

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **1.2 Landasan Teori**

*Fresh Water Generator* sebagai salah satu pesawat yang berfungsi memproses air laut menjadi air tawar diatas kapal harus selalu terjaga kondisinya agar dapat memberi tambahan/cadangan air tawar ke dalam tangki penampung air tawar untuk keperluan sehari – hari diatas kapal, misalnya 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 tiba di pelabuhan tujuan, disamping itu juga akan menambah biaya operasional. Karena pentingnya pesawat yang dapat memproduksi air tawar maka bila pesawat *Fresh Water Generator* kapasitas produksinya terlalu rendah/menurun, mengakibatkan air tawar yang disuplay 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.

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 jacket 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 (part per million), Air tawar yang telah dikondensasikan kemudian ditransfer oleh pompa destilasi ke tanki penampungan air tawar untuk siap digunakan selama berlayar.

Sedangkan 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, separator 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 diesel, yang tidak memerlukan biaya untuk bahan bakar. Keperluan energi untuk pengoperasian hanyalah energi listrik yang dipergunakan untuk tenaga penggerak pompa. Air tawar sirkulasi pendingin mesin diesel suhu normal yang keluar kurang lebih adalah  $65^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$  ( $147^{\circ}\text{F} - 176^{\circ}\text{F}$ ) dan air pendingin tersebut masuk ke *evaporator* 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  $65^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$  ( $95^{\circ}\text{F} - 122^{\circ}\text{F}$ ), 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 kevakumannya, yang mana merupakan syarat suhu penguapan/evaporation yang rendah kurang lebih  $35^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$ . *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 sesama *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 *heatexchanger*.

Pompa distilasi 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 tangki air tawar. Supply air pengisi/feed water dari pompa ejektor mengalir masuk kedalam penutup bagian bawah di heat exchanger, sesudah mengalir melalui saringan filter. Adapun yang penulis ketahui dari buku pesawat bantu, *Evaporator / Fresh Water Generator* adalah terdiri dari 2 jenis yaitu:

1. *Evaporator / Fresh Water Generator* tekanan tinggi

Jenis ini untuk memanaskan air laut yaitu 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 ( part per million ).

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.

2. *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.

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, maka *Fresh Water Generator* memerlukan penanganan yang efektif dan efisien dan juga tenaga operator yang trampil dalam bekerja. Dalam pesawat ini ada beberapa jenis *Fresh Water Generator* yang digunakan diatas kapal sebagai alat pembuat air tawar.

#### 1. Tujuan produksi air tawar di kapal

- a. Mengurangi ketergantungan kapal terhadap kebutuhan air tawar yang disupply dari darat, untuk keperluan sehari hari di atas kapal. Sehingga menambah ketahanan atau memperpanjang kalancaran kerja dari pengoperasian kapal.
- b. Mengurangi penggunaan ruangan dikapal ( *Fresh Water Tank* ), supaya daya angkut kapal lebih besar.
- c. Memanfaatkan panas atau kalor yang ikut terbuang pada air pendingin jacket mesin induk dalam mewujudkan “ *Economical engine* “.

#### 2. Istilah – istilah atau pengertian dari bagian - bagian Fresh Water Generator

Agar dalam pembuatan air tawar dapat memproses air tawar sesuai dengan kapasitas *Fresh Water Generator* yang telah ditentukan, maka memerlukan komponen-komponen utama yang mendukung kelancaran proses destilasi. Beberapa komponen *Fresh Water Generator* dijelaskan dibawah ini :

##### a. *Evaporator Heat Exchanger*

Merupakan bagian dari *Fresh Water Generator* yang berfungsi untuk menguapkan air laut dengan menggunakan pemanas yang bersumber dari air tawar pendingin jacket mesin induk atau menggunakan uap.

##### b. Kondensor

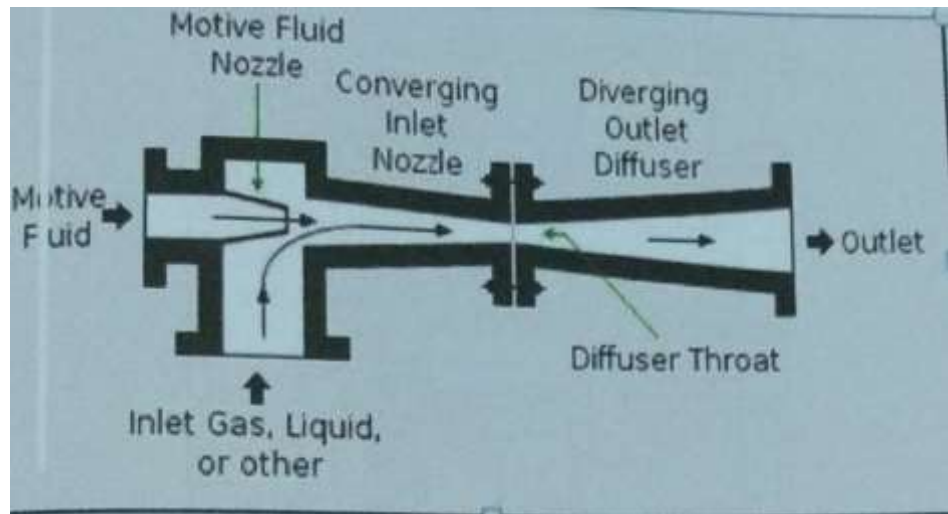


**Gambar 2.1 Condenser**

Sama seperti *evaporator*, kondensor juga terdiri dari pipa – pipa *heat exchanger* atau pipa – pipa pemindah panas yang terletak pada bejana pemisah yang tertutup, juga separator sheel yang berfungsi untuk mengubah bentuk gas/uap menjadi bentuk cair dengan proses kondensasi. Dalam kondensor diperlukan media pendingin yaitu air laut.

Ditinjau dari pemakaiannya kondensor dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu *Main Condensor* ( kondensor utama ) dan *Auxiliary Condensor* (kondensor bantu). Sedangkan ditinjau secara pokok dari bahan pendingin untuk mengondensasikan uap menjadi cair, kondensor dapat dibedakan menjadi 2, yaitu *Direct contact condenser* (dimana bahan pendingin berhubungan langsung dengan zat yang akan dikondensasikan), dan *surface condenser* disini bahan pendingin tidak langsung bersentuhan dengan zat yang akan dikondensasikan, melainkan dipisahkan oleh suatu pemisah seperti dinding pipa atau plat.

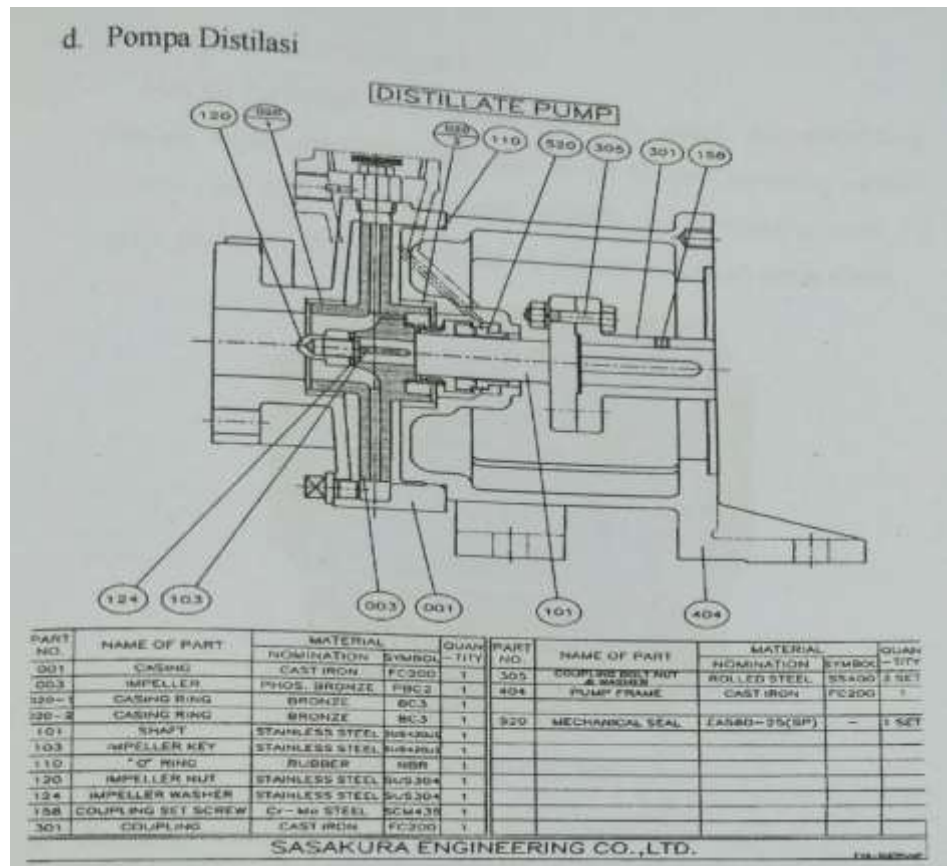
c. *Ejector Pump*



**Gambar 2.2 Ejector**

Adalah suatu pompa yang digunakan untuk menurunkan tekanan di bawah tekanan atmosfer (*vacuum pressure*) pada pesawat *Fresh Water Generator*, yang dengan menghisap air laut yang diteruskan ke pipa water ejector dengan tekanan air laut yang tinggi. Dengan aliran air laut yang tinggi tekanannya, maka udara dan brine dapat ikut terhisap keluar dari *evaporator* dan *kondensor*. Sehingga didalam ruangan *Fresh Water Generator* menjadi vakum dan kerak garam/brine ikut bersama hisapan air laut pada water ejector. Air laut tekanan dari *ejector pump* selain ke ejector, juga dialirkan menuju *Heater/Evaporator* yang akan dipanaskan (*Feed Water*).

d. *Destilasi pump*



**Gambar 2.3 Bagian-bagian pompa destilasi**

Sebuah pompa yang berfungsi memompa air tawar yang telah dihasilkan dari proses kondensasi didalam *Fresh Water Generator* menuju tanki penyimpanan air tawar. Jika level air mulai nampak pada gelas duganya, pompa destilate dapat dijalankan. Atur jumlah air yang terhisap keluar dengan mengatur *delivery valve*, sehingga level air yang dihisap tetap konstant. Jika level air dari kondensasi tidak nampak pada glass, maka segera matikan pompa destilate agar pompa tidak bekerja dalam keadaan kering atau tidak ada air yang dihisap, dapat menyebabkan keausan pada *shaftnya*. Juga perlu diperhatikan gland packingnya atau mechanical sealnya, karena jika udara masuk dari gland packing atau mechanical sealnya, dapat menyebabkan berkurangnya kevakuman didalam sistem.

e. *Salinometer / Salinity Indicator*



**Gambar 2.4 Salinity indocator**

Alat ini berfungsi untuk mendeteksi kadar garam yang dikandung oleh air tawar yang dihasilkan dari *Fresh Water Generator* melalui *salinity cell*. Jika kadar garamnya melebihi dari settingnya, misal 10 ppm ( part per million ) maka alat ini akan memberikan tanda alarm.

f. *Solenoid valve*

Solenoid valve adalah valve yang mengatur aliran air tawar dari pesawat *Fresh Water Generator* ke tanki penyimpanan, dimana katup menutup bila kadar garam air tawar normal atau rendah. Dan katup akan terbuka bila kadar garam air tawar melebihi settingnya atau tinggi, sehingga air tawar mengalir kembali ke *Vapor chamber/separator sheel* di *Fresh Water Generator*.

g. *Flow meter*



Alat yang berfungsi menunjukkan jumlah air tawar yang menghasilkan setiap waktu. Prinsip kerjanya yaitu mengubah aliran air menjadi tenaga putar untuk menggerakkan *impeller* melalui nozzle, sehingga penunjuknya bisa berputar.

h. *Pressure Vacuum Gauge*

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

i. *Thermometer*

Adalah alat untuk mengetahui temperatur air laut pendingin di *kondensor* dan pemanas di heater dari air tawar pendingin *jacket* mesin induk yang masuk dan keluar sistem.

j. *Sigh Glass* ( glass penduga )

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

## **2.2 Pengertian Fresh Water Generator**

Adapun pengertian yang penulis ketahui tentang Fresh Water Generator adalah pesawat pembuat air tawar dengan jalan menguapkan air laut di dalam penguap (evaporator) dan uap air laut tersebut di dinginkan dengan cara kondensasi di dalam pesawat kondensor (pengembun), sehingga menghasilkan air kondensasi yang disebut kondensat.



**Gambar 2.5 Fresh Water Generator**

### **3.2 Prinsip Kerja Fresh Water Generator**

Menurut Akbar Yudhistira, prinsip kerja pada *Fresh Water Generator* dalam menghasilkan air tawar meliputi beberapa proses, yaitu :

#### **1. Penyerahan panas**

Panas akan mengalir dari bagian cairan yang bersuhu tinggi ke cairan yang bersuhu rendah, besarnya pemindahan panas tergantung dari:

- a. Perbedaan suhu antara bahan yang memberi dan bahan yang menerima panas.
- b. Luas permukaan dimana luas panas mengalir
- c. Koefisien penghantar panas dari bahan-bahan yang dilalui panas.

Kalor adalah suatu bentuk energi, satuan joule(J). Kalor persatuan waktu disebut daya, satuan joule per detik. Kalor dapat diserahkan dengan cara:

- a. Penyerahan kalor dengan cara pengantaran, kalor bergerak dari daerah dengan suhu yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Jumlah kalor yang persatun waktu bergerak melalui suatu bidang sebanding dengan luas bidang itu dan sebanding dengan penurunan suhu diukur tegak lurus pada bidang tersebut.
- b. Penyerahan kalor dengan cara konveksi, antara pemberi dan penerima kalor pada umumnya terdapat dinding pemisah, ini berarti bahwa kalor asap gas harus diserahkan dahulu pada dinding pipa, sesudah itu oleh dinding pipa di transfer (pengantaran) dan kemudian oleh dinding pipa diserahkan pada media pemanasnya.

## **2. Penguapan dan pengembunan**

Bila panas diberikan pada cairan dan terus ditambahkan maka suhu cairan akan naik hingga suatu titik yang disebut titik didih dan bila sudah mencapai titik didih tersebut maka diberikan panas maka cairan akan mendidih dan menguap.

Apabila kemudian uap tersebut dikumpulkan dan diberi pendingin akan terjadi penyerahan panas dari uap ke bahan pendingin dalam suatu proses pengembunan, uap akan kembali menjadi wujud cair

## **3. Pengaruh tekanan terhadap suhu titik didih**

Pada tekanan satu atmosfer air akan mendidih pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$ , bila tekanan naik maka suhu titik didihnya juga akan naik, demikian sebaliknya. Air pendingin motor induk yang masih tinggi suhunya dimanfaatkan sebagai pemanas evaporator, karena pada ruangan ini tekanan dikurangi maka dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$  air akan mendidih maka terjadilah penguapan yang mengakibatkan

kenaikan kadar garam pada sisi air laut yang tidak sempat menguap dalam evaporator yang disebut gas brein dan untuk menjaga terjaminnya batas-batas

keadaan kadar garam evaporator dilengkapi dengan ejektor rein untuk membuang kenaikan brein tersebut, sedangkan kondensat yang terjadi dalam kondensor oleh pompa kondensat dialirkan ke tanki air tawar.