

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Air Baku

Sumber air baku untuk kebutuhan dalam keseharian berasal dari macam-macam sumber seperti air permukaan, air hujan, air tanah. Adapun beberapa macam-macam air baku dalam kebutuhan kehidupan sehari-hari seperti untuk minum, mencuci, mandi, kebutuhan pabrik industri, dan beberapa kebutuhan lainnya. Berikut sumber-sumber air baku yang bermanfaat untuk menunjang kebutuhan sehari-hari dibawah ini :

a). Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang berada diatas permukaan bumi seperti air laut, air sungai, danau, waduk, dan sebagainya. Air permukaan pada umumnya mengandung beberapa kotoran -kotoran yang tercemar dari lingkungan sekitar air permukaan tersebut, kotoran-kotoran yang terdapat pada air permukaan seperti benda-benda padat tersuspensi, bakteri, tinja, *pestisida*, herbisida, dan sebagainya. Pada air permukaan dibutuhkan pengolahan bertahap sebelum air dijadikan air konsumsi di masyarakat atau air baku (Schroeder, 1977). Oleh karnanya air permukaan kandungan air tersebut sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitar yang dipengaruhi oleh masyarakat sekitar air permukaan dan mahlukhidup lainyang berada disekitaran air tersebut.

b). Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dibawah atau didalam tanah seperti. Air tanah mengandung berupa mineral larut seperti kation (Ca, Mg, Mn, dan Fe) dan *Anion* (SO₄, CO₃, HCO₃, dan C₁). Kadar *ion-ion* tersebut bervariasi sesuai dengan keadaan tanah dan sifat sekitar air tanah tersebut. Semakin dalam air tanah tersebut maka *ion* yang terkandung dalam air semakin tinggi (Bolt, 1967). Air tanah pada umumnya tidak begitu terkontaminasi oleh karnanya banyak masyarakat yang menggunakan air tanah untuk digunakan dalam kehidupan

sehari-hari, dibandingkan dengan sumber air lainnya air tanah lebih sedikit terkontaminasi karna keberadaanya dibawah tanah. Air tanah dibagi dalam 3 bagian sebagai berikut (Sutrisno, 1996) :

- Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terletak pada lapisan rapat air pertama dan kedalaman 100-300 meter. Ditinjau dari segi kualitas pada umumnya lebih baik dari air tanah dangkal sedangkan 10 kuantitasnya mencukupi tergantung pada keadaan tanah dan sedikit dipengaruhi oleh perubahan musim.

- Air Tanah Dangkal

Terjadi karena daya proses peresapan air permukaan tanah, lumpur akan tertahan demikian pula dengan sebagian bakteri sehingga air tanah akan jernih. Air tanah dangkal akan terdapat pada kedalaman 15 meter. Air tanah ini bisa dimanfaatkan sebagai sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal. Dari segi kualitas agak baik sedangkan kuantitasnya kurang cukup dan tergantung pada musim.

- Mata Air

Mata air adalah tempat dimana air tanah keluar kepermukaan tanah. Keluarnya air tanah tersebut secara alami dan biasanya terletak di lereng-lereng gunung atau sepanjang tepi sungai. Berdasarkan munculnya kepermukaan air tanah terbagi atas 2 yaitu :

- a. Mata Air (*graviti spring*) yaitu air mengalir dengan gaya berat sendiri. Pada lapisan tanah yang permukaan tanah yang tipis, air tanah tersebut menembus lalu keluar sebagai mata air.
- a. Mata Air artesis berasal dari lapisan air yang dalam posisi tertekan. Air artesis berusaha untuk menembus lapisan rapat air dan keluar ke permukaan bumi.

c). Air Hujan

Air hujan adalah sebuah peristiwa presipitasi (jatuhnya cairan dari atmosfer yang berwujud cair maupun beku ke permukaan bumi) atau air hujan yakni uap air yang sudah mengalami kondensasi yang jatuh ke bumi berbentuk air. Air

hujan merupakan air baku yang umumnya digunakan oleh masyarakat daerah yang kesulitan mendapatkan sumber air lainnya, biasanya air tersebut akan ditampung di tempat bak penampungan air hujan dari atap rumah. Air hujan mengandung bahan yang berasal dari udara seperti gas-gas oksigen, nitrogen, karbon dioksida, asam-asam kuat yang berasal dari gas buangan industri tertentu dan partikel-partikel radioaktif (Schroeder, 1977). Air hujan yang akan digunakan harus diolah secara bertahap untuk menghilangkan kotoran atau partikel-partikel kontaminan dalam kandungan air hujan sebelum dikonsumsi terutama untuk dijadikan air minum.

2.2 Air

Kehidupan dalam dunia ini sangat membutuhkan air yang selalu digunakan untuk berbagai macam kegiatan seperti : mandi, minum, mencuci dan masih banyak lagi. Pada manusia air sangat berharga karna sebagian besar tubuh kita memerlukan banyak air. Sebagian besar komposisi tubuh merupakan cairan. Air di dalam tubuh membentuk sekitar 50-60% dari total berat badan. Air di dalam tubuh mempunyai fungsi penting diantaranya mengangkut nutrisi & oksigen ke dalam sel-sel tubuh, mengatur suhu tubuh, membantu proses pencernaan, pelumas dalam pergerakan sendi, dan tempat produksi energi. Kurangnya konsumsi cairan yang menyebabkan dehidrasi berbahaya bagi kesehatan serta membuat beban kerja tubuh menjadi lebih berat (Alim, 2012).

Kandungan air tubuh berbeda antar manusia tergantung pada proporsi jaringan otot dan jaringan lemak. Tubuh yang mengandung lebih banyak jaringan otot mengandung lebih banyak air. Secara normal, dalam satu hari tubuh akan kehilangan cairan melalui ginjal, kulit, paru-paru maupun feses. Untuk menjaga agar kondisi dan fungsi cairan tubuh tidak terganggu, kehilangan cairan tersebut harus diganti. Jika tubuh tidak cukup mendapatkan air atau terjadi kehilangan air sekitar 5% dari berat badan (pada anak, remaja dan dewasa) maka keadaan ini dikenal dengan istilah dehidrasi (Buanasita, 2015).

Air minum adalah air yang telah melalui proses pengolahan ataupun tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Penyediaan air minum adalah kegiatan yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam menyediakan air minum agar mendapatkan kehidupan yang sehat, bersih, dan produktif (Joko, 2010).

2.3 Air Minum

Menurut permenkes RI Nomor 492/Menkes/Per/I/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air minum, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang melalui syarat dan dapat langsung diminum. Air minum harus terjamin dan aman bagi kesehatan.

Air Minum adalah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidrasi pada tubuh manusia. Hal ini dikarenakan Air di dalam tubuh manusia, berkisar antara 50-70% dari seluruh berat badan. Pentingnya air bagi kesehatan dapat dilihat dari jumlah air yang ada dalam organ, seperti 80% dari darah adalah air, kehilangan 15% dari berat badan dapat mengakibatkan kematian, sehingga kekurangan air atau yang dikenal dehidrasi dimungkinkan dapat menurunkan fungsi-fungsi dari tubuh itu sendiri. Akan tetapi air yang dibutuhkan tubuh bukanlah air sembarangan. Terdapat beberapa persyaratan seperti mikrobiologi, kimia, dan fisik yang mesti dipenuhi agar air yang dapat dikonsumsi tersebut benar-benar layak dan aman (Muhammad , 2014). Dalam kehidupan sehari-hari air minum memiliki banyak jenis, yaitu :

1. Air yang dimasak

Air yang dimasak merupakan air yang dimasak dengan menggunakan alat elektronik ataupun kompor gas hingga air mendidih dengan suhu mendidih 100°C.

2. Air Mineral

Air mineral adalah air minum yang mengandung berupa kandungan beberapa mineral seperti kalsium, klorin, magnesium, kalium, fosforus, natrium, sulfat, besi, lodin, mangan, selenium, tembaga, dan seng. Air mineral umumnya didapat dari sumber air tanah yang diproses bertahap untuk mendapatkan air

minum yang mengandung mineral yang baik untuk fisikologis makhluk hidup dalam kinerja enzim dan pembentukan organ (Zainal. 2008).

3. Air Minum Isotonik

Air minum *isotonic* adalah air minuman ringan karbonasi atau *noncarbonasi* untuk meningkatkan kebugaran yang mengandung gula, asam, dan mineral ataupun air minum isotonik sering dikatakan *sport drink* karena minuman ini untuk mempertahankan cairan dan garam tubuh (Syafirah, 2013).

4. Air Minum Beroksigen

Air minum beroksigen merupakan air yang memiliki kandungan oksigen yang sangat bermanfaat untuk kebutuhan tubuh seperti meningkatkan ketahanan tubuh dan pemulihan kardio-respirasi selama latihan fisik. Saat latihan fisik kadang tubuh kekurangan oksigen dapat digantikan dengan oksigen yang diabsorpsi lewat usus (Pakdman , 1985)

2.4 Kualitas Air Minum

Persyaratan kualitas air minum sebagaimana yang telah ditetapkan melalui Permenkes RI nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum, meliputi persyaratan bakteriologis, kimiawi, radioaktif dan fisik. Adapun berikut tabel 1 parameter pada persyarat kualitas air minum menurut Pemenkes RI nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 dibawah ini :

- Adapun berikut Beberapa Parameter yang Berhubungan Langsung dengan Kesehatan dapat dilihat dibawah ini :

1. Parameter Mikrobiologi

Pada parameter ini, air tidak boleh mengandung kuman-kuman penyakit seperti disentri, tipus, kolera, dan bakteri *pathogen* penyebab penyakit seperti *E. Coli* dan lain lain.

2. Parameter Kimia An-organik

Parameter kimia an-organik meliputi kandungan *asen*, *fluoride*, total kromium, kadmium, nitrit, nitrat, sianida dan selenium dalam air.

- Adapun berikut Beberapa Parameter yang Tidak Langsung Berhubungan dengan Kesehatan dapat dilihat dibawah ini :

1. Parameter Fisik

Adapun syarat fisik dari air minum meliputi :

- a. Kekeruhan
- b. Warna
- c. Bau
- d. Rasa
- e. Temperatur
- f. Total zat pada (TDS)

2. Parameter Kimiawi

Parameter kimiawi ikut berperan dalam penentuan kualitas air, adapun parameter kimiawi air antara lain :

- a. PH

PH menunjukkan tingkat keasaman pada air yang ditunjukkan dengan skala 0 sampai dengan 14. pH merupakan salah satu faktor yang sangat penting mengingat pH dapat memengaruhi pertumbuhan mikroba di dalam air. Sebagian besar mikroba akan tumbuh dengan baik pada pH 6,0-8,0 pH juga akan menyebabkan perubahan kimiawi di dalam air. Menurut standar kualitas air, menilai pH pada air yaitu 6,5-8,5. Apabila pH lebih kecil dari 6,5 atau lebih besar dari 8,5 maka akan menyebabkan korosifitas dan dapat mengakibatkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang dapat mengganggu kesehatan manusia

- b. Kesadahan

Terdapat dua macam kesadahan, yaitu kesadahan sementara dan kesadahan *non* karbonan (permanen). Kesadahan sementara akibat keberadaan kalsium dan magnesium bikarbonat yang dihilangkan dengan memanaskan air hingga mendidih atau menambahkan kapur dalam air. Kesadahan non karbonat disebabkan oleh sulfat dan karbonat, klorida dan

nitrat dari magnesium dan kalsium disamping besi dan aluminium. Konsentrasi kalsium dalam air minum yang lebih rendah dari 75 mg/l dapat menyebabkan penyakit tulang rapuh. Batas maksimum kesadahan yang diperbolehkan yaitu sebesar 500 mg/l.

c. Besi

Air yang mengandung besi akan berwarna kuning dan menyebabkan rasa logam besi dalam air, serta dapat menimbulkan korosi pada bahan yang terbuat dari metal. Batas maksimal besi yang diperbolehkan terkandung dalam air minum yaitu sebesar 0,3 mg/l.

d. Aluminium

Batas maksimal yang terkandung dalam air minum menurut Permenkes RI Nomor 492 sebesar 0,2 mg/l.

Tabel 1. Parameter pada Persyaratan Kualitas Air Minum Menurut Permenkes RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010

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) Flourida	Mg/l	1,5
	3) Total Kromium	Mg/l	0,05
	4) Kadmium	Mg/l	0,003
	5) Nitrit	Mg/l	3
	6) Nitrat	Mg/l	50
	7) Sianida	Mg/l	0,07
	8) Seleniun	Mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau	TCU	Tidak Berbau
	2) Warna		15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	Mg/l	500
	4) Kekeruhan		5
	5) Rasa	NTU	Tidak Berasa
	6) Suhu	°C	Suhu udara + 3

	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
2	Parameter yang tidak langsung berlangsung dengan kesehatan		
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	Mg/l	0,2
	1) Besi	Mg/l	0,3
	2) Kesadahan	Mg/l	500
	3) Chlorida	Mg/l	250
	4) Mangan	Mg/l	0,4
	5) pH	Mg/l	6,5 – 8,5
	6) Seng	Mg/l	3
	7) Sulfat	Mg/l	250
	8) Tembaga	Mg/l	2
	9) Amonia	Mg/l	1,5

Sumber : SK Permenkes Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, 2019

2.5 Air Minum Kemasan

Air minum kemasan adalah air yang telah memenuhi parameter atau syarat yang telah ditetapkan dan dikemas, Menurut Standard Nasional Indonesia (SNI) 3554-2015 air minum dalam kemasan adalah air baku yang diproses, dikemas, dan aman diminum mencakup air mineral, air demineral, air embun, dan air mineral alami. Adapun berikut pengenalan mengenai macam-macam air minum dalam kemasan dapat dilihat dibawah ini :

- Air mineral adalah air minum dalam kemasan yang mengandung mineral dalam jumlah tertentu tanpa menambahkan mineral (SNI, 2015).
- Air demineral merupakan air minum dalam kemasan yang diperoleh melalui proses pemurnian secara *destilasi*, *deionisasi*, *reverse osmosis* atau proses setara (SNI, 2015).
- Air minum mineral alami merupakan air yang diperoleh langsung dari air sumber alami atau dibor sumur dalam, dengan proses terkendali yang menghindari pencemaran atau pengaruh luar atas sifat kimia, fisika, dan mikrobiologi air mineral alami (SNI, 2015).
- Air embun adalah air yang berasal dari pengembunan uap air dari udara lembab menjadi tetesan air embun kemudian diolah lebih lanjut menjadi air minum embun yang dikemas (SNI, 2015).

Air minum kemasan teruma diperkotaan sekarang ini semakin dibutuhkan karna dipercaya bahwa air minum kemasan terjamin *higenis* dan didapatkan dengan harga yang terjangkau. Aktivitas yang padat membuat manusia sekarang ini lebih memilih makanan serta minuman yang mudah didapatkan secara cepat. Air minum kemasan adalah arternatif yang sekarang ini dipilih masyarakat untuk memenuhi hidrasi tubuh selain itu karna air minum dalam kemasan mudah untuk dibawa dan tidak sulit mendapatkannya dan apalagi di jaman sekarang yang membuat manusia mendapatkan sesuatu dengan cepat dan praktis (Deril dan Novirina, 2013).

Air minum kemasan saat ini mengalami kenaikan terbukti dari perusahaan air minum kemasan yang ada di Indonesia dari pernyataan Asosiasi Perusahaan Air Minum dalam Kemasan Indonesia menyatakan bahwa pada tahun 2004 terjadi peningkatan 12,5% hingga tahun 2014 dan diperkirakan akan mengalami kenaikan dengan meningkatnya kebutuhan konsumsi air bersih untuk diminum dan pada tahun 2015 terus mengalami peningkatan konsumsi 23,9% miliar per liter dan juga diperkirakan pertumbuhannya akan mencapai 11% (Nelsent dan Donatl, 2017). Adapun berikut tabel 2 SNI 3553-2015 air mineral, tabel 3 SNI 6241-2015 air demineral serta tabel 4 SNI 6242-2015 air mineral alami dan tabel 5 SNI 7812-2015 dibawah ini :

Tabel 2. SNI AMDK 3553-2015 Air Mineral

No	Parameter	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan :		
1.1	Bau	-	Tidak berbau
1.2	Rasa	-	Normal
1.3	Warna	Unit Pt-Co	Maks. 5
2	PH	-	6,0 – 8,5 / min 4,0 ^{*)}
3	Kekeruhan	NTU	Maks. 1,5
4	Zat yang terlarut	Mg/l	Maks. 500
5	Zat organik (Angka KMnO ₄)	Mg/l	Maks. 1.0
6	Nitrat (Sebagai NO ₃)	Mg/l	Maks. 44
7	Nitrit (Sebagai NO ₂)	Mg/l	Maks. 0.1
8	Amonium (NH ₄)	Mg/l	Maks. 0,15
9	Sulfat (SO ₄)	Mg/l	Maks. 200
10	Klorida (Cl)	Mg/l	Maks. 250

No	Parameter	Satuan	Persyaratan
11	Fluorida (F)	Mg/l	Maks. 1
12	Sianida (CN)	Mg/l	Maks. 0,05
13	Besi (Fe)	Mg/l	Maks. 0,1
14	Mangan (Mn)	Mg/l	Maks. 0,05
15	Klor bebas (Cl ₂)	Mg/l	Maks. 0,1
16	Kromium (Cr)	Mg/l	Maks. 0,05
17	Barium (Ba)	Mg/l	Maks. 0,7
18	Boron (B)	Mg/l	Maks. 2,4
19	Selenium (Se)	Mg/l	Maks. 0,01
20	Bromat	Mg/l	Maks. 0,01
21	Perak (Ag)	Mg/l	Maks. 0,025
22	Kadar karbon dioksida (CO ₂) bebas	Mg/l	3000 - 5890
23	Kadar oksigen (O ₂) terlarut awal**)	Mg/l	Min. 40,0
24	Kadar oksigen (O ₂) terlarut akhir***)	Mg/l	Min. 20,0
25	Cemaran logam :		
25.1	Timbal (Pb)	Mg/l	Maks. 0,005
25.2	Tembaga (Cu)	Mg/l	Maks. 0,5
25.3	Kadmium (Cd)	Mg/l	Maks. 0,003
25.4	Merkuri (Hg)	Mg/l	Maks. 0,001
26	Cemaran arsen (As)	Mg/l	Maks. 0,01
27	Cemaran mikroba:		
27.1	Angka lempeng total awal**)	Koloni/ml	Maks. 1,0 x 10 ²
27.2	Angka lempeng total akhir***)	Koloni/ml	Maks. 1,0 x 10 ⁵
27.3	Coliform	Koloni/250 ml	TTD
27.4	Pseudomonas aeruginosa	Koloni/250 ml	TTD

CATATAN: *) Air karbonasi

**) Di Pabrik

***) Di Pasar

TTD : Tidak Terdekteksi

Catatan kaki No.20 diuji jika dilakukan desinfektan dengan proses ozonisasi

No.21 diuji jika dilakukan desinfektan dengan ion perak

No.22 diuji jika dilakukan penambahan CO₂

No.23 dan 24 diuji jika dilakukan penambahan O₂

Sumber : SNI 3553-2015

Tabel 3.SNI AMDK 6241-2015 Air Demineral

No	Parameter	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan :		
1.1	Bau	-	Tidak berbau
1.2	Rasa	-	Normal
1.3	Warna	Unit Pt-Co	Maks. 5
2	PH	-	5,0 – 7,5 / min 4,0 – 5,0 ^{*)}
3	Kekeruhan	NTU	Maks. 1,5
4	Zat yang terlarut	Mg/l	Maks. 10
5	Total organik karbon	Mg/l	Maks. 0,5
6	Bromat	Mg/l	Maks. 0,01

No	Parameter	Satuan	Persyaratan
7	Perak (Ag)	Mg/l	Maks. 0,025
8	Kadar karbon dioksida (CO ₂) bebas	Mg/l	3000 - 5890
9	Kadar oksigen (O ₂) terlarut awal ^{**})	Mg/l	Min. 40,0
10	Kadar oksigen (O ₂) terlarut akhir ^{***})	Mg/l	Min. 20,0
11	Cemaran logam :		
11.1	Timbal (Pb)	Mg/l	Maks. 0,005
11.2	Tembaga (Cu)	Mg/l	Maks. 0,5
11.3	Kadmium (Cd)	Mg/l	Maks. 0,003
11.4	Merkuri (Hg)	Mg/l	Maks. 0,001
12	Cemaran arsen (As)	Mg/l	Maks. 0,01
13	Cemaran mikroba :		
13.1	Angka lempeng total awal ^{**})	Koloni/ml	Maks. 1,0 x 10 ²
13.2	Angka lempeng total akhir ^{***})	Koloni/ml	Maks. 1,0 x 10 ⁵
13.3	Colifrom	Koloni/250 ml	TTD
13.4	Pseudomonas aeruginosa	Koloni/250 ml	TTD
CATATAN: *) Air karbonasi			
**) Di Pabrik			
***) Di Pasar			
TTD : Tidak Terdekteksi			
Catatan kaki No.6 diuji jika dilakukan desinfektan dengan proses ozonisasi			
No.8 diuji jika dilakukan penambahan CO ₂			
No.9 dan 10 diuji jika dilakukan penambahan O ₂			
Sumber : SNI 6241-2015			

Tabel 4. SNI AMDK 6242-2015 Air Mineral Alami

No	Parameter	Satuan	Persyaratan
1	Kedaaan :		
1.1	Bau	-	Tidak berbau
1.2	Rasa	-	Normal
1.3	Warna	Unit Pt-Co	Maks. 5
2	Zat yang terlarut	Mg/l	Maks. 500
3	Nitrat (Sebagai NO ₃)	Mg/l	Maks. 10
4	Nitrit (Sebagai NO ₂)	Mg/l	Maks. 0,1
5	Fluorida (F)	Mg/l	Maks. 1,5
6	Sianida (CN)	Mg/l	Maks. 0,07
7	Sulfat (SO ₄)	Mg/l	Maks. 200
8	Kadar karbon dioksida (CO ₂) bebas	Mg/l	3000 - 5800
9	Cemaran logam :		
9.1	Antimon (Sb)	Mg/l	Maks. 0,005
9.2	Arsen (As)	Mg/l	Maks. 0,05
9.3	Barium (Ba)	Mg/l	Maks. 1,0
9.4	Borate sebagai Boron (B)	Mg/l	Maks. 5,0
9.5	Kadmium (Cd)	Mg/l	Maks. 0,03
9.6	Kromium (Cr)	Mg/l	Maks. 0,05
9.7	Tembaga (Cu)	Mg/l	Maks. 0,5
9.8	Timbal (Tb)	Mg/l	Maks. 0,01

No	Parameter	Satuan	Persyaratan
9.9	Mangan (Mn)	Mg/l	Maks. 0,05
9.10	Merkuri (Hg)	Mg/l	Maks. 0,001
9.11	Nikel (Ni)	Mg/l	Maks. 0,02
9.12	Selenium (Se)	Mg/l	Maks. 0,05
10	Cemaran kimia organik :		
10.1	Aldrin dan dieldrin	Mg/l	Maks. 0,0007
10.2	1,2 dikloroethan	Mg/l	Maks. 0,0007
10.3	Heptachlorepoide	Mg/l	Maks. 0,005 Maks. 0,0002
10.4	Methoxychlor	Mg/l	Maks. 0,04
10.5	Detergen	Mg/l	Maks. 0,05
10.6	PCBs	Mg/l	Maks. 0,0005
10.7	Minyak mineral	Mg/l	di bawah batas kuantitas
11	Cemaran mikroba :		
11.1	Angka lempeng total awal [*])	Koloni/ml	Maks. $1,0 \times 10^2$
11.2	Angka lempeng total akhir ^{**})	Koloni/ml	Maks. $1,0 \times 10^5$
11.3	Colifrom	Koloni/250 ml	TTD
11.4	Escherichia coli	Koloni/250 ml	TTD
11.5	Enterococci	Koloni/50 ml	TTD
11.6	Bakteri anaerob pereduksi sulfit pembentukan spora	Koloni/250 ml	TTD
11.7	Pseudomonas aeruginosa	Koloni/250 ml	TTD

CATATAN: ^{*}) Di Pabrik
^{**}) Di Pasar
TTD : Tidak Terdekteksi

Catatan kaki No.8 diuji jika dilakukan penambahan CO₂

Sumber : SNI 6242-2015

Tabel 5. SNI AMDK 7812-2015 Air Embun

No	Parameter	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan :		
1.1	Bau	-	Tidak berbau
1.2	Rasa	-	Normal
1.3	Warna	Unit Pt-Co	Maks. 1,0
2	PH	-	6,0 – 7,5
3	Kekeruhan	NTU	Maks. 0,5
4	Zat yang terlarut	Mg/l	Maks. 5
5	Nitrat (Sebagai NO ₃)	Mg/l	Maks. 0,5
6	Nitrit (Sebagai NO ₂)	Mg/l	Maks. 0.005
7	Amonium (NH ₄)	Mg/l	Maks. 1,5
8	Sulfat (SO ₄)	Mg/l	Maks. 1,0
9	Klorida (Cl)	Mg/l	Maks. 1,0
10	Fluorida (F)	Mg/l	Maks. 0,5
11	Sianida (CN)	Mg/l	Maks. 0,01
12	Besi (Fe)	Mg/l	Maks. 0,05
13	Mangan (Mn)	Mg/l	Maks. 0.02

No	Parameter	Satuan	Persyaratan
14	Klor bebas (Cl ₂)	Mg/l	Maks. 0,05
15	Kromium (Cr)	Mg/l	Maks. 0,02
16	Barium (Ba)	Mg/l	Maks. 0,02
17	Boron (B)	Mg/l	Maks. 0,02
18	Selenium (Se)	Mg/l	Maks. 0,01
19	Timbal (Pb)	Mg/l	Maks.0,005
20	Kadmium (Cd)	Mg/l	Maks. 0,003
21	Tembaga (Cu)	Mg/l	Maks. 0,01
22	Merkuri (Hg)	Mg/l	Maks. 0,001
23	Alumunium (Al)	Mg/l	Maks. 0,01
24	Arsen (As)	Mg/l	Maks. 0,01
25	Angka lempeng total	Koloni/ml	Maks. 1,0 x 10 ²
26	Bakteri Colifrom	APM/100 ml	<2
27	E. Coli	APM/100 ml	<2
28	Salmonella	-	Negatif/100 ml
29	Pseudomonas aeruginosa	Koloni/ml	0

Sumber : SNI 7812-2015

Proses air minum dalam kemasan harus melalui tahap proses hukum dan *higines* klinis, secara *higines* klinis air minum dikemas harus disahkanoleh SNI baik dari segi Mikrobiologi, kimia, maupun fisik. Sedangkan secara hukum biasanya melalui pengukuhan merek dagang, hak paten, sertifikasi, dan asosiasi yang mengacu pada peraturan pemerintahan menurut DEPERINDANG, untuk SNI, merek dagang, dll. Untuk masalah air minum dalam kemasan seperti hak paten cipta, hak peten merek, dll akan melalui KEHAKIMAN dalam mengurus paten merek jenis barang dan lain-lainnya (Susanti, 2010).

2.6 Membran

Membran merupakan sebagai suatu media berpori berbentuk seperti tabung atau film tipis yang bersifat semipermeabel yang 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 memiliki ukuran yang lebih kecil. Larutan yang mengandung komponen tertahan disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut permeat. *Filtrasi* menggunakan membrane sebagai sarana pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan (Mulder, 1996).

Proses pemisahan dengan membran merupakan teknologi yang telah banyak digunakan dinegara maju dan membran aman digunakan untuk lingkungan selain itu membran juga dapat menghilangkan senyawa organik dan anorganik tanpa adanya penambahan bahan kimia dalam pengoperasinya (Wenten 1999).

Proses pengolahan membran terbukti lebih unggul dibandingkan dengan pengolahan air secara konvensional karna proses membran dapat berjalan pada temperature rendah, proses dapat berjalan kontinyu, mudah untuk ditingkatkan kapasitasnya, tidak membutuhkan kondisi yang ekstrim, tidak memerlukan bahan kimia tambahan, material membran bervariasi sehingga mudah beradaptasi, konsumsi energi rendah, dan dikombinasi oleh proses pemisahan lainnya (Bennedsen, 2014) .

Membran berdasarkan asalnya dibagi menjadi dua yaitu membran sintetik dan alami, membran sintetik dibuat dari *polyamide*, *pilikarbonate*, *polysulfone* sedangkan membrane alami dibuat dari selulosa dan derivatnya (Rautenbach, 1989). Berdasarkan struktur dan prinsipnya membran dibagi menjadi tiga yaitu membran berpori, *non pori*, dan *carrier* membran. Membran berpori pemisahannya biasanya berdasarkan ukuran pori, membran jenis ini memiliki ruangan terbuka dan kosong. Jenis membrane ini biasanya digunakan untuk pemisahan *mikrofiltration* dan *ultrafiltration* dengan ukuran pori yang dipisahkan makropori dengan ukuran pori > 50 nm, mesopori dengan ukuran pori > 2-50 nm, dan mikropori dengan ukuran pori < 2 nm (Mulder, 1996). Membran non pori berupa lapis tipis dengan ukuran pori 0,001 μm dan kerapatan pori rendah. Membran ini memisahkan ukuran yang sangat kecil yang tidak bisa dipisahkan merman berpori biasanya membrane jenis ini pemisahannya berdasarkan pada kelarutan dan perbedaan kecepatan difusi dari partikel, membran jenis ini juga dapat berupa membran komposit ataupun *perevaporation*. Terakhir membran *carrier* merupakan membran mekanisme perpindahan massanya dipengaruhi oleh molekul pembawa yang mempermudah perpindahan *spesifik* terjadi bukan oleh membran (material dari membran). Konsep pemisahannya terbagi menjadi dua bahwa *carrier* bergerak bukan didalam matriks membran atau *carrier* bergerak ketika dilarutkan dalam suatu cairan. Komponen yang dapat dipisahkan berupa gas, cairan ataupun *ion-ion* (Mefisa, 2016).

Kinerja membran atau kemampuan membran dapat ditentukan dengan mengetahui *permeability* dan *selectivity*. *Permeability* merupakan suatu kemampuan *permeat* dalam melewati membran persatuan luas dalam waktu dengan gaya pengerak berupa tekanan (Mulder, 1996). *Permeability* dilihat dari *fluks* yang merupakan kecepatan aliran melewati membran dapat dilihat dari persamaan berikut ini :

$$J = \frac{V}{A.t} \quad (\text{Mulder, 1996})$$

Keterangan :

J = *Fluks* (L/m²Jam).

V = Volume *Permeat* (L).

A = Luas permukaan membran (m²).

t = waktu (Jam).

Sedangkan *selectivity* adalah kemampuan membran dalam memisahkan suatu jenis spesi atau konstituen dengan yang lainnya. *Selectivity* dinyatakan dalam dua parameter yaitu tolakan (*rejection*) dan *factor* pemisahan (α), tolakan berlaku biasanya untuk system pemisahan padat cair dan *factor* pemisahan dengan system pemisahan gas dan cair (Mulder, 1996). *Rejection* adalah penentu berapakah suatu molekul/partikel dapat tertahan pada membran dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$R = (1 - C_p/C_f) \times 100 \% \quad (\text{Mulder, 1996})$$

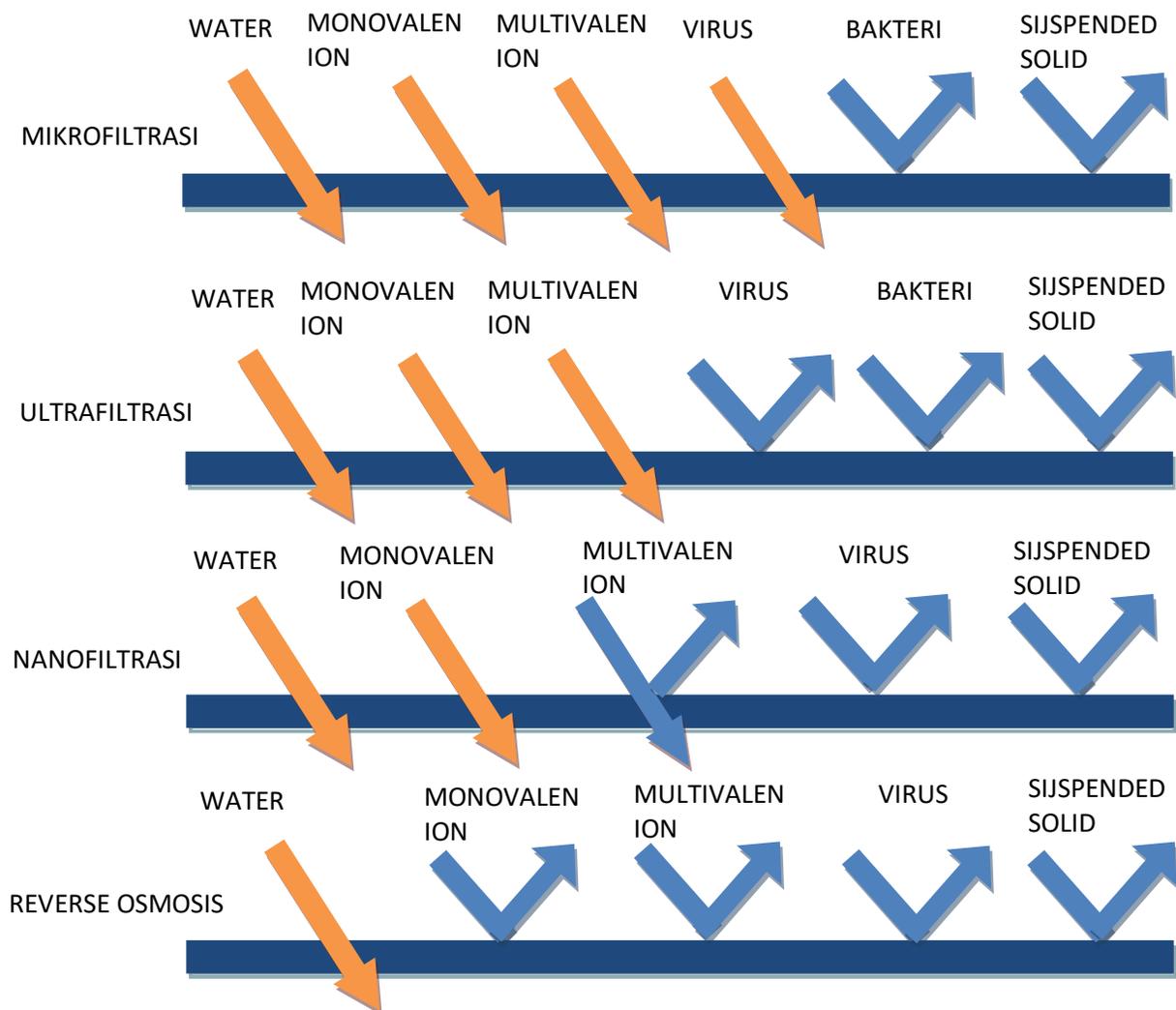
Keterangan :

R = Rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi *Solute* dalam *Permeat* (Pmm).

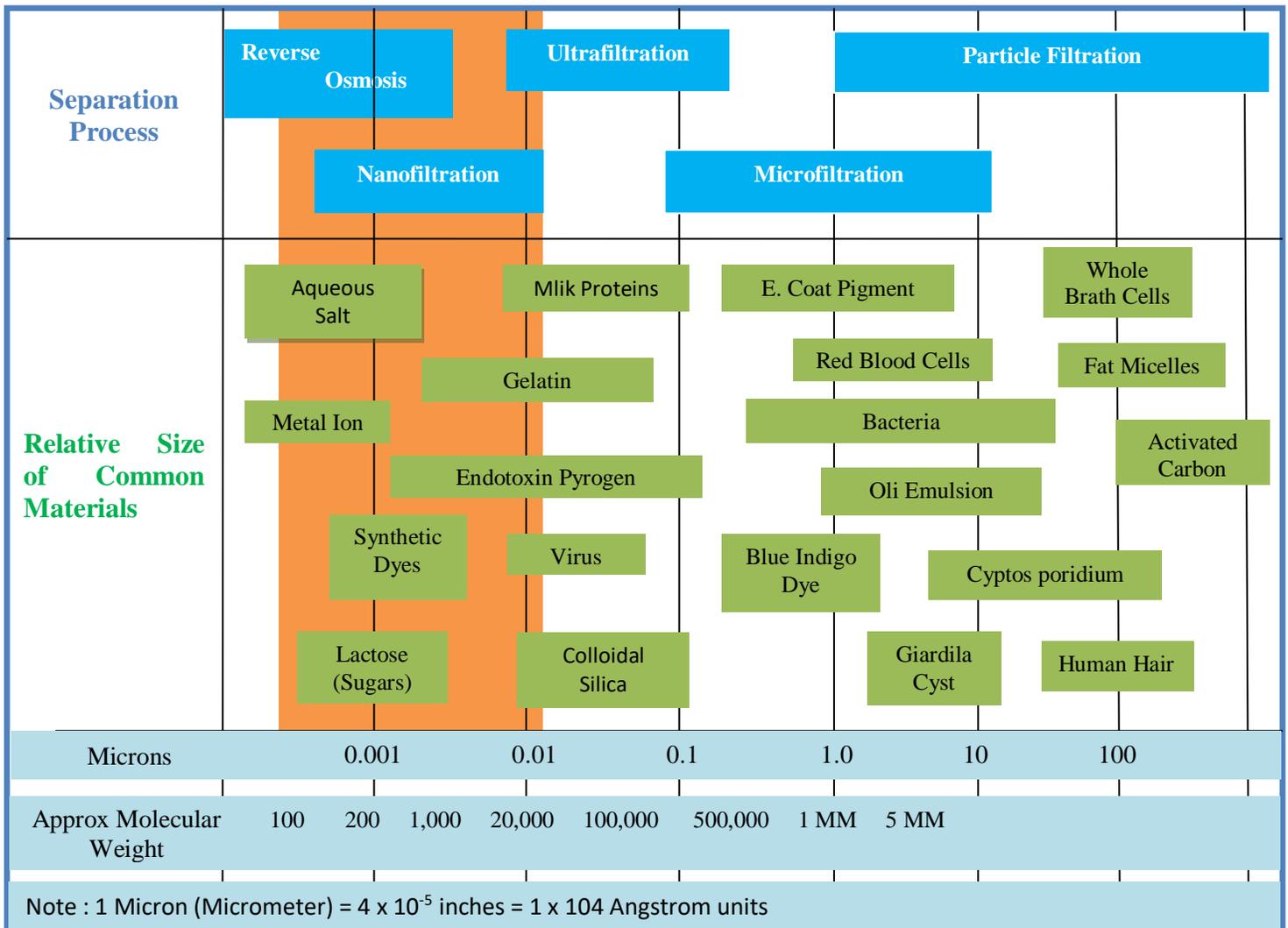
C_f = Konsentrasi *Solute* dalam Umpan (Pmm) .

Adapun berikut gambar karakteristik proses membran dan gambar skema pembagian proses *filtrasi* berdasarkan ukuran partikel dapat dilihat sebagai berikut :



(Wenten, 1996)

Gambar 1. Karakteristik Proses Membran



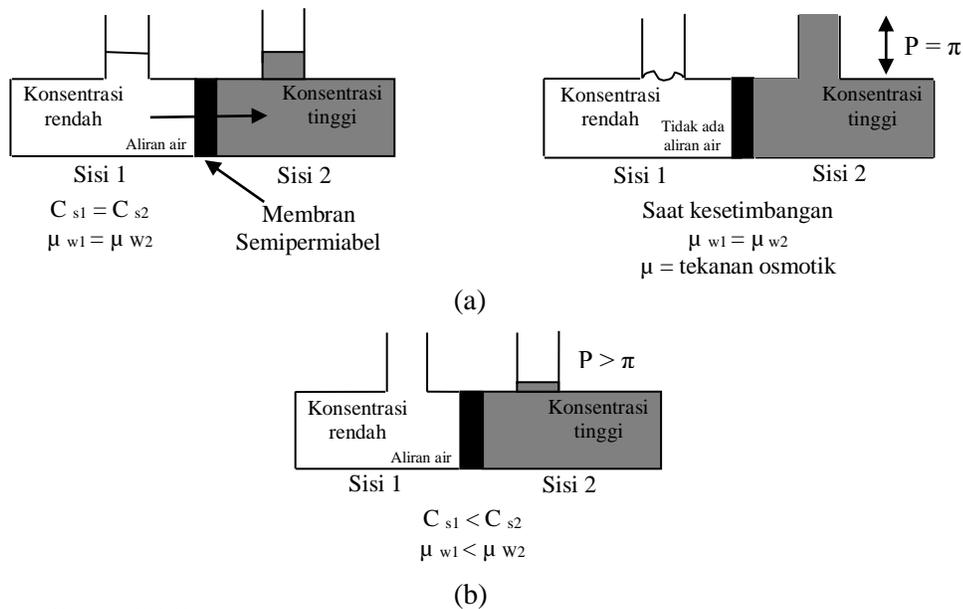
(Wenten, 1996)

Gambar 2. Skema Pembagian Proses *Filtrasi* Berdasarkan Ukuran Partikel

2.7 Reverse Osmosis

Reverse osmosis pertama kali ditemukan oleh seorang ahli fisika dari Prancis yang bernama Jean Antoine Nollet menemukan sebuah kejadian yang dikenal sebagai *osmosis* yang merupakan suatu kejadian dimana air mengalir melewati membran *semipermeabel* dan air tersebut mengalir dari keadaan yang berkonsentrasi zat terlarut rendah menuju kepada keadaan air yang berkonsentrasi zat terlarut tinggi sampai kesetimbangannya. Pada dua ratus tahun yang lalu ilmuwan memodifikasi

kejadian tersebut untuk menciptakan system *reverse osmosis* yang pertama kali pada tahun 1950-an. Hal ini dilakukan dengan dasar pemikiran, air yang pekat diberikan tekanan sehingga air yang pekat dapat melewati membran dan air pekat tertahan pada membran serta akan menghasilkan air yang bersih (Wibowo, 2010). Adapun berikut gambar sekema fenomena *osmosis* dan *reverse osmosis* dibawah ini :



(William, 2003)

Gambar 3. Skema Fenomena *Osmosis* dan *Reverse Osmosis*

Prinsip dasar *reverse osmosis* adalah memberi tekanan *hidrostatic* yang melebihi tekanan *osmosis* larutan sehingga pelarut dalam hal ini air dapat berpindah dan 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 (William, 2003). Secara *empirical*, laju perpindahan air melalui membran *semipermeabel* dalam proses *reverse osmosis* dapat dinyatakan dengan hubungan berikut :

$$J_{air} = W(P - \pi) \quad (\text{Ariyanti dan Widiasa, 2011})$$

Dalam hubungan ini, J_{air} adalah *fluks* air melalui membran RO (*Reverse Osmosis*), W adalah permeabilitas membran RO (*Reverse Osmosis*), P adalah tekanan *hidrostatic*, dan π adalah tekanan *osmosis*. Besarnya tekanan *osmosis* berbanding lurus dengan konsentrasi garamnya. Sementara ini, laju perpindahan zat terlarut (garam) berbanding lurus dengan *gradient* konsentrasi melintasi membran (yaitu perbedaan konsentrasi antara sisi umpan dan sisi *permeate*) :

$$J_{solut} = K(C_f - C_p) \quad (\text{Ariyanti dan Widiassa, 2011})$$

Dalam hubungan ini, J_{solut} adalah *fluks* zat terlarut (garam) melalui membran RO (*Reverse Osmosis*), K adalah konstanta yang ditentukan oleh material dan ketebalan membran. persamaan (3) dan (4) menunjukkan bahwa laju perpindahan air merupakan fungsi tekanan operasi, sedangkan laju perpindahan garam tidak. Oleh karena itu, penurunan konsentrasi garam pada *concentrate* dan peningkatan tekanan operasi akan meningkatkan kemurnian *permeate* (Widiassa dan Wenten, 2008).

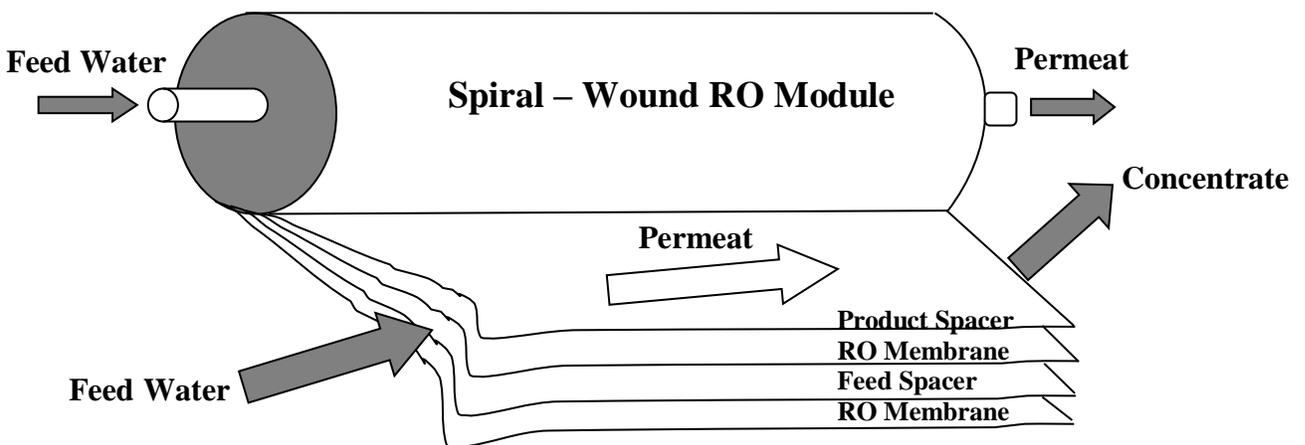
A. Membran *Reverse Osmosis*

Membran semipermeabel pada aplikasi *reverse osmosis* terdiri dari lapisan tipis *polymer* 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 (Ariyanti dan Widiassa, 2011).

Membran RO (*Reverse Osmosis*) biasanya dibuat dari berbagai bahan seperti *cellulosa acetate* (CA), *polyamide* (PA), *polyamide aromatic*, *polyetheramide*, *polyetheramine*, *polifelilene oksida*, *polifenilen benzimidazol*, dan lainnya. Membran *reverse osmosis* memiliki ukuran membran yang kecil dari 0,0001-0,0006 mikron (1 mikron = 1/1000 mm) dan normalnya membran bekerja pada suhu 21-35°C. Membran *reverse osmosis* biasanya mengalami perubahan karna terjadi *scaling* dan *fouling*, *scaling* diartikan sebagai akumulasi kerak akibat adanya peningkatan pada

konsentrasi dari materi an-organik yang melewati hasil kali kelarutannya pada permukaan membran dan menyebabkan penurunan kinerja membran. Sedangkan *fouling* merupakan pembentukan lapisan material pada permukaan membran biasanya istilah *fouling* digunakan untuk materi biologis dan *colloid* dan *scaling* digunakan untuk pengendapan garam atau mineral anorganik (Vinta, 2016).

Pada aplikasi RO (*Reverse Osmosis*), konfigurasi modul membran yang digunakan yaitu *spiral wound*. Konfigurasi yang lain yaitu *hollow fiber*, tubular dan *plate* dan frame tidak terlalu banyak digunakan pada aplikasi RO (*Reverse Osmosis*), hanya diaplikasikan pada industri makanan serta sistem khusus. Pada *configuration spiral wound* dua buah lembaran membran dipisahkan oleh saluran kolektor permeat dan membentuk daun (*leaf*). Perakitannya adalah dengan dilem pada tiga sisi dan sisi yang keempat (dekat pipa berlubang) dibiarkan terbuka sebagai saluran permeat keluar. Kemudian material yang digunakan sebagai *feed/brine spacer* disatukan dengan *leaf*. Beberapa lembaran *leaf* kemudian digulung mengelilingi tabung permeat plastik. Tabung ini merupakan tabung berlubang yang berfungsi untuk mengumpulkan permeat dari *leaf* elemen (Ariyanti dan Widiasa, 2011).



Gambar 4. Modul Membran *spiral wound*

membran *spiral wound* yang digunakan 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 membran (Ariyanti dan Widiassa, 2011).

B. Tipe Aplikasi

Menurut Ariyanti dan Widiassa (2011) aplikasi sistem RO (*Reverse Osmosis*) skala rumah tangga dapat dibagi menjadi beberapa tipe sesuai dengan kapasitas dan penggunaannya, yaitu tipe *undersinc*, *whole house*, *milti family*, dan *farm and ranch* dapat dilihat sebagai berikut :

1. Tipe *Undersinc*

Tipe *undersinc* merupakan sistem RO (*Reverse Osmosis*) yang didesain untuk memenuhi kebutuhan air minum dalam rumah. Tipe ini biasanya dipasang dibawah *wastafel* yang terdapat di dapur. Kapasitas produksi dari tipe undersink berkisar antara 95-378 kemasan galon/hari. Sistem yang digunakan pada tipe *undersinc* terdiri dari 1-2 metode *pre-filter* yang berfungsi memisahkan padatan yang berukuran 1-20 mikron. *Reverse osmosis* yang akan memisahkan air dari ion, garam, dan mineral yang terlarut, *post-filter*, serta tangki penampung .

2. Tipe *Whole House*

Tipe ini didesain untuk memenuhi kebutuhan air di dalam sebuah rumah tangga. Seperti air minum, air untuk memasak, air untuk mandi, dsb. Tipe ini lebih besar dibandingkan tipe *undersink*. Sistem yang diterapkan pada tipe *whole house* meliputi *pre-filter* seperti karbon aktif, dan penambahan anticalant, unit *reverse osmosis*, tangki penampung serta *re-pressurization system* yang memudahkan proses pemurnian air.

3. Tipe *Farm and Ranc*

Pada tipe ini, sistem yang digunakan sama dengan tipe *whole house*. Perbedaannya terletak pada kapasitas dan skala produksinya. Tipe *farm and ranch* biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan air untuk banyak rumah atau kebutuhan air di peternakan dengan kapasitas 7-37 L/menit.

C. Menurut Kusumawardani (2014) adapun Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Air hasil *Filtrasi* sebagai berikut :

- Tekanan

Laju alir bahan pelarut yang melalui membran sangat dipengaruhi oleh tekanan dan semakin meningkatnya tekanan maka laju alir dan *permeat* akan meningkat juga. Karna semakin tinggi tekanan maka *fluks* yang dihasilkan semakin besar pula pada *permeat* (Heitmann, 1990).

- *Fluks*

Fluks merupakan penentu kecepatan aliran melewati membran dengan cara menghitung laju alir persatuan luas membran.

- Temperatur

Temperatur umumnya standar suhu yang digunakan mulai dari 85°F (29°C)

- Ketahanan Membran

Membran pada umumnya membran dapat bertahan 2 tahun dengan berbagai perubahan pada efisiensinya, membran memiliki ketahanan yang tidak begitu lama ini dikarenakan air umpan pada *reverse osmosis* terlalu banyak komponen yang tidak diinginkan seperti bakteri, virus, jamur dan sebagainya.

- *Recovery Factor*

Umunya *factor recovery* yang didapat sekitar 70-95%, karna semakin tinggi *factor recovery* maka semakin baik konsentrasi garam pada air yang diperoleh.

- Pengolahan Awal (*Permeatment*)

Tujuan dari pengolahan awal agar membran tidak mudah rusak karna apabila tidak dilakukan pengolahan awal maka partikel atau molekul yang tidak diinginkan yang berukuran besar dan berat akan masuk dalam membran.

- Kepadatan Membran

Kepadatan membran mempengaruhi olahan air yang akan dihasilkan karna semakin rapat atau kepadatan membran maka air yang akan dihasilkan atau diolah akan semakin baik.

- *Salt Rejection*

Umumnya nilai *rejection* yaitu dari 85-99,5% dengan 95% yang lebih sering digunakan, *rejection* garam-garam dipengaruhi oleh kondisi operasi, karakteristik pemilihan membran, konsentrasi larutan umpan, tipe membran, dan juga debit aliran. *Rejection* merupakan tahanan suatu membran dalam menahan partikel atau molekul yang tidak diinginkan di permukaan membran tanpa melewatkannya sedangkan yang terlewat hanya air saja.

- PH

PH yang digunakan pada membran memiliki batasan operasi sekitar 6-7,7.

- Pembersihan

Pembersihan berguna untuk menjaga membran agar tahan lama dan membran dapat dirawat sesuai karakteristik membran yang digunakan serta proses penggunaannya.

- Kekeruhan

Reverse osmosis digunakan untuk menghilangkan kekeruhan dari air umpan.

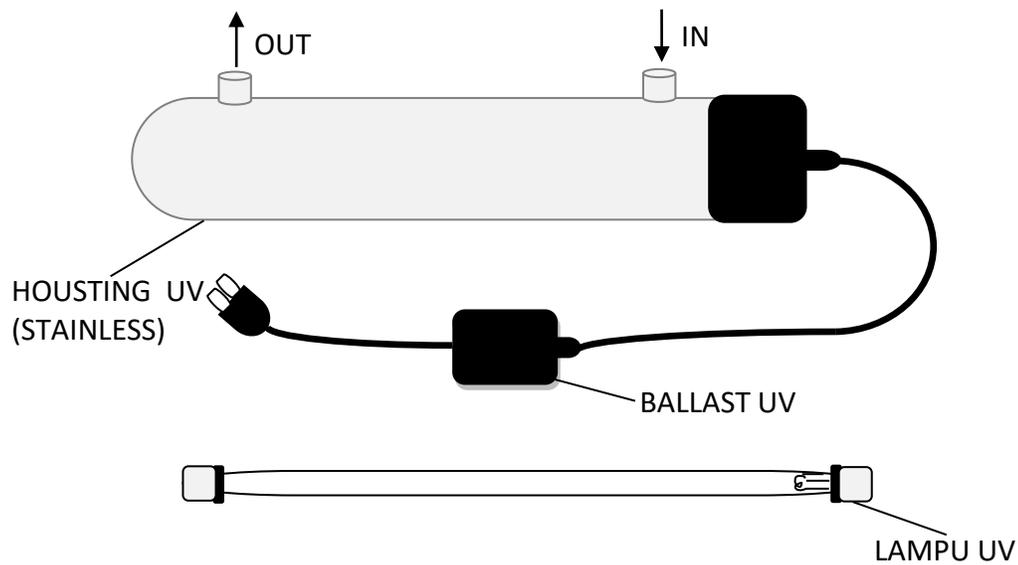
2.8 Ultraviolet

Teknologi *ultraviolet* merupakan teknologi yang semakin umum digunakan dalam *purification* dan *sterilization* berbagai bahan seperti air minum, jus buah dan lain-lain. Namun, masih dibutuhkan penelitian-penelitian lebih lanjut pada jenis pangan yang spesifik, khususnya untuk melihat pengaruhnya terhadap nilai gizi dan aspek sensori pangan (Falguera dkk, 2011). Sinar UV pada umumnya terbagi dalam empat macam yaitu UV vakum dengan panjang gelombang 100-200 nm biasanya digunakan untuk membunuh mikroorganisme namun kurang efisien karna sinar UV vakum menghilang pada jarak yang pendek saat melewati air, UV-C dengan panjang gelombang 200-280 biasanya UV-C ini sering digunakan untuk membunuh mikroorganisme pada umumnya panjang gelombang 254 nm karna pada panjang gelombang 254 nm cenderung aman (Yonkyu, 2009). UV-B (280-315 nm) dan UV-A (315-400 nm) merupakan sinar UV yang memiliki panjang gelombang yang paling

tinggi dibanding UV-C dan UV vakum. UV-B juga sama dengan UV-C digunakan untuk membunuh mikroorganisme (Bernbom, 2010).

Radiasi sinar *ultraviolet* (UV) dapat merusak biomolekul yang menyimpan sandi instruksi genetika pada mikroba atau *Deoxyribonucleic Acid* (DNA) mikroba. Pada panjang gelombang 254 nm sinar *ultraviolet* dapat menembus dinding sel mikroorganisme dan diabsorpsi oleh badan seluler sehingga dapat menghalangi replikasi DNA (*Deoxyribonucleic Acid*) dan efektif menginaktivasi mikroorganisme. Sistem *desinfection* radiasi *ultraviolet* adalah sistem yang menggunakan lampu merkuri tekanan rendah yang tertutup dalam tabung *quartz*. Tabung dicelupkan dalam air yang mengalir dalam tanki sehingga air tersinari oleh radiasi *ultraviolet* dengan panjang gelombang 254 nm. Penggunaan yang terus-menerus menyebabkan lampu *quartz* harus dibersihkan secara teratur dengan pembersihan mekanik, kimiawi dan ultrasonik (Said, 2007).

Adapun keuntungan dan kerugian dari UV (*ultraviolet*) bahwa keuntungannya berupa densinfektan air dengan *ultraviltrasi* efisien untuk menginaktivasi bakteri dan virus pada air minum, tidak menimbulkan hasil samping senyawa karcinogen atau hasil samping yang bersifat racun, tidak menimbulkan masalah rasa dan bau, Tidak diperlukan penyimpanan dan penanganan bahan kimia racun, dan unit *ultraviolet* hanya memerlukan ruang yang kecil. Sedangkan kekurangan dari *desinfection* dari *ultraviolet* adalah tidak ada residu *densinfection* pada air yang telah diolah (oleh karena itu diperlukan penambahan klorin atau ozon setelah proses *ultraviolet*), relatif sulit menentukan dosis *ultraviolet*, pembentukan *biofilm* pada permukaan lampu, masalah dalam hal pemeliharaan dan pembersihan lampu *ultraviolet*, masih ada potensi terjadi *photoreactivation* pada mikroba *pathogen* yang telah diproses dengan UV (Said, 2007). Berikut dibawah ini dapat dilihat gambar alat UV (*ultraviolet*) :



Gambar 5. Alat UV (*Ultraviolet*)

Kerja alat UV (*ultraviolet*) lampu adalah proses pengolahan air yang dilewatkan pada penyinaran lampu merkuri bertekanan rendah yang disimpan pada tabung *quartz* agar diharapkan air yang dihasilkan bebas dari kandungan mikroorganisme. Mekanisme kerja alat sinar *ultraviolet* yang terjadi adalah pada sinar *ultraviolet* terdapat dua *electron* berupa kation dan *anion* yang terdapat pada lampu merkuri yang tersimpan pada tabung *quartz*, saat muatan dialirkan, ion pada tabung *quartz* akan menguapkan merkuri dengan tekanan rendah dan juga panjang gelombang yang pendek akan menghasilkan sinar UV (*ultraviolet*). Sinar *ultraviolet* yang memiliki jumlah *energy* serapan tinggi akan membuat bakteri, virus, dan jamur hancur (Yusnidar, 2012).

2.9 Analisis Ekonomi

Analisa ekonomi berfungsi untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak dan layak atau tidak layak jikadidirikan. Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi:

a. Modal (*Capital Investment*)

Capital investment adalah pengeluaran dalam jumlah besar yang diharapkan mampu memberikan peningkatan keuntungan secara berkesinambungan selama dua tahun atau lebih (*Smith*, 1983). Adapun dibawah ini modal dibagi menjadi dua berikut :

- 1) Modal tetap (*Fixed Capital Investment*) adalah biaya pengeluaran yang terdiri dari *manufacturing cost* dan *non manufacturing cost* untuk mendirikan suatu pabrik (*Sari*, 2011).
- 2) Modal kerja (*Working Capital Investment*) adalah biaya pengeluaran operasi pabrik dalam menghasilkan produk atau untuk menghasilkan suatu produk (*Sari*, 2011).

b. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Menurut *Giatman* (2011), biaya produksi merupakan pengeluaran biaya untuk menghasilkan suatu produk sebagai berikut :

- 1) Biaya produksi langsung (*Direct manufacturing Cost*) adalah biaya pengeluaran secara proporsional dengan jumlah produk yang dibuat misalnya : bahan baku, tenaga kerja langsung pengajian berdasarkan volume dan sebagainya.
- 2) Biaya produksi tak tetap adalah biaya pengeluaran yang berubah tidak proporsional dengan perubahan volume misalnya : perubahan volume melewati kapasitas fasilitas yang ada sehingga dibutuhkan penambahan kapasitas mesin, biaya perbaikan mesin dan lainnya.
- 3) *Fixed cost* merupakan biaya pengeluaran yang relatif sama meskipun volume produksi berubah dalam batasan tertentu misalnya : listrik, gaji karyawan, telepon, air, penerangan dan lainnya.

c. Pengeluaran Umum (*General Cost*)

pengeluaran umum, meliputi pengeluaran - pengeluaran seperti : Administrasi pabrik, distribusi dan penjualan, riset dan pengembangan, *financing*, *gross earning expenses* dan lainnya (*Sari*, 2011).

d. Analisa Kelayakan Ekonomi

1) *Percent Return on investment* (ROI)

Percent Return on Investment (ROI) merupakan cara untuk mendapatkan pilihan suatu investasi dan kapasitas pabrik agar investasi dan kapasitas pabrik sudah sesuai dengan yang diinginkan (Sari, 2011).

2) *Pay out time* (POT)

Pay Out Time(POT) adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal yang ditanam atau bisa dikatakan kapan kembalinya suatu investasi dalam satu periode (Honesti dan Nazwar, 2012).

3) *Break event point* (BEP)

Break Even Point (BEP) dilihat dari aspek pemasaran merupakan volume penjualan dimana total penghasilan (*total revenue*) sama dengan total biaya, sehingga perusahaan dalam posisi tidak untung maupun tidak rugi. Sedangkan dilihat dari segi penjualan *Break Even Point* (BEP) adalah titik yang menunjukkan tingkat penjualan barang atau jasa yang dijual tetapi tidak memberikan keuntungan maupun kerugian (Prawirosentono, 2010). Berikut rumus untuk menghitung BEP (*Break Even Point*) produksi dan BEP (*Break Even Point*) rupiah dapat dilihat dibawah ini :

- *Break Even Point* (BEP) dalam satuan unit

$$\text{BEP Produksi (Unit)} = \frac{FC}{P - AVC} \quad (\text{Suratijah, 2008})$$

Keterangan :

BEP = *Break Even Point* (Titik Impas) Produksi

FC = *Fixed Cost* (Biaya Tetap)

AVC = *Average Variable Cost* (Rata-Rata Biaya Variable)

P = Harga Produk

- *Break Even point* (BEP) dalam satuan uang penjualan rupiah

$$\text{BEP Rupiah (RP)} = \frac{FC}{1 - \frac{TVC}{TR}} \quad (\text{Hansen dan Mowen, 2005})$$

Keterangan :

TC = Biaya Tetap

TVC = Biaya *Variable*

TR = Volume Penjualan

4) *Shut down point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) adalah informasi mengenai pada pendapatan penjualan berapa, usaha perusahaan secara ekonomis tidak pantas untuk dilanjutkan lagi (Yulistia, 2014).

5) *Discounted cash flow (DCF)*

merupakan valuasi saham yang terdapat pada suatu perusahaan dengan konsep *time value money*. Metode ini memperhitungkan arus uang yang ada didalam sebuah perusahaan yaitu *dividen* dan laba (Dina dkk, 2018).