

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Saat ini, untuk kebutuhan air bersih di dunia meningkat melebihi laju pertumbuhan manusia. Kekurangan air bersih dapat berpengaruh terhadap banyak hal, diantaranya dapat menimbulkan banyak penyakit dan mengurangi pembangunan ekonomi. Hal ini menunjukkan bahwa dunia membutuhkan suatu cara untuk meningkatkan persediaan air bersih. Salah satu sumber yang berpotensi dijadikan sumber air bersih adalah air laut. Air laut dapat dijadikan air bersih dengan proses desalinasi. Selain itu, air hasil proses desalinasi tersebut juga dapat digunakan sebagai air minum maupun air proses dalam industri-industri. Di berbagai negara, sudah banyak digunakan proses desalinasi untuk memenuhi kebutuhan air bersih, seperti Korea, USA, Singapura, Australia, dan masih banyak lagi. Bahkan, ada pabrik desalinasi dari luar negeri yang ingin membuka cabang di Indonesia karena Indonesia memiliki persediaan air laut yang sangat melimpah. Namun, di Indonesia masih sedikit penggunaan proses tersebut dan tidak menutup kemungkinan di masa yang akan datang, akan digunakan proses tersebut dalam industri-industri[1].

Desalinasi merupakan proses pemisahan untuk mengurangi kandungan garam terlarut dalam air laut hingga kadar tertentu sehingga air dapat digunakan untuk proses di industri. Teknologi untuk proses desalinasi yang saat ini banyak digunakan secara luas oleh berbagai kalangan, baik akademisi maupun industri adalah proses membran. Saat ini membran untuk desalinasi masih *import* dan harga membran *import* pun relatif mahal. Selain dengan teknologi membran, proses pemisahan dapat dilakukan dengan cara sedimentasi, distilasi, ekstraksi, dan lain sebagainya, namun proses pemisahan dengan teknologi membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan proses lainnya, antara lain tidak memerlukan perubahan fase medium; proses berlangsung dengan cepat; cara operasi sederhana; dapat berlangsung pada suhu kamar; bersifat tidak destruktif sehingga tidak menimbulkan perubahan (degradasi) dari zat yang dipisahkan; mudah untuk *scale up*; tidak memerlukan banyak tempat; dan memberikan hasil dengan kualitas yang sangat baik, serta ramah lingkungan[2,3]. Hal tersebut menyebabkan perlunya teknologi untuk membuat membran dengan harga yang lebih murah serta bahan yang *renewable*[1].

Membran dapat dibuat dari bahan anorganik maupun organik. Membran anorganik dapat dibuat dari beberapa bahan seperti kaca, logam, ataupun keramik. Sementara itu, membran organik terbuat dari polimer, baik alami maupun sintetik, sehingga dikenal juga sebagai membran polimer. Modifikasi terhadap bahan dasar membran kini semakin beragam. Modifikasi ini dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja membran. Salah satunya ialah pencampuran beberapa jenis bahan sehingga dihasilkan sifat membran komposit yang lebih baik[4].

Salah satu membran untuk desalinasi yang dikembangkan saat ini adalah membran selulosa asetat. Kelebihan dari selulosa asetat sebagai material membran adalah murah, tahan lama, bersifat hidrofilik, merejeksi garam yang tinggi, ramah lingkungan, mudah diproduksi, dan bahan mentahnya merupakan sumber yang dapat diperbaharui (*renewable*), antara lain dari tongkol jagung, pulp, dan lain-lain. Namun meski ada kelebihan, juga ada kekurangannya secara teknis penggunaannya, antara lain sangat sensitif terhadap pH, dan terbatas pada suhu rendah. Membran selulosa asetat dibatasi oleh pH antara 2 – 8; selulosa bersifat *biodegradable*, sangat rentan terhadap mikroba yang terdapat di alam; suhu maksimum 50°C.[5,6,7]

Oleh karena itu, saat ini perhatian peneliti membran tertuju pada material baru yaitu *composite mixed matrix membranes* (membran komposit campuran). *Mixed matrix membranes* merupakan material yang saat ini dikembangkan untuk memperoleh kinerja membran yang maksimal, sehingga didapatkan campuran membran yang memiliki permeabilitas dan selektifitas yang tinggi. *Mixed matrix membranes* terdiri dari polimer *non-porous* dimana material seperti *zeolite*, *carbon*, maupun *clay* didispersikan.[8] Beberapa penelitian telah mengembangkan membran komposit selulosa asetat dengan polimer sintetik lain, yang menggunakan bahan aditif berupa polimer lain untuk meningkatkan keseragaman porositas membran komposit tersebut, seperti contoh membran komposit selulosa asetat-polistirena menggunakan poli(etilena-glikol)[9], polisulfon-selulosa asetat menggunakan poli(etilena-glikol) [3], dan masih banyak lagi.

Clay sebenarnya telah banyak digunakan sebagai adsorben dalam industri-industri dalam proses adsorpsi. Demikian pula *clay* digunakan dalam membran memiliki fungsi sama yaitu sebagai adsorbent, karena komponen utama dari *clay* adalah SiO_2 dan Al_2O_3 . Namun, daya serap *clay* murni (dalam hal ini = *bentonite*) kurang efektif, sehingga dilakukan modifikasi terhadap *bentonite* dengan penambahan surfaktan *Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide* (CTAB) dengan tujuan untuk meningkatkan daya serap dari *bentonite*. [10-11]

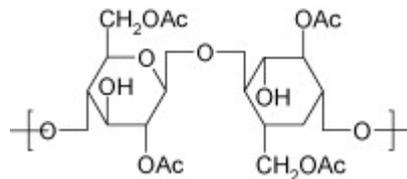
Pra Rencana Pabrik Komposit Selulosa Asetat-CTA-*Bentonite* dengan kapaasitas 382.265,8 kg/tahun

Karena itulah, disini didirikan pabrik pembuatan bahan komposit *cellulose acetate* dan *Cetyl Trimethyl Ammonium-Bentonite* (CTA-Bentonite) untuk proses desalinasi dengan tujuan untuk meningkatkan daya tahan dalam proses filtrasi; daya selektif dalam proses filtrasi, serta tahan panas dalam air (*hidrotermalstable*); serta meningkatkan daya perforasinya. Surfaktan CTAB memiliki sifat dapat menghindari terjadinya emulsi sehingga dapat meningkatkan kestabilan komposit. Dengan adanya kandungan CTAB ini diharapkan dapat membentuk membran nanopori dengan struktur pori yang seragam sehingga dapat lebih efektif digunakan dalam proses desalinasi.

I.2. Sifat - Sifat Bahan Baku dan Produk

I.2.1. Bahan baku

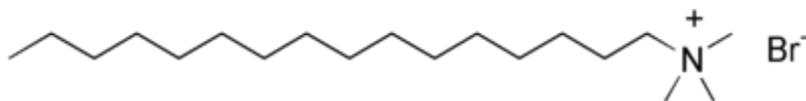
1) Selulosa Asetat[12]



Gambar I. 1. Struktur Selulosa Asetat[13]

Rumus Molekul	: $C_6H_7O_2(OH)_3$
Densitas	: 1,3 g/mL (30°C)
Bentuk	: padatan
Warna	: putih
Kelarutan	: tidak larut dalam air
<i>Melting Point</i>	: 260°C

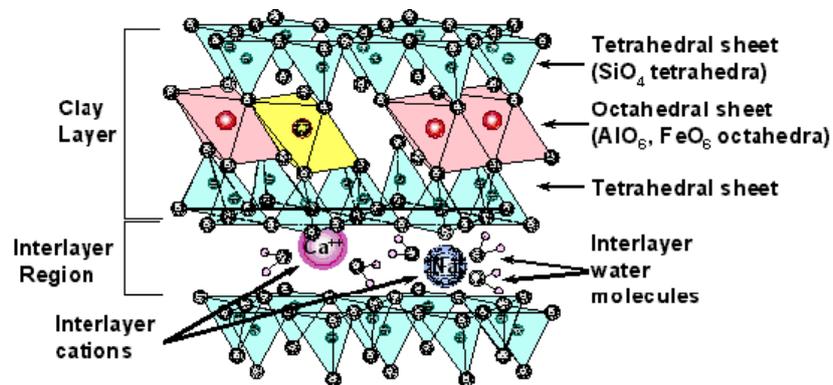
2) CTAB Surfaktan[14]



Gambar I. 2. Struktur Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide[15]

Rumus molekul	: $C_{19}H_{42}BrN$
Berat molekul	: 364,45 g/gmol
Kemurnian	: $\approx 99\%$
Titik leleh	: 250°C
<i>Flash Point</i>	: 244°C

Bentuk	: serbuk
Warna	: putih
Kelarutan	: terlarut sebagian dalam air dingin (10%)
Stabilitas	: stabil
Keamanan	: iritasi mata dan kulit
Sumber	: buatan
Tempat penyimpanan	: suhu ruang

3) *Bentonite*[16]Gambar I. 3. Struktur *Bentonite*[17]

Rumus molekul	: $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ atau $2[(\text{Al}_{1,67}\text{Mg}_{0,33})(\text{Si}_{3,5}\text{Al}_{0,5})\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$
Bentuk	: padatan (serbuk)
Bau	: tidak berbau
Warna	: terang
Kelarutan	: kelarutan kecil dalam air dingin maupun air panas, tidak larut dalam metanol, dietil eter, n-oktanol, aseton
Ukuran rata-rata partikel	: 2,5 – 4 μm
Bulk Density	: 37 – 56 lbs/ft ³
Specific Gravity	: 2,6
pH	: 8,5 – 10,5

I.2.2. Produk

1) Komposit *Cellulose Acetate-CTA-Bentonite*[1,3,4,6]

Komposit membran dengan bahan dasar *cellulose acetate-CTA-Bentonite* memiliki sifat tahan panas dalam air bila digunakan dalam proses filtrasi, berbentuk serbuk, daya tahan yang cukup lama dalam proses filtrasi, juga dapat meningkatkan daya serap. Adanya ikatan *CTA-bentonite* dalam komposit ini dapat meningkatkan daya perforasi dan selektivitasnya dalam menyerap zat-zat kontaminan.

I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk[1,3,4,6]

Produk komposit *cellulose acetate-CTA-Bentonite* ini lebih berpotensi bila digunakan dalam proses desalinasi dengan menggunakan teknologi membran. Membran yang hanya terbuat dari selulosa asetat saja tidak bisa digunakan untuk kondisi panas dalam air, dan ketahanan dalam proses filtrasi masih kurang kuat. Namun, membran dari komposit *cellulose acetate-CTA-Bentonite* ini dapat digunakan dalam waktu cukup lama, bersifat *hidrotermalstable* (tahan bila digunakan dalam filtrasi dalam air dengan suhu tinggi sekitar 50°C), sertadaya perforasinya tinggi.

I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisis Pasar

I.4.1. Bahan Baku

I.4.1.1. Selulosa Asetat[18]

Untuk memenuhi kebutuhan selulosa asetat, sampai saat ini Indonesia masih mengimpor dari berbagai negara lain, seperti China, United States, Rusia, dan India.

I.4.1.2. *Bentonite*[19]

Ketersediaan *bentonite* di Indonesia sangat melimpah ruah, terbukti dari beberapa daerah yang menghasilkan batuan *bentonite* antara lain sebagai berikut.

- Daerah Istimewa Aceh : Daerah Tupin dan daerah Reusip
- Sumatera Utara : daerah Pangkalan Brandan
- Riau : daerah kabupaten Inderagiri Hulu
- Sumatera Selatan : Kebon Agung Kabupaten Tanjungenim
- Bengkulu : Tabah Pananjung kabupaten Bengkulu Utara
- Jawa Barat : Jasingga Kabupaten Bogor
- Jawa Tengah : Sumber Lawang Kabupaten Sragen
- Daerah Istimewa Yogyakarta : Gembyong Kabupaten Gunung Kidul
- Jawa Timur : Jahurpang

- Sulawesi Utara : Kecamatan Modayang, Kabupaten Boloangmangandow

I.4.1.3. Surfaktan *Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide* (CTAB)[20]

Untuk memenuhi kebutuhan surfaktan CTAB, sampai saat ini Indonesia masih mengimpor dari berbagai negara lain, seperti Cina, USA, India, Jerman, Perancis, dan Denmark.

I.4.2. Produk Komposit *Cellulose Acetate-CTA-Bentonite*

Produk komposit selulosa asetat-CTA-bentonite digunakan sebagai bahan baku pembuatan membran desalinasi. Membran tersebut dapat digunakan dalam proses filtrasi dengan suhu tinggi, meningkatkan daya rejeksinya terhadap garam, dan memiliki daya tahan yang lama.

Berikut akan diberikan data kebutuhan membran untuk desalinasi air di dunia seperti terlihat pada Tabel I.1 dan Tabel I.2.

Tabel I. 1. Kebutuhan Membran Filtrasi untuk Desalinasi Air Seluruh Dunia

Tahun	Jumlah Produksi Air (m ³ /hari)[21]	Kapasitas standar 1 membran (m ³ /membran)[22]	Kebutuhan membran (membran/hari)
2008	51,5 juta	0,57	90.350.877
2009	59,9 juta	0,57	105.087.719
2010	68 juta	0,57	119.298.246
2011	76,4 juta	0,57	134.035.088
2012	85,8 juta	0,57	150.526.316

Tabel I. 2. Perhitungan Kebutuhan Komposit Membran untuk Desalinasi Air Seluruh Dunia

Tahun	Kebutuhan komposit untuk membuat 1 membran (gram/membran)	Kebutuhan komposit membran (gram/hari)	Kebutuhan komposit membran (ton/tahun)
2008	100	903508,7719	329,7807
2009	100	1050877,19	383,5702
2010	100	1192982,46	435,4386
2011	100	1340350,88	489,2281
2012	100	1505263,16	549,4211

Contoh perhitungan sebagai berikut.

Untuk tahun 2008, diketahui data-data sebagai berikut.

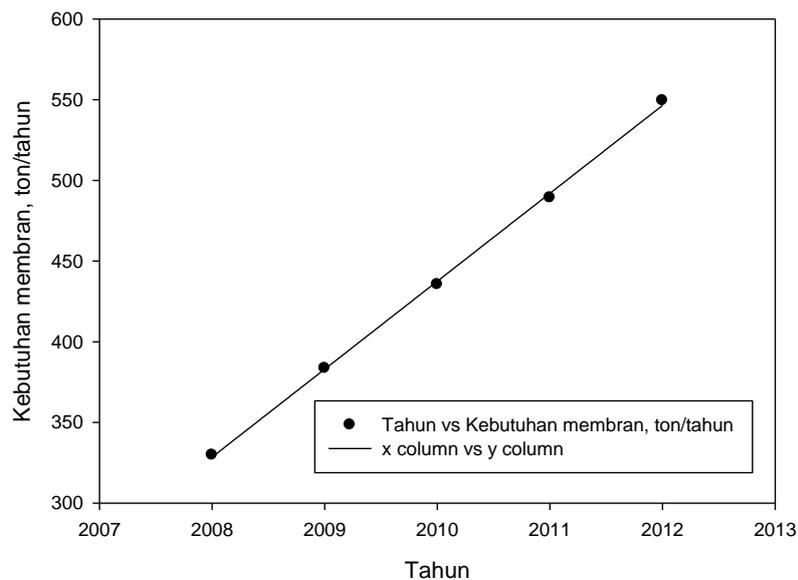
Jumlah produksi air = 51.500.000 m³/hari

Kapasitas standar 1 membran = 0,57 m³/membran

Pra Rencana Pabrik Komposit Selulosa Asetat-CTA-Bentonite dengan kapaasitas 382.265,8 kg/tahun

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan membran} &= \frac{51.500.000 \frac{m^3}{\text{hari}}}{0,57 \frac{m^3}{\text{membran}}} = 90.350.877 \frac{\text{membran}}{\text{hari}} \\
 \text{Kebutuhan komposit membran} &= \frac{90.350.877 \frac{\text{membran}}{\text{hari}}}{100 \frac{\text{gram}}{\text{membran}}} = 903.508,77 \frac{\text{gram}}{\text{hari}} \\
 &= 903.508,77 \frac{\text{gram}}{\text{hari}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gram}} \cdot \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \cdot \frac{365 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} \\
 &= 329,7807 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}}
 \end{aligned}$$

Data yang lain dihitung dengan cara yang sama dan hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel I.1 dan Tabel I.2.



Gambar I. 4. Linearisasi Kebutuhan Komposit *Cellulose Acetate-CTA-Bentonite* Setiap Tahun

Didapatkan hasil *forecasting* kebutuhan membran untuk lima tahun berikutnya berdasarkan pada pertumbuhan tiap tahunnya yang ditunjukkan dari Gambar I. 4, yaitu sebagai berikut.

Tabel I. 3. Tabel *Forecasting* Kebutuhan Komposit *Cellulose Acetate-CTA-Bentonite* untuk Pabrik Desalinasi di Dunia

Tahun	Kebutuhan Komposit Membran (ton/tahun)
2013	601,0498
2014	655,5437
2015	710,0376
2016	764,5315
2017	819,0254

Dari ketersediaan bahan baku maupun analisa pasar mengenai kebutuhan produk, dapat dilihat bahwa ketersediaan bahan baku melimpah dibandingkan kebutuhan komposit *cellulose acetate-CTA-Bentonite* yang sedikit, sehingga kapasitas produksi pabrik komposit *cellulose acetate-CTA-Bentonite* ini ditentukan berdasarkan analisa pasar kebutuhan produk. Selain itu, produk komposit yang diproduksi akan dijual di Indonesia (di wilayah Bali, Jakarta, Madura, dan Surabaya) maupun di-ekspor ke luar negeri (Singapura, Korea, USA, India, Australia, dan lain-lain), karena kebutuhan membran untuk pabrik desalinasi yang tersebar di seluruh dunia mencapai lebih dari 15.000 pabrik di seluruh dunia, sedangkan di Indonesia, masih sedikit industri yang menggunakan air laut secara langsung untuk diolah.

Oleh karena kebutuhan membran di Negara lain (seperti Singapura, Korea, USA, dan lain-lain) telah ter-*supply* oleh produsen membran di negara-negara tersebut, meskipun dengan penyusun yang berbeda, namun untuk mencoba peluang produk komposit yang masih baru dan belum ada persaingan, akan di-*supply* kebutuhan membran tersebut hanya 50% dari seluruh kebutuhan yang ada. Sehingga, kapasitas produksi yang ditentukan dari analisa pasar kebutuhan produk komposit membran adalah diambil hanya memenuhi 50% dari kebutuhan membran pada tahun 2016, yaitu $50\% \times 764,5315 \text{ ton/tahun} = 382,2658 \text{ ton/tahun}$. Komposisi selulosa asetat dalam komposit yang diproduksi adalah 80%.