

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Landasan teori digunakan sebagai sumber teori yang dijadikan dasar dari pada penelitian. Sumber tersebut memberikan kerangka atau dasar untuk memahami latar belakang dari timbulnya permasalahan secara sistematis. Landasan teori juga penting untuk mengkaji dari penelitian-penelitian yang sudah ada mengenai masalah *fresh water generator* dan teori yang menerangkan *fresh water generator* sebagai pesawat penghasil air tawar di kapal, oleh karena itu landasan teori ini peneliti akan menjelaskan tentang pengertian *fresh water generator* yang sesuai mengenai pembahasan skripsi ini.

1. Pengertian *Fresh Water Generator*

Menurut Tim penyusun Pesawat Bantu Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang th: 2003:32 *Fresh Water Generator* adalah pesawat bantu yang digunakan untuk mengubah air laut menjadi air tawar dengan prinsip penguapan dan pengembunan. Fungsi *Fresh Water Generator* adalah untuk menguapkan dan mengkondensasikan air laut, yaitu dengan cara memberikan panas pada cairan dan terus ditambahkan panas sehingga suatu cairan akan naik suhunya hingga mencapai titik didih. Apabila cairan yang dipanaskan hingga mencapai titik didih tersebut masih diberikan panas, maka cairan akan mendidih dan menguap selanjutnya uap tersebut dikumpulkan dan diberikan pendingin sehingga akan terjadi penyerapan panas dan uap oleh bahan pendingin dalam suatu proses kondensasi, sehingga uap akan berubah menjadi cairan kondensat.

Proses penguapan pada *fresh water generator* ada 2 jenis media yang digunakan sebagai sumber pemanas/*heater*. Jenis pertama adalah penguapan dengan menggunakan panas dari air tawar *jacket cooling* 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 akan menjadi air tawar dengan proses kondensasi untuk selanjutnya air tawar dialirkan ke dalam tangki penampungan. Air tawar hasil penguapan yang telah dikondensasikan, harus diadakan pemeriksaan terhadap kadar garamnya. Dimana kadar garamnya yang diijinkan adalah 10 ppm dan bila lebih maka perlu diadakan pemrosesan ulang hingga kadar garamnya sesuai dengan yang diijinkan dan selanjutnya hasil air tawar juga dipengaruhi oleh perawatan yang rutin dan pengoperasian yang benar terhadap *fresh water generator* tersebut. Air tawar yang telah dikondensasikan kemudian dihisap oleh pompa *distillate* dialirkan ke tangki air tawar untuk siap digunakan.

Menurut buku manual *Sasakura Engineering Co., LTD. Th: 2014. Osaka, Japan Fresh water generator* adalah salah satu pesawat yang digunakan untuk merubah air laut menjadi air tawar dengan prinsip kerja perubahan bentuk dari cair menjadi uap (penguapan) dan perubahan bentuk dari uap menjadi air (kondensasi). Dimana uap tersebut dikumpulkan dan diberikan pendingin, sehingga panas dari uap akan diarahkan 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 *destilasi, saliniti indicator, solenoid valve*, dan *water meter* sebagai alat pelengkap.

Fresh water generator memanfaatkan panas buangan dari sirkuit air tawar pendingin mesin diesel, yang tidak memerlukan biaya untuk bahan bakar. Keperluan energi untuk pengoperasian hanyalah energi listrik yang diperlukan untuk tenaga penggerak pompa. Air tawar sirkulasi pendingin

mesin induk suhu normalnya $\pm 78\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($149\text{ }^{\circ}\text{F}$ - $176\text{ }^{\circ}\text{F}$) keluar dari mesin diesel, dan bagian dari air pendingin masuk ke *heat exchanger* di *fresh water generator*. Dimana air pendingin itu disirkulasikan di sisi luar dari pipa pemanas atau *heating tube*. Air laut kemudian diuapkan dengan suhu $\pm 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, karena bagian dalam dari *fresh water generator* divacumkan oleh *ejector* $\pm 70\text{ cmHg}$ (0.093 Mpa). Produksi uap di *evaporator* kemudian melalui *deflector* dan menuju ke kondensor, dimana uap ini dikondensasikan oleh air laut pendingin yang mengalir melalui pipa bagian dalam kondensor. *water ejector* untuk udara dihubungkan ke *condenser tube* dan menghisap udara. Sehingga bagian dalam dari *fresh water generator* dapat dipertahankan tinggi kevacumannya, yang mana merupakan syarat suhu penguapan (*evaporation*) yang rendah $\pm 35^{\circ}$ - 50°C . *Water ejector* untuk air untuk air garam (*brine*) menghisap keluar dari sisi luar *brine* di *separator shell*, yang mana *brine*/air garam tidak diuapkan di *heat exchanger*, tetapi ikut terhisap bersama *water ejector*. Pompa *ejector* digerakkan dengan motor listrik *horizontal shaft*, pompa jenis sentrifugal hisapan tunggal, yang mana melayani air laut seperti yang disebut di atas. Yaitu untuk mengeluarkan udara dan *brine*/air garam, tetapi juga untuk memenuhi air pengisian (*feed water*) yang akan diuapkan di *heat exchanger*. Pompa destilasi juga digerakkan dengan motor listrik *horizontal shaft*, pompa jenis sentrifugal hisapan tunggal, yang mana menghisap produksi air tawar dari kondensor *fresh water generator* dan ditransfer ke tangki air tawar. *Supply* air pengisi/*feed water* dari pompa

ejector mengalir masuk ke dalam penutup bagian bawah di *Heat exchanger*. Gambar dari pesawat *fresh water generator* dengan merek *Sasakura, type tubular KE15* terdapat pada Gambar Lampiran 2.1.

2. Prinsip Kerja Fresh Water Generator

Panas akan mengalir dari bagian cairan yang bersuhu tinggi ke cairan yang bersuhu rendah, besarnya panas tergantung dari perbedaan suhu antara bahan yang memberi dan bahan yang menerima panas. Menurut Rifai.s (pengetahuan mekanik. blogspot.co.id,2015) Prinsip kerja pada Fresh Water Generator dalam menghasilkan air tawar meliputi beberapa proses yaitu:

a. Pemindahan panas.

tinggi ke cairan yang bersuhu rendah, besarnya panas tergantung dari perbedaan suhu antara bahan yang memberi dan bahan yang menerima panas. Dimana panas akan mengalir dari bagian cairan yang bersuhu

- 1) Luas permukaan dimana panas mengalir.
- 2) Koefisien penghantar panas dari bahan–bahan yang dilalui panas.
- 3) Perpindahan panas dipengaruhi oleh masa benda.

b. Penguapan dan pengembunan.

Penguapan atau evaporasi adalah proses perubahan molekul dalam keadaan cair (air) dengan spontan menjadi gas (uap air). Proses ini adalah kebalikan dari kondensasi. Umumnya penguapan dapat dilihat dari lenyapnya cairan secara berangsur-angsur ketika terpapar pada gas dengan volume signifikan.

Pengembunan atau kondensasi adalah perubahan wujud benda kewujud yang lebih padat seperti gas atau uap menjadi cairan. Kondensasi terjadi ketika uap didinginkan menjadi cairan, tetapi dapat juga bila sebuah uap dikompresi menjadi cairan, atau mengalami kombinasi dari pendinginan dan kompresi. Cairan yang telah terkondensasi dari uap disebut kondensat. Maka uap akan berubah kembali kewujud menjadi wujud air.

c. Pengaruh tekanan terhadap suhu titik didih.

Pada tekanan 1 atmosfer air akan mendidih pada suhu 100 °C, bila tekanan naik maka suhu titik didihnya juga akan naik demikian juga sebaliknya. Air pendingin motor induk yang masih tinggi suhunya dimanfaatkan sebagai pemanas evaporator, karena pada ruangan ini tekanan dikurangi maka dengan suhu 60 °C air akan mendidih maka terjadilah pembentukan uap dan mengalir ke kondensor.

Menurut A.N. Pramono, termodinamika untuk ahli mesin kapal kapal (hal 15) uraian diatas dapat dibuktikan dengan memakai rumus gabungan hukum boyle dan hukum charles

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2} \text{ atau } \frac{P \times V}{T}$$

Dimana :

P = Tekanan (Kg/cm²)

V = Volume (m³)

T = Temperatur (°C)

Dari rumus di atas dapat diketahui bila suatu zat dipanaskan pada volume konstan dan tekanan lebih rendah atau *vacuum* maka zat

tersebut titik didihnya akan semakin rendah seperti pada rumus di bawah ini :

$$T_2 = \frac{P_2 \times T_1}{P_1}$$

Contoh Soal :

Diketahui:

$$P_1 = 1,005 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_2 = 0,90 \text{ Kg/cm}^2$$

$$T_1 = 76 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ditanyakan: $T_2 = \dots ?$

Jawab:

$$T_2 = \frac{P_2 \times T_1}{P_1}$$

$$T_2 = \frac{0,90 \times 76}{1,005}$$

$$T_2 = 68,05 \text{ }^\circ\text{C}$$

Pengaruh tekanan terhadap suhu titik didih, pada tekanan 1 atmosfer air akan mendidih pada suhu 100 °C, bila tekanan naik maka dikurangi 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 maka dengan suhu 75 °C air akan mendidih maka terjadilah penguapan.

3. Prinsip Kerja *Water Ejector*

Menurut Menurut Suparwo (2013:35) Cairan dengan kecepatan dan tekanan tinggi, ketika dihalangi melalui *nozzle*, akan mengakibatkan pancaran yang menghasilkan kevacuman di daerah terjadinya pancaran setelah melalui halangan dimana kevacuman yang dihasilkan akan sanggup menarik atau menghisap gas atau cairan lain (teori Ventury)

Ejector merupakan pesawat yang dipergunakan untuk memindahkan udara atau gas-gas yang tidak dapat dikondensasikan dari tempat *vacuum*,

air yang tertekan dialirkan melalui sebuah *nozzle* yang ada dalam *ejector* dan mengakibatkan air yang keluar dari *nozzle* mempunyai kecepatan besar sehingga udara serta gas-gas yang tidak dapat dikondensasikan akan ikut terhisap oleh *ejector* tersebut, karena adanya penurunan suhu dalam ruangan yang mencapai kurang dari 350C.

Kemaksimalan kerja dari *ejector* udara tergantung tekanan yang diterima, apabila tekanan *ejector pump* rendah maka kerja dari *ejector pump* akan menurun, begitu pula dengan kevacuman dan air tawar yang dihasilkan

4. Jenis *Fresh Water Generator*

Dalam pesawat ini ada beberapa jenis yang digunakan di atas kapal sebagai alat penghasil air tawar, adapun yang penulis ketahui dari buku pesawat Bantu, *evaporator/fresh water generator* (unit penyulingan) adalah terdiri dari 2 jenis yaitu:

a. *Evaporator/fresh water generator* Tekanan Tinggi

Jenis ini untuk memanaskan air laut menggunakan panas langsung dari system 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 diijinkan adalah 10 ppm. Banyak kesulitan yang ditemui dalam instalasi *Fresh water generator* jenis tekanan tinggi ini, dengan adanya pembentukan kerak-kerak yang melekat di pipa, yang merupakan penghambat hantaran panas. Sehingga membutuhkan kenaikan tekanan serta suhu uap untuk mempertahankan jumlah kapasitas penguapan. Apabila pembentukan

kerak berkelanjutan maka perlu adanya pembersihan terhadap *coil-coil* dan memerlukan perhatian yang serius dan biaya yang cukup besar.

b. *Evaporator/fresh water generator* Tekanan Rendah.

Sesuai dengan sifat-sifat, pengaruh perubahan tekanan terhadap suhu titik didih digunakan *resh water generator* tipe tekanan rendah. Dengan menurunkan tekanan menggunakan *sytem ejector* 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 disel yang masih mempunyai energi panas untuk keperluan tersebut.

5. Tujuan produksi air tawar di kapal

Adapun yang menjadi tujuan pembuatan air tawar di atas kapal adalah sebagai berikut:

- a. Mengurangi ketergantungan kapal terhadap kebutuhan air tawar yang disuplai dari darat, untuk keperluan sehari-hari di atas kapal. Sehingga menambah ketahanan atau memperpanjang kelancaran kerja dari pengoperasian kapal.
- b. Mengurangi penggunaan ruangan di kapal (*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*".

6. Bagian-bagian *fresh water generator*

Agar dalam pembuatan air tawar sesuai dengan kapasitas *fresh water*

generator yang ditentukan, maka memerlukan komponen-komponen utama yang mendukung kelancaran proses destilasi. *Fresh water generator*. Menurut Sarifuddin Rowa, Permesinan Bantu (Hal 24), di dalam suatu pesawat *fresh water generator* terdapat beberapa macam alat bantu yaitu:

a. *Evaporator*

Alat ini terletak di dalam pesawat *fresh water generator* bagian bawah dan mempunyai bentuk pipa kecil dimana media pemanas yaitu *steam boiler* atau air tawar pendingin mesin induk yang berada di dalam pipa dan air laut sebagai media yang akan dipanaskan berada di luar pipa.

b. *Deflector*

Alat ini berfungsi untuk menahan percikan-percikan air laut yang mendidih sehingga percikan tersebut tidak ikut bersama uap.

c. *Condensor*

Terletak di atas *deflector*, bentuknya seperti *cooler* yaitu pipa-pipa kecil (*spiral*) yang didalamnya mengalir air laut yang berfungsi mengubah uap menjadi titik air sehingga menghasilkan air *distilasi*.

d. *Water Ejector*

Mempunyai bentuk seperti kerucut yang berfungsi menghisap udara yang berada dalam ruang pemanasan dan di dalam ruang pengembunan untuk di vacuumkan sehingga terjadi hampa udara.

e. *Ejector Pump*

Berada di luar pesawat *Fresh Water Generator*, alat ini berfungsi untuk memompakan air laut sebagai keperluan dari *ejector* udara

digunakan untuk proses kevacuman dan menghisap air laut untuk diubah/diproduksi menjadi air tawar.

f. 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 garamnya melebihi dari settingnya (missal : 10 ppm) maka alat ini akan memberikan tanda *alarm*.

g. Distillate Pump

Berfungsi untuk menghisap air *distillate* atau air sulingan yang kemudian dipompakan ke tangki-tangki air tawar.

B. Kerangka Pikir Penelitian

Untuk mempermudah penulis dalam memecahkan masalah, maka penulis membuat kerangka pikir penelitian sebagai berikut:

1. Faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan kevacuman pada *Fresh Water Generator*.
 - a. Menurunnya tekanan *water ejector*
 - b. Tidak optimalnya kerja *condenser*
2. Pengaruh terhadap penurunan kevacuman pada *Fresh Water Generator*
 - a. Menurunnya produksi air tawar pada *Fresh Water Generator*

Dapat dijelaskan dari masalah yang dibahas yaitu menurunnya produksi air tawar dari *Fresh Water Generator* yang akan menghasilkan faktor–faktor penyebab dari kejadian tersebut yang penulis ingin mengetahui faktor–faktor penyebabnya, sehingga timbul upaya ataupun usaha yang dilakukan untuk mengetahui masalah yang ada.

KERANGKA PIKIR PENELITIAN



Gambar 2.1 kerangka pikir penelitian

C. Definisi Operasional

Menurut manual book *Fresh Water Generator* untuk mempermudah pemahaman dalam istilah yang berhubungan dengan pesawat *Fresh Water Generator*

1. *Vapor* (Uap air)

Uap hasil penguapan dari air laut di dalam evaporator.

2. *Brine* (Air garam)

Kadar air Laut pekat (kandungan air garam) yang tersisa setelah penguapan.

3. *Salinity indicator*

Alat yang di gunakan untuk mengetahui atau mendeteksi kandungan garam di dalam air *distillate*.

4. *Vacuum*

Suatu keadaan dimana tekanan di dalam bejana lebih rendah dari tekanan 1 *atmosphere*

5. *Distilalte*

Air tawar yang berasal dari hasil penguapan air laut di dalam *evaporator* yang kemudian di kondesasikan di dalam *condensor*