

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air adalah satu dari sekian banyak sumber daya alam yang sangat di butuhkan bagi kehidupan makhluk hidup. Air membantu aktivitas kehidupan bagi semua makhluk hidup terutama manusia. Tidak hanya manusia saja membutuhkan air tetapi dari unsur tumbuhan, hewan maupun tanah itu sangat membutuhkan air dalam kehidupannya. Selain pentingnya air bagi di dalam tubuh manusia, air dibutuhkan bagi kebutuhan hidup sehari-hari yaitu keperluan untuk kebutuhan domestik rumah tangga maupun kebutuhan dalam pertanian, industri, perikanan, pembangkit listrik tenaga air, dan navigasi, serta rekreasi (Pujiastuti, dkk, 2007 dalam Sugarto, 2016).

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 (Irianto, 2016).

2.1.1 Sumber-sumber Air (Joko, 2012)

Sumber air adalah wadah air yang terdapat diatas dan dibawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini adalah mata air, sungai, rawa, danau, waduk, dan muara. Berikut ini adalah sumber-sumber air:

1. Air Laut

Air laut adalah air dari laut atau samudera. Air laut mempunyai sifat asin, karena mengandung garam $NaCl$. Kadar garam $NaCl$ dalam air laut 3%, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Dengan keadaan ini, maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum.

2. Air Permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir dipermukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama

pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan sebagainya. Beberapa pengotoran untuk masing-masing air permukaan akan berbeda-beda, tergantung pada daerah pengaliran air permukaan ini. Jenis pengotorannya adalah merupakan kotoran fisik, kimia dan bakteri.

Setelah mengalami suatu pengotoran, pada suatu saat air permukaan itu akan mengalami suatu proses pembersihan sendiri. Udara yang mengandung oksigen atau gas O_2 akan membantu mengalami proses pembusukan yang terjadi pada air permukaan yang telah mengalami pengotoran, karena selama dalam perjalanan O_2 akan meresap kedalam air permukaan. Air permukaan ada dua macam yaitu:

a. Air Sungai

Dalam penggunaannya sebagai air minum, haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air sungai ini pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi sekali. Debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air minum pada umumnya dapat mencukupi.

b. Air Rawa/ Danau

Kebanyakan air rawa ini berwarna hitam atau kuning kecoklat, hal ini disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membusuk, misalnya asam humus yang terlarut dalam air yang menyebabkan warna kuning coklat.

Dengan adanya pembusukan kadar zat organik tinggi, maka umumnya kadar Fe dan Mn akan tinggi pula dan dalam keadaan kelarutan O_2 kurang sekali (anaerob), maka unsur-unsur Fe dan Mn ini terlarut. Pada permukaan air akan tumbuh algae (lumut) karena adanya sinar matahari dan O_2 .

3. Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah pada lajur/ zona jenuh air. Air tanah merupakan salah satu sumber daya air yang keberadaannya terbatas dan kerusakannya

dapat mengakibatkan dampak yang luas serta pemulihannya sulit dilakukan.

Air tanah berasal dari air hujan dan air permukaan, yang meresap mula-mula ke zona tak jenuh dan kemudian meresap makin dalam hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi air tanah. Air tanah berinteraksi dengan air permukaan serta komponen-komponen lain seperti jenis batuan penutup, penggunaan lahan, serta manusia yang dipermukaan.

4. Air Tanah Dangkal

Terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, sedemikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah ini berfungsi sebagai saringan. Disamping penyaringan, pengotoran masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul menjadi air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal.

5. Air Tanah Dalam

Terdapat sebuah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamannya sehingga dalam suatu kedalaman akan didapat satu lapis air. Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur keluar dan dalam keadaan ini, sumur ini disebut dengan sumur artesis atau sumur bor. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya, maka digunakan pompa untuk membantu pengeluaran air.

6. Mata Air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya kepermukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan keadaan air tanah.

2.1.2 Parameter Uji Analisa Air PDAM

a. Konduktivitas

Konduktivitas (Daya Hantar Listrik/ DHL) adalah kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL. Konduktivitas dinyatakan dengan satuan $\mu\text{mhos/cm}$. Pengukuran daya hantar listrik bertujuan mengukur kemampuan ion-ion dalam air untuk menghantarkan listrik serta memprediksi kandungan mineral dalam air.

Konduktivitas air dapat dinyatakan dalam satuan mhos/cm atau Siemens/cm . Air tanah dangkal umumnya mempunyai harga 30-2000 $\mu\text{mhos/cm}$. Konduktivitas air murni berkisar antara 0-200 $\mu\text{S/cm}$ (*low conductivity*), konduktivitas sungai sungai besar/*major* berkisar antara 200-1000 $\mu\text{S/cm}$ (*mid range conductivity*), dan air saline adalah 1000-10000 $\mu\text{S/cm}$ (*high conductivity*). Nilai konduktivitas untuk air layak minum sekitar 42-500 $\mu\text{mhos/cm}$. Nilai konduktivitas lebih dari 250 mhos/cm tidak dianjurkan karena dapat mengendap dan merusak batu ginjal (Khairunnas, 2018).

b. pH

Pengaruh pH terhadap kualitas air, menyebabkan baku mutu air untuk layak dikonsumsi. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI), air yang layak dikonsumsi memiliki pH 6,5-8,5 (Zulkarnain, 2015).

c. Resistivitas (Nilai Hambatan)

Resistivitas merupakan kebalikan dari konduktivitas, dimana resistivitas adalah kesanggupan suatu bahan untuk menghambat aliran listrik yang mengalir didalamnya, dimana listrik hanya dapat mengalir dalam bahan yang bersifat konduktif. Nilai resistivitas air bawah tanah antara 40-210 ohm.m . Nilai resistivitas air bersih (*fresh water*) adalah antara 10-100 Ωm . Sedangkan nilai resistivitas limbah cair memiliki nilai yang lebih kecil (Khairunnas, 2018).

d. *Total Dissolved Solid* (Total Padatan Terlarut)

Total Dissolved Solid atau *TDS* adalah benda padat yang terlarut meliputi semua mineral, garam, logam, serta kation dan anion yang terlarut dalam air. *TDS* terukur dalam satuan *Parts per Million (ppm)* atau perbandingan rasio berat ion terhadap air. Air yang mengandung mineral non-organik tinggi sangat tidak baik untuk kesehatan karena mineral tersebut tidak akan hilang walaupun dengan cara direbus. Terdapat lima kategori rasa air berdasarkan *TDS* yaitu *TDS* kurang dari 300 ppm: sangat bagus, *TDS* antara 300-600 ppm: bagus, *TDS* antara 600-900 ppm: sedang, *TDS* antara 900-1200 ppm: buruk, dan *TDS* diatas 1200 ppm: sangat buruk (Khairunnas, 2018).

2.1.3 Klasifikasi Air

Standar kualitas air adalah baku mutu yang ditetapkan berdasarkan sifat-sifat fisika, kimia, radioaktif maupun bakteriologis yang menunjukkan persyaratan kualitas air tersebut. Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tahun 1990 Tentang pengelompokan kualitas air menjadi beberapa golongan menurut peruntukkannya. Adapun penggolongan air menurut peruntukkannya adalah sebagai berikut.

Golongan A : Air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung, tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Golongan B : Air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum melalui suatu pengolahan.

Golongan C : Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.

Golongan D : Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, usaha di perkotaan, industri, dan pembangkit listrik tenaga air (Effendi, 2003).

Tabel 1. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Golongan

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum			
			Gol A	Gol B	Gol C	Gol D
FISIKA						
1	Bau	-	-	-	-	-
2	TDS	Mg/l	1000	1000	1000	1000
3	Kekeruhan	NTU	5	-	-	-
4	Rasa	-	-	-	-	-
5	Warna	TCU	15	-	-	-
6	Suhu	°C	Suhu udara	-	-	-
7	Konduktivitas	Umhos/cm	-	-	-	2250
8	pH					
KIMIA ANORGANIK						
1	Air Raksa	Mg/l	0,001	0,001	0,002	0,005
2	Arsen	Mg/l	0,005	0,005	1	1
3	Besi	Mg/l	0,3	5	-	-
4	Fluorida	Mg/l	0,5	1,5	1,5	-
5	Cadmium	Mg/l	0,005	0,01	0,01	0,01
6	Klorida	Mg/l	250	600	0,003	-
7	Mangan	Mg/l	0,1	0,5	-	2
8	Natrium	Mg/l	200	-	-	60
9	Nitrat	Mg/l	10	10	-	-
10	Seng	Mg/l	5	5	0,02	2
11	Sulfat	Mg/l	400	400	-	-
12	Sulfida (H ₂ S)	Mg/l	0,05	0,1	0,002	-
13	Tembaga	Mg/l	1,0	1	0,02	0,1
KIMIA ORGANIK						
1	Aldrin dan Dieldrin	Mg/l	0,0007	0,017	-	-
2	Benzena	Mg/l	0,01	-	-	-
3	Chlordine (total isomer)	Mg/l	0,0003	-	-	-
4	Heptachlor dan Heptachlorepoxi de	Mg/l	0,003	0,018	-	-

Sumber: Santoso, 2010 dalam Romadhon 2013

2.1.4 Air Baku

2.1.4.1 Air PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum)

Air minum hasil pengolahan PDAM dan air sumur sebagai perlindungan kualitas air yang ada dalam parameter kualitas air terutama dalam golongan satu yang digunakan sebagai air baku air minum. Distribusi dan penggunaan air PDAM untuk kebutuhan air bersih dan air minum terus meningkat tiap tahunnya. Air bersih yang disediakan PDAM diperoleh dengan membuat sumur bor dengan kedalaman tertentu dan sistem air permukaan. Sistem tersebut mengakibatkan kualitas air yang disalurkan ke rumah-rumah pelanggan tergantung dari kualitas air di sekitar sumur bor dan air permukaan tersebut. Penerimaan kualitas air minum antara satu wilayah dengan wilayah lain di Jember tidak akan sama, karena sumber airnya berbeda. Debit sumber air baku mengalami penurunan oleh karena penebangan pohon-pohon di daerah resapan air (PDAM Jember, 2009).

Tabel 2. Parameter Fisika Air PDAM

Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan
Turbidity (NTU)	1,15
pH	7,34
Temperatur (°C)	26,5
Konduktivitas (s/cm)	53,2
TDS (mg/l)	26,6
Warna (mg/l Pt)	0
Khlor (mg/l)	0,5
Flow Khlor (kg/jam)	4

Sumber: Permenkes No. 492/2010

Tabel 3. Parameter Kimia Air PDAM

Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan
<i>Turbidity</i> (NTU)	0,84
pH	7,29
Temperatur (°C)	27,1
Konduktivitas (s/cm)	48,4
<i>TDS</i> (mg/l)	24,1
Ammonia	0,1
Besi	0,1
Nitrit	0,1
<i>DO</i>	7
Sulfat	83,2
Mangan	0
Klorida (ml)	0,9
<i>Hardness</i> (ml)	2,5
Bicarbonat (ml)	0,1

Sumber: Permenkes No. 492/2010

2.2 *Aquadest*

Aquadest adalah air mineral yang telah diproses dengan cara distilasi (penyulingan) sehingga diperoleh air murni (H₂O) yang bebas mineral. *Aquadest* terdiri dari dua kata yaitu (aqua dan destila). Aqua artinya air, destila artinya penyulingan. Jadi, *Aquadest* adalah air mineral hasil penyulingan. Sifat-sifat penting dari *Aquadest* lainnya dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Sifat-sifat Penting *Aquadest*

Sifat	Efek dan Kegunaan
Pelarut yang sangat baik	Transpor zat makanan dan bahan buangan yang dihasilkan oleh proses biologi
Konstanta dielektrik paling tinggi di antara cairan murni lainnya	Kelarutan dan ionisasi dari senyawa ini tinggi dalam larutannya
Transparan terhadap cahaya tampak dan sinar yang mempunyai panjang gelombang lebih besar dari ultraviolet	Tidak berwarna, mengakibatkan cahaya yang dibutuhkan untuk fotosintesis mencapai radiasi tertentu
Tegangan permukaan lebih tinggi daripada cairan lainnya	Faktor pengendali dalam fisiologi, membentuk fenomena tetes di permukaan
Bobot jenis tertinggi dalam bentuk cairan (fasa cair) pada 4°C	Air beku (es) mengapung, sirkulasi vertikal menghambat stratifikasi badan air

Sambungan Tabel 4.

Proses penguapan lebih tinggi dibandingkan dengan cairan lain kecuali ammonia	Menentukan transfer panas dan molekul air antara atmosfer dan badan air
Kapasitas kalor lebih tinggi dibandingkan cairan lain kecuali ammonia	Stabilitas dari temperatur organisme dan wilayah geografis
Panas laten dan peleburan lebih tinggi daripada cairan lain kecuali ammonia	Temperatur stabil pada titik beku

Sumber: Achmad, 2004.

Spesifikasi air reagen dapat mengacu pada regulasi ASTM (*American Society for Testing and Materials*) D1193-99e1, ISO (*International Organization for Standardization*) 3696, dan CLSI-CLRW (*Clinical Laboratory Standards Institute-Clinical Laboratory Reagent Water*). Beberapa laboratorium mengacu pada standar ASTM D1193-99e1 yang terbagi atas 4 tipe yaitu tipe I, II, III dan IV. Standar parameter kimia dan fisika sesuai dengan regulasi ASTM dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Standar Kimia dan Fisika ASTM untuk Air Reagen (pada 25°C)

Parameter Kimia dan Fisika	Tipe I	Tipe II	Tipe III	Tipe IV
Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<0,056	<1,0	<0,25	<5,0
Resistivity ($\text{M}\Omega.\text{cm}$)	>18	>1,0	>4,0	>0,2
pH	-	-	-	5,0-8,0
<i>Total Organic Carbon (TOC)</i> (ppb atau $\mu\text{g}/\text{l}$)	50	50	200	Tidak terbatas
Sodium (ppb atau $\mu\text{g}/\text{l}$)	<1	<5	<10	<50
Klorida (ppb atau $\mu\text{g}/\text{l}$)	<1	<5	<10	<50
Total Silika (ppb atau $\mu\text{g}/\text{l}$)	<3	<3	<500	Tidak terbatas

Sumber: ASTM D1193-99e1 dalam Shalahuddin, 2016

Adapun standar biologi ASTM dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Standar Biologi ASTM untuk Air Reagen

Parameter Biologi	Tipe A	Tipe B	Tipe C
Heterotropic bacteria count (CFU/ml)	<10/1000	<10/100	<100/10
Endotoxic (unit/ml)	<0,03	<0,25	-

Sumber: ASTM D1193-99e1 dalam Shalahuddin, 2016

Standar ISO berbeda dengan standar ASTM dalam hal penggolongan kategorinya.

Berikut adalah standar regulasi ISO 3696 mengenai air reagen:

Tabel 7. Standar ISO untuk Air Reagen

Parameter	Tipe I	Tipe II	Tipe III
Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<0,1	<0,1	<5,0
pH pada 25°C	-	-	5,0-7,0
Silika (mg/l)	<0,01	<0,02	-
Residu setelah evaporasi dengan pemanasan 110°C (mg/kg)	-	<1	<2

Sumber: ISO 3696 dalam Shalahuddin, 2016

Standar mutu *aquadest* yang menjadi acuan yaitu standar mutu air demineral menurut SNI 01-3553-2006 dan SNI 01-6241-2000 ditunjukkan pada Tabel 8. Air demineral merupakan air yang diperoleh melalui proses pemurnian seperti destilasi, deionisasi dan proses yang setara.

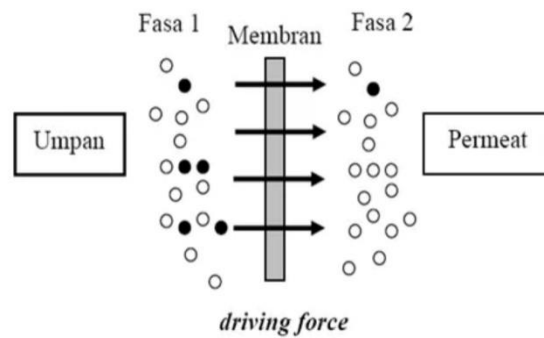
Tabel 8. Standar Mutu Air Demineral

Parameter	Standar Mutu	Sumber
TDS	Maks. 0 mg/L	SNI 01-3553-2006
pH	5,0-7,5	SNI 01-3553-2006
DHL	Maks. 1,3 mS/cm	SNI 01-6241-2000

Sumber: Khotimah, 2017 dalam Jurnal *Chemurgy*, 2017

2.3 Membran

Kata membran berasal dari bahasa Latin yaitu “Membrana” yang berarti potongan kain. Saat ini istilah membran didefinisikan sebagai lapisan tipis (film) yang fleksibel, pembatas antara dua fasa yang bersifat semipermeabel. Membran dapat berupa padatan atau cairan dan berfungsi sebagai media pemisahan yang selektif berdasarkan perbedaan koefisien difusifitas menurut Wenten (1999), membran memiliki arti sebagai lapisan tipis yang berada diantara dua fasa dan berfungsi sebagai pemisah selektif. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1 dihalaman berikutnya.



Gambar 1. Pemisahan Partikel oleh Membran (Wenten, 1999)

Pengelompokkan membran dapat dilakukan atas dasar berbagai hal. Atas dasar material yang digunakan, membran dapat dikelompokkan menjadi membran polimer, liquid membran, padatan (keramik) dan membran penukar ion. Berdasarkan konfigurasi, membran dapat dikelompokkan menjadi membran lembaran, lilitan spiral (spiral wound), tubular, dan emulsi. Berdasarkan ukuran pori, membran dapat dikelompokkan menjadi mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, dan nanofiltrasi (Wenten, 1999).

Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil.

Larutan yang mengandung komponen yang tertahan disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut permeat. Filtrasi dengan menggunakan membran selain berfungsi sebagai sarana pemisahan juga berfungsi sebagai sarana pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membran tersebut.

2.3.1 Jenis-jenis Membran

Berdasarkan gradient tekanan sebagai gaya dorongnya pada permeabilitasnya, membran dapat dibedakan menjadi beberapa jenis (Joko, 2012) yaitu:

- a. Mikrofiltrasi (MF), membran jenis ini beroperasi pada tekanan berkisar 0,1-2 Bar dan batasan permeabilitasnya lebih besar dari 50 L/m².jam.bar.

- b. Ultrafiltrasi (UF), membran jenis ini beroperasi pada tekanan antara 2-5 Bar dan batasan permeabilitasnya adalah 10-50 L/m².jam.bar.
- c. Nanofiltrasi, membran ini beroperasi pada tekanan antara 5-20 Bar dan batasan permeabilitasnya mencapai 1,4-12 L/m².jam.bar.
- d. *Reverse Osmosis* (RO), membran jenis ini beroperasi pada tekanan antara 20-100 Bar dan batasan permeabilitasnya mencapai 0,05-1,4 L/m².jam.bar.

2.3.2 Karakteristik Membran

Karakteristik membran dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat membran yang dihasilkan. Dengan karakteristik ini akan memberikan sejauh mana efektivitas yang dapat diperoleh dari membran yang telah dibuat. Ada beberapa macam teknik yang bisa digunakan untuk mengetahui karakteristik membran, namun yang umum digunakan hanya 2, yaitu permeabilitas dan permselektivitas.

a. Permeabilitas

Permeabilitas menyatakan ukuran kecepatan suatu spesi tertentu untuk melewati membran. Membran yang baik adalah membran yang mempunyai permeabilitas yang besar. Metode permeabilitas dapat dihitung melalui fluks yang melalui membran pada temperatur konstan dengan menggunakan persamaan:

$$J_v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

J_v = Fluks

Q = Laju Alir (ml/s)

A = Luas permukaan membran (m²)

b. Permselektivitas

Permselektivitas adalah kemampuan membran untuk menahan atau melewatkan suatu spesi tertentu. Untuk membran berpori permselektivitas ditentukan oleh batas berat molekul yang dapat ditahan. Hal ini diukur dengan rejeksi (R) yang dapat ditulis:

$$R = \left\{ 1 - \frac{c_p}{c_f} \right\} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

R = Rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi permeat (ppm)

C_f = Konsentrasi umpan (ppm)

2.3.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja Membran

Pembuatan membran mempunyai spesifikasi khusus tergantung untuk apa membran tersebut digunakan dan spesifikasi apa produk yang diharapkan. Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam penggunaan membran (Joko, 2012) dibawah ini:

a. Ukuran Molekul

Ukuran molekul membran sangat mempengaruhi kinerja membran. Pada pembuatan mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi mempunyai spesifikasi khusus. Sebagai contoh untuk membran protein kedelai yang dihidrolisis menggunakan ukuran membran 5000 MWCO, 10.000 MWCO, dan 50.000 MWCO.

b. Bentuk Molekul

Bentuk dan konfigurasi makromolekul mempunyai efek pada kekuatan ion, temperatur dan interaksi antar komponen. Perbedaan bentuk ini khusus pada kondisi dibawah permukaan membran. Hal ini dapat terlihat dalam penggunaan membran pada protein dan dextrin.

c. Bahan Membran

Perbedaan bahan membran akan berpengaruh pada hasil rejeksi dan distribusi ukuran pori. Sebagai contoh membran dari polysulfone dan membran dari selulosa asetat, kedua membran ini menunjukkan rendahnya deviasi antara kedua membran dan ini mempunyai efek pada tekanan membran. Selain itu mempunyai efek pada tingkat penyumbatan (*fouling*) pada membran.

d. Karakteristik Larutan

Pada umumnya berat molekul larutan garam dan gula mempunyai berat molekul yang kecil dari ukuran pori membran. Karakteristik larutan ini mempunyai efek pada permeability membran.

e. Parameter Operasional

Jenis parameter yang digunakan pada operasional umumnya terdiri dari tekanan membran, permukaan membran, temperatur dan konsentrasi, parameter tambahan adalah pH, ion strength, dan polarisasi.

2.3.4 Keuntungan dan Kelemahan Membran

Teknik pemisahan dengan membran umumnya berdasarkan ukuran partikel dan berat molekul dengan gaya dorong berupa beda tekan, medan listrik dan beda konsentrasi. Proses pemisahan dengan membran yang memakai gaya dorong berupa beda tekan umumnya dikelompokkan menjadi empat jenis diantaranya *mikromembran*, *ultramembran*, *nanomembran* dan *reverse osmosis*. Teknologi membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses lain, antara lain (Joko, 2012):

1. Pemisahan dapat dilakukan secara kontinu maupun *batch*.
2. Konsumsi energi umumnya relatif lebih rendah.
3. Proses membran dapat mudah digabungkan dengan proses pemisahan lainnya.
4. Pemisahan dapat dilakukan dalam kondisi yang mudah diciptakan.
5. Mudah dalam *scale up*.
6. Tidak perlu adanya bahan tambahan.
7. Material membran bervariasi sehingga mudah diadaptasikan pemakaiannya.
8. Pemisahan berdasarkan ukuran molekul (bentuk, muatan).
9. Energi yang dibutuhkan relatif rendah karena biasanya tidak terjadi perubahan fase.
 - Beroperasi pada temperatur rendah
 - Menghindari kerusakan dari zat terlarut yang sensitif terhadap panas
10. Tidak ada penambahan produk buangan.
11. Dapat mereduksi secara kimiawi.
12. Tidak membutuhkan lahan yang luas, jika dibandingkan dengan pengolahan konvensional, pengolahan dengan membran membutuhkan 50-80 persen lebih sedikit dari lahan pengolahan konvensional.

13. Dapat dengan mudah dioperasikan, sehingga tidak membutuhkan ahli khusus.

Di samping mempunyai keuntungan, proses membran juga mempunyai kekurangan di antaranya:

1. Penyumbatan pori membran (*fouling*). Adanya *fouling* dapat menyebabkan penurunan baik kualitas maupun kuantitas produk hasil penyaringan. *Fouling* dikendalikan dengan pembersihan secara berkala.
2. Stabilitas membran. Kebanyakan material membran adalah polimer yang mempunyai keterbatasan terhadap pH, temperatur, dan ketahanan khusus.
3. Teknologi membran dengan tekanan yang tinggi memerlukan energi yang besar.
4. Pada pengolahan dengan menggunakan teknologi membran, kadangkala perlu dilakukan *pretreatment* terlebih dahulu untuk mengurangi beban pengolahan.
5. Meninggalkan limbah yang berbahaya, karena pada saat proses regenerasi membran akan menghasilkan limbah yang berbahaya.
6. Membran mempunyai *lifetime*/ masa hidup, dimana penggantian membran dilakukan 3-5 tahun sekali.

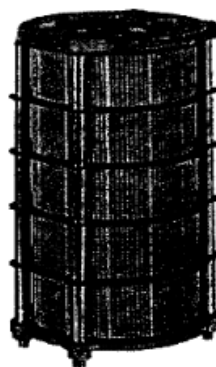
2.4 Mikrofiltrasi

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, terkadang *cartridge* yang berbentuk silinder itu dapat dibersihkan. *Cartridge* tersebut diletakkan di dalam wadah tertentu (*housing*). Bahan *cartridge* beraneka yaitu katun, wool, rayon, selulosa, fiberglass, polypropylene, akrilik, nilon, asbes, ester-ester selulosa, polimer hidrokarbon terfluorinasi.

Jenis-jenis *cartridge* dikelompokkan:

1. *Cartridge* leletan.
2. *Cartridge* rajut-lekatan-terjurai.
3. *Cartridge* lembar-berpori (kertas saring khusus, media nirpintal, membran berkarbon).

Membran mikrofiltrasi seperti yang tertera pada tabel di bawah ini merupakan membran yang terbuat dari polypropylene, acrylonitrile, nylon, dan polytetrafluoroethylene. Pada pengolahan lanjutan, biasanya mikrofiltrasi digunakan untuk menghilangkan kekeruhan, *suspended solid*, dan mereduksi bakteri, serta sebagai *pretreatment* pada *reverse osmosis*.



Gambar 2. Mikrofiltrasi

Tabel 9. Spesifikasi Membran Mikrofiltrasi

Spesifikasi	Satuan	Keterangan
Typical operating range	μm	0,08-2,0
Operating pressure	Lb/in ²	1-15
	kPa	1-100
Rate of flux	Gal/ft ² .d	10-40
	L/m ² .d	405-1600
Tipe membran		Polypropylene Acrylonitrile Nylon Polytetrafluoroethylene
Bentuk membran		<i>Spiral wound</i> <i>Hollow fiber</i> <i>Plate and frame</i>

Sumber: Joko, 2012.

Tabel 10. Keuntungan dan Kerugian Mikrofiltrasi

Keuntungan	Kerugian
Dapat mengurangi beban dari pengolahan kimia	Menggunakan listrik lebih banyak
Tidak membutuhkan ruang yang luas, 50-80% dari unit konvensional	Dapat membutuhkan <i>pretreatment</i> untuk mencegah <i>fouling</i> . Fasilitas <i>pretreatment</i> membutuhkan ruang yang luas dan biaya yang lebih tinggi.
Tenaga kerja operasional sedikit, dapat dioperasikan dengan mudah	Membutuhkan penanganan untuk pembuangan residu
Desain membran terbaru dapat digunakan pada tekanan rendah. Pembiayaan sistem bersaing dengan sistem konvensional	Membutuhkan pergantian membran tiap 3-5 tahun
Menyisihkan bakteri patogenik seperti protozoa dan ookista, juga beberapa jenis virus	

Sumber: Joko, 2012.

Proses mikrofiltrasi merupakan proses pemisahan unsur-unsur partikulat dari dalam larutannya. Membran mikrofiltrasi dapat memiliki baik struktur simetrik maupun asimetrik, dengan rentang ukuran diameter pori antara 0,02-10 μm , sehingga akan sangat efektif dalam pemisahan baik padatan tersuspensi maupun emulasi.

Membran mikrofiltrasi dapat dibuat dari berbagai macam material baik organik maupun anorganik. Membran anorganik banyak digunakan untuk membuat membran mikrofiltrasi antara lain *sintering*, *tracketching*, *stretching*, dan inversi fasa. Membran mikrofiltrasi memiliki ukuran pori antara 0,02 sampai 10 μm dan tebal antara 10-150 μm . Mikrofiltrasi dapat menahan bahan-bahan yang ukurannya lebih kecil daripada rata-rata ukuran pori karena penahan adsorptif.

2.5 Metode-metode Pembuatan *Aquadest*

Adapun metode-metode pembuatan air suling yang dapat dilakukan yaitu:

1. Resin Penukar Ion

Pemurnian air menggunakan resin penukar ion merupakan reaksi kimia substitusi, yang bekerja dengan prinsip menukar setiap ion positif di dalam air dengan kation hidrogen yang ada didalam resin kation. Sebaliknya terhadap anion yang terlarut didalam air, penukaran ion terjadi antara ion hidroksil yang ada didalam resin anion, dengan ion-ion negatif yang ada

didalam air. Hasil akhirnya adalah terbentuknya molekul air akibat dari reaksi antara ion hidrogen dan hidroksil.

Dengan bertukarnya setiap kation terlarut dengan kation hidrogen, dan setiap anion dengan anion hidroksil, maka pada akhirnya semua kation dan anion terlarut berubah menjadi air. Pemurnian air menggunakan resin penukar ion menghasilkan air yang bebas dari mineral yang terlarut padanya.

2. *Reverse Osmosis (RO)*

Membran filtrasi dengan *reverse osmosis (RO)* spiral membran luas sebagai sebuah teknologi untuk produksi air minum. Hal ini diterapkan sebagai suatu teknik pemurnian tanah, permukaan dan air laut, tergantung pada situasi lokal dan ketersediaan. Masing-masing sumber kualitas dapat mengakibatkan pembatasan yang berbeda pada jenis membran dan modus operasional instalasi. Dalam teknologi pengolahan penyaringan air, *RO* sangat cocok karena menghilangkan semua kontaminan pada tingkat molekuler. Dalam *RO*, air diangkut melewati membran di bawah tekanan tinggi, meninggalkan serapan yang terdiri dari air dan konsentrat yang mengandung sebagian komponen lain seperti mineral dan residu yang tidak diinginkan.

3. Evaporasi (Penguapan)

Evaporasi merupakan suatu proses penguapan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Dalam proses ini sebagian air akan diuapkan sehingga diperoleh suatu produk yang kental (konsentrat). Proses pindah panas dan pindah massa yang efektif akan meningkatkan kecepatan penguapan, penguapan terjadi apabila suhu suatu bahan sama atau lebih tinggi dari titik didih cairan.

4. Distilasi

Distilasi adalah suatu metode pemisahan campuran berdasarkan pada perbedaan tingkat volatilitas (kemudahan suatu zat untuk menguap) pada suhu dan tekanan tertentu dengan bantuan kondensor. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, kemudian uap ini didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan.

2.6 Persen Efektivitas Kinerja Membran

Persen efektivitas kinerja membran dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Niswita, 2016) :

$$\% \text{ Efektivitas} = \frac{\text{Nilai Umpan} - \text{Nilai Produk}}{\text{Nilai Umpan}} \times 100\%$$

Dimana nilai awal adalah nilai yang lebih besar dari nilai akhir, jika nilai awal lebih rendah, maka yang harus dihitung adalah persentase kenaikan. Apabila nilai awal lebih besar dari nilai akhir, maka yang harus dihitung adalah persentase penurunan.