ₂ ⁻)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃ ⁻)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0.07
	8) Selenium	mg/l	0.01
2.	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	Suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0.2
	2) Besi	mg/l	0.3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Klorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0.4
	6) pH		6.5-8.5
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Amonia	mg/l	1.5

Sumber: Kementerian Kesehatan, 2010

2.3.1 Kualitas Air Minum berdasarkan Parameter Fisik

1) Suhu

Temperature air maksimum yang diizinkan oleh MENKES RI No.416/MENKES/PER/IX1990 adalah 30 °C. Penyimpangan terhadap ketetapan ini akan mengakibatkan:

1. Jumlah oksigen di dalam air menurun;
2. Meningkatkan daya/tingkat toksisitas bahan kimia atau bahan pencemar dalam air;
3. Pertumbuhan mikroba dalam air.

2) Warna

Warna air dapat diketahui bahwa sumber air ada dari beberapa tempat sehingga warna yang dimiliki pun berbeda-beda. Sehingga hal tersebut tidak dapat langsung diterima oleh masyarakat. Warna air yang dapat ditimbulkan dikarenakan adanya ion besi, mangan, humus, biota laut, plankton, dan limbah industri (Suwittoku, 2013).

3) Total Padatan Terlarut (*Total Dissolved Solid*, TDS)

Padatan total adalah bahan yang tersisa setelah air sampel mengalami evaporasi dan pengeringan pada suhu tertentu (APHA, 1989). Padatan yang terdapat di perairan diklasifikasikan berdasarkan ukuran diameter partikel. Sugiharto (1987) mendefinisikan sebagai jumlah berat dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikro.

Menurut Situmorang (dalam Fendra, 2015) kelarutan zat padat dalam air atau disebut sebagai *Total Dissolved Solid* (TDS) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam kelihatan keruh yang disebabkan oleh larutnya partikel tersuspensi didalam air, sedangkan pada musim kemarau air kelihatan berwarna hijau karena adanya ganggang di dalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan oleh mata telanjang. Rao (dalam Fendra, 2015) berpendapat bahwa padatan terlarut total (*Total Dissolved Solid* atau TDS) adalah bahan-bahan terlarut (diameter < 10⁻⁶ mm) dan koloid (diameter 10⁻⁶-

10^{-3} mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter $0,45\mu\text{m}$.

Tabel 2.2 Klasifikasi Padatan di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter

No.	Klasifikasi Padatan	Ukuran Diameter (μm)	Ukuran Diameter (mm)
1.	Padatan Terlarut	$< 10^{-3}$	$< 10^{-6}$
2.	Koloid	$10^{-3}-1$	$10^{-6}-10^{-3}$
3.	Padatan Tersuspensi	> 1	$> 10^{-3}$

Sumber: Effendi, 2003

Total zat padat terlarut biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut. Bila total zat padat terlarut bertambah maka kesadahan akan naik pula. Selanjutnya efek padatan terlarut ataupun padatan terhadap kesehatan tergantung pada spesies kimia penyebab masalah tersebut (Slamet, 1994). Total padatan tersuspensi yang terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik terutama yang disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi yang terbawa ke dalam badan air. Masuknya padatan tersuspensi ke dalam perairan dapat menimbulkan kekeruhan air.

4) Bau

Beberapa sumber utama bau adalah hidrogen sulfida dan senyawa organik yang dihasilkan oleh dekomposisi anaerob. Selain menyebabkan keluhan, bau mungkin merupakan salah satu tanda dari adanya gas beracun atau kondisi anaerob pada unit yang dapat memiliki efek merugikan bagi kesehatan atau dampak lingkungan. Air yang memenuhi standar kualitas harus bebas dari bau (Suwittoku, 2013).

5) Rasa

Air yang berasa menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan. Efek yang dapat ditimbulkan terhadap kesehatan manusia tergantung pada penyebab timbulnya rasa.

6) Kekeruhan

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain. Zat

anorganik yang menyebabkan kekeruhan dapat berasal dari pelapukan batuan dan logam, sedangkan zat organik berasal dari lapukan hewan dan tumbuhan (Sutrisno, 2004).

2.3.2 Kualitas Air Minum berdasarkan Parameter Kimia

1. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman merupakan gambaran jumlah atau aktivitas ion hidrogen dalam perairan. Secara umum nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaaan suatu perairan. Perairan dengan nilai $\text{pH} = 7$ adalah netral, $\text{pH} < 7$ dikatakan kondisi perairan bersifat asam, sedangkan $\text{pH} > 7$ dikatakan kondisi perairan bersifat basa. Derajat keasaman (pH) juga merupakan salah satu faktor yang sangat penting mengingat pH dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba di dalam air. Sebagian besar mikroba akan tumbuh dengan baik pada air yang memiliki pH berkisar pada 6,0-8,0, pH juga akan menyebabkan perubahan kimiawi di dalam air (Sutrisno, 2004).

2. Kesadahan Total

Kesadahan adalah sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi dua. Ion-ion ini mampu bereaksi dengan sabun membentuk kerak air. Menurut Sutrisno (2004) kation-kation penyebab utama dari kesadahan Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} , dan Mn^{2+} . Kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan oleh Ca^{2+} dan Mg^{2+} secara bersama-sama. Standar kualitas menetapkan kesadahan total adalah 5-10 derajat jerman. Apabila kesadahan kurang dari 5 derajat jerman maka air akan menjadi lunak, jika lebih dari 10 derajat jerman maka akan mengakibatkan:

- Kurangnya efektifitas sabun;
- Menyebabkan lapisan kerak pada alat dapur;
- Sayur-sayuran menjadi keras apabila dicuci dengan air ini.

3. Zat Kimia Organik

Adanya zat organik di dalam air disebabkan karena air buangan dari rumah tangga, industri, kegiatan pertanian dan pertambangan. Zat organik di dalam air dapat ditentukan dengan mengukur angka permanganatnya (KMnO_4). Di dalam standar kualitas, ditentukan maksimal angka permanganatnya 10 mg/l.

Air yang baik memiliki kandungan bahan kimia organik dalam jumlah yang tidak melebihi batas yang ditetapkan. Dalam jumlah tertentu, tubuh membutuhkan

air yang mengandung bahan kimia organik. Namun, apabila jumlah bahan kimia organik yang terkandung melebihi batas dapat menimbulkan gangguan pada tubuh. Bahan kimia organik tersebut antara lain NH_4 , H_2S , SO_4^{2-} , dan NO_3 . Penyimpangan standar kualitas tersebut akan mengakibatkan:

- Timbulnya bau tidak sedap pada air;
- Menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia jika air tersebut dikonsumsi, seperti gejala sakit perut.

4. Zat Kimia Anorganik

Kandungan bahan kimia anorganik pada air layak minum tidak melebihi jumlah yang telah ditentukan. Bahan-bahan kimia yang termasuk bahan kimia anorganik antara lain garam dan ion - ion logam (Fe, Al, Cr, Mg, Ca, Cl, K, Pb, Hg, dan Zn).

5. Total Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid*, TSS)

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya (Nasution, 2008).

Total suspended solid (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal $2\mu\text{m}$ atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan (*turbidity*) dengan membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di perairan, sehingga nilai kekeruhan tidak dapat dikonversi ke nilai TSS (Anonim, 2012).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) No.06-6989-26 Tahun 2005, untuk menganalisis zat padat tersuspensi menggunakan metode yaitu kertas saring 934-AHTM *circle* 90mm dibilas terlebih dahulu dengan air aquades dan dipanaskan dalam oven selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan kemudian ditimbang dengan cepat. Sampel yang telah dikocok merata, sebanyak 100 mL dipindahkan dengan menggunakan pipet, ke dalam alat penyaring yang sudah ada kertas saring didalamnya dan disaring dengan sistem vakum. Kertas saring diambil dari alat penyaring secara hati-hati kemudian dikeringkan didalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam di desikator selama 15 menit dan timbang.

2.3.3 Kualitas Air Minum berdasarkan Parameter Biologi

Parameter biologis menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/Menkes/PerIV/2010 umumnya menggunakan mikrobiologi seperti bakteri *Coliform* dan bakteri *E. coli*. Dalam laboratorium, istilah *Coliform* dan *E. coli* menunjukkan jumlah bakteri *Coliform* dan *E. coli* yang berasal dari tinja manusia atau hewan berdarah panas (Mulia dalam Leona, 2013).

Mikroorganisme yang sering digunakan sebagai indikator primer adalah bakteri golongan *Coliform*, *Streptococci*, *Enterococci*, dan *Staphylococci*. Bakteri *Coliform* bersifat aerobik dan fakultatif anaerobik, gram negatif, tidak membentuk spora, berbentuk batang dan mampu memfermentasikan laktosa dengan menghasilkan gas dan asam pada 35°C dalam waktu 24-48 jam (Toranzos dalam Leona, 2013).

Bakteri *Escherichia coli* adalah bakteri gram negatif berbentuk batang yang tidak membentuk spora yang merupakan flora normal di usus. Beberapa jenis *E. coli* dapat bersifat patogen. Adanya *E. coli* di dalam air minum menunjukkan bahwa air minum tersebut pernah terkontaminasi oleh kotoran manusia (Songer, 2005). Maka dari itu menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/Menkes/PerIV/2010 tentang kualitas air minum mengharuskan untuk tidak adanya kandungan bakteri *Coliform* dan bakteri *Escherichia coli* di dalam air minum.

2.4 Teknologi Pengolahan Air Minum

2.4.1 Reverse Osmosis (RO)



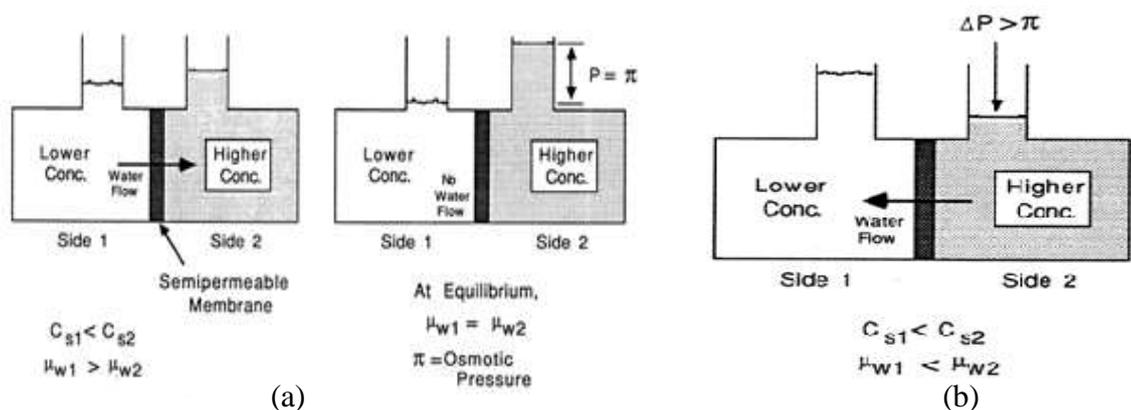
Sumber: Amazon.com

Gambar 2.3 Rangkaian Unit *Reverse Osmosis*

Reverse osmosis adalah proses memaksa pelarut dari daerah konsentrasi zat terlarut tinggi melalui membrane semipermeabel ke daerah konsentrasi zat terlarut rendah dengan menerapkan tekanan melebihi tekanan osmotik. Pengolahan air dengan *reverse osmosis* (RO) adalah suatu sistem pengolahan air dari air yang mempunyai konsentrasi tinggi melalui membran semipermeabel menjadi air yang mempunyai konsentrasi rendah (encer) dikarenakan adanya tekanan osmosis (Idaman, 2003).

Reverse osmosis adalah kebalikan dari fenomena osmosis. Osmosis merupakan fenomena pencapaian kesetimbangan antara dua larutan yang memiliki perbedaan konsentrasi zat terlarut, dimana kedua larutan ini berada pada satu bejana dan dipisahkan oleh lapisan semipermeabel. Kesetimbangan terjadi akibat perpindahan pelarut dari larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi.

Prinsip dasar *reverse osmosis* adalah memberi tekanan hidrostatik yang melebihi tekanan osmosis larutan sehingga pelarut dalam hal ini air dapat berpindah dari larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah. Prinsip *reverse osmosis* ini dapat memisahkan air dari komponen-komponen yang tidak diinginkan dan dengan demikian akan didapatkan air dengan tingkat kemurnian yang tinggi (Ariyanti, 2011).



Sumber: Water Review Technical Brief, 1995

Gambar 2.4 (a) Fenomena Osmosis (b) *Reverse Osmosis*

Pada Gambar 2.4 (b), proses pemisahan yang digunakan pada metode osmosis terbalik atau *reverse osmosis*, tekanan sebagai energi pendorong dari luar diberikan kepada sisi yang memiliki konsentrasi yang lebih tinggi (kadar zat terlarutnya

tinggi) sehingga mampu mendorong pelarut (air) untuk melewati membran tersebut. Gaya yang diberikan tersebut menyebabkan pelarut (dalam hal ini air minum) akan berpindah dari larutan yang berkonsentrasi tinggi ke larutan yang berkonsentrasi rendah. Pelarut air yang telah murni tersebut dipindahkan ke dalam penampungan, sedangkan zat terlarut sebagai zat kontaminan yang tidak mampu melewati membran semipermeable akan dibuang sebagai residu (Mustofa, 2007).

- Membran *Reverse Osmosis* (RO)

Pada membran RO (*reverse osmosis*) terjadi proses penyaringan dengan ukuran molekul, yakni partikel yang molekulnya lebih besar dari pada molekul air, misalnya molekul garam dan lainnya, akan terpisah dan akan terikat ke dalam air buangan (*reject water*). Oleh karena itu air yang akan masuk ke dalam membran RO harus mempunyai persyaratan tertentu misalnya kekeruhan harus nol, kadar besi harus < 0.1 mg/l, pH harus dikontrol agar tidak terjadi pengendapan kalsium dan lainnya (Idaman, 2003).

Menurut Widiassa (dalam Ariyanti, 2011) membran semipermeabel pada aplikasi *reverse osmosis* terdiri dari lapisan tipis polimer pada penyangga berpori (*fabric support*). Membran untuk kebutuhan komersial harus memiliki sifat permeabilitas yang tinggi terhadap air. Selain itu, membran juga harus memiliki derajat semipermeabilitas yang tinggi dalam arti laju transportasi air melewati membran harus jauh lebih tinggi dibandingkan laju transportasi ion-ion yang terlarut dalam umpan. Membran juga harus memiliki ketahanan (stabil) terhadap variasi pH dan suhu. Kestabilan dari sifat-sifat tersebut dalam periode waktu dan kondisi tertentu dapat didefinisikan sebagai umur membran yang biasanya berkisar antara 3-5 tahun.

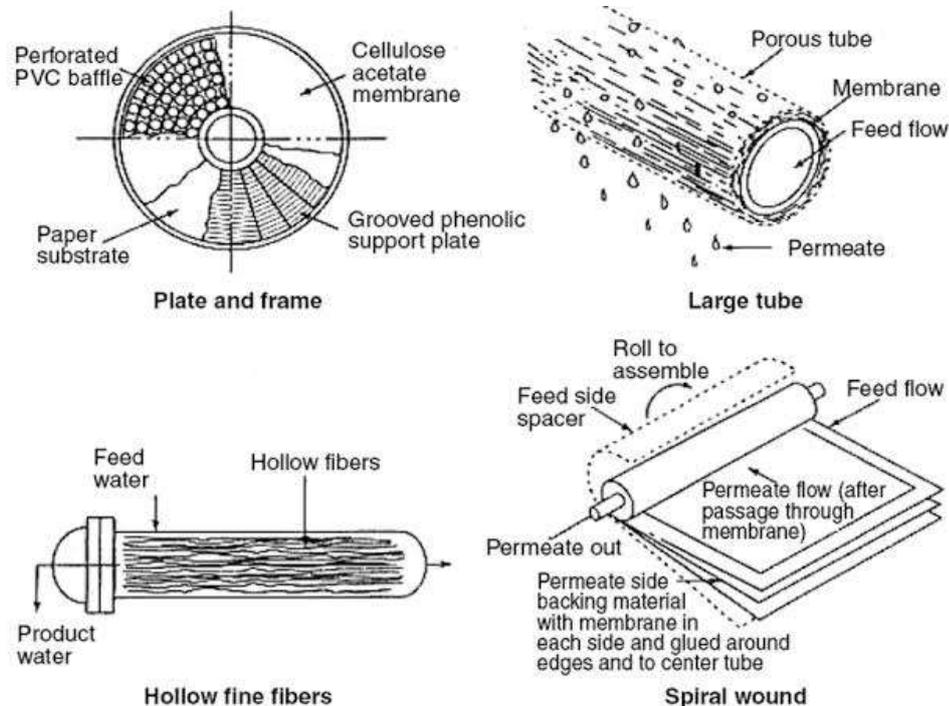
Terdapat dua jenis polimer yang dapat digunakan sebagai membran *reverse osmosis*: selulosa asetat (CAB) dan komposit poliamida (CPA). Kedua jenis material membran ini memiliki perbedaan yang cukup signifikan pada proses pembuatannya, kondisi operasi dan kinerjanya seperti yang terlihat pada Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3 Jenis Membran *Reverse Osmosis* (RO)

Batasan	Membran Selulosa Asetat	Lapisan Tipis Membran Komposit
pH	2-8	2-11
Temperature	5 °C-30 °C	5 °C-50 °C
Ketahanan terhadap serangan bakteri	Lemah	Sangat kuat
Ketahanan terhadap klorin	0-1 ppm	0-0.1 ppm
Rejeksi terhadap garam saat 60 psi	85-92%	94-98%
Rejeksi terhadap nitrat saat 60 psi	30-50%	70-90%
Cost relative	Rendah	Tinggi

Sumber: William, 2003

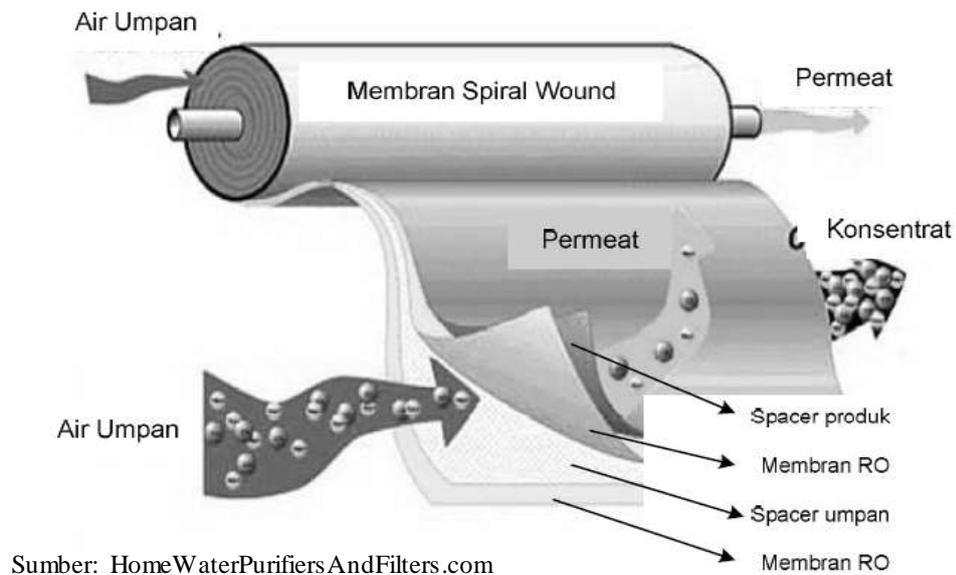
Pada aplikasi *reverse osmosis* terdapat empat konfigurasi modul membran, yaitu: *spiral wound*, *hollow fiber*, tubular dan *plate and frame*. Akan tetapi modul membran yang paling sering digunakan pada aplikasi RO (*reverse osmosis*) yaitu jenis *spiral wound*. Konfigurasi yang lain yaitu *hollow fiber*, tubular dan *plate and frame* tidak terlalu banyak digunakan pada aplikasi *reverse osmosis*, hanya diaplikasikan pada industri makanan serta sistem khusus.



Sumber: Sincero, 2003

Gambar 2.5 Jenis Modul Membran

Pada konfigurasi *spiral wound*, dua buah lembaran membran dipisahkan oleh saluran kolektor permeal dan membentuk daun (*leaf*). Perakitannya adalah dengan dilem pada tiga sisi dan sisi yang keempat (dekat pipa berlubang) dibiarkan terbuka sebagai saluran permeal keluar. Kemudian material yang digunakan sebagai *feed/brine spacer* disatukan dengan *leaf*. Beberapa lembaran *leaf* kemudian digulung mengelilingi tabung permeal plastik. Tabung ini merupakan tabung berlubang yang berfungsi untuk mengumpulkan permeal dari *leaf*. Elemen membrane *spiral wound* yang digunakan dalam industry memiliki panjang $\pm 100-150$ cm (40-60 in) dan diameter $\pm 10-20$ cm (4-8 in). Sementara itu, RO untuk rumah tangga memiliki panjang 25-100 cm dengan diameter 5-10 cm. Air umpan/ brine mengalir pada elemen secara aksial masuk melalui *feed spacer* lalu keluar melalui keluaran *brine* secara paralel menuju permukaan membrane (Ariyanti, 2011).



Gambar 2.6 Membran *Spiral Wound*

Menurut Kurniawan (2014) faktor yang mempengaruhi proses pemisahan pada membran, yaitu:

a) Laju umpan

Laju permeal meningkat dengan semakin tingginya laju alir umpan. Selain itu, laju alir yang besar juga akan mencegah terjadinya fouling pada membran, namun energi yang dibutuhkan untuk mengalirkan umpan akan semakin besar.

b) Tekanan Operasi

Laju permeat secara langsung sebanding dengan tekanan operasi yang digunakan terhadap permukaan membran. Semakin tinggi tekanan operasi maka laju permeat juga akan semakin tinggi.

c) Temperatur Operasi

Laju permeat akan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur. Namun temperatur bukanlah variabel yang dikontrol. Hal ini perlu diketahui untuk dapat mencegah terjadinya penurunan fluks yang dihasilkan karena penurunan temperatur operasi.

- Rangkaian Unit RO (*Reverse Osmosis*)

Aplikasi sistem *reverse osmosis* (RO) terdiri dari air umpan yang diberi tekanan, sistem RO, dan sistem pemipaan yang membawa air yang telah dimurnikan dari konsentrasinya secara terpisah. Beberapa sistem RO juga dilengkapi oleh *pre-filter*, *booster pump*, *post-filter*, tangki bertekanan untuk menyimpan produk, dan kran dari bahan *stainless steel* atau plastik (Isna, 2017).

a) *Pre-filter*

Pre-filter berfungsi untuk menghilangkan zat-zat kimia maupun organik yang ada di dalam air seperti bau dan warna menjadi lebih baik dan layak untuk dikonsumsi. Sistem *pre-filter* biasanya berupa sedimen filter, karbon aktif, penambahan anti scalant atau kombinasi dari ketiganya.

b) *Booster Pump*

Booster pump berfungsi sebagai pompa pendorong atau meningkatkan tekanan. Dengan peningkatan tekanan, maka *booster pump* mampu untuk meningkatkan rejeksi dan laju alir produk.



Sumber: inviro.co.id

Gambar 2.7 *Booster Pump* pada Unit RO

c) Membran *Reverse Osmosis* (RO)

Membran RO merupakan inti dari sistem, sehingga pemilihan jenis, dan modul membran menjadi sangat penting dalam desain. Membran RO dibuat dari selulosa asetat, selulosa triasetat, atau resin poliamida. Ketiganya memiliki keunggulan dan kelemahan yang spesifik. Sedangkan untuk modul membran, pada sistem rumah tangga modul yang dipilih biasanya modul jenis *spiral wound*.

Laju alir melewati membran yang dikontrol oleh ketebalan membran, ukuran pori, dan perbedaan tekanan. Batasan pada teknis pengoperasiannya juga sangat penting untuk diperhatikan. Laju alir akan meningkat seiring peningkatan tekanan, namun tekanan yang besar dapat merusak (merobek) membran sehingga komponen yang semula akan dipisahkan dari air akan terikut sebagai produk. Ketebalan membran juga bervariasi, semakin tipis membran maka laju alir produk akan semakin meningkat, akan tetapi memilih membran yang tipis juga beresiko pada ketahanan membrane (Szabo, 2014).

d) *Post Filter*

Post-filter merupakan unit yang dilewati oleh air setelah reverse osmosis (RO). *Post-filter* berfungsi untuk menghilangkan bau dan rasa. *Post-filter* biasanya berupa karbon aktif yang dengan mudah dapat mengadsorpsi komponen penyebab bau dan rasa yang tidak diinginkan. Kemampuan untuk menghilangkan rasa dan bau yang tidak diinginkan sehingga dapat meningkatkan kualitas air minum yang dihasilkan.



Sumber: Inviro.co.id

Gambar 2.8 *Post Filter* pada Sistem RO

2.4.2 Filtrasi

Filtrasi atau penyaringan (*filtration*) adalah pemisahan partikel zat padat dari fluida dengan jalan melewatkan fluida itu melalui suatu medium penyaring atau *septum*, dimana zat padat itu tertahan. Dalam industri, filtrasi ini meliputi ragam operasi mulai dari penapisan sederhana sampai separasi yang amat rumit (Rosyida, 2016). Menurut Asmadi, dkk (2011) Filtrasi merupakan salah satu proses pengolahan air, yang merupakan proses penghilangan partikel-partikel atau flok-flok halus yang lolos dari unit sedimentasi, dimana partikel-partikel atau flok-flok tersebut akan tertahan pada media penyaring selama air melewati media tersebut. Filtrasi diperlukan untuk penyempurnaan penurunan kadar kontaminan seperti bakteri, warna, bau, dan rasa, sehingga diperoleh air bersih yang memenuhi standar kualitas air minum. Adapun beberapa jenis filter yang biasa digunakan pada sistem pengolahan air adalah:

- *Gravel* merupakan media pendukung dalam sistem filtrasi, yang tidak memerlukan peralatan mekanik dan koagulan. *Gravel filter* terdiri atas lapisan media kerikil berukuran 3-64 mm dalam arah aliran air. Fungsi utama *gravel filter* adalah menurunkan kekeruhan dan *suspended solid* sehingga memadai sebagai input bagi sistem filtrasi.
- *Carbon filter* adalah karbon aktif sebagai sarana proses filterisasi dengan tujuan mengadakan penyaringan untuk jenis-jenis material yang terdapat dalam air, seperti bau, kekeruhan, serta warna-warna yang mungkin timbul pada air baku dan menyaring kotoran dengan ukuran antara 1 s/d 2 mm.
- *Zeolit filter* juga dapat menyerap metal berat, bau, kopi, darah, cat, sampah radioaktif, arsenik, dan bahan-bahan beracun lain yang dapat ditemukan di air. Zeolit juga dapat menyerap beberapa bagian gas seperti *formaldehyde*, *kloroform*, dan karbon monoksida.
- *Silica filter* adalah pasir silika atau *silicon dioksida* sebagai sarana proses filterisasi dengan tujuan menyaring partikel-partikel yang tidak diinginkan di dalam air olahan. Pasir silika merupakan komponen biner antara Silicon dan Oksigen, mempunyai rumus kimia SiO_2 dengan kandungan silika 70%. Semakin murni silika semakin putih warnanya. Silika terdapat pada Kristal polymorphy

yang berbentuk bermacam-macam modifikasi serta terdapat pula bentuk yang berupa cairan/liquid.

- *Cartridge filter* adalah *filter* yang berfungsi untuk menyaring partikel besar dan kecil dalam air. *Filter* ini biasa digunakan pada tahapan penyaringan awal. Masa pemakaian sangat tergantung pada tingkat kekeruhan air. Umumnya umur *cartridge filter* antara 3-4 bulan.
- *Granular Activated Carbon (GAC) filter* merupakan filter dengan media berupa karbon aktif granular atau berbentuk pasir. Fungsinya adalah untuk menghilangkan atau menyerap air yang berbau logam dan kimia, seperti bau klorin atau bau kaporit.



Sumber: Wikipedia.com

Gambar 9. (a) Karbon Aktif (b) Zeolite (c) Silika (d) *Gravel*
(e) *Cartridge Filter* (f) *GAC Filter*

2.4.3 Desinfeksi

Desinfeksi adalah membunuh mikroorganisme penyebab penyakit dengan bahan kimia atau secara fisik, hal ini dapat mengurangi kemungkinan terjadi infeksi dengan jalan membunuh mikroorganisme patogen.

Air lewat melalui suatu pipa bersih untuk dipanaskan dengan sinar *Ultraviolet* (UV). Sinar *ultraviolet* (UV) dapat secara efektif menghancurkan virus dan bakteri. Sistem UV ini tergantung pada jumlah energi yang diserap sehingga dapat menghancurkan organisme yang terdapat pada air tersebut. Jika energi tidak cukup tinggi, maka material organisme genetik tidak dapat dihancurkan (Rosyida, 2016).

Proses ini dilakukan dengan menggunakan radiasi gelombang pendek dari sinar ultraviolet pada lapisan film air setebal 120 mm. Panjang gelombang yang dipergunakan 200-295 mikro meter. Hasil kajian pada tingkat kekeruhan <20 ppm, untuk *most probably number* (MPN) 580/100 ml air maka 99.90% tereduksi. Efisiensi tersebut akan mengalami penurunan pada tingkat kekeruhan yang lebih besar, sehingga prekondisi sebelum dilakukan desinfeksi sangat diperlukan (Mursid, 1991).