

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

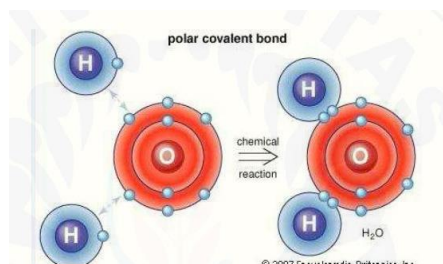
### 2.1 *Aquademin*

#### 2.1.1 Pengertian *Aquademin*

*Aquademin* adalah air bebas mineral (air demin) atau air murni yang sangat diperlukan terutama untuk kebutuhan di laboratorium. Suatu air dapat dikatakan air bebas mineral apabila batas maksimal konduktivitasnya  $5 \mu\text{S}/\text{cm}$  [1]. Kualitas air demin yang terbaik mempunyai tahanan kira-kira 18,2 megaohm.cm atau konduktivitas  $0.055 \mu\text{S}/\text{cm}$  (Diyah dkk, 2007).

Air murni merupakan suatu pelarut yang penting dan memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik sehingga dapat disebut sebagai *pelarut universal*. Air murni berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperatur standar. Dalam bentuk ion, air murni dapat dideskripsikan sebagai asosiasi (ikatan antara sebuah ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) dengan sebuah ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) (Suryana, 2013).

Rumondor dan Porotu'o (2014) mengemukakan bahwa air murni merupakan air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan. air murni aman bagi kesehatan apabila telah memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif. Air murni memiliki rumus kimia yaitu  $\text{H}_2\text{O}$  yang berarti dalam satu molekul terdapat dua atom hidrogen kovalen dan atom oksigen tunggal yang ditunjukkan oleh Gambar 1 sebagai berikut.



**Gambar 1.** Struktur Kimia pada Air Murni  
(Sumber: Petrucci, 2008).

Air murni bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0 °C).

### 2.1.2 Karakteristik *Aquademin*

Beberapa karakteristik penting dari air murni diberikan dalam uraian berikut. Achmad (2004) mengemukakan bahwa air mempunyai konstanta dielektrik yang sangat tinggi sehingga berpengaruh besar terhadap sifat-sifat pelarutnya, hal ini menyebabkan banyak sekali senyawa ionik berdisosiasi dalam *aquademin*. Selain itu air murni memiliki kapasitas kalor yang cukup tinggi yaitu 1 kal/g °C sehingga menyebabkan kalor yang diperlukan untuk merubah suhu dari sejumlah massa yang cukup tinggi.

**Tabel 1.** Sifat-Sifat Penting pada Air Murni

No	Sifat	Efek dan Kegunaan
1.	Pelarut yang sangat baik	Transport zat- zat makanan dan bahan buangan yang dihasilkan proses biologi
2.	Konstanta dielektrik paling tinggi di antara cairan murni lainnya	Kelarutan dan ionisasi dari senyawa ini tinggi dalam larutannya
3.	Transparan terhadap cahaya tampak dan sinar yang mempunyai panjang gelombang lebih besar dari untraviolet	Tidak berwarna, mengekibatkan cahaya yang dibutuhkan untuk fotosintesis mencapai kedalaman tertentu
4.	Tegangan permukaan lebih tinggi daripada cairan lainnya	Faktor pengendali dalam fisiologi; membentuk fenomena tetes dan permukaan
5.	Bobot jenis tertinggi dalam bentuk cairan (fasa cair) pada 4oC	Air beku (es) mengapung, sirkulasi vertical menghambat stratifikasi badan air
6.	Panas penguapan lebih tinggi daripada lainnya	Menentukan transfer panas dan molekul air antara atmosfer dan badan air
7.	Kapasitas kalor lebih tinggi dibandingkan dengan cairan lain kecuali ammonia	Stabilitas dari temperatur organisme dan wilayah geografis
8.	Panas laten dan peleburan lebih tinggi daripada cairan lain kecuali amoniak	Temperatur stabil pada titik beku

Sumber: (Achmad, 2004).

Air murni memiliki tegangan permukaan yang tinggi dan dapat menyebabkan *aquademin* memiliki sifat membasahi suatu bahan secara baik (*higher wetting ability*). Tegangan permukaan yang tinggi juga memungkinkan terjadinya sistem kapiler yaitu kemampuan untuk bergerak dalam pipa kapiler (pipa dengan lubang yang kecil). Dengan adanya sistem kapiler dan sifat sebagai pelarut yang baik, sehingga dapat membawa nutrisi dari dalam tanah ke jaringan tumbuhan (akar, batang, dan daun) (Effendi, 2003).

Pada dasarnya air murni bersifat tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berbau pada kondisi standar. Air murni merupakan substansi kimia dengan rumus kimia  $H_2O$ , satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen (Suryana, 2013). Adanya ikatan hidrogen inilah yang menyebabkan air murni mempunyai sifat - sifat penting seperti pada Tabel 1 berikut.

### 2.1.3 Standar Kualitas *Aquademin*

Beberapa organisasi telah menetapkan standar kualitas untuk air murni berdasarkan penggunaan yang dimaksudkan. Standar kualitas air murni antara lain adalah ASTM (*American Society for Testing and Materials*), NCCLS (*National Committee for Clinical Laboratory Standards*), ISO (*International Organization for Standardization*), EP y USP (*Pharmacopea Europea y Pharmacopea Americana*).

**Tabel 2.** ASTM D1193-91 *American Society for Testing and Materials - Standard Specification for Reagent Water*

Parameter	Type I	Type II	Type III	Type IV
Electrical Conductivity Max. ( $\mu S/cm$ at $25^{\circ}C$ )	0,056	1,0	4,0	5,0
Electrical Resistivity ( $M\Omega\text{-cm}$ at $25^{\circ}C$ )	18,2	1,0	0,25	0,2
pH at $25^{\circ}C$	-	-	-	5,0 - 8,0
TOC max. ( $\mu g/L$ )	10	50	200	n/a
Sodium max. ( $\mu g/L$ )	1	5	10	50
Total Silica max. ( $\mu g/L$ )	3	3	500	n/a
Chlorides max. ( $\mu g/L$ )	1	5	10	50
Endotoxins IU/ml	< 0.03	< 0.25	-	-

(Sumber: *Pharmaceutical Pure Water Guide*, 2015)

**Tabel 3.** *National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS)*

Parameter	Type I	Type II	Type III
Bacteria (CFU/ml)	< 10	< 1000	NA
Ph	NA	NA	5,0 - 8,0
Resistivity (MΩ.cm @ 25°C)	> 10*	> 1	> 0,1
Silica (mg/L)	< 0,05	< 0,1	< 1
Total Solids (mg/L)	0,1	1	5
Total Oxidisable Organic Carbon (mg/L)	< 0,05	< 0,2	< 1
Particulate matter	< 0.2 µm		

(Sumber: *Pharmaceutical Pure Water Guide*, 2015)**Tabel 4.** *ISO 3696 Water for Analytical Laboratory Use - Specification and Test Methods*

Parameter	Degree 1	Degree 2	Degree 3
pH at 25°C	N/A	N/A	5,0 - 7,5
Electrical conductivity (µS/cm 25°C, max).	0,1	1,0	5,0
Oxidizable matter. Oxygen (O) (content mg/L. max)	N/A	0,08	0,4
Absorbance at 254 nm and 1 cm optical path length. Absorbance units, max.	0,001	0,01	Not specified
Residue after evaporation at 110°C mg/kg, max	N/A	1	2
Silica content (SiO <sub>2</sub> ) (mg/L., max )	0,01	0,02	Not specified

(Sumber: *Pharmaceutical Pure Water Guide*, 2015)

Beberapa *Pharmacopoeia* telah menetapkan persyaratan untuk air. Di antara yang paling terkenal adalah USP (*United States Pharmacopoeia*) Dan EP (*European Pharmacopoeia*). Farmakope juga menetapkan kriteria kemurnian (kandungan mikrobiologis dan pirogen) untuk air steril dan air untuk injeksi.

**Tabel 5.** *Pharmacopoeia*

Parameter	EP	USP
Nitrates	<0,2 ppm	-
Heavy Metals	<0,1 ppm	-
TOC	<500 µg/L C	<500 µg/L C
Conductivity	<1,1 µS/cm a 20°C	<1.3 µS/cm a 25°C
Bacteria	<100 CFU/ml	<100 CFU/ml

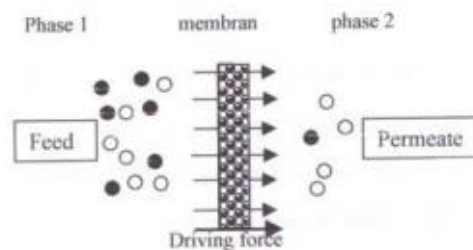
(Sumber: *Pharmaceutical Pure Water Guide*, 2015)

## 2.2. Proses Pembuatan *Aquademin*

Proses pembuatan *aquademin* dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu : resin penukar ion, elektrodialisis, distilasi, transfer membran, *flash evaporation*, maupun *reverse osmosis* (Montgomery, 2005). Metode yang lain yaitu dengan menggunakan metode kombinasi filtrasi, *ion exchange* dan *reverse osmosis*. Akhir-akhir ini, salah satu teknologi yang banyak digunakan di negara-negara maju adalah Teknologi Membran.

Kata membran berasal dari bahasa Latin “*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, muatan listrik atau perbedaan kelarutan (Wenten, 1999).

Secara definitif 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 2 berikut ini.



**Gambar 2.** 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. Dan berdasarkan ukuran pori, membran dapat dikelompokkan menjadi mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, dan nanofiltrasi (Wenten, 1999).

### 2.2.1 Mikrofiltrasi

Membran mikrofiltrasi (MF) mengalami perkembangan yang sangat cepat pada 40-50 tahun terakhir ini. Membran MF dikomersilkan pertama kali pada tahun 1927 oleh Sartorius Werke di Jerman. Membran MF dapat dibedakan dari membran *reverse osmosis* (RO) dan ultrafiltrasi (UF) berdasarkan partikel yang dapat dipisahkannya. Membran mikrofiltrasi dapat dibuat dari berbagai macam material, baik organik maupun anorganik. Membran anorganik banyak digunakan karena ketahanannya pada suhu tinggi dan zat kimia.

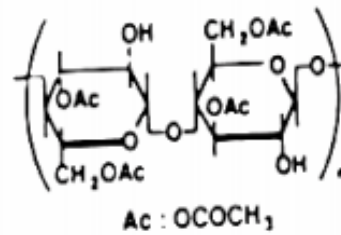
Membran MF memiliki ukuran pori antara **0,05-10  $\mu\text{m}$**  dan tebal antara 10-150  $\mu\text{m}$ . Membran Polyolefin (PE) adalah salah satu kelas terpenting dari material polimer. Beberapa keuntungan dari membran polyolefine adalah:

- Tidak mengeluarkan gas yang berbahaya apabila dibakar
- Terdiri dari beberapa ukuran diameter pori, dari 0.05 sampai 0.5  $\mu\text{m}$ , yang dipakai dalam penelitian ini adalah 0,1  $\mu\text{m}$ .
- Tidak terdegradasi oleh larutan asam maupun basa.
- Membran polyolefine mudah untuk dibersihkan dan tidak mudah robek.

### 2.2.2 Ultrafiltrasi

Membran ultrafiltrasi (UF) memiliki peranan penting pada pengolahan air, baik air baku menjadi air minum maupun pengolahan air limbah. Hal ini disebabkan ukuran pori membran yang sangat kecil untuk bisa menahan (merefuse) partikel-partikel kecil berukuran makromolekul hingga virus sekalipun dari larutan. Membran ini cocok diterapkan untuk memisahkan senyawa berberat molekul tinggi dari senyawa berberat molekul rendah atau memisahkan makromolekul dan koloid dari larutannya.

Tekanan kerja yang dibutuhkan relatif besar yaitu 1-10 bar. Bahan ini terbuat dari selulosa diasetat dan selulosa triasetat. Peningkatan kandungan acetyl memberikan stabilitas kimia dan rejeksi garam yang baik, namun akan memberikan penurunan fluks (Nasrul, 2002). Gambar 3 memperlihatkan struktur kimia dari selulosa asetat.



**Gambar 3.** Struktur Kimia Selulosa Asetat  
(Rautenbach, 1989).

Ada beberapa keuntungan selulosa asetat dan derivatnya sebagai material membran yaitu:

1. Sifatnya merejeksi fluks dan garam yang tinggi, kombinasi yang jarang ada pada material membran lainnya.
2. Relatif mudah untuk manufaktur.
3. Bahan mentahnya merupakan sumber yang dapat diperbarui (*renewable*)

Selain memiliki keuntungan, juga ada kerugiannya yaitu:

1. Memiliki range temperatur yang sempit. Temperatur maksimum adalah 30 °C. Temperatur yang tinggi akan mempercepat degradasi. Yang tidak menguntungkan dari hal tersebut adalah perolehan fluks (karena temperatur tinggi menyebabkan difusitas semakin tinggi dan viskositas menjadi lebih rendah, keduanya menyebabkan fluks lebih banyak) dan sanitasi karena keadaan ini menghasilkan keadaan istimewa bagi pertumbuhan mikroba.
2. Memiliki range pH yang cukup pendek. Kebanyakan dibatasi pada pH antara 2-8, kadang-kadang 3-6.
3. Resistansinya lemah terhadap klorin, pada keadaan kontinu hanya tahan hingga konsentrasi 1 mg klorin/L. Oksidasi klorin terhadap selulosa asetat menyebabkan waktu operasi menjadi sangat sebentar.
4. Selulosa asetat mengalami creep atau fenomena pematat yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan material lainnya yaitu secara gradual kehilangan properti membran (khususnya fluks) pada tekanan diatas waktu operasinya.
5. Selulosa asetat sangat biodegradable yaitu sangat rentan terhadap mikroba yang terdapat di alam

Membran ini biasanya terbuat dari polimer dan teknik yang digunakan dalam pembuatannya adalah teknik inversi fasa. Polimer ruang umum digunakan antara lain polisulfon, polietersulfon, polivinilidin fluorida, poliakrilonitril, selulosa asetat, poliamida, polieter keton dan lain sebagainya. Selain polimer material organik lainnya yang dapat digunakan seperti alumina, zirconia juga mulai digunakan akhir-akhir ini. Karakteristik membran MF dan UF terdapat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Karakteristik Membran Mikrofiltrasi dan Ultrafiltrasi

	<b>Mikrofiltrasi</b>	<b>Ultrafiltrasi</b>
Kekuatan Dorong	Perbedaan Tekanan hidrostatik	Perbedaan tekanan hidrostatik
Mekanisme Pemisahan	Saringan	Saringan, difusi
Struktur Operasi (Ukuran Pori)	Makropori (>50 nm)	Mikropori (< 2 nm)
Range Operasi Tipikal ( $\mu\text{m}$ )	0,08-2,0	0,001-0,01
Deskripsi Permeat	Air + Senyawa terlarut	Air + molekul sangat kecil, cairan ionic
Konstituen yang Direduksi	TSS, Kekeruhan, Protozoa, Oocysts, Cysts, Beberapa Bakteri dan virus	Molekul-molekul kecil, kesadahan dan virus

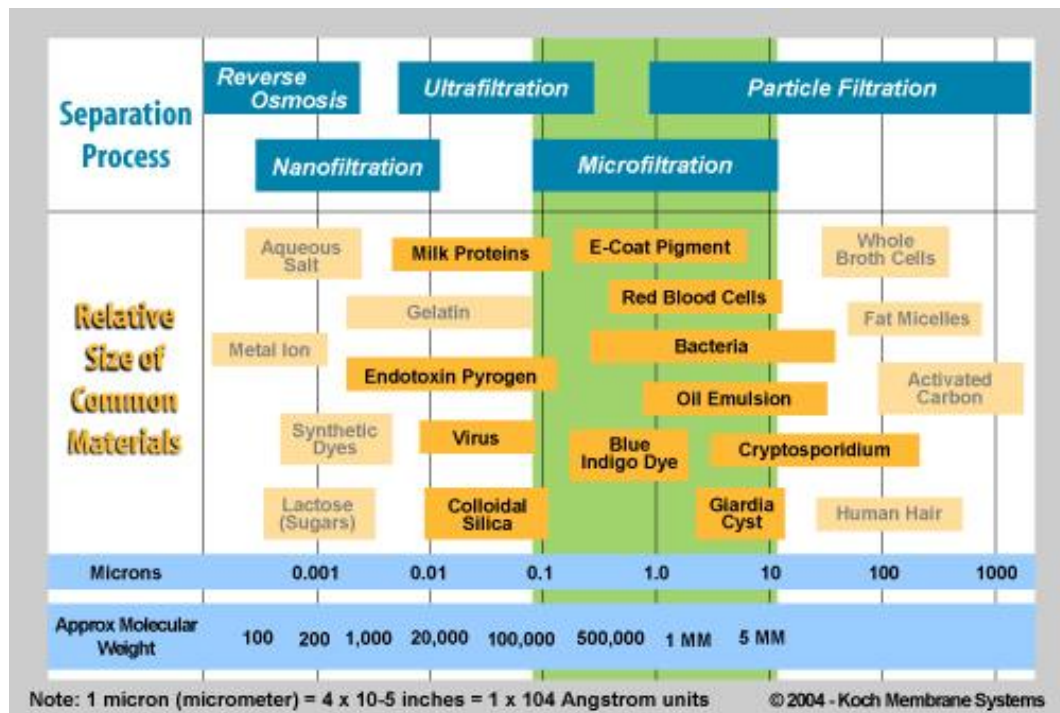
(Sumber: Mustaqihul, 2009)

### 2.2.3 Reverse Osmosis

Membran *reverse osmosis* (osmosis balik) digunakan untuk memisahkan zat terlarut yang memiliki berat molekul yang rendah seperti garam anorganik atau molekul organik kecil seperti glukosa dan sukrosa dari larutannya. Membran yang lebih *dense* (ukuran pori lebih kecil dan porositas permukaan lebih rendah) dengan tahanan hidrodinamik yang lebih besar diperlukan pada proses ini. Hal ini menyebabkan tekanan operasi pada osmosis balik akan sangat besar untuk menghasilkan fluks yang sama dengan proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Untuk itu pada umumnya, membran osmosa balik memiliki sruktur asimetrik dengan lapisan atas yang tipis dan padat serta matriks penyokong dengan tebal 50 sampai 150  $\mu\text{m}$ . Tahanan ditentukan oleh lapisan atas yang rapat (Widayanti, 2013). Ukuran pori pada proses osmosis balik antara  $10^{-4}$ - $10^{-3}$  mikron.



Perbedaan karakteristik tiap proses pemisahan yang terdiri dari mikrofiltrasi, ultrafiltrasi dan *reverse osmosis* ditunjukkan oleh Gambar 4.



**Gambar 4.** Karakteristik Membran

(Sumber: *Koch Membrane System*, 2004)

#### 2.2.4 Ion Exchange

Pertukaran ion adalah proses dimana ion-ion dari suatu larutan elektrolit diikat pada permukaan bahan padat. Sebagai pengganti ion-ion dari bahan padat diberikan ke dalam larutan (Bernasconi, 1995).

Penukar ion kebanyakan berupa bahan organik, yang umumnya dibuat secara sintetik. Bahan tersebut sering juga disebut resin penukar ion. Penukar ion mengandung bagian bagian aktif dengan ion yang dapat ditukar. Bagian aktif semacam itu misalnya adalah: - Pada penukar kation: Kelompok-kelompok asam sulfo –  $\text{SO}_3 - \text{H}^+$  (dengan sebuah ion  $\text{H}^+$  yang dapat ditukar) - Pada penukar anion: Kelompok-kelompok amonium kuartener –  $\text{N} - (\text{CH}_3)_3 + \text{OH}^-$  (dengan sebuah ion  $\text{OH}^-$  yang dapat ditukar) (Bernasconi, 1995).

Sifat-sifat penting yang diharapkan dari media penukar ion adalah daya pengambilan (kapasitas) yang besar, selektifitas yang besar, kecepatan pertukaran yang besar, ketahanan terhadap suhu, ketahanan terhadap penukar ion yang telah terbebani dapat dilakukan dengan mudah, karena pertukaran ion merupakan suatu proses yang sangat *reversible* (Bernasconi,1995).

#### 1. Media Penukar Ion

Media penukar ion sering disebut dengan resin, terdapat 4 jenis resin yang sering dipergunakan dalam pengolahan air:

##### a. Resin kation asam kuat.

Resin kation asam kuat terbuat dari plastik atau senyawa polimer yang direaksikan dengan beberapa jenis asam seperti asam sulfat, asam posphat, dan sebagainya. Resin kation asam kuat ini mempunyai ion hydrogen ( $R^- \cdot H^+$ ), dengan adanya ion  $H^+$  yang bermuatan positif maka resin ini sering dipergunakan untuk mengambil ion-ion yang bermuatan positif. (Montgomery J.M, 1985). Dalam operasionalnya, resin kation asam kuat ini dapat dioperasikan dengan kondisi ( $R^- \cdot H^+$ ) maupun dalam kondisi  $R^- \cdot Na^+$ . Pemilihan kondisi mana yang akan dioperasikan berpengaruh terhadap jenis ion yang diambil, bahan kimia yang akan dihasilkan dan bahan kimia untuk pengaktifan kembali (regenerasi). (Montgomery,J.M, 1985).

##### b. Resin kation asam lemah

Resin kation asam lemah terbuat dari plastik atau polimer yang direaksikan dengan group asam karbonik dengan demikian Group ( $COOH^-$ ) sebagai penyusun resin. Resin kation asam lemah diperlukan kehadiran alkalinitis untuk melepas ion hidrogen dari resin. (Montgomery, J.M, 1985). Disamping itu penggunaan resin kation asam lemah ini hanya terbatas pada kondisi air atau air limbah yang mempunyai derajat keasaman (pH) diatas 4 atau 5, Proses regenerasi resin kation asam lemah ini dapat dilakukan dengan larutan asam klorida (HCL). (Montgomery, J.M, 1985)

c. Resin anion basa kuat

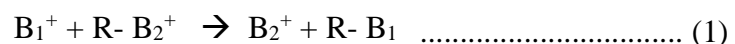
Resin anion basa kuat merupakan resin yang sering dipergunakan dalam mengambil ion-ion yang bermuatan negatif. Pada operasionalnya resin anion basa kuat ini dapat dioperasikan pada kondisi hidroksida ( $R^+ \cdot Cl^-$ ). Apabila resin anion basa kuat dioperasikan pada kondisi hidroksida ( $R^+ \cdot OH^-$ ), Maka resin anion basa kuat ini dapat mengambil hampir seluruh jenis ion negatif dan pada proses regenerasinya menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH), sedangkan apabila resin anion basa kuat dioperasikan pada kondisi klorida ( $R^+ \cdot Cl^-$ ), maka ion-ion negatif yang dapat diambil seperti sulfat dan nitrat, dan pada proses regenerasinya menggunakan larutan garam (NaCl). (Montgomery, J.M, 1985)

d. Resin anion basa lemah

Resin anion basa lemah dipergunakan untuk mengambil asam-asam seperti asam klorida (HCl) atau asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sehingga resin dikenal sebagai pengadsorpsi asam (acid adsorbers). Proses regenerasi resin anion basa lemah ini dipergunakan larutan natrium hidroksida (NaOH), ammonium hidroksida ( $NH_4OH$ ) atau natrium karbonat ( $Na_2CO_3$ ). (Montgomery, J.M, 1985).

## 2. Mekanisme Pertukaran Ion

Pertukaran ion dapat ditempatkan sebagai unit operasi dalam equilibrium (kesetimbangan) kimia. Pertukaran ion menyangkut salah penempatan ion yang diberikan spesies dari pertukaran material yang tidak dapat larut dengan ion-ion yang berbeda spesies ketika larutan yang terakhir dibawa sampai mengontak / berhubungan/bercampur. Pertukaran ion bisa digambarkan dengan kesetimbangan umum pada persamaan berikut:



Persamaan kesetimbangan:

$$K = \frac{[B_2^+][R^- \cdot B_1^+]}{[B_1^+][R^- \cdot B_2^+]} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

$B_1^+, B_2^+$  = Kation-kation dari 2 spesies (jenis) yang berbeda.

$A_1^-, A_2^-$  = Anion-anion dari 2 spesies (jenis) yang berbeda.

$R^-, R^+$  = Penukaran bahan bahan dari kationir dan anionir masing masing.

$K$  = Konstanta kesetimbangan (Lenvil G.Rich, 1963)

### 3. Selektivitas Ion

Petunjuk awal atau sebaliknya pada reaksi pertukaran ion sepenuhnya bergantung pada selektivitas resin untuk sistem ion khusus. Ada dua variabel utama yang menentukan selektivitas ion, yaitu:

#### a. Harga atau nilai ion

Harga ion berpengaruh besar pada kekuatan besar pada pertukaran ion.

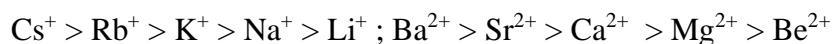
#### b. Ukuran ion

Seperti yang diuraikan Kunin (Montgomery,J.M, 1985) kumpulan yang mengikuti peraturan empirik dapat digunakan sebagai selektivitas rata-rata:

- Pada konsentrasi rendah (encer) dan temperatur biasa, luas pertukaran meningkat dengan meningkatnya valensi dari pertukaran ion:



- Pada konsentrasi rendah (encer, temperatur biasa dan valensi konstan luas pertukaran meningkat dengan meningkatnya nomor atom pada luas pertukaran ion:



- Pada konsentrasi tinggi, perbedaan pada kekuatan pertukaran ion dengan perbedaan valensi ( $Na^+$  dan  $Ca^+$  atau  $NO_3^-$  dan  $SO_4^{2-}$ ) berkurang dan pada

kasus yang sama, pada ion dengan valensi rendah mempunyai pertukaran ion yang tinggi (James.M. Montgomery, 1985).

#### 4. Faktor-Faktor Proses Pertukaran Ion

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses pertukaran ion (Dofner K, 1995) adalah:

##### a. Derajat pH

Penukar ion penguraian gugus ionogenik tidak memperhatikan pH, ada yang sangat dipengaruhi oleh pH sesuai kekuatan asam basanya. Gugus OH fenolik atau asam karboksilat tidak teruarai pada pH rendah, maka kapasitas penukarannya baru optimum pada pH larutan alkali. Range pH efektif penukar ion untuk jenis kation asam kuat adalah 0-14.

##### b. Kecepatan aliran

Kecepatan aliran mempengaruhi proses pertukaran ion. Semakin cepat debit aliran yang ditetapkan dalam proses pertukaran ion, semakin sedikit konsentrasi ion yang dapat dipertukarkan. Hal ini disebabkan waktu tinggal dan kontak antara air laut dengan resin semakin pendek.

##### c. Konsentrasi ion terlarut

Semakin banyak konsentrasi ion yang akan dipertukarkan, semakin lambat kecepatan berlangsungnya suatu reaksi pertukaran ion dan semakin sedikit konsentrasi ion yang akan dipertukarkan. Hal ini disebabkan karena resin memiliki kapasitas ion yang terbatas.

##### d. Tinggi media penukar ion

Semakin tinggi media penukar ion yang terdapat dalam kolom pertukaran, semakin banyak konsentrasi ion akan dipertukarkan. Hal ini disebabkan semakin tinggi resin maka semakin banyak jumlah resin.

##### e. Suhu

Pertukaran ion dipengaruhi suhu, akan tetapi secara praktis peningkatan suhu tidak cukup untuk menyebabkan penambahan laju proses. Operasi suhu tinggi baru bermanfaat bila larutan semula memang pada suhu tersebut atau bila larutan terlalu kental pada suhu ruang.

## 5. Kapasitas Resin Penukar Ion

Kapasitas amat penting untuk mengetahui jumlah ion pengotor dalam air baku yang dapat diambil atau dipertukarkan. Resin penukar ion mempunyai kapasitas yang terbatas dalam kemampuan menukar ion yang disebut kapasitas tukar ion. Kapasitas resin penukar ion adalah bilangan yang menyatakan jumlah banyaknya ion yang dapat dipertukarkan untuk setiap satu gram resin atau tiap milliliter. Kapasitas juga dinyatakan sebagai miliekuivalen per milliliter (meq/mL), yang sama dengan normal: miliekuivalen pergram kering (meq/g) dan kilograins per kaki kubik (kgr/ft<sup>3</sup>). Pada proses demineralisasi air (Martono, 2015).

Penentuan kapasitas resin dilakukan dengan dua pendekatan yaitu (a) Pendekatan Volume Produk (waktu); dan (b) Pendekatan Volume (Lestari, 2012). Rumus umum yang digunakan untuk menghitung kapasitas resin adalah sbb:

$$V_R = \frac{Q \cdot t \cdot \text{TDS}_{\text{feed}} \cdot 15,45}{\text{TEC} \cdot 35,34 \cdot \eta} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$V_R = \frac{Q \cdot t \cdot \text{TDS}_{\text{feed}} \cdot 0,43718}{\text{TEC} \cdot \eta} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$V_P = Q \cdot t \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$V_R = \frac{V_P \cdot \text{TDS}_{\text{feed}} \cdot 0,43718}{\text{TEC} \cdot \eta} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

- $V_R$  = Volume Resin (liter)
- $Q$  = Debit (m<sup>3</sup>/jam)
- $t$  = Lamanya waktu (jam)
- $\text{TDS}_{\text{feed}}$  = Jumlah Total Kation atau Anion air baku (mg/l CaCO<sup>3</sup>)
- $\text{TEC}$  = Kapasitas Resin Penukar Ion (kgr/ft<sup>3</sup>) (40 kgr/ft<sup>3</sup> untuk kation dan 21.9 kgr/ft<sup>3</sup> untuk anion)
- $h$  = efisiensi resin (80 – 90 %)
- $V_P$  = Volume Produk (m<sup>3</sup>)
- 35,34 = Faktor konversi ft<sup>3</sup>/M<sup>3</sup>
- 15,45 = Faktor konversi kgr/M<sup>3</sup>

a) Pendekatan Volume Produk (waktu)

Dalam penentuan kapasitas resin dengan pendekatan volume produk yang harus ditentukan terlebih dahulu adalah debit atau laju aliran ( $Q$ ) dan volume lamanya siklus regenerasi dalam jam ( $t$ ). Setelah didapatkan debit dan waktu, maka akan diketahui jumlah resin yang diperlukan (dalam liter) berdasarkan jumlah kandungan ion (*impurity*) yang terkandung dalam air baku yang dapat diketahui dari hasil analisis ion air baku dan kapasitas penukar ion (*total exchange capacity*) resin yang digunakan. Kapasitas penukar ion resin ini diketahui dari produsen pembuatnya. Angka kapasitas resin menunjukkan kemampuan resin penukar ion untuk menukar ion yang diinginkan dengan gugus aktif resinnya. Semakin tinggi kemampuannya. Semakin banyak ion yang dapat ditukar dan semakin lama waktu regenerasinya. Saat ini resin penukar ion di pasaran rata-rata mempunyai kemampuan penukaran ion 1.9 eq/I ( $\pm 39$  kgr/ft<sup>3</sup>) untuk Cation H<sup>+</sup> form dan 1.0 eq/I ( $\pm 21.9$  kgr/ft<sup>3</sup>) untuk Anion OH<sup>-</sup> form. Sedangkan untuk softener 2.0 cq/I ( $\pm 41$  kgr/ft<sup>3</sup>) untuk Cation Na<sup>+</sup> form dan 1.2 eq/I ( $\pm 26.2$  kgr/ft<sup>3</sup>) untuk Anion Cl<sup>-</sup> form). Pendekatan ini lebih bersifat individu yang berarti konsumen dapat menentukan sendiri jumlah produk yang ingin didapatkan dalam satu siklus regenerasi (Lestari, 2012).

b) Pendekatan Volume Resin

Penentuan kapasitas resin dengan pendekatan volume resin berarti jumlah resin yang digunakan ditentukan terlebih dahulu kemudian jumlah produk atau lamanya waktu siklus regenerasi akan diketahui. Hal ini berlaku apabila konsumen menginginkan produk jadi (pasaran) yang telah difabrikasi di pabrik pembuatnya. Dalam hal ini, manufaktur tidak menghitung jumlah impurity yang terdapat dalam air baku melainkan berdasarkan tetapan baku yang sudah ditetapkan oleh pembuat sehingga performanya bervariasi tergantung dari kualitas air baku. Semakin baik air bakunya, performanya semakin baik dan siklus regenerasinya pun semakin lama (Lestari, 2012).