

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fresh Water Generator

Menurut Suparwo, Sp.1 dalam bukunya yang berjudul Permesinan Bantu di Kapal-Kapal Niaga, bahwa *Fresh Water Generator* (FWG) adalah suatu instalasi atau unit pembuat air tawar dari air laut. Uap air laut tersebut didinginkan dengan cara kondensasi didalam Destilasi / kondensor (pengembunan, sehingga menghasilkan air kondensor yang disebut kondensat). 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 *jacket* mesin induk dimana air akan mendidih dengan temperatur penjenuhannya 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 Gustaf de Laval dalam bukunya yang berjudul *Operation Of The Ship Engine Room. 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.



Gambar 1 *Fresh Water Generator*
Sumber : *Manual Book Survey Ship Barakuda*

Fresh Water Generator sebagai salah satu pesawat yang berfungsi memproses air laut menjadi air tawar di atas kapal harus selalu terjaga kondisinya agar dapat member tambahan/cadangan air tawar ke dalam tangki penampung air tawar untuk keperluan sehari-hari di atas kapal, misalnya untuk kebutuhan rumah tangga kapal yaitu: masak, mencuci, mandi. Sedangkan untuk kebutuhan mesin kapal yaitu sebagai pendingin mesin induk dan generator, pada kapal tanker digunakan sebagai pencuci tanki muatan. 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.

2.2 Cara Kerja Fresh Water Generator

Menurut R. Adji dalam bukunya yang berjudul Panduan Pesawat Bantu, *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*, *solenoid valve*. *Fresh Water Generator* memanfaatkan panas keluaran dari sirkuit air tawar pendingin mesin diesel, yang tidak memerlukan biaya untuk bahan bakar. Keperluan energy untuk pengoperasian hanyalah energi listrik yang dipergunakan untuk tenaga penggerak pompa. Air tawar sirkulasi pendingin mesin diesel suhu normal yang keluar kurang lebih adalah 70°C – 80°C (147°F – 176°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 70°C – 80°C (95°F – 122°F), karena bagian dalam dari *Fresh Water Generator* divakumkan oleh *water ejector*. Produksi uap di *heater exchanger* kemudian melalui *deflector* 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 35°C – 50°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 *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 ketangki air tawar.

2.3 Komponen Fresh Water Generator

Menurut Jusak J.H dalam bukunya yang berjudul Permesinan Bantu, 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:

1. *Evaporator*

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.



Gambar 2 evaporator

(Juan 2006 *Komponen Fresh Water Generator*, BIP : Jakarta)

2. Kondensor

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 shell* 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.



Gambar 3 *kondensor*
(Juan 2006 *Komponen Fresh Water Generator*, BIP : Jakarta)

3. *Ejector Pump*

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*).



Gambar 4 *ejector pump*
Sumber : *Manual Book Kapal Survey Ship Barakuda*

4. *Destilasi pump*

Menurut Latief dalam bukunya yang berjudul Peranan Sistem Destilasi Dan Pemeliharaannya, Destilasi pump adalah 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 konstan. 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.



Gambar 5 *Destilasi Pump*
(Juan 2006 *Komponen Fresh Water Generator*, BIP : Jakarta)

5. Salinometer / *Salinity Indicator*

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



Gambar 6 *salinometer*
Sumber : *Manual Book* kapal Survey Ship Barakuda

6. *Solenoid valve*

Solenoid valve adalah *valve* yang mengatur aliran air tawar dari pesawat *Fresh Water Generator* ketanki 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*.



Gambar 7 *solenoid valve*
(Sumarno 1990 Pesawat Bantu, BPLP : Semarang)

7. *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.



Gambar 8 *flow meter*
(Arikunto 2013 Prosesur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik, Bineka Cipta : Jakarta)

8. *Pressure Vaccum Gauge*

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



Gambar 9 *pressure vaccum gauge*
Sumber : *Manual Book Survey Ship Barakuda*

9. *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.



Gambar 10 *thermometer*

Sumber : *Manual Book Survey Ship Barakuda*

10. *Sigh Glass* (gelas penduga)

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



Gambar 11 *side glass*

Sumber : *Manual Book Survey Ship Barakuda*

2.4 Sistem Pendinginan Fresh Water Generator

Menurut Kurniawan W dalam Karya Tulisnya yang berjudul Sistem Perawatan Dan Pengoptimalan Kerja Fresh Water Generator, *Fresh water Generator* adalah pesawat pembuat air tawar dengan jalan menguapkan air laut didalam penguap (*Evaporator*) dan uap air laut tersebut didinginkan dengan cara kondensasi di dalam pesawat Destilasi/kondensor (pengembun), sehingga menghasilkan air kondensasi yang disebut kondensat. *Fresh water generator*, merupakan salah satu pesawat bantu yang penting di atas kapal, hal ini di karenakan dengan menggunakan FWG (*Fresh water generator*) dapat menghasilkan air tawar yang dapat digunakan untuk minum, memasak, mencuci dan bahkan menjalankan mesin penting lainnya yang menggunakan air tawar sebagai media pendingin. Pada *Fresh Water Generator* air tawar umumnya dihasilkan menggunakan metode *evaporasi*. Jadi air tawar tersebut dihasilkan oleh penguapan air laut dengan menggunakan panas dari salah satu sumber panas. Umumnya sumber panas yang tersedia diambil dari *water jacket* mesin utama, yang digunakan untuk mendinginkan komponen mesin utama seperti kepala *cylinder liner*. Suhu yang dihasilkan dari *water jacket* sekitar 70⁰C. Tetapi pada suhu ini penguapan air tidak maksimal, seperti yang kita ketahui bahwa penguapan air terjadi pada 100⁰C di bawah tekanan atmosfer. Jadi dalam rangka untuk menghasilkan air bersih di 70⁰C kita perlu mengurangi tekanan atmosfer, yang dilakukan dengan menciptakan vakum di dalam ruang di mana penguapan berlangsung. Juga, sebagai akibat dari vakum pendinginan dari air laut menguap pada suhu yang lebih rendah, Air akan didinginkan dan dikumpulkan kemudian dipindahkan ke tangki. Pada saat ini kebanyakan Kapal menggunakan metode *reverse osmosis* yaitu salah satu metode yang digunakan di *deck* untuk menghasilkan air tawar.

2.5 Jenis-jenis Fresh Water Generator

Dalam pesawat ini ada beberapa jenis yang digunakan diatas kapal sebagai pembuat air tawar. Berdasarkan buku permesinan bantu yang disusun oleh Sumarno dalam bukunya yang berjudul Pesawat Bantu, *Fresh water Generator* adalah terdiri dari dua jenis, yaitu :

1. *Fresh Water Generator* tekanan tinggi

Pada FWG jenis ini air laut diuapkan pada tekanan diatas 1 bar, sehingga sesuai dengan sifat-sifat air, penguapan terjadi pada suhu diatas 100^oC. Sebagai konsekuensi dari kondisi tersebut maka media penguap dibutuhkan untuk menghasilkan uap (steam). Karenanya, FWG jenis ini membutuhkan keberadaan ketel uap. Dimana uap yang dipakai adalah langsung dari ketel-ketel yang diturunkan menurut kebutuhan sekitar 150 psi.

Konstruksi evaporator dari jenis ini umumnya menggunakan evaporator jenis "*boiling evaporator*" sementara kondensor yang digunakan dari jenis shell and tube. Kelebihan jenis ini adalah bila terjadi kebocoran, mudah dideteksi, sedangkan kekurangannya :

- a. Karena memerlukan suhu tinggi, cenderung cepat menghasilkan kerak garam dan mengurangi kinerjanya
- b. Bahaya tekanan lebih, sehingga diperlukan katub keamanan
- c. Perawatan lebih banyak
- d. Memerlukan ketel uap

Banyak kesulitan-kesulitan yang ditemui dalam instalasi FWG tekanan tinggi ini dengan adanya pembentukan kerak-kerak di pipa-pipa. Kerak yang melekat pada pipa-pipa merupakan penghambat hantaran panas sehingga membutuhkan kenaikan tekanan uap serta suhu uap untuk mempertahankan jumlah kapasitas penguapan. Apabila pembentukan kerak ini berkelanjutan maka perlu adanya pembersihan terhadap coil-coil. Dan hal ini tentunya memerlukan perhatian yang serius.

2. *Fresh Water Generator* tekanan rendah.

Pada FWG jenis ini air laut diuapkan pada tekanan dibawah 1 bar, dengan demikian suhu yang diperlukan untuk itu tidak perlu tinggi, misalnya dengan vakum 99% hanya dibutuhkan untuk suhu penguapan sekitar 70°C, sehingga tidak memerlukan media penguap yang bersuhu tinggi.

Kebutuhan media penguap yang bersuhu sekitar 50°C dapat dipenuhi dengan memanfaatkan air tawar pendingin yang keluar dari mesin induk yang bersuhu sekitar 60°C-65°C.

Keuntungan dari jenis ini adalah antara lain :

- a. Karena suhu rendah maka pengerakan garam relatif lebih rendah, maka penghasilan lebih tinggi
- b. Tidak berbahaya, karena tekanan kurang dari 1 bar
- c. Dengan memanfaatkan panas dari kerugian panas yang hilang ke air pendingin, maka penggunaan jenis ini menambah randemen instalasi kapal.
- d. Tidak menuntut adanya ketel dalam hal penyediaan uap apalagi yang bertekanan tinggi.

Sedangkan kekurangan dari *Fresh Water Generator* tekanan rendah adalah sebagai berikut :

- a. Memerlukan pompa vakum.
- b. Jika terjadi kebocoran sulit dicari.
- c. Oleh karena suhu didihnya yang rendah, berarti bakteri dalam cairan belum mati.

Sesuai dengan sifat-sifat uap, pengaruh perubahan tekanan terhadap suhu titik didih dipergunakan tipe tekanan rendah dengan menurunkan tekanan dalam evaporator menggunakan pompa vakum sehingga mengakibatkan turunya suhu titik didih, uap atau bahan yang dipergunakan sebagai bahan pemanas hanya memerlukan tekanan rendah. Pemanas yang dipakai bisa jadi bukan uap melainkan air pendingin atau kondensat yang masih mempunyai energi panas untuk keperluan tersebut.