

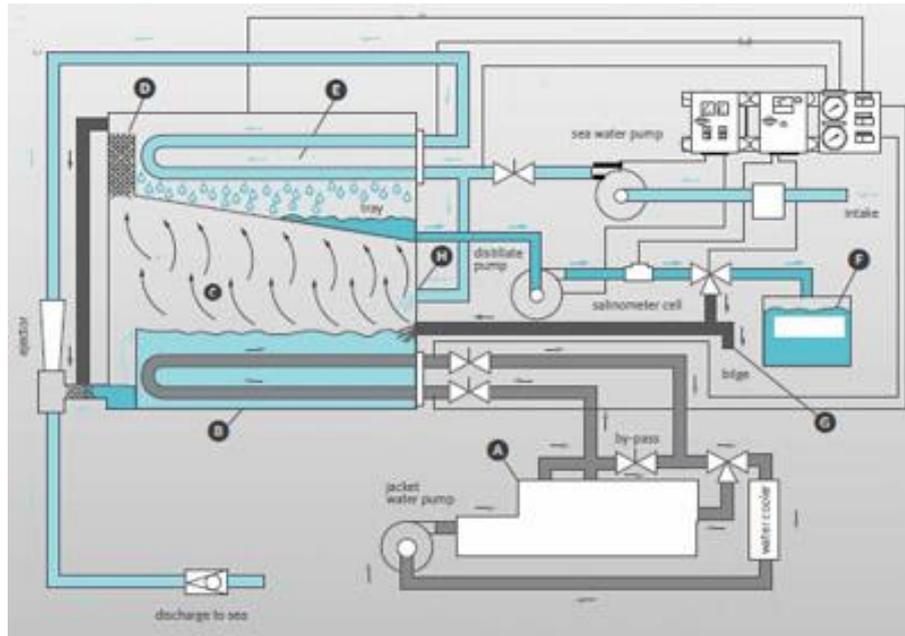
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fresh Water Generator

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). 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). **(Dhika, Engineering 2011)**

Di dalam 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 5-10 ppm (*part per million*), Air tawar yang telah dikondensasikan kemudian di transfer oleh pompa destilasi ke tanki penampungan air tawar untuk siap digunakan selama berlayar. **(Dhika, Engineering 2011)**



Gambar 1. Skema Fresh Water Generator

Sumber: <http://www.maritimeworld.web.id/2011/01/fresh-water-generator-mengubah-air-laut.html>

Sedangkan menurut buku petunjuk *MITSUI ENGINEERING AND SHIP BUILDING CO. LTD. Fresh Water Generator* Adalah salah satu pesawat yang digunakan untuk mengubah 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.

Memfaatkan 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 $65^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ 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 $65^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$, karena bagian dalam dari *Fresh Water Generator* divakumkan oleh *water ejector*. Produksi uap di *heater exchanger* kemudian melalui *deflektor* dan *mesh separator* menuju kondensor,. *Water ejector* untuk udara dihubungkan ke *condensor shell* dan menghisap udara. *Water ejector* untuk *brine* /air menghisap keluar dari sisi luar *brine* di *separator shell*, yang mana *brine*/air garam tidak

diuapkan di *heat exchanger*, tetapi ikut terhisap bersama air melalui pompa ejector. Prinsip kerja pompa ejector adalah digerakkan dengan motor listrik horizontal shaft, 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 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 tangki air tawar antara lain :

1. 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 di suling menjadi air tawar dengan batas kadar garam yang diizinkan adalah 5 - 10 ppm (*part per million*).

Banyak kesulitan kita temui dalam instalasi 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 ini berkelanjutan maka perlu adanya pembersihan terhadap *coil- coil*, dan ini memerlukan perhatian yang serius dan biaya yang besar.

2. 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.

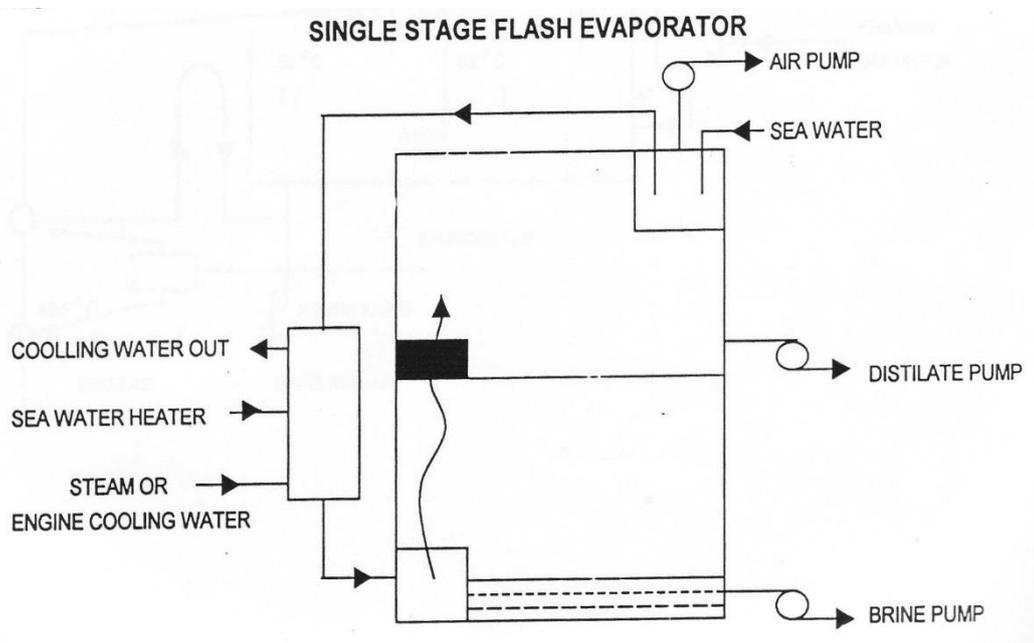
Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari *Fresh Water Generator* perlu diperhatikan teknik pengoperasian yang dilakukan menurut *manual book* di atas kapal. Selain itu juga harus di dukung kesiapan suku cadang yang memadai di atas kapal, maka *Fresh Water Generator* memerlukan penanganan yang efektif dan efisien dan juga tenaga operator yang terampil dalam bekerja. Dalam pesawat ini ada beberapa jenis *Fresh Water Generator* yang digunakan di atas kapal sebagai alat pembuat air tawar

2.2 Komponen Fresh Water Generator

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*. 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 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. Evaporator umumnya terdiri dari tiga bagian, yaitu penukar panas, bagian evaporasi (tempat di mana cairan mendidih). Evaporator umumnya terdiri dari tiga bagian, yaitu penukar panas, bagian evaporasi (tempat di mana cairan mendidih lalu menguap), dan pemisah untuk memisahkan uap dari cairan lalu dimasukkan ke dalam kondenser (untuk diembunkan/kondensasi) atau ke peralatan lainnya. Hasil dari evaporator (produk yang diinginkan) biasanya dapat berupa padatan atau larutan berkonsentrasi. Larutan yang sudah dievaporasi bisa saja terdiri dari beberapa komponen volatil (mudah menguap). Uap, dan pemisah untuk memisahkan uap dari cairan lalu dimasukkan ke dalam kondenser (untuk diembunkan/kondensasi) atau ke peralatan lainnya. Hasil dari evaporator (produk yang diinginkan) biasanya dapat berupa padatan atau larutan berkonsentrasi. Larutan yang sudah dievaporasi bisa saja terdiri dari beberapa komponen volatil (mudah menguap).



Gambar 2. Proses penguapan pada *evaporator Fresh Water Generator*

Sumber: <http://www.pelaut.xyz/2017/11/fresh-water-generator.html>

2. Kondensor

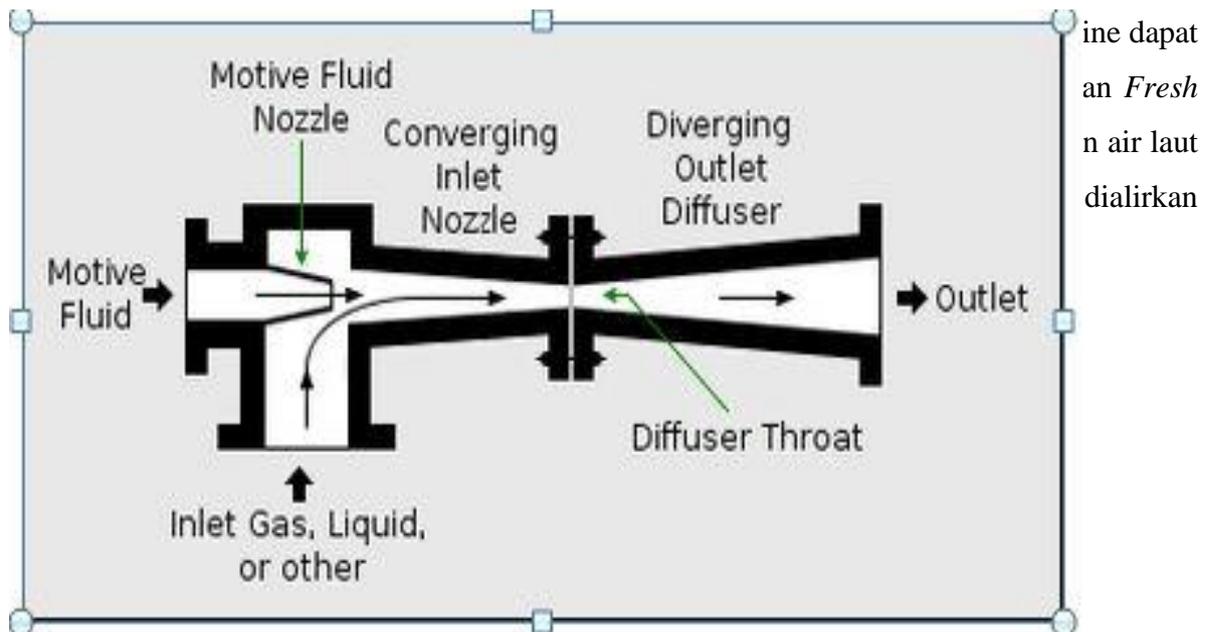
Sama seperti evaporator, kondensor juga terdiri dari pipa – pipa *heat exchanger* atau pipa – pipa pemindah panas, yang terletak pada bejana pemisah yang tertutup. Juga *separator sheel* yang berfungsi untuk mengubah bentuk gas/uap menjadi bentuk cair dengan proses kondensasi. Dalam kondensor diperlukan media pendingin yaitu air laut. Kondensor adalah alat untuk mengurangi gas atau uap ke cair. Kondensor yang digunakan dalam pembangkit listrik untuk menyingkat uap gas buang dari turbin dan alat pendingin untuk menyingkat uap refrigeran, seperti amonia dan freon. Industri minyak dan kimia menggunakan kondensator sebagai hidrokarbon dan uap kimia lainnya. Dalam distilasi, kondensor mengubah uap menjadi cair. Semua kondensor bekerja dengan menghilangkan panas dari gas atau uap. Dalam beberapa kasus, gas melewati tabung panjang panas-konduktif logam, seperti tembaga(biasanya diatur dalam kumparan atau bentuk lainnya), dan memindahkan panas ke udara sekitarnya. Kondensor industri besar menggunakan air atau cairan lainnya untuk menghilangkan panas. Kondensor panjang juga mengacu pada perangkat yang terpasang pada mesin carding dipabrik-pabrik tekstil untuk *mengumpulkan serat ke dalam keliling untuk mesin berputar.*



Gambar 3. Condensor
 Sumber : MV. KANWAY GALAXY

3. Ejector

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

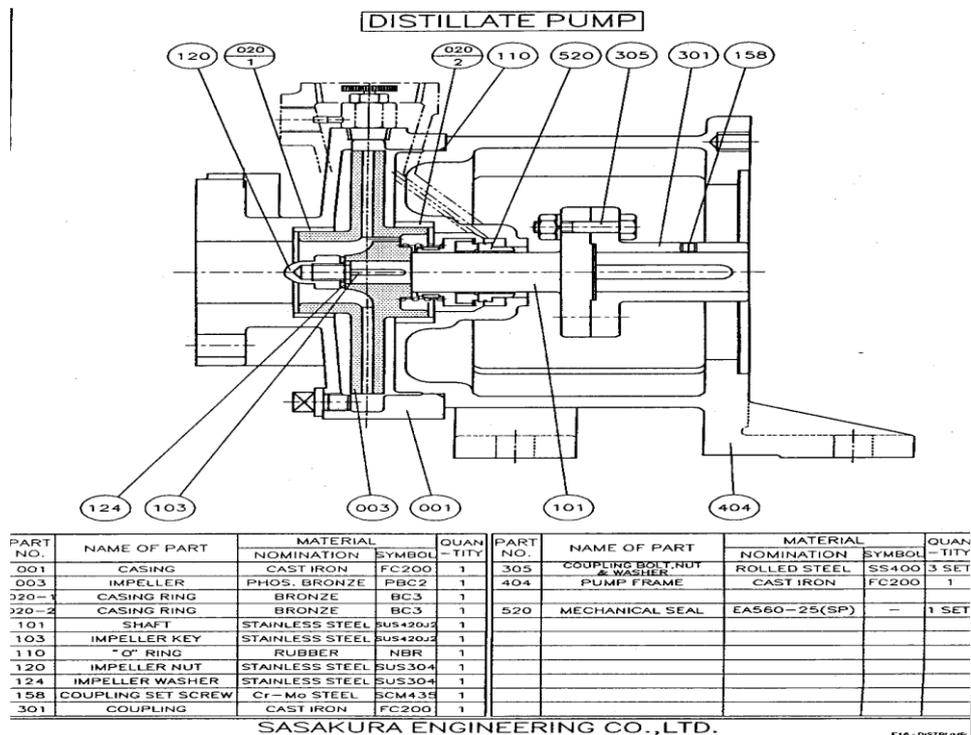


ine dapat
 an *Fresh*
 n air laut
 dialirkan

Gambar 4. Ejector
 Sumber: <https://docplayer.info/72901728-Tugas-khusus-adi-kunchoro.html>

4. Pompa Distilasi

Distillate pump adalah sebuah pompa yang berfungsi memompa air tawar yang telah dihasilkan dari proses kondensasi di dalam *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 di hisap tetap konstant. Jika level air dari kondensasi tidak nampak pada *glass*, maka segera matikan pompa destilasi agar pompa tidak bekerja dalam keadaan kering atau tidak ada air yang di hisap. Karena dapat menyebabkan keausan pada *shaft*nya. Juga perlu diperhatikan *gland packing*nya atau *mechanical seal* nya, karena jika udara masuk dari *gland packing* atau *mechanical seal* nya, dapat menyebabkan berkurangnya kevakuman didalam sistem.



Gambar 5. Distillate Pump
Sumber: MV. KANWAY GALAXY

5. Salinometer/Salinity Indicator

Alat ini berfungsi untuk mendeteksi kadar garam yang di kandung 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.



Gambar 6. *Salinity Indicator*

Sumber: <http://www.pelaut.xyz/2017/11/fresh-water-generator.html>

6. *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 sheel di *Fresh Water Generator*. Solenoid valve banyak digunakan pada banyak aplikasi. Solenoid valve menawarkan switching cepat dan aman, keandalan yang tinggi, awet/masa service yang cukup lama, kompatibilitas media yang baik dari bahan yang digunakan, daya kontrol yang rendah dan desain yang kompak.



Gambar
Sumber:

https://www.monotaro.id/corp_id/p102553594.html

7. Solenoid Valve

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



Sumber: <https://www.amazon.com/Nxtop-0-1-1GPM-0-5-4LPM-Flowmeter-Instrument/dp/B07DB82BWX>

8. Pressure Vacuum Gauge

Sebagai alat untuk mengetahui atau mengukur keadaan tekanan di dalam *Fresh Water Generator* yaitu kevakuman dan hisapan pompa yang berjalan dengan baik. *Vacuum* atau Negatif Pressure atau Tekanan Negatif atau sedotan/hisapan. Yang diukur di sini adalah

tingkat kevacuuman dari intake *manifold* yang ada di kendaraan. Caranya dengan menggunakan alat ukur bernama *vacuum gauge* atau *vacuum* meter yang dihubungkan ke lubang/konektor yang ada di intake *manifold* di mesin. Berlaku untuk mesin *Normally Aspirated* (NA) dan bukan pada mesin *Force Induction* (FI) baik *Turbo Charge* ataupun *Super Charge*, karena pada *Force Induction Pressure* atau Tekanannya Positif.

Vacuum Gauge ini ada yang berupa alat ukur untuk diagnostic yang hanya dipasang untuk keperluan trouble shooting/tuning dan juga ada yang dipasang di dashboard sebagai indikator yang sifatnya selalu terpasang dan dapat dipantau selama berkendara.

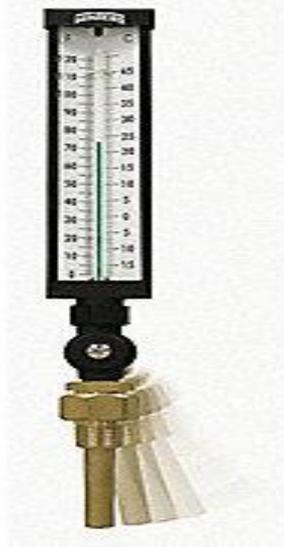


Gambar 9. Pressure Vacuum Gauge

Sumber: <https://www.defender.com/product.jsp?id=3939858>

9. *Thermometer*

Adalah alat untuk mengetahui temperatur air laut kondensor dan pemanas di heater dari air tawar pendingin jacket mesin induk yang masuk dan keluar sistem. Termometer merupakan sebuah pipa kaca sempit yang tertutup berisi zat cair dan memiliki sebuah skala. Cara kerja termometer ini pada pengaruh perubahan suhu dengan perubahan volumenya. Coba anda perhatikan pada volume air yang telah dipanaskan. Pada saat air dipanaskan, maka suhu air meningkat.

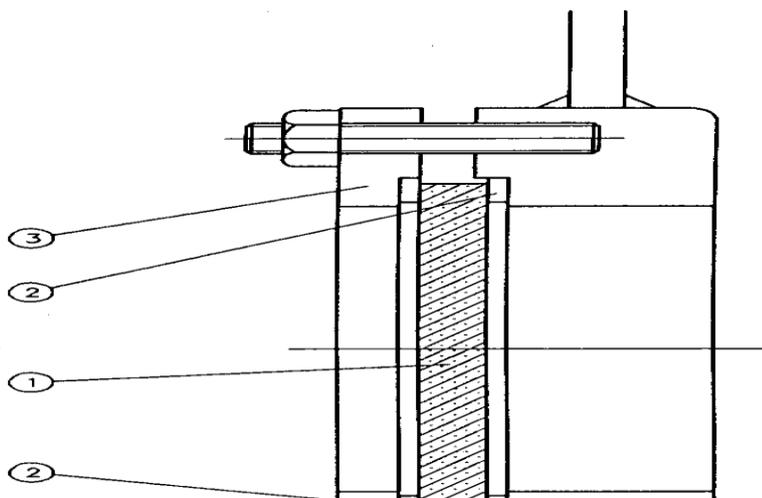


Gambar 10. termometer

Sumber: <https://sharingconten.com/pengertian-termometer/>

10. Gelas Duga

Gelas duga adalah alat untuk melihat tinggi permukaan zat cair yang ada dalam ketel tertutup atau terbuka dalam bejana cadangan. Gelas duga pada *fresh water generator* ini untuk mengetahui jumlah produksi air tawar yang dihasilkan oleh *fresh water generator* sebelum di pompa oleh distilate pump ke tanki air tawar.



Gambar 11. Gelas Duga

Sumber: <http://www.sarimanda.com/reflex-level-gauge.html>

Keterangan:

1. Gelas duga

2. Gasket

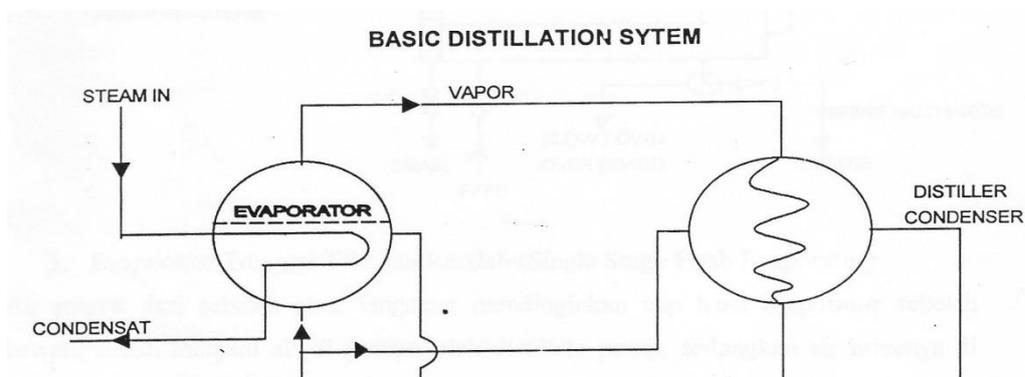
3. Cover

4. Mur dan baut

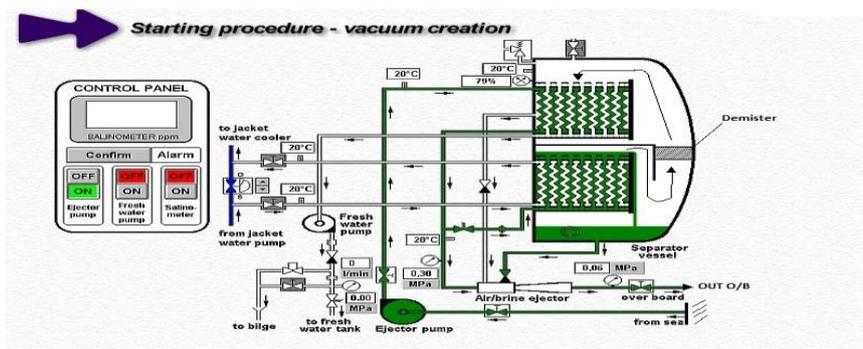
2.3 Cara Kerja Fresh Water Generator

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 air jaket mesin utama, yang digunakan untuk mendinginkan komponen mesin utama seperti kepala silinder, liner dll. Suhu yang dihasilkan dari jacket water sekitar 70 derajat Celcius. Tetapi pada suhu ini penguapan air tidak maksimal, seperti yang kita ketahui bahwa penguapan air terjadi pada 100 derajat celcius di bawah tekanan atmosfer. **Sumber : Catur sakti raharjo 2014.**

Jadi dalam rangka untuk menghasilkan air bersih di 70 derajat 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.



Gambar 12. Skema dasar proses distilasi air laut menjadi air tawar
Sumber <http://nanosmartfilter.com/reverses-osmosis-ro/page/4/>



Gambar 13. Prosedur penyalan untuk membuat vakum pada
Fresh Water Generator
<http://usman08.blogspot.com/2011/11/>