

BAB II

STUDI LITERATUR

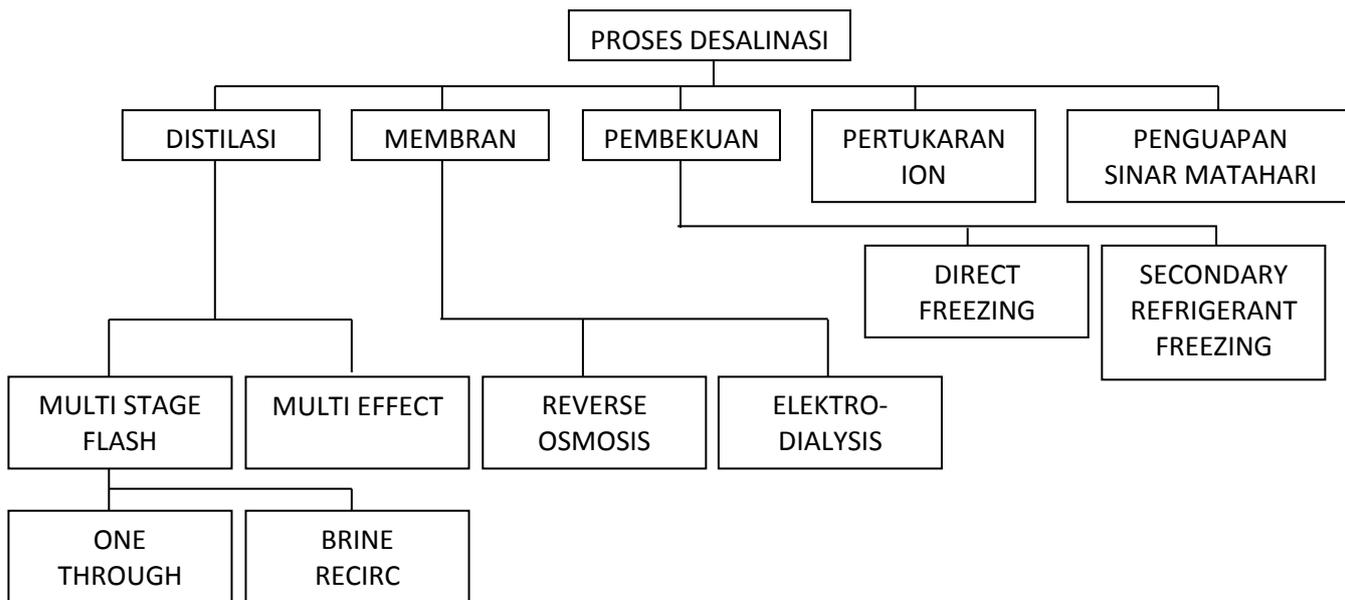
2.1 Kebutuhan Air Tawar

Siklus PLTU membutuhkan air tawar sebagai bahan baku. Hal ini dikarenakan peralatan PLTU sangat rentan terhadap karat. Akan tetapi, semakin besar kapasitas PLTU semakin besar pula kebutuhan air tawar. Sementara itu, ketersediaan air tawar dalam jumlah besar sangat sulit didapatkan.

Berbanding terbalik dengan air tawar, air laut sangat berlimpah, akan tetapi untuk dijadikan bahan baku PLTU, air laut harus diubah menjadi air tawar supaya tidak menimbulkan karat pada peralatan PLTU. Proses mengubah air laut ke air tawar disebut desalinasi.

2.2 Desalination Plant

Proses desalinasi dengan cara destilasi adalah pemisahan air tawar dengan cara mengubah fasa air, sedangkan pada proses dengan membran yakni pemisahan air tawar dari air laut dengan cara pemberian tekanan dan menggunakan membran *reverse osmosis* atau dengan cara elektrodialisa. Di samping alat desalinasi itu sendiri, perlengkapan lainnya yang umum pada proses desalinasi adalah sistem intake air laut termasuk pompa intake, saringan kasar dan saringan halus, perpipaan air laut, perpipaan air hasil proses (air tawar) dan tangki penampungan, peralatan energi (listrik) dan sistem distribusi dan lain sebagainya. Beberapa jenis teknologi proses desalinasi air laut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Klasifikasi proses desalinasi air laut

Salah satu proses desalinasi yaitu proses distilasi. Proses distilasi mempunyai 2 metode yaitu *multi stage flash* dan *multi effect*. PT PJB UBJ O & M Indramayu menggunakan metode *multi effect* sebagai pengolahan air laut menjadi air tawar.

Pemilihan proses yang akan digunakan harus disesuaikan dengan lokasi pengolahan, kualitas air laut, penggunaan air hasil pengolahan dan lain sebagainya berdasarkan studi kelayakan. Mengingat semakin bertambahnya permintaan air baik untuk kehidupan manusia maupun untuk industri, maka setiap negara perlu menyediakan air tawar yang murah walaupun biaya untuk pengadaan sumber energinya semakin tinggi. Di beberapa negara, penelitian dan pengembangan metode desalinasi, penambahan – penambahan baru, kombinasi dan lain sebagainya telah dilaksanakan untuk meningkatkan efisiensi dan pengolahan sistem desalinasi.

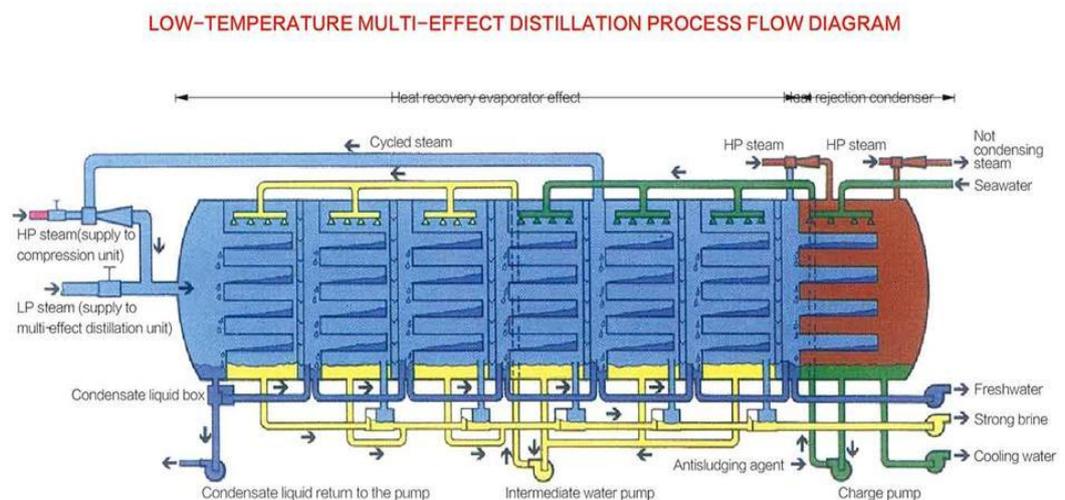
2.3 Multi Efek Distillation

Multi efek adalah suatu proses yang terdiri dari beberapa *flash chamber* yang disebut “efek”. Dalam proses ini, hanya efek pertama yang dialiri uap dari

boiler dan efek kedua dan selanjutnya memperoleh steam yang diproduksi oleh efek sebelumnya.

Dalam *multi effect evaporator*, air laut disemprotkan ke bagian luar dari tabung penukar panas yang diletakan secara horizontal. Pada saat uap air yang lebih panas yang terdapat dalam tabung berkondensasi dan menghasilkan air tawar, saat itu pula menyebabkan air laut diluar tabung mendidih, dan menghasilkan uap air baru yang kemudian mengalir ke tabung penukar panas berikutnya. Setiap efek mengurangi tekanannya dibawah tekanan jenuh dari temperatur brine (air laut yang pekat karena evaporasi).

Proses kondensasi dan evaporasi berulang – ulang sejak dari efek pertama hingga efek terakhir. Dalam hal ini pengulangan evaporasi sesuai dengan nomer efek yang memproduksi air tawar dengan efisiensi panas tinggi. Gambar 2.2 memperlihatkan proses aliran pada *multi effect evaporation*.



Gambar 2.2 Flow diagram desalinasi air laut dengan proses *multi effect evaporation* ^[9]

Peralatan utama sistem desalinasi adalah :

- a. *Evaporator*, berfungsi untuk melakukan proses penguapan dengan menurunkan titik didih air pada kondisi vakum.
- b. *Main ejector*, berfungsi untuk menjaga kestabilan vakum pada saat desalinasi beroperasi.
- c. *Vent ejector*, berfungsi untuk melakukan kevakuman sebelum desalinasi beroperasi atau sebelum mulai.

- d. *Ejector condenser*, berfungsi untuk melakukan kevakuman bersama – sama *vent ejector* sebelum desalinasi beroperasi.
- e. *Centrifugal pumps*, ada 3 jenis centrifugal pump yang menjadi peralatan utama, yaitu *brine blowdown pump*, *product water pump* dan *desalination seawater feed pump*.
- f. *Scale inhibitor unit*, untuk mencegah pembentukan kerak pada permukaan pipa evaporator di dalam *efek*.
- g. *Anti foam unit*, berfungsi menghilangkan busa atau memperkecil busa yang terdapat di air laut.

2.4 Thermal Vapor Compression

Desalinasi tipe reheat seawater terdiri *multi effect evaporator*, *condenser*, *main ejector*, *desalination seawater feed pump*, *brine blowdown pump*, *product pump* dan *scale inhibitor/anti foam ejection system*.

Main ejector merupakan ejector sederhana, dimana uap *low pressure* dialirkan ke dalam nosel. Campuran uap dikirimkan oleh ejector pada tekanan menengah (*intermediate pressure*), uap tekanan rendah terkompresi secara efektif dengan demikian temperaturnya pun akan naik. Proses tersebut disebut proses *thermal vapor compression*.

Kombinasi multi efek dan proses kompresi uap (*thermal vapor compression process*) dibuat untuk mendapatkan efisiensi desalinasi yang tinggi dengan efek samping seminimal mungkin.

Hisham El-Dessouky dkk (1997), membandingkan performa 4 tipe sistem yang berbeda pada *single-efek evaporator*. Masing – masing sistem menggunakan penggerak uap yang berbeda. Diantaranya *thermal vapor compression (TVC)*, *mechanical vapor compression (MVC)*, *absorption vapor compression (ABVC)* dan *adsorption vapor compression (ADVC)*. Hasil dari penelitian yang dikerjakan, performa system TVC ditentukan oleh temperatur dan tekanan dari aliran uap. Performa tertinggi diperoleh pada saat temperatur brine rendah dan tekanan aliran uap tinggi.^[4]

2.5 Proses Penguapan (Evaporation)

Secara umum penguapan berarti berubahnya fasa cair dari zat cair menjadi uap. Penguapan juga berarti perpindahan massa zat cair ke atas dengan adanya gradien temperatur antara permukaan zat cair dengan udara di atasnya. Hal ini merupakan peristiwa konveksi alami. Konveksi alami terjadi akibat adanya efek gaya apung yang bekerja pada fluida. Efek gaya apung merupakan mekanisme yang terjadi karena adanya gradien massa jenis. Massa jenis akan menurun jika temperatur fluida meningkat, begitu juga sebaliknya. Fluida yang ringan (memiliki massa jenis yang rendah) akan menempati posisi lebih di atas sehingga jika terus menerus diberi panas maka temperatur fluida akan terus meningkat dan massa jenisnya akan terus menurun dan terjadilah penguapan.

$$q_{evap.} = \frac{m_v \cdot h_{fg}}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

q_{evap} : laju energi pada saat penguapan

m_v : massa yang berubah menjadi uap (kg)

h_{fg} : kalor laten penguapan (J/kg)

Δt : selang waktu (s)

Perlu diperhatikan bahwa titik didih cairan murni dipengaruhi oleh tekanan. Makin tinggi tekanan, maka titik didih juga semakin tinggi. Hubungan antara titik didih dengan tekanan uapnya dapat dirumuskan dengan Persamaan Antoine :

$$\log(P^0) = A - \frac{B}{C+t} \dots\dots\dots(2.2)$$

Titik didih larutan yang mengandung zat yang sulit menguap akan tergantung pada tekanan dan kadar zat tersebut. Pada tekanan yang sama, makin tinggi kadar zat, makin tinggi titik didih larutannya. Beda antara titik didih larutan dengan titik didih pelarut murninya disebut kenaikan titik didih (*boillng point rise*).

Evaporasi bisa dijalankan pada suhu lebih rendah dan titik didih normal, dengan cara beroperasi pada tekanan lebih rendah dari 1 atm (tekanan vakum).

2.6 Proses Pengembunan (Condensation)

Peristiwa pengembunan terjadi seperti pada penguapan yaitu berubahnya fasa suatu zat, hanya dalam hal ini perubahan itu terjadi dari fasa uap menjadi fasa cair, kebalikan dari proses penguapan. Perpindahan kalor pengembunan dipengaruhi oleh besarnya laju konsentrasi massa uap air yang berubah menjadi air (massa yang terkondensasi). Pengembunan juga terjadi akibat dari uap jenuh yang bersentuhan dengan permukaan yang dingin (suhu permukaan suatu plat lebih rendah dari suhu jenuh tetap) akan terjadi kondensasi pada permukaan plat, hal ini berarti uap jenuh tersebut melepaskan kalor latennya, dan karena pengaruh gravitasi kondensat akan mengalir ke bawah. Berikut ini persamaan umum untuk menentukan laju energi pada saat pengembunan :

$$q_c = \frac{m_c \cdot h_{fg}}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

Q_c : laju energi pada saat pengembunan

M_c : massa yang terkondensasi (kg)

h_{fg} : kalor laten pengembunan (J/kg)

Δt : selang waktu (s)