

BAB II

LANDASAN TEORI

Fresh Water Generator sebagai salah satu pesawat yang berfungsi memproses air laut menjadi air tawar diatas kapal yang harus selalu terjaga kondisinya agar dapat memberi tambahan/cadangan air tawar ke dalam tangki penampung air tawar untuk keperluan sehari – hari diatas kapal, misal untuk kebutuhan rumah tangga kapal yaitu: masak, mencuci, mandi, dll. Sedangkan untuk kebutuhan mesin kapal yaitu sebagai pendingin mesin induk dan generator, pada kapal tanker digunakan sebagai pencuci tanki muatan, dll. Apabila air tawar di atas kapal tidak terpenuhi atau *Fresh Water Generator* mengalami kerusakan maka kenyamanan anak buah kapal/crew dan kelancaran dari operasi kapal akan terganggu pula. Kekurangan air tawar sangat berbahaya sekali apabila terjadi pada saat kapal berada ditengah laut dan berlayar dengan waktu yang lama.

Upaya yang dilakukan bilamana kekurangan air tawar itu dapat diatasi dengan membeli air tawar dari pelabuhan terdekat, tetapi jelas akan menambah waktu untuk berlabuh di pelabuhan tujuan, disamping itu juga akan menambah biaya operasional, Karena pentingnya pesawat pemproses air tawar maka bila pesawat *Fresh Water Generator* kapasitas produksinya terlalu rendah/menurun, mengakibatkan air tawar yang dihasilkan akan berkurang. Dengan adanya hal seperti ini maka tidak akan mengimbangi pemakaian air tawar setiap harinya. Dalam hal ini *Fresh Water Generator* tentunya perlu adanya pengawasan, perawatan yang cukup sehingga tidak akan mengganggu kelancaran pengoperasian kapal saat melakukan pelayaran.

A. Tinjauan Pustaka

Menurut Nurdin Harahap, (2002:22) ”*Fresh Water Generator (FWG)* adalah pesawat pembuat air tawar dengan jalan menguapkan air laut didalam penguap (*Evaporator*). Uap air laut tersebut didinginkan dengan cara kondensasi didalam Destilasi/Condensor (pengembunan), sehingga menghasilkan air kondensor yang disebut kondensat”.

Menurut D A Taylor, (2003:141) ”Distilasi adalah produksi air tawar dari air laut secara penguapan dan pengembunan. Air distilasi merupakan hasil dari proses pemanasan atau pembakaran air laut. Penguapan ini memungkinkan pengurangan 32000 bagian per juta dari padatan terlarut di air laut sampai satu sampai dua yang ada pada air distilasi. Mesin yang digunakan disebut *evaporator*”.

Menurut narasumber diatas kapal (*Masinis*) Jaime De Guzman selaku masinis dua, fungsi *Fresh Water Generator* adalah untuk menguapkan dan mengondensasikan air laut, yaitu dengan cara memberikan panas pada cairan secara terus menerus sehingga suatu cairan akan naik suhunya hingga mencapai titik didih. Apabila cairan yang dipanaskan hingga mencapai titik tersebut masih diberikan panas, maka cairan akan menguap, selanjutnya uap tersebut diterima oleh kondensor yang didalamnya terdapat media pendingin yang berupa air laut, sehingga akan terjadi penyerapan panas atau uap tersebut dikondensasikan oleh *kondensor* menjadi cair (kondensat)

Didalam proses penguapan pada *Fresh Water Generator*, panas yang digunakan sebagai sumber pemanas/heater ada 2 jenis. Jenis pertama adalah penguapan dengan menggunakan panas dari air tawar pendingin mesin induk

dimana air akan mendidih dengan temperatur penjenjuhannya sesuai dengan tekanan *Evaporator*. Jenis kedua yaitu penguapan dengan menggunakan uap yang dihasilkan oleh boiler. Proses penyulingan ini pada dasarnya merubah air laut menjadi air tawar dengan proses pemanasan pada tekanan vakum dan pendingin pada proses *kondensasi*. Air tawar hasil penguapan yang telah dikondensasikan, harus diadakan pemeriksaan terhadap kadar garamnya. Dimana batas toleransi kadar garam yang diizinkan adalah 10 ppm, Air tawar yang telah dikondensasikan kemudian ditransfer oleh pompa destilasi ke tanki penampungan air tawar untuk siap digunakan selama berlayar.

Menurut buku petunjuk ALVA LAVAL ENGINEERING CO. LTD. *Fresh Water Generator* Adalah salah satu pesawat yang digunakan untuk merubah air laut menjadi air tawar dengan prinsip kerja perubahan bentuk dari zat cair menjadi uap (penguapan) dan perubahan bentuk dari uap menjadi cair (kondensasi). Dimana uap tersebut dikumpulkan dan diberikan pendinginan, sehingga panas dari uap akan diserahkan ke bahan pendingin dalam suatu proses kondensasi yang menghasilkan titik air.

Fresh Water Generator terdiri dari beberapa komponen yaitu *heat exchanger, sparator shell, condensor, water ejector* untuk udara, *water ejector* untuk air garam/brine, pompa ejector, pompa distilasi, *salinity indicator, selenoid valve*. *Fresh Water Generator* memanfaatkan panas keluaran dari sirkuit air tawar pendingin mesin induk, yang tidak memerlukan biaya untuk bahan bakar. Keperluan energi untuk pengoperasian hanyalah energi listrik yang dipergunakan untuk tenaga panggerak pompa. Air tawar sirkulasi pendingin mesin diesel suhu normal yang keluar kurang lebih adalah

65⁰C – 80⁰C (147⁰F – 176⁰F) dan air pendingin tersebut masuk ke *heater exchanger* di *Fresh Water Generator* digunakan sebagai media pemanas. Dimana air pendingin itu disirkulasikan disisi luar pipa pemanas atau heating tube. Air laut kemudian diuapkan dengan suhu kurang lebih 35⁰C– 50⁰C (95⁰F–122⁰F), karena bagian dalam dari *Fresh Water Generator* divakumkan oleh *water ejector*. Produksi uap di *heater exchanger* kemudian melalui *deflektor* dan mesh separator menuju kondensor, dimana uap ini dikondensasikan oleh air laut pendingin yang mengalir melalui pipa bagian dalam kondensor. *Water ejector* untuk udara dihubungkan ke *kondensor shell* dan menghisap udara. Sehingga bagian dalam dari *Fresh Water Generator* dapat dipertahankan tinggi kevakumanya, yang mana merupakan syarat suhu penguapan/evaporation yang rendah kurang lebih 40⁰C–60⁰C. *Water ejector* untuk *brine* /air untuk air garam menghisap keluar dari sisi luar *brine diseparator shell*, yang mana *brine*/air garam tidak diuapkan di *heat exchanger*, tetapi ikut terhisap bersama *water ejector*. Pompa ejector adalah digerakkan dengan motor listrik horizontal shaft, pompa jenis sentrifugal hisapan tunggal, yang mana melayani air laut seperti yang disebut diatas. Yaitu untuk mengeluarkan udara dan *brine* /air garam, tetapi juga untuk memenuhi air pengisian/feed water yang akan diuapkan di *heat exchanger*. Pompa distilasi juga digerakkan dengan motor mesin horizontal shaft, pompa jenis sentrifugal hisapan tunggal, yang mana menghisap produksi air tawar dari kondensor di *Fresh Water Generator* dan ditransfer ke tanki air tawar. *Supply* air pengisi/feed water dari pompa ejector mengalir masuk kedalam

penutup bagian bawah di *heat exchanger*, sesudah mengalir melalui saringan / filter (*Instruction Manual Book Fresh Water Generator*, 1996).

Menurut Ardiansyah A, (2011) pesawat bantu *Fresh Water Generator* dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. *Evaporator / Fresh Water Generator* adalah terdiri dari 2 jenis yaitu :

a. *Evaporator / Fresh Water Generator* tekanan tinggi

Jenis ini untuk memanaskan air laut dengan menggunakan panas langsung dari sistem ketel yang diturunkan tekanannya menurut kebutuhan. Untuk air laut dibutuhkan tekanan 7,0 bar. *Fresh Water Generator* ini terdiri dari pipa untuk jalannya air yang akan disuling menjadi air tawar dengan batas kadar garam yang diizinkan adalah 10 ppm. Banyak kesulitan kita temui dalam instalasi tekanan tinggi ini dengan adanya pembentukan kerak-kerak yang melekat dipipa, yang merupakan penghambat hantaran panas. Sehingga membutuhkan kenaikan tekanan serta suhu uap untuk mempertahankan jumlah kapasitas penguapan. Apabila pembentukan kerak ini berkelanjutan maka perlu adanya pembersihan terhadap coil- coil, dan ini memerlukan perhatian yang serius dan biaya yang besar.

b. *Evaporator / Fresh Water Generator* Tekanan Rendah

Sesuai dengan sifat – sifat, pengaruh perubahan tekanan terhadap suhu titik didih dipergunakan tipe tekanan rendah ini. Dengan menurunkan tekanan menggunakan pompa vakum sehingga dapat mengakibatkan turunnya suhu titik didih. Sehingga uap atau bahan yang dipergunakan sebagai bahan pemanas hanya memerlukan tekanan dan

suhu yang rendah. Jadi pemanas yang dicapai bisa jadi bukan uap, melainkan air pendingin mesin diesel yang masih mempunyai energi panas untuk keperluan tersebut.

Menurut *Instruction Manual Book Fresh Water Generator*, (1996) berikut ini merupakan prosedur pengoperasian dan prosedur mematikan pesawat bantu *Fresh Water Generator*, serta hal-hal yang perlu diperhatikan selama mesin tersebut beroperasi:

2. Prosedur pengoperasikan pesawat *Fresh Water Generator*

a. Sebelum mengoperasikan *Fresh Water Generator*, bagian – bagian yang harus ditutup adalah:

- 1) Katup inlet dan outlet untuk *jacket cooling water* (air tawar pendingin mesin induk)
- 2) Katup vacum breaker
- 3) Katup outlet untuk pompa *distillate*
- 4) Katup feed water inlet yang menuju ke *heat exchanger*
- 5) Katup *bottom blow*

b. Buka katup isap dan katup tekan pompa serta katup buang menuju laut, kemudian jalankan *pompa ejector*.

c. Buka katup *inlet* dan *outlet* pada pendingin air kondensor

d. Buka katup *outlet* / air *outlet* dikondensor untuk memastikan bahwa pipa pendingin dari kondensor tersebut telah terisi oleh air dan setelah udara seluruhnya keluar dari *kondensor* tersebut maka kita dapat menutup katupnya. Tapi jika memungkinkan katup ini dapat dibuka sedikit demi sedikit selama pengoperasian.

- e. Buka katup *feed water* setelah *filter* dan biarkan air laut masuk ke *heat exchanger*, membaca banyaknya air laut yang masuk dapat dilihat dengan *compound gauge* yang ada pada katup *feed water*. Aturilah banyaknya air laut yang masuk sesuai dengan yang diinginkan seperti yang terlihat pada *compound gauge*, yaitu antara 1,2 – 1,8 Kg / cm².
 - f. Ketika kevakuman dari *Fresh Water Generator* menjadi kira – kira 70 – 76 cm Hg. Buka katup isap dan katup tekan untuk air pendingin mesin induk pada *evaporator suction*. Katup tekan untuk pendingin mesin induk dibuka perlahan – lahan agar *evaporator* tidak cepat panas.
 - g. Ketika air tawar hasil destilasi telah terisi penuh pada level glass, jalankan pompa destilasi dan atur banyaknya air yang keluar dari pompa tersebut dengan mengatur *delivery valve*. Level air yang dilihat pada *sigh glass* harus dijaga agar tetap konstant tetapi jika terjadi sesuatu pada pompa destilasi level pada *sight glass / level glass* akan terlihat normal itu berarti kondensor terisi dengan air tawar.
 - h. Jalankan *electric salinity indicator* untuk mengecek kadar garam pada air tawar tersebut.
3. Prosedur dalam mematikan pesawat *Fresh Water Generator* yaitu :
- a. Sebelum *Fresh Water Generator* dimatikan katup *by pass* untuk air tawar pendingin mesin induk pertama kali harus dibuka dan setelah itu katup masuk dan keluar dari *evaporator* harus ditutup. Dengan menutup katup masuk dan keluar maka secara otomatis proses evaporasi air laut didalam *evaporator* secara perlahan akan hilang.

- b. Selanjutnya matikan pompa destilasi dan tutup katupnya
 - c. Setelah pompa ejector dimatikan, tutup juga katup isap dan buang tekan serta katup buang yang ke *over board*.
 - d. Kemudian buka katup *vacuum breaker*.
 - e. Setelah pompa ejector dimatikan katup *feed water* setelah *filter* yang menuju ke *heater* juga tutup.
 - f. Tutup katup *treatment feed water* dan *stop chemical pump* nya.
 - g. Matikan *salinometer*.
 - h. Tutup katup ke *Fresh Water Tank*.
 - i. Catat *flow meter*.
 - j. Jika *Fresh Water Generator* di matikan dalam jangka waktu yang lama pada bagian *evaporator suction* harus dibuang air lautnya yang mungkin masih tersisa didalam, dengan cara membuka katup *blow off* yang terletak dibawah *heat exchanger*.
 - k. Kemudian katup *by pass* untuk pendingin air laut dibuka dan katup masuk dan katup keluar *kondensor*.
4. Hal – hal yang perlu diperhatikan selama pengoperasian *Fresh Water Generator* yaitu :
- a. Pengaturan Kapasitas Air Laut Agar Mendapat Hasil Yang baik

Pengaturan kapasitas air laut, seharusnya disesuaikan dengan kemampuan *Fresh Water Generator* itu sendiri. Air tawar yang dihasilkan sangat tergantung pada panas yang diberikan ke air laut (*feed water*) di *heat / heat exchanger*. Apabila air laut yang dimasukkan (*feed water*) terlalu banyak, maka dibutuhkan panas

yang tinggi juga. Pengaturan air tawar pendingin mesin induk yang menuju *evaporator* harus dapat diefektifkan dengan membuka atau menutup katup *by pass* paralel pendingin mesin induk.

b. Kondensor

Dianjurkan untuk menjalankan kondensor dengan menurunkan kapasitas bila temperatur air laut tinggi hal ini akan menjadikan sulit. Walaupun dengan kenaikan tetap terhadap jumlah air pendingin, untuk menjaga suatu evaporasi dibawah $45^{\circ}\text{C}/113^{\circ}\text{F}$. selama pengoperasian kondensor sebaiknya selalu dilakukan pengecekan agar memperoleh hasil yang diinginkan.

c. Pompa-pompa

Pompa-pompa yang berhubungan dalam sistem pembuatan air tawar harus dapat perhatian khusus, selama pompa masih dapat bekerja normal. Adapun bagian – bagian pompa yang harus diperhatikan yaitu: *Impeller, Bearing, dan Shaft*.

d. Motor pompa.

Pompa-pompa pada *Fresh water Generator* tidak boleh dijalankan tanpa air lebih dari 5 menit. Pompa ejector dilengkapi dengan *mechanical seal/gland packing* pada *shaft* nya yang mana tidak dapat bertahan apabila dijalankan dalam keadaan kering maka *shaft seal* tersebut dengan air pendingin didalam pompa, untuk itu pmpa tidak boleh dijalankan tanpa air.

e. Kadar Garam

Kadar garam pada air tawar yang dihasilkan pada *Fresh Water Generator* dapat dilihat melalui alat yang disebut *salinometer/salinity indicator*. Alarm pada *salinometer* akan berbunyi bila kadar garam yang dihasilkan lebih dari 10 Ppm.

5. Perawatan

Menurut Sarifuddin Rowa (2002 : 29) didalam suatu pesawat *Fresh Water Generator* terdapat beberapa pemeliharaan yang harus dilakukan pada bagian-bagian, yaitu :

a. *Evaporator*

Setiap 6 bulan sekali bagian dari pipa-pipa atau plat-plat pemanas harus diperiksa dan dibersihkan dari kerak-kerak atau karat yang menempel melalui metode kimia.

b. *Kondensor*

Setiap 6 bulan sekali penutup kondensor dibuka dan pipa-pipa atau plat-plat pendinginnya diperiksa dari kemungkinan pembentukan kerak-kerak serta dibersihkan.

c. *Ejector*

Setiap 6 bulan sekali *Nozzle* dan *Diffuse* (penyembur) dilepas dan diperiksa dari kemungkinan kerusakan, bila tersumbat dari kotoran supaya dibersihkan dan bila terjadi kerusakan segera diadakan perbaikan.

d. *Strainer*

Setiap 3 bulan sekali saringan dan pipa air pendingin dilepas dan dibersihkan dengan air bertekanan.

e. *Gland Packing*

Setiap 3 bulan sekali diperiksa kondisi *Packing* dari kebocoran bila pompa dijalankan bila perlu diadakan perbaikan. Setahun sekali diadakan pemeriksaan komponen-komponen pompa dari kerusakan dan korosi yaitu pada bagian *Impeller, Casing, Ring dan Shaft*.

6. Mengisi Buku Jurnal / Catatan Jaga

Disarankan agar produksi air dan berbagai temperatur secara berkala dicatat sebagai indikasi untuk kelengkapan data, dengan membuat dan mengisi formulir data untuk keperluan tersebut. Apabila berbagai data dicatat secara teratur sebagai standart perbandingan yang ada. Maka suatu saat jika terjadi hal – hal diluar kebiasaan dalam hubungan dengan pengoperasian *Fresh Water Generator*, misalnya terjadi kerusakan dalam pengoperasian *Fresh Water Generator*, sehingga jurnal / catatan tersebut dapat dijadikan landasan / patokan untuk mencari jalan pemecahan masalah.

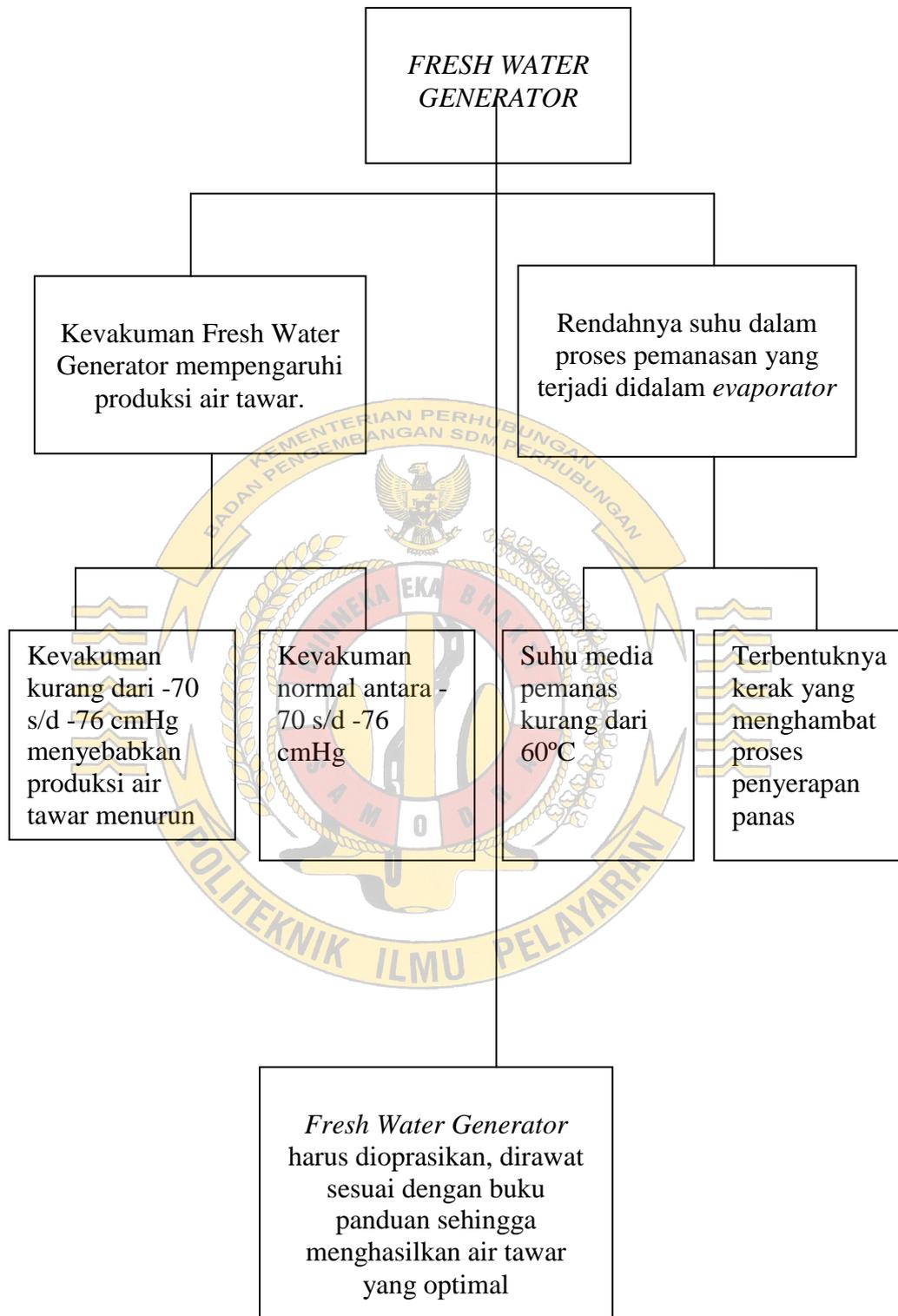
B. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir di susun agar dalam menganalisa permasalahan yang dibahas dapat mempermudah dalam pembahasan secara terperinci, kerangka pikir tentang *Fresh Water Generator* dirancang sedemikian rupa sehingga mampu bekerja secara optimal dalam upaya pencegahan penurunan produksi air tawar demi menunjang pengoperasian kapal dan meningkatkan produktifitas pelayaran. Sedangkan untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari *Fresh Water Generator* perlu diperhatikan teknik pengoperasian yang dilakukan menurut *manual book* di atas kapal, selain itu juga harus didukung kesiapan

suku cadang yang memadai diatas kapal sehingga *Fresh Water Generator* memerlukan penanganan yang efektif, efisien dan juga tenaga operator yang trampil dalam bekerja.

1. Hasil produksi pesawat *Fresh Water Generator* di kapal LPG/C LADY MAGAUX tidak maksimal. Dan yang dapat menjadi penyebabnya antara lain adalah:

- a. Kurangnya kevakuman pada sistem *Fresh Water Generator*.
- b. Penyerapan panas yang terjadi pada *Fresh Water Generator* kurang akibat dari plat-plat pada *evaporator* dan kondensor tertutup oleh kerak garam.
- c. Suhu air pendingin *main engine* yang masuk ke pesawat *Fresh Water Generator* sebagai media pemanas pesawat tersebut rendah.
- d. Kevakuman hingga -76 cm Hg sulit di capai sehingga produksi air tawar pada *Fresh Water Generator* menurun drastis, hal ini bisa di sebabkan oleh:
 - 1) Tekanan air laut pada ejector pump tidak mencapai 3kg/cm sampai dengan 5 kg/cm² .
 - 2) Packing-packing sambungan yang di gunakan pada *fresh water generator* tidak standart atau rusak.
 - 3) Terdapat kebocoran pada instalasi *fresh water generator* yang disebabkan oleh korosi atau karat.



C. Definisi Operasional

Setiap pesawat yang ada diatas kapal pada umumnya sudah dilengkapi dengan buku-buku panduan, baik untuk pengoperasian maupun untuk perawatan atau perbaikan. Bahasa yang digunakan yaitu bahasa inggris, sebagai bahasa international. Dimaksudkan untuk memudahkan semua awak kapal dalam memahami maksud dan tujuan buku tersebut.

Pada *Fresh Water Generator*, buku yang digunakan yaitu instruction manual book yang dilengkapi dengan diagramnya. Buku ini mencakup hal-hal yang berhubungan dengan *Fresh Water Generator*, dimana sebelum dan sesudah pengoperasian seata perawatan atau perbaikan harus dilakukan sesuai *instruction manual book*.

1. Istilah-istilah pada FWG :

Di dalam pesawat *Fresh Water Generator* terdapat beberapa pengertian terminology antara lain :

a. *Condensor*

adalah bagian pesawat *Fresh Water Generator* yang terdiri dari pipa atau plat *heat exchanger* dan juga *separator sheel* yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi air (kondensasi), melalui media pendingin air laut..

b. *Distillate water*

Merupakan air tawar hasil penyulingan / destilasi yang keluar dari *kondensor*.

c. *Ejector Pump*

Adalah suatu pompa yang digunakan untuk menurunkan tekanan di bawah tekanan atmosfer (*vacuum pressure*) pada pesawat *Fresh Water Generator*.

d. *Feed water (sea water)*

Adalah air laut yang dihisap pompa ejector dan ditekan menuju *fresh water generator* yang akan dipanaskan, selain menuju ke pipa evaporator.

e. *Flow meter*

Alat yang berfungsi menunjukkan jumlah air tawar yang menghasilkan setiap waktu.

f. *Gland Packing*

Adalah suatu bahan yang digunakan untuk menahan suatu media zat lain yang keluar dari sistem pompa, yaitu antara poros dan rumah pompa.

g. *Heat exchanger*

adalah suatu pipa atau plat pemindah panas yang terletak pada bejana tertutup .

h. *Jacket cooling water*

Merupakan air tawar pendingin dari mesin induk yang digunakan sebagai *heater* air laut di *Fresh Water Generator*.

i. *Pressure Vaccum Gauge*

Sebagai alat untuk mengetahui atau mengukur keadaan tekanan didalam *Fresh Water Generator*, yaitu kevakuman dan hisapan pompa yang berjalan dengan baik.

j. *Salinometer / Salinity Indicator*

Alat ini berfungsi untuk mendeteksi kadar garam yang dikandung oleh air tawar yang dihasilkan dari *Fresh Water Generator* melalui *salinity cell*.

k. *Solenoid valve*

Adalah katup yang mengatur aliran air tawar dari pesawat *Fresh Water Generator* ke tanki penyimpanan

l. *Sigh Glass* (glass penduga)

Adalah alat untuk mengetahui tinggi permukaan air pengisian (air laut) pada *evaporator*.

m. *Thermometer*

Adalah alat untuk mengetahui temperatur air laut pendingin di *kondensor* dan pemanas di *heater*.

