

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisis Perbandingan *stage* 1 (*filtration*) dan *stage* 2 (*ionisasi*) sebagai treatment awal sebagai Pengolahan Air Laut” menjelaskan prinsip kerja pada *stage* 1 yang berisi bahan dari alam dan *stage* 2 yang berisi resin dan karbon aktif serta mengatasi masalah bagaimana memaksimalkan hasil yang didapatkan. Berikut adalah beberapa referensi yang berkaitan dengan judul penelitian sebagai berikut :

1. Penelitian yang berbentuk jurnal yang ditulis oleh Anita Pinalia yang berjudul “Kajian Metode Filtrasi Gravitasi Dan Filtrasi Sistem Vakum Untuk Proses Penyempurnaan Rekristalisasi Amonium Perklorat” ditulis pada tahun 2011 berisi bahwa hal yang terpenting dalam filtrasi adalah mengalirkan fluida melalui media berpori. Fluida mengalir melalui media filter karena adanya perbedaan pada media tersebut. Oleh karena itu, berdasarkan perbedaan tekanan yang digunakan, filter terdiri atas dua macam yaitu filter yang beroperasi pada tekanan yang lebih tinggi dari tekanan atmosfer di sebelah hulu media filter yang disebabkan oleh adanya gravitasi atau disebut filter gravitasi, dan yang beroperasi dengan tekanan atmosfer di sebelah hulu dan vakum sebelah hilir atau yang disebut dengan filtrasi proses vakum.

2. Penelitian yang berbentuk jurnal yang ditulis oleh Drs. Robertus Haryoto dan Ir. Arie Herlambang, M.S. yang berjudul “Pengolahan Air Asin Atau Air Payau Dengan Sistem Osmosis Balik” ditulis pada tahun 1999 berisi tentang Proses desalinasi menggunakan teknik penukar ion memanfaatkan proses kimiawi untuk memisahkan garam dalam air. Pada proses ini ion garam (Na Cl) ditukar dengan ion seperti Ca^{+2} dan SO_4^{-2} . Materi penukar ion berasal dari bahan alam atau sintetis. Materi penukar ion alam misalnya zeolit sedangkan yang sintetis resin (resin kation dan resin anion). Proses desalinasi yang ke tiga menggunakan filter semipermeabel untuk memisahkan molekul garam dalam air. Proses ketiga ini lebih dikenal dengan sistem osmose balik (*Reverse Osmosis*). Keistimewaan dari proses ini adalah mampu menyaring molekul yang lebih besar dari molekul air.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Ruliasih Marsidi yang berjudul “Zeolit untuk mengurangi kesadahan air” pada tahun 2010 berisi tentang Keunggulan menggunakan zeolit sebagai bahan untuk pelunakan air sadah, antara lain : Mempunyai sistem yang kompak sehingga mudah dioperasikan, Dapat dibuat kontinu, presentasi pengurangan kesadahan relatif besar, Harganya relatif murah dan mudah didapat

Dari *literature* yang sudah ada, telah banyak pembahasan mengenai desalinasi menggunakan berbagai metode. Tetapi dari literature yang sudah ada belum terdapat pembahasan mengenai analisis *filtrasi* dan *ionisasi* secara detail. Untuk itu penulis melakukan penelitian mengenai “Analisis Perbandingan Hasil

Stage 1 (Filtration) dan Stage 2 (Ionisasi) Sebagai Treatment Awal Pada Pengolahan Air Laut”.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Air

Pengertian air adalah senyawa kimia yang merupakan hasil ikatan dari unsur hidrogen (H_2) yang bersenyawa dengan unsur oksigen (O) dalam hal ini membentuk senyawa H_2O . Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini. Fungsi air bagi kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Penggunaan air yang utama dan sangat vital bagi kehidupan adalah sebagai air minum. Hal ini terutama untuk mencukupi kebutuhan air di dalam tubuh manusia itu sendiri.



Sumber : [http:// chanelmuslim.com/](http://chanelmuslim.com/)
Gambar 2.1 Air untuk sumber kehidupan

Kehilangan air untuk 15% dari berat badan dapat mengakibatkan kematian yang diakibatkan oleh dehidrasi. Karenanya orang dewasa perlu meminum minimal sebanyak 1,5 – 2 liter air sehari untuk keseimbangan dalam tubuh dan membantu proses metabolisme.

Di dalam tubuh manusia, air diperlukan untuk transportasi zat – zat makanan dalam bentuk larutan dan melarutkan berbagai jenis zat yang diperlukan tubuh. Misalnya untuk melarutkan oksigen sebelum memasuki pembuluh-pembuluh darah yang ada disekitar alveoli.

2.2.2. Standart Kualitas Air Minum

Air minum adalah air yang digunakan manusia untuk keperluan konsumsi. Syarat-syarat yang harus dimiliki air minum adalah tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna, tidak mengandung mikroorganisme yang berbahaya, dan tidak mengandung logam berat (hal ini merupakan pernyataan menurut departemen kesehatan. Sedangkan menurut Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907 Tahun 2002, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan ataupun tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung di minum.

Meskipun air yang bersumber dari alam dapat diminum oleh manusia, namun memiliki risiko bahwa air ini telah tercemar oleh bakteri (misalnya *Escherichia coli*) atau zat-zat dan unsur-unsur berbahaya lainnya. Kini ada juga air minum isi ulang yang perlu diperhatikan kesehatannya. Bakteri yang terdapat dalam air dapat dibunuh dengan merebus air hingga suhu 100 °C, namun banyak zat atau unsur berbahaya seperti logam tidak dapat dihilangkan menggunakan cara seperti ini.

Belakangan ini banyak terdapat krisis air minum di dunia yang terutama banyak terjadi di negara berkembang yang diakibatkan karena jumlah penduduk

yang terlalu pesat dan pencemaran atau polusi pada air. Minum air putih memang diperlukan tubuh, akan tetapi jika berlebihan dapat menimbulkan hiponatremia yaitu suatu kondisi dimana natrium dalam darah menjadi terlalu encer.

Menurut ketentuan dari *World Health Organization* (WHO) layak atau tidaknya suatu air untuk kehidupan manusia ditentukan menurut persyaratan kualitas secara fisik, secara kimia dan secara biologis yang akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Persyaratan Fisik

a. Kekeruhan air

Kekeruhan merupakan efek optis yang terjadi apabila sinar membentuk material yang tersuspensi di dalam air. Kekeruhan air dapat disebabkan karena adanya bahan – bahan organik maupun anorganik seperti lumpur dan buangan dari permukaan tertentu yang akan mengakibatkan air sungai berwarna keruh. Kekeruhan ini akan berakibat pada warna air yang akan menjadi lebih tua dari semestinya.

b. Bau Air

Bau dari air dapat disebabkan karena benda atau unsur asing yang masuk ke dalam air seperti bangkai binatang, bahan buangan, ataupun disebabkan karena proses karena bakteri yang menguraikan senyawa organik. Pada peristiwa penguraian senyawa organik yang disebabkan karena bakteri

tersebut menghasilkan gas – gas yang berbau menyengat dan bahkan dapat bersifat sebagai racun.

c. Rasa Air

Rasa dapat dipengaruhi karena adanya organisme seperti mikroalga dan bakteri, adanya limbah padat dan limbah cair seperti hasil dari pembuangan rumah tangga dan kemungkinan adanya klor atau sisa – sisa bahan yang digunakan untuk disinfeksi.

d. Warna Air

Warna air hanya terdiri dari warna asli dan warna tampak. Warna asli atau true color merupakan warna yang diakibatkan karena adanya substansi yang terlarut. Sedangkan warna yang tampak atau apprent color adalah mencakup warna substansi yang terlarut beserta dengan zat yang tersuspensi pada air tersebut.

e. Temperatur atau suhu air

Kenaikan temperatur atau suhu yang dialami air, dapat mengakibatkan penurunan kadar oksigen terlarut (DO = Disolved Oxygen), kadar DO yang terlalu rendah akan mengakibatkan bau yang tidak sedap karena adanya penguraian bahan – bahan organik maupun anorganik di dalam air secara anaerobik atau yang biasa disebut dengan degradasi.

2. Syarat Kimiawi

- a. Tidak mengandung bahan kimiawi yang mengandung racun
- b. Tidak mengandung zat-zat kimiawi yang berlebihan
- c. Cukup yodium
- d. pH air antara 6,5 – 9,2

3. Syarat Biologis

Tidak mengandung kuman-kuman penyakit seperti disentri, tipus, kolera, dan bakteri patogen penyebab penyakit

Standar kualitas air minum menurut WHO ini berkaitan dengan kualitas air yang akan digunakan atau dikonsumsi, Agar lebih mengetahui kualitas air minum dapat menggunakan alat uji kualitas air yang multiparameter. Karena akan mengukur berbagai parameter kualitas air seperti pH dan TDS.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. (Permenkes RI No. 492, 2010)

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. Kelas Satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan digunakan untuk kebutuhan lain yang sama kegunaannya
- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berikut ini adalah tabel Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum :

1. Parameter Wajib

2.1 Parameter Mikrobiologi Air

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Keterangan
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 / liter	0,01	
	2) Fluorida	mg / liter	1,5	
	3) Total Kromium	mg / liter	0,05	
	4) Kadmium	mg / liter	0,003	
	5) Nitrit (sebagai NO ₂)	mg / liter	3	
	6) Nitrat (sebagai NO ₃)	mg / liter	50	
	7) Sianida	mg / liter	0,07	
	8) Selium	mg / liter	0,01	

Tabel 2.2 Parameter Fisik Air

2. Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan				
	Parameter a. fisik			
	1) Bau		Tidak Berbau	
	2) Warna	TCU	Tidak Berwarna	
	3) Total Zat Terlarut (TDS)	mg / liter	500	
	4) Kekeruhan	NTU	5	
	5) Rasa		Tidak Berasa	
	6) Suhu	°C	Suhu Udara ± 3	
	b. Parameter Kimiawi			

	Aluminiu 1) m	mg / liter	0,2	
	2) Besi	mg / liter	0,3	
	3) Kesadahan	mg / liter	500	
	4) Khlorida	mg / liter	250	
	5) Mangan	mg / liter	0,4	
	6) pH	mg / liter	6,5-8,5	
	7) Seng	mg / liter	3	
	8) Sulfat	mg / liter	250	
	9) Tembaga	mg / liter	2	
	10) Amoniak	mg / liter	1,5	

2. Parameter Tambahan

2.3 Parameter Kimiawi Air

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	KIMIAWI			
a.	Bahan Organik			
	Air Raksa	mg / liter	0,001	
	Antimon	mg / liter	0,02	
	Barium	mg / liter	0,7	
	Boron	mg / liter	0,5	
	Molybdenum	mg / liter	0,07	
	Nikel	mg / liter	0,07	

	Sodium	mg / liter	200	
	Timbal	mg / liter	0,01	
	Uranium	mg / liter	0,015	
b.	Bahan Organik			
	Zat Organik (KmnO ₄)	mg / liter	10	
c.	Desinfektan			
	Chlorine (Sisa Khlor)	mg / liter	5	0,6-1,0 yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pelanggan

2.2.3 Karakteristik Air Laut

Air adalah zat pelarut yang bersifat sangat berdaya guna, yang mampu melarutkan zat-zat lain dalam jumlah yang lebih besar dari pada zat cair lain. Sifat ini dapat dilihat dari banyaknya unsur-unsur pokok yang terdapat dalam air laut. Diperkirakan hampir sebesar 48.000 trilliun ton garam yang larut dalam air laut.

Garam-garaman tersebut terdiri dari sodium chlorida 38.000 trilliun ton, sulphates 3.000 trilliun ton, magnesium 1.600 trilliun ton, potassium 480 trilliun ton dan bromide 83 trilliun ton. Clorida merupakan zat yang paling banyak terkandung dalam air laut. Sedangkan zat sodium (NaCl) atau garam dapur

merupakan zat clorida yang persentasenya paling besar. Apabila dipersentasekan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 zat kimia menurut Clarke

CaCl ₃	0,34%
NaCl	77,70%
MgCl ₂	10,88%
MgSO ₄	4,74%
CaSO ₄	3,60%
K ₂ SO ₄	2,64%
MgBr	0,22%

Tabel 2.5 Zat kimia menurut lyman dan Fleming

NaCl	68,1%
MgCl	14,4%
CaCl	3,2%
KCl	1,9%
NaCO ₄	11,4%
NaHCO ₄	0,6%
K BR	0,3%

1. Salinitas Air Laut

Suluruh barang padat yang laut dalam air laut disebut garam-garaman. Konsentrasi rata-rata seluruh garam-garaman yang terdapat dalam air laut adalah salinitas. Salinitas adalah bilangan yang menunjukkan berapa gram garam-garaman yang larut dalam air laut tiap-tiap kilogram (gr/kg) biasanya dinyatakan

dalam persen (%) atau permil (‰). Konsentrasi rata-rata seluruh garam yang terdapat dalam air laut sebesar 3 ‰ dari berat seluruhnya (berat air). Pada laut-laut yang berhubungan biasanya perbedaan salinitas kecil, namun perbedaan tersebut akan nampak pada laut-laut tertentu yang terpisah dari laut lepas. Berikut ini faktor-faktor yang mempengaruhi besar-kecilnya salinitas air laut, yaitu :

1) Penguapan

Penguapan makin besar maka salinitas makin tinggi, sebaliknya semakin kecil penguapan maka salinitasnya makin rendah.

2) Curah Hujan

Semakin banyak curah hujan maka salinitas makin rendah, hal ini berbanding terbalik karena semakin kecil curah hujan maka salinitasnya makin tinggi.

3) Air Sungai

Semakin banyak air sungai yang bermuara ke laut, maka salinitas air laut tersebut rendah.

4) Letak dan Ukuran Laut

laut-laut yang tidak berhubungan dengan laut lepas dan terdapat di daerah arid maka salinitasnya tinggi.

5) Arus Laut

Laut yang dipengaruhi arus panas maka salinitasnya akan naik dan sebaliknya laut yang dipengaruhi arus dingin maka salinitasnya akan turun (rendah).

6) Angin

Kelembaban udara di atasnya, ini berhubungan dengan penguapan dan penguapan berhubungan dengan besar kecilnya salinitas air laut.

Selain faktor alam dan cuaca, salinitas juga dipengaruhi oleh letak geografis dari laut tersebut. Berikut adalah faktor penyebaran salinitas secara horizontal:

1) Daerah Ekuator

Temperatur tinggi, penguapan tinggi, curah hujan banyak maka salinitasnya rendah (34 –35 %).

2) Daerah lintang 20⁰–25⁰LU/LS;

Penguapan tinggi, curah hujan kurang, maka salinitasnya tinggi (36 – 37%⁰).

3) Daerah lintang Sedang

Penguapan kurang, kelembaban besar, maka salinitasnya rendah (33 – 35%⁰).

4) Daerah Kutub

Temperature rendah, penguapan kecil, adanya pencairan es, maka salinitasnya rendah (32 –34 %⁰)

2. Temperatur Air Laut

Temperatur air laut berkisar antara -2⁰C sampai 30⁰C. Temperatur yang rendah biasanya terdapat pada laut-laut di sekitar kutub dan pada dasar laut dalam. Sedangkan temperatur air laut yang tinggi terdapat pada laut-laut di daerah Arid. Laut Merah dan selat Bab El Mandeb temperaturnya sekitar 29⁰–30⁰C. Karena di

dalam air laut bergerak baik secara horizontal maupun vertikal, maka temperatur air tersebut dibagi-bagi kebagian yang jauh/dalam. Juga panas selalu digunakan untuk penguapan.

1) Temperatur Insitu dan Temperatur Potensial

Temperatur insitu yaitu temperature pada tempat air itu terdapat. Dapat diukur dengan menggunakan thermometer yang dapat dibalikan (thermometer kantel). Temperatur potensial yaitu temperatur yang telah diperhitungkan setelah turun naiknya temperature akibat turun naiknya tempat air tersebut. Turun naiknya temperatur pada air tidak seberapa besar, yaitu tiap 1000 meter hanya sekitar $0,124^{\circ}\text{C}$ Misalnya salinitas air laut 34 ‰, pada kedalaman 1.000 meter temperaturnya 10°C . Bila dinaikan ke permukaan, maka temperatur potensialnya $10^{\circ}-0,124^{\circ}\text{C} = 9,876^{\circ}\text{C}$

2) Tata Panas Air Laut

Sumber panas air laut adalah sinar matahari. Sinar matahari tersebut oleh air sebagian dipantulkan kembali ke atmosfer dan sebagian lagi diabsorpsi(diserap) oleh air. Besar kecilnya sinar yang dipantulkan tergantung pada letak lintang tempat/tinggi matahari. Makin kearah kutub (makin kecil kemiringan sudut sinar datang), maka sinar yang dipantulkan makin besar. Pada ketinggian matahari 90° (di Khatulistiwa) sinar yang dipantulkan sekitar 3 %, pada ketinggian matahari 40° sinar yang dipantulkan 4 %, pada ketinggian matahari 5° sinar yang dipantulkan 40 %.

Panas yang diterima oleh air laut, sebagian dikembalikan lagi ke atmosfer baik dengan jalan konveksi(perambatan/pemindahan panas) dari air ke udara

maupun dengan jalan evaporasi (penguapan). Karena gerakan air (turbulensi), panas yang diabsorpsi disebar luaskan ke berbagai arah baik secara horizontal maupun secara vertical. Temperatur air laut makin dalam makin rendah. Di lautan terbuka temperatur air pada kedalaman 4000 meter sekitar 2^o.

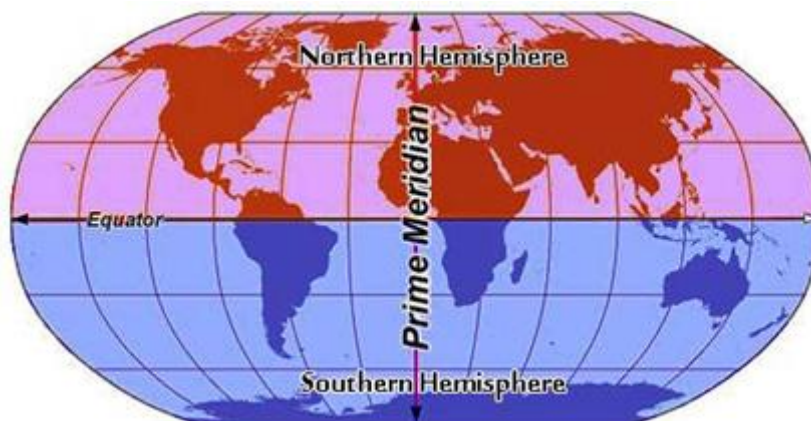
Pada malam hari karena bersentuhan dengan udara yang ada di atasnya, maka temperatur air dipermukaan terjadi pendinginan sehingga terjadi air di permukaan lebih dingin dari air yang ada di bawahnya. Air yang dingin berarti volumenya mengecil dan padat serta berat jenisnya naik (bertambah berat). Dengan demikian pada malam hari terjadi gerakan air vertikal. Air dari permukaan turun sedangkan air pada lapisan bawahnya yang lebih panas akan naik ke permukaan. Akibat pemanasan dari matahari, ada perbedaan temperatur air laut dengan temperatur di daratan. Karena perbedaan temperatur ini menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan udara yang menimbulkan terjadinya angin laut dan angin darat.

Angin laut dan angin darat terjadi karena perbedaan pemanasan/pendinginan antara daratan dan lautan pada siang dan malam hari. Pada siang hari permukaan daratan lebih cepat panas akan naik ke atas (tekanan minimum), sedangkan di laut temperaturnya lebih dingin (tekanan maksimum). Akibatnya terjadi gerakan angin dari laut ke daratan yang disebut angin laut. Sebaliknya pada malam hari daratan lebih cepat melepaskan panas dari pada di laut. Di darat tekanannya maksimum dan di laut tekanannya minimum. Oleh karena itu pada malam hari terjadi angin dari darat ke laut yang disebut angin darat.

3) Temperatur Bumi Belahan Utara dan Bumi Belahan Selatan

Temperatur lautan dibelahan Bumi Selatan umumnya lebih rendah dari temperatur lautan dibelahan Bumi Utara, hal ini disebabkan karena Lautan di belahan Bumi Selatan lebih luas dari pada lautan dibelahan Bumi Utara. Laut di belahan Bumi Utara 60,7 % sedangkan dibelahan Bumi Selatan 80,9 %. Bagian lautan dibelahan Bumi Utara lebih luas terletak di daerah tropis, sedang lautan di belahan Bumi Selatan yang terletak di daerah tropis lebih sempit. Lautan di belahan Bumi Selatan yang luas berada pada daerah sedang.

Bahkan pada lintang 55° – 65° LS luas lautan melebihi 99 %.Lautan dibelahan Bumi Utara lebih banyak mendapat pengaruh arus panas dari pada lautan pada Bumi Selatan. Arus panas dibelahan Bumi Utara seperti arus Kuroshio (Pasifik Utara) dan arus Gulfstream (Atlantik Utara) pengaruhnya sangat luas terhadap temperatur lautan yang didatangnya. Dengan adanya arus panas tersebut, maka sepanjang pantai Eropah Barat sampai dengan pantai Barat Norwegia bebas dari pembekuan.



Gambar 2.3 Bumi Bagian Selatan dan Utara

Temperatur di lautan yang terletak pada derajat yang sama hampir sama. Oleh karena itu garis-garis *isotherm* di atas lautan lebih sejajar dari pada garis-garis *isotherm* di atas daratan.

Peralihan perubahan temperatur dari Ekuator ke arah Utara atau ke arah Selatan lebih teratur di atas lautan dari pada di atas daratan, kecuali daerah-daerah pengaruh arus. Arus dapat merubah garis-garis *isotherm*, misalnya arus *Gulfstream* biasanya menyebabkan garis-garis *isotherm* di lautan Atlantik sebelah Barat Eropa melengkung ke Utara. Sebaliknya arus *Labrador* di sebelah Timur Amerika Utara menyebabkan garis-garis *isotherm* melengkung ke Selatan.

2.2.4 Proses Pengolahan Air Laut

2.2.3.1 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan antara padatan/koloid dengan suatu cairan. 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. Media *filter* atau saringan digunakan karena merupakan alat filtrasi atau penyaring memisahkan campuran solida liquida dengan media porous atau material porous lainnya guna memisahkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi yang paling halus. Penyaringan ini merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan, dimana prosesnya bisa dijadikan sebagai proses awal (*primary treatment*) dikarenakan juga 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 (Kusnaedi, dalam Destrina, 2015).

Menurut Wijaya (dalam Destrina, 2015), pemilihan bahan penjernih air yang menggunakan cara penyaringan akan menentukan baik tidaknya hasil penjernihan air yang akan kita gunakan. Bahan penyaring adalah suatu material yang digunakan untuk menyerap berbagai kotoran, zat kimia, dan polutan lain yang ada di dalam air. Bahan penyaring dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bahan alami dan bahan buatan. Bahan-bahan penyaring alami maupun buatan yang biasanya digunakan adalah ijuk, pasir silika, arang/*carbon active*, kerikil, pasir, zeolit, dan resin kation. Dimana masing-masing bahan tersebut memiliki fungsi masing-masing, diantaranya :

- a. Ijuk: berfungsi sebagai penyaring kotoran halus pada air
- b. Pasir: berfungsi untuk mengendapkan kotoran halus yang belum tersaring
- c. Arang: berfungsi untuk menghilangkan bau dan rasa yang ada pada air
- d. Kerikil: berfungsi sebagai penyaring kotoran-kotoran pada air dan membantu proses aerasi

Selain bahan alami, bahan penyaring ada yang buatan atau hasil rekayasa, dimana beberapa bahan buatan yang dapat digunakan untuk menyaring air adalah sebagai berikut:

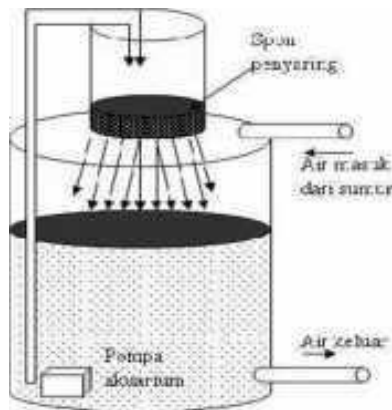
- a. Pasir aktif biasanya berwarna hitam dan digunakan untuk menyaring air sumur bor dan sejenisnya.
- b. Resin *softener* berguna untuk menurunkan kandungan kapur dalam air.
- c. Resin kation biasa digunakan untuk industri air minum, baik usaha air minum isi ulang maupun pabrik air minum dalam kemasan.
- d. Pasir *zeolit* berfungsi untuk penyaringan air dan mampu menambah oksigen dalam air.
- e. Pasir *mangan* berwarna merah dan digunakan untuk menurunkan kadar zat besi atau logam berat dalam air.
- f. Pasir *silika* digunakan untuk menyaring lumpur, tanah, dan partikel besar atau kecil dalam air dan biasa digunakan untuk penyaringan tahap awal.
- g. Karbon aktif atau arang aktif adalah jenis *karbon* yang memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap kotoran dalam air dan dapat menghilangkan klorin bebas dan senyawa organik yang menyebabkan bau, rasa dan warna dalam air.

2.2.3.2 Aerasi

Aerasi merupakan suatu *system* oksigenasi melalui penangkapan O₂ dari udara pada air olahan yang akan diproses. Pemasukan oksigen ini bertujuan agar O₂ di udara dapat bereaksi dengan kation yang ada di dalam air

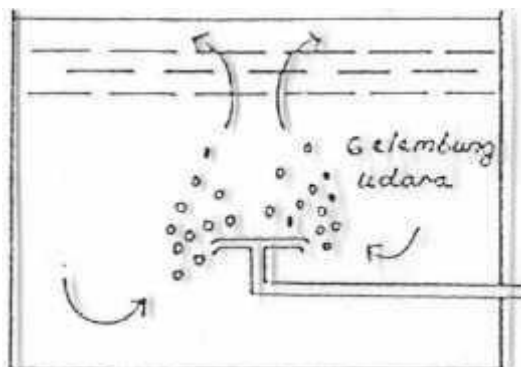
olahan. Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksidasi logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap (Darmayanto, 2009).

Proses aerasi terutama untuk menurunkan kadar besi (Fe) dan magnesium (Mg). Kation Fe^{2+} atau Mg^{2+} bila disebarkan ke udara akan membentuk oksida Fe_3O_3 dan MgO . Contoh macam-macam aerasi seperti aerasi menggunakan system gravitasi pada Gambar 3, aerasi menggunakan penambahan udara ke dalam air pada Gambar 4, aerasi dengan penyemprotan air dari atas dapat dilihat pada Gambar 5 (Darmayanto, 2009).



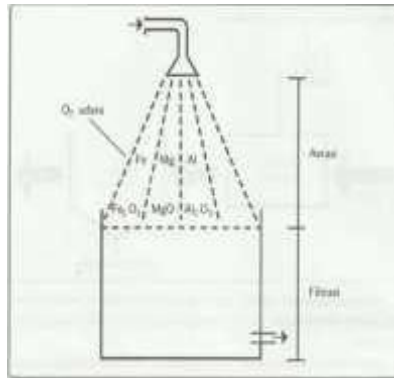
Sumber : <http://bapelkescikarang.or.id/>

Gambar 2.4. Aerasi Menggunakan Sistem Gravitasi



Sumber : <http://bapelkescikarang.or.id/>

Gambar 2.5. Aerasi Menggunakan Penambahan Udara Ke Dalam Air



Sumber : <http://bapelkescikarang.or.id/>

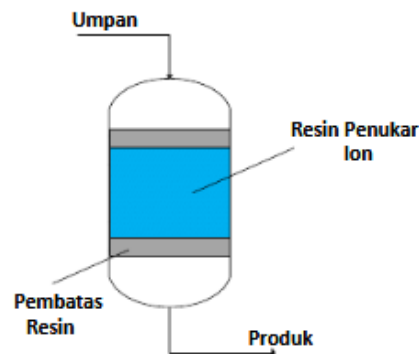
Gambar 2.6 Aerasi Dengan Penyemprotan Air Dari Atas

2.2.3.3 Pertukaran Ion (*Ionisasi*)

Sistem penukar ion (IE) telah banyak digunakan untuk proses penghilangan kesadahan (water softening) dan produksi air murni. Sistem penukar ion memiliki keunggulan yaitu proses yang sederhana dan tidak memerlukan energi untuk pertukaran ion, namun memiliki kelemahan yaitu memerlukan regenerasi dengan asam dan basa kuat. Sebuah sistem penukar ion terdiri dari sebuah tangki yang berisi kumpulan resin sintesis (dengan diameter sekitar 0,6 mm).

Menurut Anita Kusuma Wardani dalam jurnal berjudul “Teknologi Deionisasi Untuk Produksi Air Minum” Kumpulan resin penukar ion tersebut yang bertugas menghilangkan ion-ion terlarut dalam air dengan mempertukarkan ion H⁺ dan OH⁻ untuk menggantikan ion-ion terlarut. Resin penukar ion umumnya terbuat dari polimer yang tidak mudah larut dan memiliki sisi pertukaran ion dengan jumlah yang banyak. Ion di dalam larutan berpindah

menuju resin penukar ion akibat adanya perbedaan densitas muatan relatif (muatan per volum terhidrasi).



Gambar 2.7 Sistem penukar ion

Resin penukar ion terdiri dari penukar ion positif (kation) dan penukar ion negatif (anion). Ion bermuatan positif (seperti kalsium dan magnesium) dihilangkan oleh resin kation dengan mempertukarkan ion H^+ . Sedangkan untuk ion bermuatan negatif (seperti sulfat dan klorida) dipertukarkan dengan ion OH^- oleh resin anion. Ion H^+ dan OH^- yang dilepaskan oleh resin akan berikatan membentuk senyawa H_2O . Ketika resin telah mencapai keadaan jenuh, pertukaran ion tidak dapat berlangsung, oleh karena itu perlu dilakukan regenerasi. Regenerasi untuk resin kation menggunakan senyawa asam kuat (biasanya HCl) dan untuk resin anion menggunakan basa kuat seperti $NaOH$.

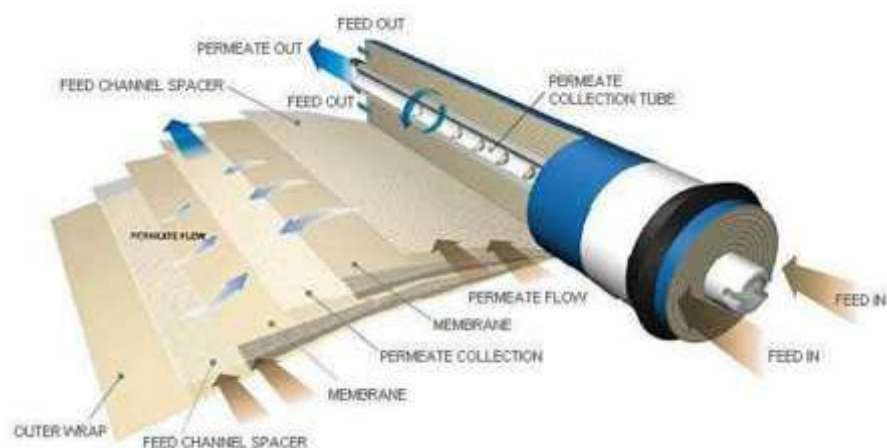
2.2.4 Reverse Osmosis

2.2.4.1 Teori Reverse Osmosis

Reverse Osmosis adalah suatu metode pemurnian air melalui membran semi permeable di mana suatu tekanan tinggi (50-60 psi) diberikan melampaui tarikan osmosis sehingga akan "memaksa" air melewati proses osmosis terbalik dari bagian yang memiliki kepekatan tinggi ke bagian dengan kepekatan

rendah. Selama proses ini terjadi, kotoran dan bahan yang berbahaya akan dibuang sebagai air yang tercemar. Molekul air dan bahan mikro yang lebih kecil dari pori-pori *Reverse Osmosis* akan melewati pori-pori membran dan hasilnya adalah air yang murni. Proses ini mirip dengan proses filtrasi membran. Mekanisme utama pemisahan partikel-partikel asing dalam air dan air pada proses filtrasi membran adalah pemisahan atau eksklusi berdasarkan ukuran partikel.

Perbedaannya adalah, proses *Reverse Osmosis* melibatkan mekanisme difusi sehingga efisiensi pemisahan partikel tergantung kadar partikel nondominan dalam larutan, tekanan dan rasio dari water flux rate (rasio aliran air). Membran *Reverse Osmosis* menghasilkan air murni 99,99%. Diameternya lebih kecil dari 0,0001 mikron (500.000 kali lebih kecil dibandingkan dengan sehelai rambut), sama dengan penyaring micron, berfungsi membuang kotoran, bahan mikro, bakteri, virus dan sebagainya (Annisaa, 2009)



Sumber: Anonim (2016)
Gambar 2.8 Membran RO Spiral Wound

Membran yang digunakan untuk *Reverse Osmosis* memiliki lapisan padat dalam matriks polimer - baik kulit membran asimetris atau lapisan interfasial dipolimerisasi dalam membran tipis-film-komposit - dimana pemisahan terjadi. Dalam kebanyakan kasus, membran ini dirancang untuk memungkinkan air hanya untuk melewati melalui lapisan padat, sementara mencegah bagian dari zat terlarut (seperti ion garam). Proses ini mensyaratkan bahwa tekanan tinggi akan diberikan pada sisi konsentrasi tinggi membran, biasanya 2-17 bar (30-250 psi) untuk air tawar dan payau, dan 40-82 bar (600-1200 psi) untuk air laut, yang memiliki sekitar 27 bar (390 psi) [3] tekanan osmotik alam yang harus diatasi. Proses ini terkenal karena penggunaannya dalam desalinasi (menghilangkan garam dan mineral lainnya dari air laut untuk mendapatkan airtawar, namun sejak awal 1970-an itu juga telah digunakan untuk memurnikan air segar untuk aplikasi medis, industri, dan domestic (Ananto dkk, 2013:2).

2.2.4.2 Prinsip Kerja *Reverse Osmosis*

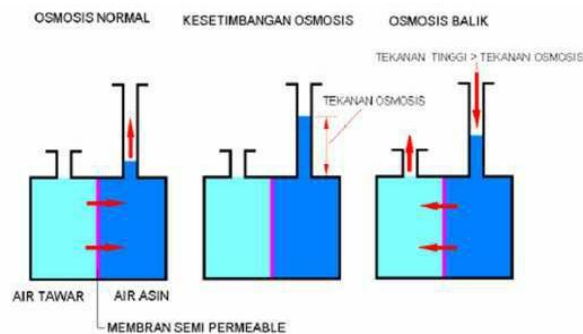
Suatu *membrane* (selaput) yang memungkinkan lewatnya hanya jenis-jenis molekul tertentu disebut *membrane semi permeable*. Sebuah membran semi-permeable, seperti halnya membran yang tersusun dari dinding-dinding sel atau seperti susunan sel pada kantung kemih, bersifat selektif terhadap benda-benda yang akan melaluinya. Umumnya membran ini sangat mudah untuk dilalui oleh air karena ukuran molekulnya yang kecil; tapi juga mencegah kontaminan-kontaminan lain yang mencoba melaluinya.

Apabila dua buah larutan dengan konsentrasi encer dan konsentrasi pekat dipisahkan oleh *membrane semi permeable*, maka larutan dengan konsentrasi yang encer akan terdifusi melalui *membrane semi permeable* tersebut masuk ke dalam larutan yang pekat sampai terjadi kesetimbangan konsentrasi. Phenomena tersebut dikenal sebagai proses osmosis.

Daya penggerak (*driving force*) yang menyebabkan terjadinya aliran/difusi air tawar kedalam air asin melalui *membrane semi permeable* tersebut dinamakan tekanan osmosis. Apabila pada suatu sistem osmosis tersebut, diberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosisnya, maka aliran air tawar akan berbalik yakni dari air asin ke air tawar melalui *membrane semi permeable*, sedangkan garamnya tetap tertinggal di dalam larutan garamnya sehingga menjadi lebih pekat. Proses tersebut dinamakan osmosis balik atau *Reverse Osmosis* (Said, 2008).

Proses *Reverse Osmosis* menggerakkan air dari konsentrasi kontaminan yang tinggi (sebagai air baku) menuju penampungan air yang memiliki konsentrasi kontaminan sangat rendah. Dengan menggunakan air bertekanan tinggi di sisi air baku, sehingga dapat menciptakan proses yang berlawanan (*reverse*) dari proses alamiah osmosis. Dengan tetap menggunakan membran *semi-permeable* maka hanya akan mengijinkan molekul air yang melaluinya dan membuang bermacam-macam kontaminan yang terlarut. Proses spesifik yang terjadi dinamakan ion eksklusi, dimana sejumlah ion pada permukaan membran sebagai sebuah pembatas mengijinkan molekul-molekul air untuk melaluinya seiring melepas substansi-substansi lain.

Prinsip dasar proses osmosis dan proses osmosis balik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.9



Sumber: Said, 2008

Gambar 2.9 Prinsip dasar proses osmosis balik (*Reverse Osmosis*)

Pemisahan air dari pengotornya pada proses membrane tidak memungkinkan untuk memisahkan seluruh garam dari air laut atau air asin, karena akan membutuhkan tekanan yang sangat tinggi. Air laut atau air asin dipompa dengan tekanan tinggi ke dalam suatu membrane osmosis balik yang mempunyai dua buah pipa keluaran, yakni pipa keluaran untuk air tawar yang dihasilkan dan pipa keluaran untuk air garam yang telah dipekatkan.

Tekanan operasi pada sistem osmosis balik adalah $5,3-24,6 \text{ kg/cm}^2$ (75-350 Psi). Sistem osmosis balik yang bekerja pada tekanan $17,6 \text{ kg/cm}^2$ (250 Psi) dapat dikalsifikasikan sebagai unit tekanan rendah. Unit tekanan tinggi mempunyai tekanan rata-rata diatas $24,6 \text{ kg/cm}^2$ (Said, 2008)