

## BAB 2

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mengoptimalkan kinerja *Fresh Water Generator* perlu dilakukan beragam proses yang berkaitan dengan sistem perawatan *Fresh Water Generator*, tentunya dibutuhkan jadwal perencanaan yang baik dan prosedur pelaksanaan yang telah terstandarisasi. Untuk lebih mengenal dan menghindari kesalahan pemahaman yang berhubungan dengan penulisan skripsi ini, maka ada beberapa istilah atau pengertian yang digunakan dalam penulisan yang bersumber dari buku *Sasakura Engineering Instruction Manual Book of Fresh Water Generator K Series*, dan berbagai buku dari perpustakaan mengenai permesinan bantu.

##### 1. Upaya Mengoptimalkan Peranan *Fresh Water Generator*

- a. upaya adalah usaha untuk mencapai suatu maksud memecahkan persoalan, dengan cara mencari jalan keluar dari persoalan tersebut. Menurut buku Kamus Besar Bahasa Indonesia (2005:1534)
- b. mengoptimalkan adalah menjadikan sempurna, memaksimalkan, menumbuhkan, dan mengintensifkan suatu kinerja dari peralatan benda kerja. Menurut buku Kamus Besar Bahasa Indonesia (2005:985)
- c. Peranan adalah bagian dari tugas utama yang harus dilaksanakan. Menurut buku Kamus Besar Bahasa Indonesia (2005:845)
- d. *fresh water generator* adalah suatu permesinan bantu yang digunakan untuk memproduksi air tawar dari air laut melalui proses distilasi. (*Fresh Water Generator is one of auxiliary machinery to produce a fresh water from the sea water by distillation process*). Menurut buku *Sasakura*

*Engineering Instruction manual Book of Fresh Water Generator K Series (2010:06),*

- e. *Fresh Water Generator (FWG)* adalah pesawat pembuat air tawar dengan jalan menguapkan air laut di dalam penguap (*Evaporator*). Uap air laut tersebut didinginkan dengan cara kondensasi di dalam Destilasi/kondensor (pengembunan), sehingga menghasilkan air kondensor yang disebut kondensat. Menurut Nurdin Harahap (2009:22)

## **2. Kebutuhan Air Tawar di atas kapal**

air tawar adalah cairan jernih tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau yang terdapat dan diperlukan di kehidupan manusia, hewan, tumbuhan yang secara kimiawi mengandung atom hidrogen dan oksigen. Menurut buku Kamus Besar Bahasa Indonesia (2005:20)

Kapal merupakan sarana transportasi laut yang dalam pergerakannya mengarungi lautan, sungai, dan sebagainya, dengan memiliki daya angkut yang besar diantaranya penumpang dan barang, serta memiliki biaya yang relatif lebih murah, digerakkan oleh mesin atau layar.

- a. Menurut (*Sasakura Engineering Instruction Manual Book of Fresh Water Generator K Series, 2010:6*) *Fresh Water Generator* terdiri dari komponen :

1) *Evaporator*

Bagian dari *fresh water generator* yang berfungsi sebagai tempat proses mendidihkan air laut menjadi uap, terdiri dari *Evaporation Chamber, Deflector, dan Mesh Separator*.

2) Kondensor

Adalah sebuah alat pemindah panas yang berfungsi mengkondensasikan uap air menjadi air tawar.

3) Pompa ejektor

Sebuah pompa yang berfungsi untuk mengalirkan air laut kedalam kondensor dan *evaporator* serta untuk membantu *ejector* menghampakan atau membuat vakum udara didalam *fresh water generator*.

4) Ejektor

Sebuah alat yang berfungsi untuk menghampakan/menghisap udara dari *evaporator* menuju *cooling water*.

5) *Fresh water destilate pump*

Sebuah pompa yang berfungsi untuk mengalirkan air tawar yang dihasilkan oleh sebuah kondensor (air destilasi) ke tangki penyimpanan air tawar.

6) *Destilate water*

Air tawar hasil penyulingan melalui media pendinginan.

7) *Salinity meter*

Suatu komponen elektronika yang secara otomatis akan dapat mendeteksi kadar garam pada air tawar yang dihasilkan oleh *fresh water generator*.

8) *Flowmeter*

Suatu alat yang berfungsi untuk mengetahui jumlah hasil produksi air tawar pada *fresh water generator*.

9) *Demister*

Alat yang digunakan untuk penyaringan butir-butir H<sub>2</sub>O (butiran yang halus) untuk di kondensasikan menjadi air.

10) *Mesh Separator*

Suatu bejana yang berisi evaporator dan kondensor, dan diantara sisi *evaporator* dan kondensor terdapat sekat pemisah yang disebut *deflector*.

11) *Gland packing*

Adalah suatu alat yang menahan udara luar agar tidak masuk ke dalam sistem poros yang berputar sehingga hisapannya akan sempurna.

12) *Vacuum*

Adalah kondisi di dalam suatu ruangan yang bertekanan kurang dari 1 atm.

13) *Sea chest*

Adalah hisapan air laut untuk segala keperluan di kamar mesin.

14) *Rubber seal*

Adalah packing karet yang melapisi tutup depan *Fresh Water Generator*, yang berfungsi untuk mencegah kebocoran.

15) *Driving Water*

Adalah Air yang berfungsi mengotrol/mengendalikan *water ejector*.

16) *Corrosion Bar*

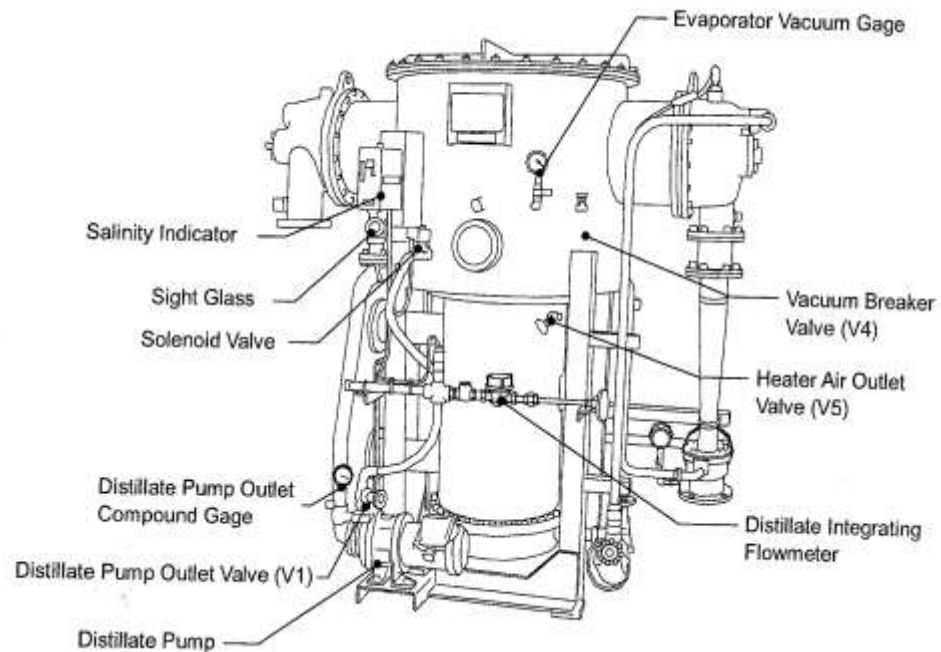
Terdiri dari *zink* anode yang berfungsi melindungi pipa-pipa kondensor agar terhindar dari korosi (karat) dengan menggunakan perbedaan tenaga potensial

17) *Cooling Water*

Adalah media pendingin yang berfungsi mendinginkan uap pada kondensor.

18) *Vent. Air*

Adalah sebuah keran yang berfungsi untuk menjaga tingkat kevakuman di dalam *evaporator*.



**Gambar :** 2.1 Komponen-komponen Bagian Luar *Fresh Water Generator KE 25 Series*

**Sumber :** <http://indonesian-marine-engineer.blogspot.co.id/2009/03/fresh-water-generator.html>

b. Beberapa teori tentang *Fresh Water Generator*

- 1) Distilasi ialah proses untuk mendapatkan air murni dari air laut dengan proses penguapan (*evaporation*) dan pengembunan (*recondensing*).

Air distilat diproduksi sebagai hasil dari proses penguapan air laut dengan proses pendidihan atau proses kilat”(*Taylor.D.A,2009:141*)

- 2) Proses pendidihan (*boiling*)

Air laut dididihkan menggunakan energi dari kumparan panas dan dengan penurunan tekanan di dalam *evaporator*, proses pendidihan bisa terjadi padasekitar suhu 60<sup>0</sup>c.Air laut mengalir pertama kali melewati kondensor dan kemudian bagian dari outlet

disediakan sebagai isian dari pada ruang evaporator. Air panas dari mesin induk *jacket water* ataupun uap yang melewati pipa panas, karena tekanan yang diturunkan di dalam ruang tersebut, air lautpun mendidih. Uap diproduksi naik dan melewati saringan air (*demister*) yang mana menghalangi titik-titik air yang melewatinya. Di bagian kondensor, uap menjadi air murni, yang mana di pompa keluar oleh *distillate pump*. Pengisian air laut diatur oleh *flow controller* dan setengah air laut tersebut diuapkan. Sisa air laut yang lain akan menggenang dan keluar dengan membawa garam sisa. Kombinasi dari *brine ejector* dan *air ejector* akan mengeluarkan udara dan air asin dari evaporator. (Taylor.D.A, 2009 : 141)

### 3) *Evaporator-Distillers*

Banyak keuntungan dari *evaporator* pada tekanan *sub atmospher*, peningkatan transfer panas antara pemanasan uap dan pengisian air laut, dan secara drastis mengurangi pembentukan (lebih kepada melembutkan) kerak, fasilitas untuk penggunaan panas yang terbuang dan peningkatan pengeluaran tiap satuan berat membawa perkembangan terhadap sejumlah pesawat *evaporator-distiller* yang lebih simple penggunaannya. Ini bahkan memungkinkan bagi kapal penumpang yang besar untuk memproduksi secara ekonomis semua kebutuhan air tawar, dengan pemakaian sebanyak-banyaknya. Penulis menggunakan beberapa buku- buku pustaka untuk mendukung pembahasan di dalam penulisan skripsi ini, dan pustaka tersebut saling berkaitan dengan permasalahan yang akan di bahas dan ditulis oleh penulis. Pada dasarnya pesawat ini memutus bagian penguapan (*evaporating*) dengan bagian kondensasi atau bagian penyulingan (*distilling*) terhadap beberapa jenis kapal yang bentuknya sesuai. *Evaporator-Distillier* pada kapal biasa terbuat dari *cupro-nikel* atau

bahan anti karat lainnya atau biasanya, saluran baja lunak yang diberi pembungkus pelindung. Media pemanas mungkin uap bergerak atau yang sejenisnya, gas buangan/campuran pada kapal motor, air panas yang diambil dari saluran pendingin utama antara mesin dan pendingin air tawar. (*Taylor.D.A, 2009:141*)

#### 4) Perawatan

Selama operasi dari evaporator, kerak akan berkumpul dipermukaan pemanas. Jumlah dari kerak yang terkumpul tergantung kepada temperatur, besar aliran, dan density air laut. Pembentukan kerak akan berpengaruh besar pada pemanasan yang diperlukan untuk memproduksi banyaknya air tawar atau kejatuhan produktivitas untuk supply panas yang tetap. *Cold shocking*, penggantian yang sangat cepat antara panas dan dingin pada permukaan bisa mengurangi pembentukan kerak. Akhirnya, bagaimanapun juga mesin harus dimatikan dan kerak dibersihkan dengan menggunakan perawatan *chemical* atau pembersihan secara manual. (*Taylor.D.A, 2009 : 141*)

#### 5) Desalinasi

Desalinasi (*Desalination*) memiliki makna secara harafiah adalah proses pemisahan kandungan garam (*de salt*), dimana produk dari proses desalinasi adalah air tawar (*fresh water*). Ada banyak metode yang digunakan pada proses desalinasi ini, diantaranya: destilasi, dan osmosis, kedua metode tersebut adalah metode yang paling banyak digunakan. (*Maritime World, Fresh Water Generator 21 januari 2011*)



#### 6) *Vacuum up*

Adalah proses penarikan udara keluar dari suatu ruangan (*chamber*), dalam proses desalinasi atau *desalt plant*. Keadaan vacuum merupakan hal penting yang pertama dilakukan, dimana bagian yang mengalami proses *vacuum up* adalah : *evaporator chamber* dan *brine heater chamber*. Adapun maksud di lakukan *vacuum up* adalah untuk mempercepat proses terbentuknya uap atau *vapour*, karena titik didih pada tekanan rendah (*vacuum*) adalah lebih rendah daripada titik didih pada ruang bertekanan. Pada tekanan udara 1 atm atau 0.1 MPa titik didih air adalah 100 °C, sedang pada tekanan yang lebih rendah (*vacuum*) titik didih air adalah < 100 °C. (*Maritime World, Fresh Water Generator 21 januari 2011*)

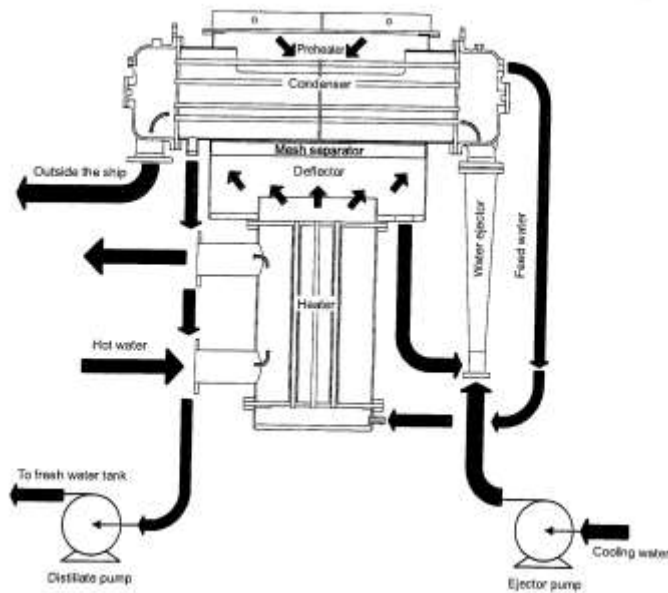
#### c. Cara kerja *Fresh Water Generator*:

Air laut mula-mula dari *sea chest* oleh *cooling / ejector water pump* pada suhu sekitar 30 ° C, lalu dialirkan ke bagian atas tabung-tabung pemindah panas (*heat exchanger*) pada sisi kondensor. Air laut yang keluar dari kondensor sebagian kecil digunakan untuk air pengisian (*feed water*) dan sebagian besar yang lain diteruskan ke *air and brine ejector* yang bertujuan membentuk kondisi *vacuum* dalam sistem (*separator vessel*) yang berguna untuk menurunkan suhu penguapan air pengisian. Air pengisian kemudian disalurkan memasuki sisi *evaporator* melalui *orifice* dan menyebar dengan sendirinya kedalam setiap jalur tabung-tabung (jalur penguapan). Didalam *evaporator* ini air pengisian dipanaskan dengan menggunakan media air pendingin *jacket* yang keluar dari motor induk (*main engine fresh water jacket cooling*) dengan temperatur sekitar 80°C. Air pendingin *jacket* akan menyebar dengan sendirinya pada jalur yang lain pada sisi *evaporator* sehingga

memindahkan panasnya kepada air pengisian pada jalur penguapan. Karena ruangan *evaporator* divacuumkan sampai dengan 90%, maka air pengisian pada *heat exchanger* di *evaporator* akan cepat menguap pada suhu sekitar 60°C. Setelah mencapai suhu didih, air pengisian akan menguap sebagai uap dan sisa air pengisian yang tidak menguap (*brine*) akan jatuh ke dasar *separator vessel* dan dihisap oleh *brine ejector*. Uap yang dihasilkan masih mengandung garam yang selanjutnya uap akan mengalir ke atas dan disaring oleh *demister*.

Untuk memisahkan garam-garam yang terkandung dalam uap. Uap yang telah melewati *demister* berupa butiran-butiran H<sub>2</sub>O yang halus naik ke kondensor dan memasuki setiap lapisan tabung-tabung pada sisi kondensor. Di dalam tabung-tabung kondensor uap tersebut didinginkan oleh air laut yang dipompa oleh *cooling/ejector water pump* sehingga uap yang didinginkan tadi berubah menjadi tetesan-tetesan air tawar hasil uap yang terkondensasi.

Air tawar yang dihasilkan dari proses kondensasi (*distillate water*) selanjutnya dihisap oleh *distillate pump* yang kemudian diperiksa oleh elektroda yang terpasang pada *discharge line*. Elektroda tersebut merupakan sensor dari *electric salinity indicator* (salinometer) yang berguna untuk mengetahui kadar garam yang terkandung dalam *distillate water*. Jika kadar garam yang terkandung masih di bawah ini pengaturan dari *electric salinity indicator* sehingga *three way solenoid valve* akan bekerja secara otomatis melakukan pembukaan katup dan membuang *distillate water* ke got. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada gambar 2.2 tentang skema *fresh water generator*.



**Gambar : 2.2** Skema cara kerja *Fresh Water Generator*

**Sumber :** <http://indonesian-marine-engineer.blogspot.co.id/2009/03/fresh-water-generator.html>

- d. Kandungan kadar garam yang terdapat pada air laut : (*Reed's General Engineering Knowledge For Marine Engineers, Adlardr Coles Nautical-Londo 150-154*):

1) *Sodium Chloride ( NaCl )*

*Sodium chloride* adalah kandungan yang besar pada air laut. Konsentrasinya sangat dapat menyebabkan busa di bawah kondisi pemanasan, berat jenis dari *sodium chloride* terpisah dari larutan dengan cepat ketika terjadi peningkatan tekanan dan temperature. *Sodium chloride* dapat berhubungan dengan *magnesium sulphate* membentuk *sodium sulphate* dan *magnesium chloride*.

## 2) *Magnesium chloride (MgCl<sub>2</sub>)*

Dapat larut di bawah kondisi pemanasan normal, tetapi hanya beberapa jumlah yang dapat terpecah membentuk *hydrochloric acid* dan magnesium *hydroxide*, endapannya bersifat lunak. *Hydrochloric acid* dapat menyebabkan karat pada pipa-pipa *evaporator* pada kondisi pH yang rendah dari air panas.

## 3) *Magnesium Hydroxide*

Larutannya sangat sedikit dan lebih banyak terdapat susunan magnesium dalam pemanasan, karena daya larut yang rendah dapat mengendap dan membentuk endapan keras (*scale*), tetapi dengan perawatan yang baik dan dapat dicegah dan keluar dari pemanasan.

## 4) *Magnesium Sulfate (MgSO<sub>4</sub>)*

Dapat larut di bawah kondisi pemanasan normal, tetapi jika berat jenisnya terlalu besar dapat membawa endapan dan membentuk *scale*.

## 5) *Calcium Sulfate (CaSO<sub>4</sub>)*

Merupakan bentuk *scale* yang sangat merusak air laut, endapannya tipis dan keras pada suhu di atas 140°C atau pada berat jenis di atas 96.000 ppm yang pengaruhnya sangat besar terhadap proses perpindahan panas dan dapat menyebabkan kelebihan panas dan kerusakan pada permukaan *evaporator*.

## 6) *Calcium Bicarbonate (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)*

*Calcium carbonate* sebagian kecil dapat larut dalam air pendingin, tetapi ketika dipanaskan di atas suhu 65°C akan mulai terurai dan melepaskan *carbon dioxide* yang sisanya adalah *calcium*

*carbonate* yang dapat larut dalam air pendingin, tetapi jika dipanaskan di atas suhu 90°C akan terurai. *Carbon dioxide* akan terpisah dan menghasilkan *magnesium hydroxide* sehingga endapan kerasnya bersifat sementara dan lunak.

Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel 2.1, yaitu tabel tentang kandungan garam dalam air laut

**Tabel 2.1**  
**Tabel Kandungan garam dalam air laut**

Kadar garam (zat padat)	Simbol kimia	Jumlah larutan Dalam (%)	p.p.m
<i>Sodium chloride</i>	NaCl	79	25000
<i>Magnesium Chloride</i>	MgCl <sub>2</sub>	10	3000
<i>Magnesium Sulphate</i>	MgSO <sub>4</sub>	6	2000
<i>Calcium Sulphate</i>	CaSO <sub>4</sub>	4	1200
<i>Calcium Bicarbonate</i>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-1	200

**Sumber :** (<http://dharma.wordpress.com/2010/02/11/salinitas-laut>)

e. Salinitas

Salinitas adalah kadar garam atau tingkat keasinan yang terkandung pada air, salinitas juga terdapat pada tanah. Salinitas yang terkandung pada air danau dan sungai terhitung rendah maka air pada

danau dan sungai dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam pada air sungai dan danau kurang dari 0,05%. Jika melebihi itu atau sekitar 0,05 % sampai 3% maka air tersebut dikategorikan sebagai air payau. Dan jika tingkat salinitasnya diantara 3% sampai 5% air tersebut dikategorikan sebagai air saline dan jika melebihi 5% maka dikategorikan sebagai *brine*.

Menurut teori, zat-zat garam tersebut berasal dari dalam dasar laut melalui proses *out gassing*, yakni rembesan dari kulit bumi di dasar laut yang berbentuk gas ke permukaan dasar laut. Bersama gas-gas ini, terlarut pula hasil kikisan kerak bumi dan bersama-sama garam-garam ini merembes pula air, semua dalam perbandingan yang tetap sehingga terbentuk garam di laut. Kadar garam ini tetap tidak berubah sepanjang masa. Artinya kita tidak menjumpai bahwa air laut makin lama makin asin. Garam-garaman di laut juga berasal dari sedimen-sedimen yang terbawa melalui sungai menuju laut. Faktor-faktor yang mempengaruhi salinitas :

1) Penguapan

Makin besar tingkat penguapan air laut di suatu wilayah, maka salinitasnya tinggi.

2) Curah hujan

Makin besar/banyak curah hujan di suatu wilayah laut maka salinitas air laut itu akan rendah.

3) Banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut.

Makin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas laut tersebut akan rendah.

Perhitungan salinitas dapat dilakukan dengan bantuan alat, seperti refraktometer dan salinometer. Berikut ini adalah beberapa cara dan langkah-langkahnya :

a) Refraktometer

Refraktometer merupakan alat pengukur salinitas yang cukup umum. Juga disebut sebagai pengukur indeks pembiasan pada cairan yang dapat digunakan untuk mengukur kadar garam. Prinsip alat ini adalah dengan memanfaatkan indeks bias cahaya untuk mengetahui tingkat salinitas air, karena memanfaatkan cahaya maka alat ini harus dipakai ditempat yang mendapatkan banyak cahaya atau lebih baik kalau digunakan dibawah sinar matahari jadi sehabis kita mengambil sampel air laut kita langsung menghitungnya dengan alat ini. Berikut langkah - langkahnya :

- (1) Tetesi refraktometer dengan aquadest
- (2) Bersihkan dengan kertas tisyu sisa aquades yang tertinggal
- (3) Teteskan air sampel yang ingin diketahui salinitasnya
- (4) Lihat ditempat yang bercahaya
- (5) Akan tampak sebuah bidang berwarna biru dan putih
- (6) Garis batas antara kedua bidang itulah yang menunjukkan salinitasnya
- (7) Bilas kaca prisma dengan aquades, usap dengan tisyu dan simpan refraktometer di tempat kering

b) Salinometer

Salinometer adalah alat untuk mengukur salinitas dengan cara mengukur kepadatan dari air yang akan dihitung salinitasnya. Bekerjanya berdasarkan daya hantar listrik, semakin besar salinitas semakin Besar pula daya hantar listriknya. Alat ini digunakan di laboratorium, berbeda dengan refraktometer yang biasa digunakan di lapangan atau *outdoor*. Cara menggunakan salinometer adalah sebagai berikut :

- (1) Ambil gelas ukur yang panjang, isi dengan air sampel yang akan diukur salinitasnya
- (2) Salinitas akan terbaca pada skalanya

## 2.2. KERANGKA PEMIKIRAN

