

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air



Sumber : WTMJ-TV Milwaukee, 2019

Gambar 2.1 Air

Air sangat penting bagi kehidupan di alam ini, terbukti bahwa tidak ada satupun kehidupan yang dapat berlangsung terus tanpa ada air yang cukup. Sayangnya masih banyak air yang masing mengandung zat-zat berbahaya yang dikonsumsi oleh banyak masyarakat sehingga dapat menimbulkan berbagai macam penyakit.

Tanpa air di bumi tidak akan ada kehidupan. Air adalah bagian terbesar penyusun tubuh makhluk hidup. Tubuh kita mengandung air lebih dari 60 %. Sebagian besar permukaan bumi ditutupi oleh air atau lautan. Air mengisi cekungan-cekungan di permukaan bumi, seperti terbentuknya laut, danau, situ, kolam, sungai, dan mata air. Air menentukan kesuburan tanah. Air ada di berbagai lapisan bumi, di permukaan bumi, udara, dan di dalam bumi. Air di dalam bumi disebut air tanah sebagai sumber mata air. Air hujan yang jatuh ke bumi diserap oleh tanah menjadi air tanah. Mata air di gunung sebagai sumber aliran air sungai. Semua sungai mengalirkan airnya ke laut. Air laut dapat menguap oleh pemanasan sinar matahari. Uap air menjadi awan atau mendung sebagai bakal hujan (Suroso, 2012).

Air memiliki sifat yang mudah meresap dan melewati pori-pori tanah sehingga bercampur dengan materi lain, dengan demikian jika air limbah atau air yang sudah tercemar melewati pori-pori tanah dapat mencemari sumber air yang masih bersih. Selain itu, air sumur gali juga dapat tercemar karena adanya

aktivitas industri, misalnya karena air limbah yang meresap ke dalam sumur melalui pori-pori tanah, tumpahan bahan berbahaya yang mengalir ke lingkungan, bahan baku industri yang mudah terurai dan mencemari lingkungan dan sebagainya. Kondisi tersebut sangat membahayakan terutama jika ada letak industri yang tidak jauh dari pemukiman penduduk karena dapat mengganggu kesehatan (Harmayani dan Konsukharta, 2007 ; Hapsari, 2015).

2.2 Air Tanah

Air tanah merupakan bagian air di alam yang terdapat di bawah permukaan tanah. Pembentukan air tanah mengikuti siklus peredaran air di bumi yang disebut daur hidrologi, yaitu proses alamiah yang berlangsung pada air di alam yang mengalami perpindahan tempat secara berurutan dan terus menerus (Kodoatie, 2012).

Tekstur tanah yang berbeda mempunyai kemampuan menahan air yang berbeda pula. Tanah bertekstur halus, contohnya: tanah bertekstur liat, memiliki ruang pori halus yang lebih banyak, sehingga berkemampuan menahan air lebih banyak. Sedangkan tanah bertekstur kasar, contohnya: tanah bertekstur pasir, memiliki ruang pori halus lebih sedikit, sehingga kemampuan menahan air lebih sedikit pula. Air dapat meresap atau ditahan oleh tanah karena adanya gaya-gaya adhesi, kohesi, dan gravitasi. Karena adanya gaya-gaya tersebut maka air dalam tanah dapat dibedakan menjadi:

1. Air hidroskopik

Air hidroskopik adalah air yang diserap tanah sangat kuat sehingga tidak dapat digunakan tanaman, kondisi ini terjadi karena adanya gaya adhesi antara tanah dengan air. Air hidroskopik merupakan selimut air pada permukaan butir-butir tanah.

2. Air kapiler

Air kapiler adalah air dalam tanah dimana daya kohesi (gaya tarik menarik antara sesama butir-butir air) dan daya adhesi (antara air dan tanah) lebih kuat dari gravitasi. Air ini dapat bergerak secara horisontal (ke samping) atau vertikal (ke atas) karena gaya-gaya kapiler. Sebagian besar dari air kapiler merupakan air yang tersedia (dapat diserap) bagi tanaman.

Didalam air tanah, unsur besi, mangan, dan magnesium selalu terkandung di dalam air tanah. Unsur-unsur logam tersebut adalah esensial bagi manusia namun juga racun jika jumlahnya terlalu banyak.

Tabel 2.1 Kandungan Bahan-Bahan Terlarut dalam Air Tanah

Ion utama atau mayor <i>constituensts</i> (1,0–1.000 mg/liter)	Ion sekunder atau <i>secondary constituensts</i> (0,01-10,0 mg/liter)	Ion minor atau <i>constituensts</i> (0,0001-mg/liter)	Minor
Sodium (natrium)	Besi	Arsen	
Kalsium	Alumunium	Lead/Timbal	
Magnesium	Kalsium	Barium	Litium
Bikarbonat	Karbonat	Bromida	Mangan
Sulfat	Nitrat	Cadmium	Nikel
Klorida	Fluorida	Kromium	Fosfat
Silika	Boron	Kobalt	Strontium
	Selenium	Copper	Uranium
		Iodide	Zine

Sumber : (undip.ac. 2010 dalam E Sulisyani,2010)

2.2.1 Karakteristik Air Tanah

Dalam proses terjadinya, air tanah mengalami penyaringan yang dapat mengurangi kekeruhan dan warna. Proses penyaringan disini tidak sama dengan penyaringan yang terjadi pada saringan pasir tetapi penyaringan terjadi secara alamiah. Akibat proses penyaringan ini, kualitas fisik air tanah lebih baik daripada kualitas air permukaan. Kualitas fisik air tanah akibat penyaringan secara alamiah tergantung pada :

1. Porositas tanah, yaitu semakin besar porositas tanah semakin besar kemampuan lapisan tanah untuk menyimpan air dan semakin besar pori-pori tanah semakin mudah dilalui air tanah.
2. Permeabilitas tanah, semakin besar permeabilitas tanah semakin mudah lapisan tanah itu dilalui air tanah, sehingga bahan-bahan kimia yang terlarut atau tersuspensi dalam air tanah lolos melalui pori-pori tanah.
3. Jenis batuan dalam tanah, karena batuan tersebut dapat mengandung berbagai bahan kimia, larutan zat kimia tersebut dalam air tanah dapat mempengaruhi kualitas air tanah. Misalnya lapisan tanah yang mengandung zat

besi yang berlebihan sehingga air tanah dapat berbau, berwarna, dan berasa (Sutrisno T, 2006). Air tanah dibagi menjadi 3 macam yaitu:

1. Air tanah dangkal

Air tanah dangkal Terjadi karena ada proses peresapan air permukaan tanah. Karena lapisan tanah mempunyai unsur-unsur kimia tertentu, maka lapisan tanah di sini berfungsi sebagai saringan. Disamping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung terutama pada muka air yang dekat dengan tanah. Setelah menemukan lapisan rapat air, air akan terkumpul sehingga dinamakan air tanah dangkal. Dimana air tanah ini dimanfaatkan sebagai sumber air bersih atau air minum melalui sumur sumur dangkal. Air tanah dangkal ini didapat pada kedalaman 15 meter. Air tanah dangkal ini ditinjau dari segi kualitas agak baik, tapi dari segi kuantitas kurang cukup dan tergantung pada musim.

2. Air tanah dalam

Air tanah dalam terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama Pengambilan air tanah dalam tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor untuk memasukkan pipa kedalamnya biasanya antar 100 m – 300 m.

3. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hamper tidak terpengaruh oleh musim dan kualitas atau kuantitas.

2.2.2 Pemanfaatan Air tanah

Pemanfaatan air tanah melalui sumur-sumur akan mengakibatkan lengkung penurunan muka air tanah (*depression cone*). Makin besar laju pengambilan air tanah, makin curam lengkung permukaan air tanah yang terjadi di sekitar sumur sampai tercapai keseimbangan baru jika terjadi pengisian dari daerah resapan. Keseimbangan air tanah yang baru ini dapat terjadi hanya jika laju pengambilan air tanah lebih kecil dari pengisian oleh air hujan pada daerah resapan. Laju pengambilan air tanah dari sejumlah sumur apabila jauh lebih besar dari pengisiannya maka lengkung-lengkung penurunan muka air tanah antara sumur satu dengan lainnya akan menyebabkan terjadinya penurunan muka air

tanah secara permanen (Ashriyati, 2011). Pada daerah pantai terjadinya penurunan air tanah dapat mengakibatkan terjadinya intrusi air asin.

Arsyad (1989), menyebutkan bahwa pengambilan air tanah harus melaksanakan prinsip efisiensi dalam pemanfaatan/penggunaannya. Agar ketersediaan air tanah dapat berkelanjutan, upaya yang perlu dilakukan adalah memanfaatkan dan melestarikan air permukaan dan air tanah secara terpadu. Menurut Sujatmiko (2009), penggunaan air permukaan dan air tanah sebagai satu sistem penyediaan air diharapkan memberi manfaat optimal baik teknis maupun ekonomis dengan mengacu pada prinsip pemanfaatan air permukaan dan air tanah sebagai bagian tak terpisahkan dalam pengelolaan sumber daya air.

2.2.3 Dampak Pemanfaatan Air Tanah

Pemanfaatan air tanah untuk berbagai sektor terutama sektor industri dan jasa maupun kebutuhan domestik secara berlebihan telah menimbulkan dampak negatif air tanah maupun lingkungan sekitarnya. Menurut Hendrayana (2002), dampak negatif dari pemanfaatan air tanah secara berlebihan adalah :

a. Penurunan muka air tanah

Berdasarkan faktor penurunan kedudukan muka air tanah, tingkat kerusakan dibedakan menjadi 4 (empat) tingkatan, yaitu : aman, rawan, kritis dan rusak. Penurunan kedudukan muka air tanah dihitung dari kedudukan muka air tanah pada saat kondisi awal sebagai titik referensi, yaitu kondisi alamiah air tanah sebelum ada pengambilan air tanah dalam jumlah yang besar.

b. Penurunan Kualitas Air Tanah

Berdasarkan perubahan kualitas air tanah dapat diketahui dari perubahan sifat fisika, kandungan kimia serta kandungan bakteri air tanah. Kualitas air tanah dinilai berdasarkan standar air bersih sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

c. Intrusi Air laut

Adanya intrusi air laut merupakan permasalahan dalam pemanfaatan air tanah di daerah pantai karena berakibat langsung pada mutu air tanah. Air tanah yang tadinya layak digunakan untuk air minum karena adanya intrusi air laut mutunya mengalami degradasi sehingga tidak layak lagi digunakan untuk air minum.

2.3 Air Minum Dalam Kemasan (AMDK)



Sumber: Dokumentasi pribadi, 2019

Gambar 2.2 Air Minum Dalam Kemasan

2.3.1 Pengertian Air Minum

Air adalah sebuah zat yang ada di alam yang dalam kondisi normal di atas permukaan bumi berbentuk cair, akan membeku pada suhu di bawah nol derajat celsius dan mendidih pada suhu seratus derajat celsius. Ahli kimia mendefinisikannya terdiri dari dua unsur yaitu oksigen dengan dua ‘lengan’ menggandeng hidrogen membentuk satu kesatuan disebut molekul (Pitoyo Amrih, 2007). Air yang ada di alam ini pada hakekatnya semua adalah timbunan molekul-molekul yakni pasangan oksigen dan dua hidrogen.

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia dan keberadaannya dikuasai oleh negara. Hal itu dijelaskan dalam Pasal 33 ayat (3) Undang-Undang Dasar 1945, bahwa “Bumi dan air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat (UUD 1945). Air sebagai salah satu kekayaan alam yang dilindungi negara memiliki banyak manfaat salah satunya sebagai air minum.

Secara umum bagi tubuh manusia air bermanfaat sebagai zat yang membersihkan tubuh pada saat mandi. Sedang secara khusus di dalam tubuh manusia adalah antara lain sebagai media pembawa dengan cara melarutnya nutrisi-nutrisi yang bersama darah akan diedarkan ke seluruh organ tubuh yang membutuhkan, termasuk juga melarutnya sampah dan racun dari sel-sel tubuh untuk dibawa keluar tubuh antara lain melalui keringat, urine, ingus, dan lain-lain.

Air juga berfungsi sebagai penjaga suhu tubuh. Air berfungsi sebagai regulator atau pengatur panas tubuh. Suhu udara lebih tinggi dari suhu tubuh, maka sebagian air dalam tubuh akan berkorban menelusup keluar melalui pori-pori tubuh. Suhu udara lebih rendah dari tubuh, maka air dalam tubuh berinisiatif sebagai katalisator untuk mengolah beberapa macam zat makanan sehingga terurai menjadi energi panas untuk menjaga panas tubuh. Air yang terkandung di dalam otot juga berfungsi sebagai pelumas bagi gerakan-gerakan tubuh, sehingga ketika seseorang lari-lari pun tidak akan pernah terdengar suara berisik dari tubuh.

Menurut Said Sutomo (2008) air merupakan salah satu kebutuhan yang sangat vital bagi manusia. Manusia tidak bisa hidup tanpa air. Air memegang peranan yang amat penting untuk kelangsungan hidup manusia. Pentingnya air bagi manusia ditunjukkan dari berbagai fungsinya di antaranya:

1. Membantu proses pencernaan.
2. Menjaga kestabilan suhu tubuh dan keseimbangan tubuh.
3. Membantu proses penyerapan zat makanan didalam tubuh.
4. Membuang racun, kotoran serta zat-zat yang tidak berguna.
5. Membantu peredaran darah.
6. Merawat kesegaran kulit.

Meskipun alam menyediakan air yang cukup banyak, namun tidak seluruhnya dapat dijadikan sebagai air minum untuk dikonsumsi masyarakat. Setiap air tidak memiliki kualitas yang sama baiknya. Air untuk dikonsumsi atau diminum harus memiliki kualitas baik sehingga layak untuk diminum. Mengonsumsi air yang kurang baik kualitasnya, dapat menyebabkan berbagai penyakit (Willy Sidharta, 2007).

2.4 Standar Kualitas Air

Air adalah salah satu dari sekian banyak zat yang ada di alam yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan manusia dengan segala aktifitasnya. Kebutuhan akan air sangat kompleks antara lain untuk mandi, mencuci, memasak dan lain sebagainya. Kebutuhan yang paling vital bagi manusia yaitu air minum.

Dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/Menkes/PER/IV/2010 dijelaskan bahwa air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau

tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Dalam pengertian lainnya dijelaskan bahwa air minum adalah air yang dapat diminum langsung atau air yang harus dimasak terlebih dahulu sebelum dapat diminum (Direktorat Penyehatan Lingkungan, 2006). Industri air minum isi ulang merupakan suatu kegiatan proses pengolahan air menjadi air siap minum dengan menggunakan peralatan tertentu yang dilakukan oleh suatu produsen (Asfawi, 2004). Adapun persyaratan air minum yang sehat adalah sebagai berikut:

1. Syarat Fisik

Persyaratan fisik untuk air minum yang sehat adalah bening (tidak berwarna), tidak berasa, tidak keruh, total zat padat terlarut (TDS) maksimum 500 mg/l, dan suhu di bawah suhu udara di luarnya.

2. Syarat Mikrobiologis

Air untuk keperluan minum yang sehat harus bebas dari segala bakteri, terutama bakteri pathogen. Cara untuk mengetahui apakah air minum terkontaminasi oleh bakteri pathogen adalah dengan memeriksa sampel air tersebut. Air minum yang sehat sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/Menkes/PER/IV/2010 adalah bila dari pemeriksaan 100 ml air total bakteri koliform dan *E.Coli* adalah 0.

3. Syarat Kimiawi

Air minum yang sehat harus mengandung zat-zat tertentu dalam jumlah yang tertentu pula. Kekurangan atau kelebihan salah satu zat kimia dalam air, akan menyebabkan gangguan fisiologis pada manusia. Adapun untuk syarat kimiawi air minum terdiri dari kimia an-organik, aluminium, besi, kesadahan, khlorida, mangan, pH, seng, sulfat, tembaga, dan ammonia. (Notoatmodjo, 2007).

Organisasi kesehatan dunia WHO (*World Health Organization*) telah menetapkan standar air minum yang bersih dan sehat (layak digunakan), diantaranya adalah tidak berwarna, tidak berbau yang berarti jernih, tidak berasa dan sejuk (Kumalasari dan Yogi, 2011).

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum, yang kemudian disempurnakan dengan Peraturan

Menteri Kesehatan RI Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum:

Tabel 2.2 Parameter wajib Persyaratan 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
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. Alumunium	mg/l	0,2
	2. Besi	mg/l	0,3
	3. Kesadahan	mg/l	500
	4. Kholida	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: Menteri Kesehatan No 492 tahun 2010

Tabel 2.2 Parameter Tambahan Persyaratan Kualitas Air Minum

No.	Jenis Parameter	Sartuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1.	Kimiawi		
a.	Bahan Anorganik		
	Air raksa	mg/l	0,001
	Nikel	mg/l	0,07
	Sodium	mg/l	200
	Timbal	mg/l	0,01
	Uranium	mg/l	0,015
b.	Bahan Organik		
	Zat Organik (KmnO ₄)	mg/l	10
	Deterjen	mg/l	0,05
	Chlorinated alkanes		
	Karbon tetraklorida	mg/l	0,004
	Diklorometan	mg/l	0,02
	1,2-Diklorometane	mg/l	0,05
	Triklorometane	mg/l	0,02
	Tetrakloroetane	mg/l	0,04
	Aromatic hydrocarbons		
	Benzene	mg/l	0,01
	Toluene	mg/l	0,7
	Lain-lain		
	Di(2-ethylhexylphthalate)	mg/l	0,008
	Acrylamide	mg/l	0,0005
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	mg/l	0,6
	Nitrilotriacetic acid (NTA)	mg/l	0,2
c.	Pestisida		
	Alachlor	mg/l	0,02
	Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA		
	2,4-DB	mg/l	0,090
	Dichlorprop	mg/l	0,10
	Fenoprop	mg/l	0,009
	2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid	mg/l	0,009
d.	Desinfektan dan hasil sampingnya		
	Desinfektan		
	Chlorine	mg/l	5
	Hasil Sampingan		
	Bromate	mg/l	0,01
	Chorite	mg/l	0,7
2	Radioaktifitas		
	Gross alpha activity	Bq/l	0,1
	Gross Beta Activity	Bq/l	1

Sumber: Menteri Kesehatan No 492 tahun 2010

2.5 Proses Pengolahan Air

2.5.1 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan suatu cairan. Untuk penyaringan air olahan yang mengandung padatan dengan ukuran seragam dapat digunakan saringan medium tunggal, sedangkan untuk penyaringan air yang mengandung padatan dengan ukuran yang berbeda dapat digunakan tipe saringan multi medium.

Pada pengolahan air baku dimana proses koagulasi tidak perlu dilakukan, maka air baku langsung dapat disaring dengan saringan jenis apa saja termasuk pasir kasar. Karena saringan kasar mampu menahan material tersuspensi dengan penetrasi partikel yang cukup dalam, maka saringan kasar mampu menyimpan lumpur dengan kapasitas tinggi. Karakteristik filtrasi dinyatakan dalam kecepatan hasil filtrat. Masing-masing dipilih berdasarkan pertimbangan teknik dan ekonomi dengan sasaran utamanya, yakni menghasilkan filtrat yang murah dengan kualitas yang tetap tinggi.

Beberapa jenis filtrasi air untuk menjadi air siap minum adalah dengan beberapa pengolahan sebagai Berikut:

1. *Multimedia Filter*

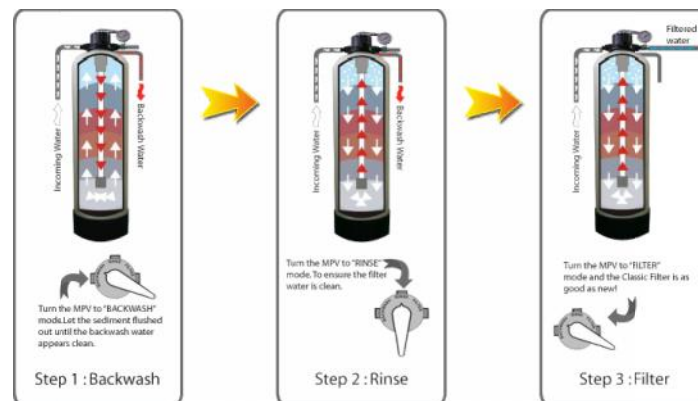
Multimedia filter adalah sebuah filter yang digunakan untuk menyaring berbagai kontaminan dalam air, diantaranya lumpur, debu, pasir, logam berat, besi, kapur dan kontaminan lainnya pada air. Multimedia filter merupakan filter yang digunakan pada tahap awal semua proses penyaringan air bersih sebelum memasuki tahap penyaringan air lanjutan. Akan tetapi dalam kasus apabila air tersebut kadar pencemarannya terlalu tinggi, maka diperlukan proses pengolahan tambahan di awal sebelum memasuki multimedia filter, yaitu proses pengolahan air menggunakan sistem sedimentasi yang menggunakan kimia floakulan dan koagulan dan dipadukan dengan berbagai sistem penyaringan yang biasanya lebih kita kenal dengan sebutan wwtp ataupun stp.

Media filter atau saringan digunakan karena merupakan alat filtrasi atau penyaring yang memisahkan campuran solid-liquid dengan media porous atau material porous lainnya guna memisahkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi yang paling halus, dan penyaringan ini merupakan proses pemisahan

antara padatan atau koloid dengan cairan, dimana prosesnya bisa dijadikan sebagai proses awal, dikarenakan juga karena air olahan yang akan disaring berupa cairan yang mengandung butiran halus atau bahan-bahan yang larut dan menghasilkan endapan, maka bahan-bahan tersebut dapat dipisahkan dari cairan melalui filtrasi. Apabila air olahan mempunyai padatan yang ukuran seragam maka saringan yang digunakan adalah *single medium*. Jika ukuran beragam maka digunakan saringan *dual medium* atau *three medium* (Kusnaedi, 1995).

Terdapat berbagai macam jenis media filter dalam multimedia filter, diantaranya :

- Sand silica filter*, adalah filter yang digunakan untuk menyaring pasir, lumpur, debu, atau kotoran pasar lainnya.
- Carbon active filter*, digunakan untuk menyaring bau, warna, logam berat dan kaporit.
- Manganese zeolit filter*, digunakan untuk menyaring kadar besi atau mangan dalam air.
- Gravel filter*, digunakan sebagai lapisan penahan pada filter pasir, filter mangan zeolit maupun karbon aktif.



Sumber: <http://pakwatercare.com/what-is-media-filtration-2/>

Gambar 2.3 Karakteristik pada Multimedia Filter

2. Membran

Membran sudah sangat familiar digunakan untuk pengolahan air bersih, air minum dan air buangan. Di Negara maju, seperti Amerika, Jepang, Singapura, Jerman dan lain-lain. Menurut Widayanti (2013) membran berasal dari bahasa

latin "membrana" yang berarti kulit kertas. Saat ini, kata "membran" telah diperluas untuk menggambarkan suatu lembaran tipis fleksibel atau film.

Membran merupakan sekat yang bersifat selektif permeable yang bisa memisahkan dua fasa. Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, membran dapat menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Proses pemisahan membran berupa perpindahan materi secara selektif karena daya dorong atau penggerak berupa perbedaan konsentrasi, tekanan, potensial listrik, atau suhu. Proses pemisahan dengan menggunakan membran ada pemisahan fasa cair-cair umumnya didasarkan atas ukuran partikel dan beda muatan dengan gaya dorong (*diving force*) berupa perbedaan temperatur (T), perbedaan tekanan (P), perbedaan konsentrasi (C), perbedaan energi (E) dan medan listrik (Mulde, 1996).

a. Kelebihan dan Kekurangan Membran

Jika dibandingkan dengan teknologi pemisahan lainnya, keunggulan teknologi membran antara lain adalah:

1. Proses pemisahan dapat dilaksanakan secara berkesinambungan (*continous*)
2. Konsumsi energi umumnya rendah
3. Dapat dengan mudah dipadukan dengan teknologi pemisahan lainnya (*bybrid*)
4. Umumnya dioperasikan dalam kondisi sedang (bukan pada tekanan dan temperatur tinggi) dan sifat membran mudah untuk dimodifikasi
5. Mudah untuk melakukan *up-scaling* Tidak memerlukan aditif

Namun dalam pengoperasiannya, perlu juga diperhatikan hal-hal berikut:

1. Penyumbatan/*fouling*
2. Umur membran yang singkat
3. Selektivitas yang rendah

b. Kinerja Membran

1. Fluks Membran

Kinerja suatu membran oleh permeabilitas ditentukan oleh permeabilitas dan perselektivitasnya. Permeabilitas merupakan ukuran kecepatan suatu spesi untuk melewati membran. Sifat ini dipengaruhi oleh jumlah dan ukuran pori, tekanan yang diberikan, serta ketebalan membran. Permeabilitas dinyatakan sebagai suatu besaran fluks dan dilambangkan dengan J_v , yang didefinisikan sebagai jumlah volum permeat yang melewati satu stuan luas membran dalam satuan waktu tertentu dengan adany gaya penggerak berupa tekanan (Heru, 2003). Fluks volume dirumuskan pada persamaan 2.1

$$J_v = \frac{v}{A.t} \quad (2.1)$$

Dimana :

J_v = fluks volume (L/m² jam)

V = jumlah volume permeat (L)

A = luas permukaan (m²)

T = waktu (jam)

Beberapa satuan SI yang dipakai untuk menyatakan fluks antara lain L/m² jam dan L/m² hari. Sebelum ujil fluks, terlebih dahulu dilakukan kompaksi terhadap membran yang akan diuji. Kompaksi dilakukan dengan mengalirkan air melewati membran hingga diperoleh fluks air yang konstan. Penurunan fluks air akan terjadi karena adanya deformasi mekanik pada matriks membran akibat tekanan yang diberikan. Proses deformasi ini mengakibatkan terjadinya pemadatan pori membran, sehingga nilai fluks menjadi turun.

2. Selektifitas Membran

Selektifitas membran terhadap campuran secara umum dinyatakan oleh satu dari dua parameter yaitu koefisien rejeksi (R) dan faktor pemisahan (α). Campuran larutan encer yang terdiri dari pelarut (sebagian besar air) dan zat terlarut lebih sesuai dengan retensi terhadap terlarut. Zat terlarut sebagian atau secara sempurna ditahan sedang molekul pelarut air dengan bebas melalui membran. Rejeksi dinyatakan dalam persamaan 2.2

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_r} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana :

R = koefisien rejeksi

C_p = konsentrasi permeat

C_r = konsentrasi retentat

R adalah parameter yang tidak herdimensi, sehingga tidak berpengaruh unit konsentrasinya. Nilai R berkisar antara 100% (jika zat terlarut dapat ditahan secara sempurna) dan 0% zat terlarut dan pelarut melalui membran secara bebas (Mulder, 1996).

c. Jenis -Jenis Membran

Berdasarkan asalnya membran dibagi menjadi membran alami dan membran sintetik. Membran alami biasanya dibuat dari selulosa dan derivatnya seperti selulosa nitrat dan selulosa asetat, Sedangkan contoh membran sintetik seperti poliamida, polisulfon, dan polikarbonat (Rautenbach, 1989).

Berdasarkan struktur dan prinsip pemisahannya membran dapat dibagi menjadi:

1. Membran berpori Membran jenis ini memiliki ruang terbuka atau kosong, terdapat berbagai macam jenis pori dalam membran. Pemisahan menggunakan membran ini berdasarkan ukuran pori. Selektivitas ditentukan lewat hubungan antara ukuran pori dan ukuran partikel yang dipisahkan. Jenis membran ini biasanya digunakan untuk pemisahan mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Berdasarkan ukuran kerapatan pori, membran dibagi menjadi tiga, yaitu:
 - a. Makropori : membran dengan ukuran pori >50 nm.
 - b. Mesopori: membran dengan ukuran pori antara 2-50 nm,
 - c. Mikropori: membran dengan ukuran pori <2 nm (Mulder, 1996).
2. Membran non-pori Membran non-pori dapat digunakan untuk memisahkan molekul dengan ukuran yang sama baik, baik gas maupun cairan. Membran non-pori berupa lapisan tipis dengan ukuran pori ,0,001 um dan kerapatan pori rendah. Membran ini dapat memisahkan spesi yang

memiliki ukuran sangat kecil yang tidak dapat non-pori digunakan untuk pemisahan dipisahkan oleh membran berpori. gas dan preevaporasi, jenis membran dapat berupa membran komposit atau membran asimetrik, pemisahannya berdasarkan pada kelenturan dan perbedaan kecepatan difusi dari partikel (Mulder, 1996).

3. Carrier Membran (membran pembawa) Mekanisme perpindahan massa pada membran jenis ini tidak ditentukan oleh membran (material dari membran) tetapi ditentukan oleh molekul pembawa yang spesifik yang memudahkan perpindahan spesifik terjadi. Ada dua konsep mekanisme perpindahan dari membran jenis ini, yaitu: carrier tidak bergerak didalam matriks membran atau carrier bergerak ketika dilarutkan dalam suatu cairan. Selektivitas terhadap suatu komponen sangat tergantung pada sifat molekul carrier. Selektivitas yang tinggi dapat dicapai jika digunakan carrier khusus. Komponen yang akan dipisahkan dapat berupa gas atau cairan, ionik atau non-ionik.

Berdasarkan sistem operasinya membran dibedakan atas *system dead end* dan *crossflow*. Berdasarkan tekanan yang digunakan sebagai gaya, membran dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu:

- a. Mikrofiltrasi

Mikrofiltrasi merupakan pemisahan partikel berukuran micron atau submicron Bentuknya lazim berupa cartridge, gunanya untuk menghilangkan partikel dari air yang berukuran 0,04 sampai 100 mikron. Asalkan kandungan padatan total terlarut tidak melebihi 100 ppm. Filtrasi cartridge merupakan filtrasi mutlak, artinya partikel padat akan tertahan.

Spesifikasi Membran Mikrofiltrasi:

1. Membran yang digunakan: asimetrik porous membrane
2. Ketebalan : 10-150 um curan pori : 0,05-10 μm
3. Driving force: tekanan (<2 Bar)
4. Prinsip pemisahan : mekanisme Sieving
5. Bahan membrane: polymeric, ceramic

b. *Reverse Osmosis*

Membran RO dibuat dari berbagai bahan seperti *selulosa asetat (CA)*, *Poliamida (PA)*, *poliamida aromatik*, *polieteramida*, *polieterurea*, *polifelilene oksida*, *palifeniten bibenzimidazol*, dan lainnya. Membran komposit film tipis terbuat dari berbagai bahan polimer untuk substratnya ditambah polimer lapisan fungsional di atasnya. Membran mengalami perubahan karena terjadi Fouling (tersumbat). Makin besar tekanan dan suhu, biasanya membran makin mampat. Normalnya, membran bekerja pada suhu 21-35 °C

Spesifikasi Membran Reverse Osmosis:

1. Membran yang digunakan : asimetrik atau komposit membrane
2. Ketebalan : sublayer: 150 μm , toplayer: 1 μm
3. Temperature :40°C
4. Ukuran pori :<2 μm :40 80 bar
5. Driving force : tekanan, air payau: 15-25 bar, air laut :40 80 bar
6. Prinsip pemisahan : solution-diffusion

c. Ultrafiltrasi

Membran ultrafiltrasi dibuat dengan mencetak polimer selulosa acetate (CA) sebagai lembaran tipis. Membran ultrafiltrasi adalah teknik proses pemisahan menggunakan membran untuk menghilangkan berbagai zat terlarut BM (berat molekul) tinggi, aneka koloid, mikroba sampai padatan tersuspensi dari air larutan. Membran semipermeabel dipakai untuk memisahkan makromolekul dari larutan. Ukuran dan bentuk molekul terlarut merupakan faktor penting.

Spesifikasi Membran Ultrafiltrasi :

1. Membran yang digunakan; asimetrik porous membrane
2. Ketebalan: 150 μm
3. Ukuran pori: 1-100 μm
4. Driving force : tekanan (1 - 10bar)
5. Prinsip pemisahan : mekanisme Sieving

d. Nanofiltrasi

Proses nanofiltrasi merejeksi kesadahan, menghilangkan bakteri dan virus menghilangkan warna karena zat organik tanpa menghasilkan zat kimia berbahaya seperti hidrokarbon terklorinasi. Nanofiltrasi cocok bagi air padatan total terlarut rendah, dilunakkan dan dihilangkan organiknya.

Sifat rejeksinya khas terhadap tipe ion-ion dwivalen lebih cepat dihilangkan daripada yang ekavalen, sesuai saat membrane itu diproses. formulasi bak pembuat, suhu, waktu annealing, dan lain-lain Formulasi dasarnya mirip osmosis balik tetapi mekanisme operasionalnya mirip ultrafiltrasi Jadi nanofiltrasi adalah gabungan antara osmosisi balik dan ultrafiltrasi.

Spesifikasi Membran Nanofiltrasi:

1. Membran yang digunakan :komposit membran
2. Ketebalan : sublayer 150 μm , toplayer 1 μm
3. Ukuran pori:<2 μm
4. Driving force : tekanan (10-25 bar)
5. Prinsip pemisahan : *solution-diffusion*
6. Bahan membrane : polyamide (polimerisasi interfasia)

Tabel 2.4 Perbandingan *Reverse Osmosis*, Ultrafiltrasi, dan Mikrofiltrasi

Reverse Osmosis	Ultrafiltrasi	
Perlu perlakuan Koloid	Beroperasi pada air berkoloid	Cepat fouling karena koloid
Tekanan tinggi (10-30 bar)	Tekanan rendah (1-6 bar)	Tekanan Rendah (2-6 bar)
<i>Recovery</i> Rendah (50-80%)	<i>Recovery</i> hingga 95%	<i>Recovery</i> 100%
Toleransi pH 2-11	Toleransi pH 1-13	Toleransi pH 1-13
Energi tinggi	Energi rendah	Energi rendah
Suhu Operasi maksimal 40°C	Suhu sampai 80°C	Dapat dengan suhu tinggi

Sumber :Hartono, A.J 2006

2.5.2 Ultra Violet (UV)

1. Mekanisme Desinfeksi Menggunakan Ultraviolet

Radiasi ultraviolet merupakan suatu sumber energi yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penetrasi ke dinding sel mikroorganisme dan mengubah komposisi asam nukleatnya. Absorpsi ultraviolet oleh DNA (atau RNA pada beberapa virus) dapat menyebabkan mikroorganisme tersebut tidak mampu melakukan replikasi akibat pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul-molekul pirimidin (Snider dkk, 1991 dalam Cahyonugroho 2010). Sel yang tidak mampu melakukan replikasi akan kehilangan sifat patogenitasnya. Radiasi ultraviolet yang diabsorpsi oleh protein pada membran sel akan menyebabkan kerusakan membran sel dan kematian sel.

2. Prinsip Kerja Ultraviolet

Air dialirkan melalui tabung dengan lampu ultraviolet berintensitas tinggi, sehingga bakteri terbunuh oleh radiasi sinar ultraviolet, harus diperhatikan bahwa intensitas lampu ultraviolet yang dipakai harus cukup, untuk sanitasi air yang efektif diperlukan intensitas sebesar $30.000 \text{ MW sec/cm}^2$ (*Mikro Watt* per sentimeter persegi). Radiasi sinar ultraviolet dapat membunuh semua jenis mikroba bila intensitas dan waktunya cukup, tidak ada residu atau hasil samping dari proses penyinaran dengan ultraviolet, namun agar efektif, lampu UV harus dibersihkan secara teratur dan harus diganti paling lama satu tahun. Air yang akan disinari dengan UV harus tetap melalui filter halus dan karbon aktif untuk menghilangkan partikel tersuspensi, bahan organik, Fe atau Mn jika konsentrasinya cukup tinggi (Sembiring, 2008).

3. Keuntungan dan Kekurangan Menggunakan UV

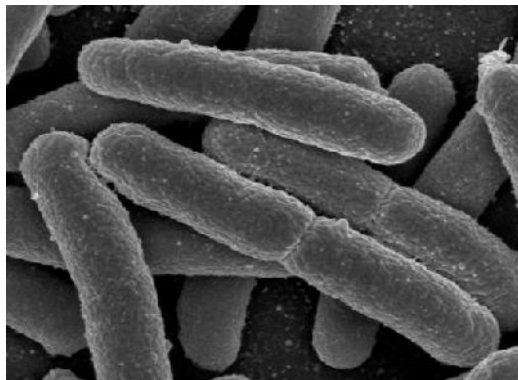
a. Keuntungan menggunakan UV meliputi :

1. Tidak beracun atau tidak berbahaya
2. Menghancurkan zat pencemar organik.
3. Menghilangkan bau atau rasa pada air.
4. Memerlukan waktu kontak yang singkat (hanya beberapa menit)
5. Meningkatkan kualitas air karena gangguan zat pencemar organik.
6. Dapat mematikan mikroorganisme *pathogenic*.
7. Tidak mempengaruhi mineral di dalam air.

- b. Kerugian-Kerugian dari menggunakan UV meliputi :
1. Sinar UV tidak efektif terhadap zat pencemar mengandung banyak bahan kimia organik, klor, asbestos dan lain - lain.
 2. Memerlukan listrik untuk beroperasi. Dalam situasi keadaan darurat ketika listrik mati, maka alat tersebut tidak akan bekerja.

2.6 Koliform dan *Escherichia coli*

2.6.1 Bakteri Koliform



Sumber :Fiwka, Estriana (2017)

Gambar 2.4 Bakteri Koliform

Bakteri Koliform adalah golongan bakteri intestinal, yaitu bakteri yang hidup dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri Koliform merupakan indikator keberadaan bakteri patogenik lain. Penentuan Koliform fekal menjadi indikator pencemaran dikarenakan jumlah koloninya pasti berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen. Jadi, Koliform adalah indikator kualitas air. Makin sedikit kandungan Koliform artinya kualitas air tersebut semakin baik. Contoh dari bakteri Koliform ialah *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Salmonella spp.*, *Enterobacter*, *Klebsiella* (Tristyanto, 2015). Bakteri *Coliform* dapat dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu :

1. Coliform *fekal* : contohnya bakteri *Escherichia coli*, merupakan bakteri yang berasal dari kotoran manusia dan hewan.
2. Coliform *non fekal* : contohnya *Enterobacter aerogenes*, biasanya ditemukan pada hewan atau tanaman yang telah mati (Sunarti, 2016).

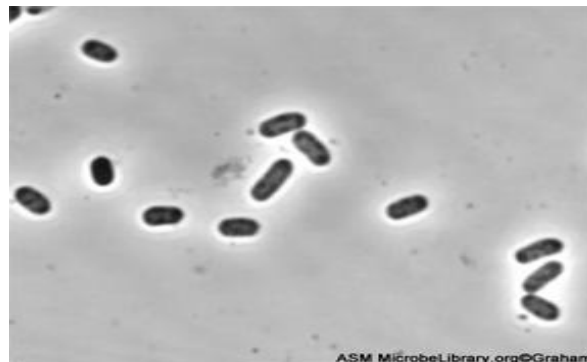
Karakteristik bakteri Coliform antara lain berbentuk batang, gram negatif, tidak membentuk spora, aerobik dan anaerobik fakultatif yang memfermentasi laktosa dengan memproduksi gas dan asam pada suhu 35°C-37°C dalam waktu kurang dari 48 jam (Sunarti, 2016).

Selain *E. coli* bakteri indikator lain sebagai pelengkap, yaitu *streptococcus faecalis*. Bakteri ini terdapat di dalam feses namun jumlahnya lebih sedikit dari pada *E. coli*. Di dalam air, bakteri *streptococcus faecalis* kecepatan untuk mati atau hilang kurang lebih sama dengan *E. coli*. Apabila dalam sampel air ditemukannya bakteri *streptococcus faecalis* menunjukkan bukti penguat bahwa sampel air tersebut telah tercemar feses (Khairunnisa, 2015).

2.6.2 Bakteri *Escherichia coli* (*E.coli*)

a. Morfologi dan Klasifikasi *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri Gram negatif yang memiliki morfologi kokobasil atau batang pendek, tidak membentuk spora, bermotil dan dapat menghasilkan gas dari glukosa (Saputro, 2005). *E.coli* memiliki ukuran 0,4µm – 0,7µm x 1,4µm dan memiliki strain yang berkapsul. *E.coli* memiliki kompleks antigen yang terdiri dari antigen O, K, dan H (Jawetz dkk., 2013).



Sumber: Todar, 2008

Gambar 2.5 Bakteri *Escherichia coli*

b. Sifat Pertumbuhan

Pola fermentasi karbohidrat dan aktivitas dekarboksilase asam amino dan enzim lainnya digunakan untuk pembedaan secara biokimia. Biakan pada medium “diferensial” yang mengandung zat warna khusus dan karbohidrat (misal, eosin-metilen biru (EMB), medium macConkey, atau medium

deoksikolat) membedakan koloni yang memfermentasi laktosa (berwarna) dengan yang tidak memfermentasi laktosa (tidak berwarna) dan memungkinkan identifikasi presumtif secara cepat pada bakteri enterik. *E.coli* secara khas menunjukkan hasil positif pada tes indol, lisin dekarboksilase, dan fermentasi manitol, serta menghasilkan gas dari glukosa (Jawetz *et al.*, 2013).

c. Definisi *Escherichia coli*

Enterobacteriaceae adalah suatu famili kuman yang terdiri dari sejumlah besar spesies bakteri yang erat hubungannya satu sama lainnya. Hidup di usus besar manusia dan hewan, tanah, air dan dapat pula ditemukan dekomposisi material. Kuman ini sering disebut kuman enterik atau basil enterik karena pada keadaan normal hidupnya ada didalam usus besar manusia (Syahrurachman dkk, 2010). Beberapa organisme enterik, misalnya *E.coli*, merupakan bagian dari flora normal dan kadang-kadang dapat menimbulkan penyakit, sedangkan lainnya, salmonela dan shigela, biasanya bersifat patogen untuk manusia (Jawetz dkk, 2013).

Escherichia coli adalah salah satu bakteri yang tergolong Coliform dan hidup secara normal di dalam kotoran manusia maupun hewan, oleh karena itu disebut juga *Coliform fekal*. Bakteri koliform lainnya berasal dari hewan dan tanaman mati dan koliform nonfekal, misalnya *Enterobacter aerogenes*. *E. coli* termasuk dalam grup koliform yang mempunyai sifat dapat memfermentasi laktose dan memproduksi asam dan gas pada suhu 37°C maupun suhu 44.5 ±0.5° C dalam waktu 48jam (Fardiaz, 2011).

Escherichia coli dapat tumbuh dengan baik pada suhu antara 20°C -45°C, sedangkan pada suhu di bawah 4°C *E. coli* akan mengalami fase *dormancy* atau fase tidur. *E. coli* dapat mati pada suhu di atas 50°C dalam waktu 10 menit (Sunarko, 2012).

d. Patogenesis *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri komensal yang hidup di mikroflora usus di berbagai jenis binatang dan manusia, dan dapat menyebabkan berbagai penyakit pada manusia, mamalia dan burung (Hussain, 2015). Mikroorganisme ini terdapat di feses, atau kotoran, yang penyebarannya melalui

fekal-oral. Makanan dan air yang terkontaminasi adalah cara yang paling umum untuk terkena *E.coli*. Kebanyakan *E.coli* tidak menyebabkan penyakit tetapi bakteri *E.coli* dapat menimbulkan penyakit jika jumlah koloni terlalu banyak, *E.coli* hidup di luar habitatnya atau keadaan manusia sebagai pejamu yang lemah karena suatu kondisi seperti mengalami penyakit immunosupresan (Ingerson dan Reid, 2011). Manifestasi *E.coli* pada manusia bergantung dari tempat infeksi terjadi, oleh sebab itu patogenesis *E.coli* dibedakan berdasarkan letak organnya yaitu menjadi infeksi ekstraintestinal dan intrainestinal (Jawetz dkk,2013)