

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1. Pengertian Air Laut

Air laut adalah air dari laut atau samudra yang memiliki kadar garam (NaCl). Secara alami kadar garam air laut rata-rata 3,5 %, dimana dalam 1 liter (1000 ml) air laut terdapat 35 gram garam. Dalam ilmu kimia diasumsikan bahwa dalam 1 liter air laut (sebagai *solvent*) terdapat 35 gram garam sebagai *solute* (Anonim, 2005).

Seperti yang kita ketahui air laut rasanya asin karena mengandung garam. Garam tersebut terdiri dari banyak zat-zat terlarut garam-garam, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel terlarut. Garam-garam utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55,04%), natrium (30,61%), sulfat (7,68%), magnesium (3,69%), kalsium (1,16%), kalium (1,10%). Semua zat-zat terlarut inilah yang menyebabkan rasa asin pada air laut. Untuk mengukur tingkat keasinan air laut digunakan istilah salinitas. Salinitas didefinisikan sebagai jumlah total dalam gram bahan-bahan terlarut dalam air laut. Dalam keadaan stabil di laut kadar salinitasnya berkisar 3,5 ‰ atau 35 ppt (Alfiah, tt).

Keberadaan garam-garam mempengaruhi sifat fisis air laut (seperti: densitas, titik beku, dan temperatur. Dua sifat yang sangat ditentukan oleh jumlah garam di laut adalah daya hantar listrik (*konduktivitas*), tekanan osmosis. Air laut

## 2.2. Teori Asal-Usul Garam Air Laut

Teori salinitas air laut berasal dari zat – zat kimia yang menyebabkan air laut rasanya asin. Diperkirakan zat terlarut berasal dari daratan yang terkikis dan terbawa oleh aliran sungai-sungai yang mengalir ke laut yang disebabkan dari pengikisan unsur organik, garam, kikisan batuan darat, dari tanah longsor, air hujan atau dari gejala alam lainnya yang terbawa oleh air sungai terbawa sampai ke laut.

Teori salinitas lain juga menjelaskan bahwa, zat-zat garam tersebut berasal dari dalam dasar laut melalui proses *outgassing*, yakni rembesan dari kulit bumi di dasar laut yang berbentuk gas pada permukaan dasar laut. Bersama gas-gas ini, terlarut pula hasil kikisan kerak bumi dan unsur hara dasar laut merembes pula garam – garam sehingga terbentuk garam di laut. Kadar garam lautan tidak berubah sepanjang masa, artinya tidak dijumpai bahwa air laut pada suatu wilayah pantai makin lama makin asin (Dharmawan, 2008).

Zat-zat utama yang terlarut yang membentuk garam, kadarnya diukur dengan istilah salinitas dapat dibagi menjadi empat kelompok (Wijaya K, 2007), yaitu:

1. Konstituen utama : Cl, Na, SO<sub>4</sub>, dan Mg.
2. Gas terlarut : CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub>.
3. Unsur Hara : Si, N, dan P.
4. Unsur Runut : I, Fe, Mn, Pb, dan Hg.

Zat-zat (konstituen utama) yang tersebut di atas adalah merupakan 99,7 % dari seluruh zat terlarut dalam air laut, sedangkan sisanya 0,3 % terdiri dari ketiga kelompok zat lainnya.

### 2.3. Definisi Salinitas Air Laut

Salinitas sering diartikan dengan tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas air laut adalah konsentrasi dari total ion yang terdapat di dalam perairan (definisi salinitas air laut). Pengertian salinitas air laut yang sangat mudah dipahami adalah jumlah kadar garam yang terdapat pada suatu perairan. Hal ini dikarenakan salinitas air laut ini merupakan gambaran tentang padatan total didalam air laut setelah semua karbonat dikonversi menjadi ion terlarut dan digantikan oleh klorida. Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar.

Kandungan garam sebenarnya pada air tawar, secara definisi kurang dari 0,05 %. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi *saline* bila konsentrasinya 3 sampai 5 % dan lebih dari 5 %, ia disebut *brine*. Istilah salinitas adalah konsentrasi garam dalam larutan garam dan air. Salinitas rata-rata air laut adalah 35 bagian per seribu yang sering ditulis sebagai 35 ppt, dan itu berarti bahwa 35 bagian garam dalam setiap 1.000 bagian air laut. Kadar garam seluruh zat yang larut dalam 1.000 gram air laut, dengan asumsi bahwa seluruh karbonat telah diubah menjadi ion klorida, semua zat terlarut diganti dengan klorida (Anonim, 2005).

Salinitas berdasarkan jumlah Padatan Total Terlarut (PTT) atau (TDS)

*Total Dissolved Solids* (Hartomo, 1994) :

Air laut	: 6000-50000 ppm (dengan rata-rata 35000 ppm/35 ppt).
Air payau	: 1500-6000 ppm (daerah campuran air asin dan air tawar).
Air agak payau	: 800-1500 ppm (air sumur asin, intrusi air, muara sungai).
Air tawar ( <i>fresh</i> )	: <800 ppm (air sumur dalam bor, danau, sungai).

#### 2.4 Sebaran Tingkat Salinitas Air Laut

Tiap wilayah memiliki kadar salinitas yang berbeda-beda seperti di daerah tropis salinitasnya berkisar antara 30-35 ‰, tetapi tidak terdapat penambahan kadar garam. Kadar garam ini tetap dan tidak berubah sepanjang masa namun untuk kadar salinitas di setiap perairan berbeda, disebabkan karena adanya distribusi salinitas di laut. Distribusi salinitas terjadi secara vertikal dan secara horizontal yaitu semakin ke arah lintang tinggi maka salinitas juga akan bertambah tinggi. Maka dari itulah salinitas di daerah laut tropis (daerah disekitar khatulistiwa) lebih rendah daripada salinitas di laut subtropis. Daerah yang memiliki salinitas paling tinggi berada pada daerah lintang antara 30 °LU dan 30 °LS kemudian menurun ke arah lintang tinggi dan khatulistiwa. Di perairan Indonesia yang termasuk iklim tropis, salinitas meningkat dari arah barat ke timur dengan kisaran antara 30-35 ‰. Air samudera yang memiliki salinitas lebih dari 34 ‰ ditemukan di Laut Banda dan Laut Arafuru yang diduga berasal dari Samudera Pasifik. Sebaran salinitas secara horizontal tersebut terjadi karena

lainnya yang ternyata mempengaruhi distribusi secara horizontal yaitu angin daerah tropis lebih tinggi dibandingkan daerah lainnya maka terjadi pengenceran air laut yang menyebabkan rendahnya salinitas di daerah tropis. Di Indonesia sistem angin muson sangat berpengaruh terhadap sebaran salinitas baik secara vertikal dan horizontal. Secara horizontal salinitas dikarenakan angin muson mempengaruhi arus untuk bergerak, arus akan membawa massa air. Angin muson akan menyebabkan terjadinya musim hujan dan musim panas. Perubahan musim inilah yang menyebabkan variasi tahunan salinitas perairan seperti terjadinya perubahan sirkulasi massa air yang bersalinitas tinggi dengan massa air bersalinitas rendah. Sedangkan *topografi* mempengaruhi salinitas suatu wilayah perairan karena terkait dengan ada tidaknya limpahan air tawar yang berasal dari sungai menuju muara.

Distribusi secara vertikal terjadi dengan semakin bertambahnya kedalaman. Pola distribusi vertikal sebaran salinitas terjadi pencampuran dipermukaan pada kedalaman antara 50-100 m dimana salinitas hampir homogen. Pada lapisan *haloklin* yaitu lapisan dengan perubahan sangat besar dengan bertambahnya kedalaman 600-1000 m dimana lapisan tersebut memberikan nilai salinitas rendah dan adanya angin menentukan juga penyebaran salinitas secara vertikal. Sistem angin muson berpengaruh bagi sebaran salinitas perairan secara vertikal maupun horizontal. Angin menyebabkan arus yang membawa massa air seperti arus yang bersalinitas tinggi dari Lautan Pasifik yang masuk melalui Laut Halmahera dan Selat Torres. Di Laut Flores, salinitas perairan rendah pada Musim Barat

Musim Timur, tingginya salinitas dari Laut Banda yang masuk ke Laut Flores mengakibatkan meningkatnya salinitas Laut Flores. Laut Jawa memiliki massa air dengan salinitas relatif rendah yang diakibatkan oleh adanya sungai-sungai besar di P.Sumatra, P.Kalimantan, dan P. Jawa Faktor selain angin adalah pengadukan. Pengadukan dalam lapisan permukaan seperti gelombang arus air laut dapat memungkinkan salinitas menjadi homogen. Gelombang mengangkat massa air dengan tingkat salinitas tinggi di lapisan dalam dan mengakibatkan naiknya tingkat salinitas permukaan perairan (Budiono, 2009).

Faktor – faktor utama yang mempengaruhi salinitas air laut suatu wilayah pantai diantaranya (Alfiah, tt) :

1. Penguapan, makin besar tingkat penguapan air laut di suatu wilayah, maka salinitasnya tinggi dan sebaliknya pada daerah yang rendah tingkat penguapan air lautnya, maka daerah itu rendah kadar garamnya.
2. Curah hujan, makin besar/banyak curah hujan di suatu wilayah laut maka salinitas air laut itu akan rendah dan sebaliknya makin sedikit/kecil curah hujan yang turun salinitas akan tinggi.
3. Banyak sedikitnya sungai, yang bermuara di laut tersebut, makin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas laut tersebut akan rendah, dan sebaliknya makin sedikit sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitasnya akan tinggi.

Air laut bersalinitas lebih tinggi terdapat di daerah lintang tengah dimana

salinitas air laut lebih tinggi terdapat di dekat ekuator dimana air hujan

menawarkan air asin di permukaan laut, sedangkan pada daerah lintang tinggi terdapat es yang mencair akan menawarkan salinitas air permukaannya.

## 2.5. Penentuan Nilai Salinitas Air Laut

Istilah teknik untuk salinitas adalah *halinitas*, dengan didasarkan bahwa halida-halida terutama klorida adalah ion yang paling banyak dari elemen-elemen terlarut. Dalam *oseanografi*, nilai halinitas/salinitas dinyatakan bukan dalam persen tetapi dalam “bagian perseribu” (*parts per thousand*, ppt) atau (‰), kira-kira sama dengan jumlah gram *garam* untuk setiap liter larutan. Sebelum tahun 1978, salinitas atau halinitas dinyatakan sebagai ‰ dengan didasarkan pada rasio konduktivitas elektrik sampel terhadap “*Copenhagen water*”, air laut buatan yang digunakan sebagai standar air laut dunia. Pada 1978, oseanografer meredefinisikan salinitas dalam *Practical Salinity Units* (PSU “*Unit Salinitas Praktis*”) rasio konduktivitas sampel air laut terhadap larutan standar. Unit konsentrasi nilai salinitas umumnya digunakan nilai pengukuran ppm (bagian per satu juta). Sebagai unit konsentrasi nilai pengukuran ppm (bagian per satu juta) biasanya digunakan sebagai ukuran tingkat kecil konsentrasi zat cair untuk air dan konsentrasi larutan.

Bagian per sejuta adalah rasio massa antara komponen polutan dan solusi dan ppm didefinisikan dalam sistem metrik yang dinyatakan dalam miligram dibandingkan kilogram dimana  $1 \text{ mg/kg} = 1 \text{ bagian per juta}$ . Konsentrasi garam tinggi sering juga digambarkan dalam satuan bagian per seribu (ppt) untuk

Hubungan antara unit-unit satuan *ppt* dan *ppm* adalah :

Nilai salinitas ditentukan dari jumlah ion yang paling banyak dari elemen-elemen terlarut. Dalam oseanografi, nilai halinitas/salinitas dinyatakan bukan dalam persen tetapi dalam “bagian perseribu” pada air laut nilainya *ppt* (*parts per thousand*) atau untuk nilai salinitas rendah dalam “bagian persepuluhan”, *ppm* (*part per million*). Nilainya (1 *ppt*) menunjukkan terdapat garam 1 gram untuk setiap liter air laut, dapat dituliskan  $1 \text{ ppt} = 1000 \text{ mg/L} = 0,1 \text{ persen}$  (*ppt*, gram per liter).

Untuk nilai satuan (*ppm*) adalah nilai salinitas yang dipakai jika konsentrasi garam yang terlarut rendah. Sehingga nilainya ditunjukkan dalam “bagian per sepuluhan” atau *ppm* berarti keluar dari satu juta. Nilai (1 *ppm*) adalah setara dengan 1 miligram garam terlarut untuk setiap liter air (*mg/L*) atau 1 miligram garam terlarut dalam 1 liter air, dapat dituliskan  $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L} = 0,001 \text{ persen}$  (*ppm*, miligram per liter) Salinitas rata-rata air laut memiliki salinitas 35,0 ‰ 35 *ppt* atau 35000 *ppm* (Turekian, 1968).

Untuk menentukan salinitas, secara kimia penentuan nilai salinitas dilakukan dengan cara menghitung jumlah kadar klorida dalam sample air laut. Karena sangat sulit untuk menentukan salinitas senyawa terlarut secara keseluruhan. Oleh sebab itu hanya dilakukan peninjauan pada komponen terbesar yaitu klorida (Cl). Kandungan klorida ditetapkan pada tahun 1902 sebagai jumlah dalam gram ion klorida pada satu kilogram air laut jika semua zat terlarut digantikan oleh klorida. Penetapan ini mencerminkan proses kimiawi untuk



jumlah total dalam gram bahan-bahan terlarut dalam satu kilogram air laut jika semua karbonat dirubah menjadi bromida dan yodium dirubah menjadi klorida.

Selanjutnya hubungan antara salinitas dan klorida ditentukan melalui suatu rangkaian pengukuran dasar laboratorium berdasarkan pada sampel air laut di seluruh dunia dan dinyatakan sebagai:  $S (\text{‰}) = 0.03 + 1.805 \text{ Cl} (\text{‰})$  (1902) lambang ‰ (dibaca per mil) adalah bagian per seribu. Kandungan garam 3,5% sebanding dengan 35 ‰ atau 35 gram garam di dalam satu kilogram air laut. Persamaan tahun 1902 di atas akan memberikan harga salinitas sebesar 0,03 ‰ jika klorida sama dengan nol dan hal ini sangat menarik perhatian dan menunjukkan adanya masalah dalam sampel air yang digunakan untuk pengukuran laboratorium. Oleh karena itu, pada tahun 1969 UNESCO memutuskan untuk mengulang kembali penentuan dasar hubungan antara klorinitas dan salinitas dan memperkenalkan definisi baru yang dikenal sebagai salinitas absolut dengan rumus:  $S (\text{‰}) = 1.80655 \text{ Cl} (\text{‰})$  (1969) namun demikian, dari hasil pengulangan definisi ini ternyata didapatkan hasil yang sama dengan definisi sebelumnya.

Definisi salinitas ditinjau kembali ketika teknik untuk menentukan salinitas dari pengukuran *konduktivitas*, temperatur dan tekanan dikembangkan. Sejak tahun 1978, didefinisikan suatu satuan baru yaitu *Practical Salinity Scale* (Skala Salinitas Praktis) dengan simbol S, sebagai rasio dari *konduktivitas*. Salinitas praktis dari suatu sampel air laut ditetapkan sebagai rasio dari *konduktivitas listrik* (K) sampel air laut pada temperatur 15 °C dan tekanan satu



## 2.6. Prinsip Dasar *Destilasi*.

*Destilasi* merupakan istilah lain dari penyulingan, yakni proses pemanasan suatu bahan pada berbagai temperatur, tanpa kontak dengan udara luar untuk memperoleh hasil tertentu. Penyulingan adalah perubahan bahan dari bentuk cair ke bentuk gas melalui proses pemanasan cairan tersebut dan kemudian mendinginkan gas hasil pemanasan, untuk selanjutnya mengumpulkan tetesan cairan yang mengembun (Cammack, 2006).

Destilasi adalah proses pemisahan komponen-komponen dalam suatu *liquid* untuk mendapatkan salah satu atau beberapa komponen tertentu yaitu pemisahan antara air asin dengan air tawar. Pada proses *destilasi*, diawali dengan proses pemanasan air laut, dipanaskan hingga air (zat cair) yang memiliki titik didih rendah akan menguap selanjutnya uap tersebut diembunkan (kondensasi) untuk mendapatkan air tawar, atau dengan kata lain *destilasi* air laut adalah proses penyulingan berdasarkan perbedaan titik didih. Perbedaan titik didih terjadi sebagai akibat terjadinya penurunan tekanan uap jenuh zat pelarut (*solvent*) yaitu *air* dan kenaikan titik didih zat terlarut (*solute*) yaitu NaCl *garam*. Adanya penurunan tekanan uap jenuh pelarut, mengakibatkan titik didih zat yang terlarut yaitu NaCl lebih tinggi dari titik didih pelarut yaitu air laut. Pada proses *destilasi* komponen air tawar lebih cepat menguap daripada komponen yang mengandung

2.6.1. Prinsip Dasar Destilasi





Beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan penguapan zat cair (Anonim, tt) :

- Tekanan uap. Tekanan uap adalah tekanan uap intrisik suatu zat dimana dalam kondisi setimbang dengan bentuk zat cairnya. Air pada temperatur 25 °C tekanan uapnya 25 mm Hg.
- Bertambahnya Temperatur, meningkatkan tekanan uap dan akibatnya meningkatnya kecepatan penguapan (air pada temperatur 100°C, tekanan uap air adalah 76 Cm Hg atau 1 atmosfer).
- Adanya tekanan uap suatu larutan, yang rendah akan mengurangi kecepatan penguapan. Maka, sebagai contoh kecepatan penguapan air dari air garam akan menjadi berkurang dibandingkan dari air bersih.
- Kecepatan udara, faktor yang penting adalah udara bergerak melintang pada permukaan zat kondensat.

Menurunkan tekanan mempercepat peroses penguapan, jika tekanan udara luar/lingkungan lebih kecil dari 1 atm. Daerah yang jauh lebih tinggi dari permukaan laut misalnya di pegunungan tekanan udara semakin rendah (semakin tinggi suatu tempat dari permukaan laut tekanan udara luarnya akan semakin kecil). Proses pendidihan pada lingkungan bertekanan rendah, maka titik didih zat cair akan semakin rendah. Titik didih air dipengaruhi oleh tekanan udara, semakin rendah tekanan udara, maka titik didih zat cair semakin rendah. Hal ini yang menyebabkan air akan lebih cepat mendidih di puncak gunung yang tinggi (titik didihnya lebih rendah) dibandingkan dengan didekat permukaan laut.

Salah satu contoh titik didih air di daerah bertekanan rendah (katakanlah 1/3 atm)

Perbedaan proses penguapan dan proses pendidihan (Giancoli, Doudlas 2006) :

1. Pada proses penguapan, tekanan uap jenuh (*saturated vapor pressure* (svp) atau *vapor pressure*) lebih kecil dari tekanan udara luar. Sementara proses mendidih dapat tercapai jika tekanan uap jenuh (svp) sama dengan tekanan luar.
2. Penguapan adalah suatu proses yang terjadi pada permukaan zat cair saja sedangkan pendidihan terjadi pada bagian volume zat cair.
3. Pendidihan dapat terjadi pada titik didih tertentu, sedangkan penguapan dapat terjadi pada temperatur di bawah titik didih.

Kecepatan penguapan bergantung pada temperatur zat cair tersebut, seberapa kuat ikatan antar molekul dalam zat cair tersebut, luas permukaan zat cair, temperatur, tekanan, dan udara sekitar dimana penguapan itu terjadi.

### 2.6.3 Kondensasi

Proses kondensasi/pengembunan adalah proses perubahan wujud gas menjadi wujud cair karena adanya perbedaan temperatur. Temperatur pengembunan berubah sejalan dengan tekanan uap. Oleh karena itu temperatur pengembunan didefinisikan sebagai temperatur pada kondisi jenuh akan dicapai bila udara didinginkan pada tekanan tetap tanpa penambahan kelembaban. Untuk menghasilkan pengembunan dilakukan dua cara (Karnaningroem, 1990), yaitu:

Proses kondensasi merupakan proses pembuangan kalor dengan cara konveksi meniupkan udara yang mempunyai temperatur lebih rendah dari *refrigerant* melewati kondenser sehingga terjadi perpindahan kalor. Dan melalui alat *kondenser* sebagai alat penukar kalor pada sistem *refrigerasi* yang berfungsi untuk melepaskan kalor ke lingkungan (kondensasi). Salah satu *kondenser* yang banyak kita jumpai adalah *kondenser* berpendingin udara bersirip plat. Proses perubahan dari gas ke cair ini dilakukan dengan membuang kalor yang ada pada *refrigerant* ke lingkungan sekitarnya pada temperatur dan tekanan konstan. Proses perpindahan kalor ini dimaksimalkan dengan adanya sirip-sirip pada *kondenser* dan aliran udara yang cukup dan bebas dari hambatan.

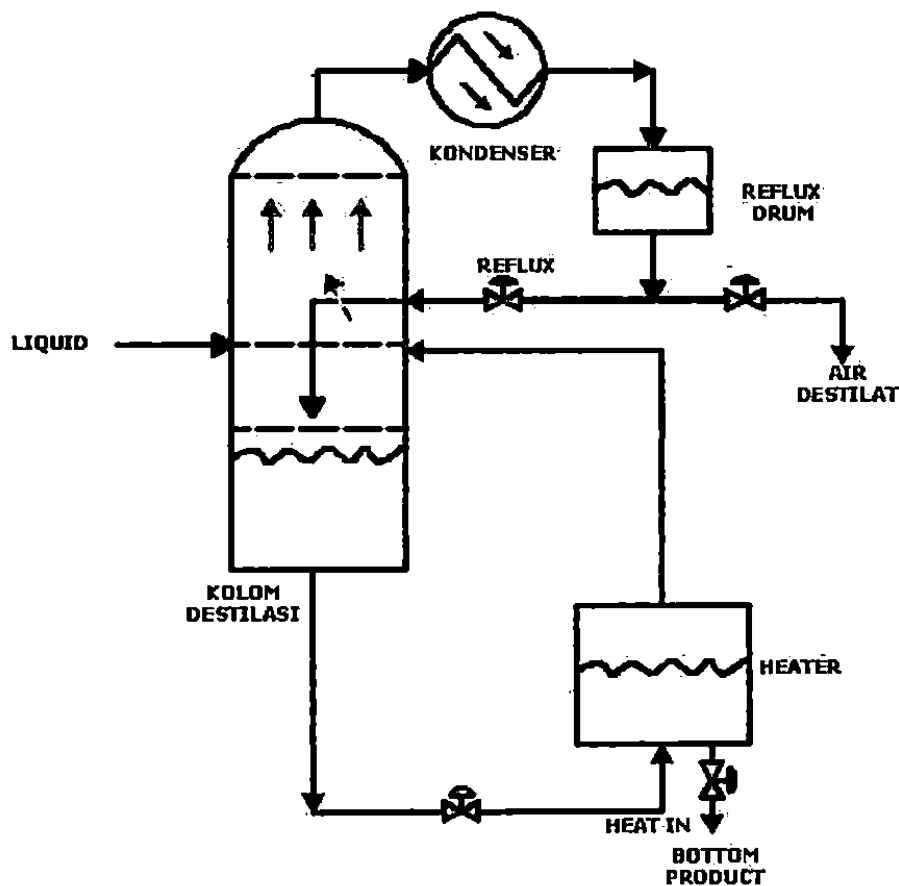
Di dalam *kondenser* terjadi proses kondensasi atau pengembunan, yaitu perubahan wujud seperti gas atau (uap) menjadi cairan. Proses terjadinya kondensasi dapat dilihat ketika uap didinginkan menjadi cairan, tetapi dapat juga terjadi bila sebuah uap dikompresi (yaitu, tekanan ditingkatkan) menjadi cairan, atau mengalami kombinasi dari pendinginan dan kompresi. Cairan yang telah terkondensasi dari uap menjadi cair disebut kondensat.

Kapasitas *kondenser* adalah kemampuan kondenser untuk melepaskan kalor dari *refrigerant* (sistem) ke media pendingin.



## 2.7. Mekanisme Proses Destilasi Sistem Pemanas Listrik

Berikut ini adalah proses kerja alat *destilasi* menggunakan pemanas *heater* dengan sumber energi listrik. Bagian utama dari alat *destilasi* sistem pemanas listrik terdiri dari beberapa bagian utama sebagai berikut :



**Gambar 2.1.** Mekanisme Alat Destilasi (Hendrawan, 2008)

### Operasi dasar dan proses destilasi

*Liquid* (air laut) dimasukkan ke dalam penampung kolom *destilasi* bawah. Kolom tersebut dipisah menjadi dua bagian yaitu bagian atas (*enriching/rectifition*) dan bagian bawah (*stripping*). Kemudian *liquid* mengalir

ke bagian bawah kolom di mana ada sebuah tabung pemanas untuk dipanaskan oleh

elemen pemanas *heater* menggunakan sumber energi listrik. Dalam proses ini digunakan metode *continuous destilation* dimana *liquid* akan terus dialirkan dan proses akan berjalan kontinyu. Campuran uap air dan *liquid* akan dialirkan ke bawah kolom tabung evaporasi. Dimana uap air akan bergerak naik ke atas, sedangkan *liquid* turun sebagai *brain*. Uap air yang berada di atas akan mengalami kondensasi oleh kondenser, kemudian hasilnya ditampung pada refluks drum.

Prinsip *destilasi* adalah menguapkan fluida kemudian mengkondensasikan maka pada proses *destilasi* ini *kondenser* sebagai media bantu pendingin. Kondenser sangat berperan penting dalam menentukan kuantitas hasil *destilasi* karena peristiwa kondensasi akan terjadi jika uap didinginkan sampai di bawah titik jenuhnya, sehingga terbentuk inti tetes embun secara homogen di dalam fase uap atau secara heterogen pada permukaan *kondenser*.

## 2.8. Hukum Thermodinamika

Thermodinamika merupakan ilmu yang mempelajari tentang Energi hubungan (pertukaran) antara panas dan kerja. Hubungan ini didasarkan pada *Hukum Thermodinamika Pertama dan Hukum Thermodinamika Kedua*.

Prinsip - prinsip dan metode-metode Thermodinamika dipakai pad perencanaan-perencanaan alat penukar kalor , pendingin dengan tenaga listrik, aliran panas dan kesetimbangan reaksi kimia.

Berbagai konsep, model, dan hukum Thermodinamika dan perpindahan

fisika, model khusus, dan juga hukum yang digunakan untuk memecahkan masalah dari system semua aspek dan transformasinya.

➤ **Temperatur**

Suatu bahan menyatakan suatu keadaan termalnya dan kemampuan untuk bertukar energi dengan bentuk yang lain. Semakin tinggi perbedaan temperatur bahan terhadap bahan lain, maka kemampuan untuk bertukar energi semakin besar. Titik acuan bagi skala Celsius adalah titik beku air ( $0^{\circ}\text{C}$ ) dan titik didih air ( $100^{\circ}\text{C}$ ).

➤ **Tekanan**

Tekanan adalah gaya normal yang diberikan oleh suatu fluida persatuan luas benda yang terkena gaya tersebut yang dinyatakan dengan persamaan :

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0,1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar}$$

$$= 760 \text{ mm Hg}$$

$$= 101325 \text{ Pa}$$

$$= 10,34 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$= 14,7 \text{ psi}$$

$$= 2116 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 29,92 \text{ in Hg}$$

$$= 33,91 \text{ ft H}_2\text{O}$$

Tekanan dapat dibedakan menjadi 3 golongan, yaitu :

1. Tekanan absolute/mutlak adalah tekanan yang diukur di atas nol atmosfer.

$$P_{abs} = P_{gage} + P_{atm}$$

2. Tekanan vakum adalah tekanan yang diukur di bawah tekanan 1 atmosfer atau

dapat diartikan jika,  $P < P_{atm}$ , maka :  $P_{vac} = P_{atm} - P_{abs}$

3. Tekanan gage adalah tekanan yang diukur di atas tekanan atmosfer suatu tempat

atau dapat diartikan jika  $P > P_{atm}$ , maka :  $P_{gage} = P_{abs} - P_{atm}$

Temperatur penguapan pada alat ditentukan pada  $T_{sat} = 95 \text{ }^\circ\text{C}$ , maka perhitungan tekanan vakum pada alat sebagai berikut :

Untuk  $T_{sat} = 95 \text{ }^\circ\text{C}$   $\longrightarrow$  T-A4  $P_{sat} = 84,55 \text{ kPa} = 84550 \text{ Pa}$

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$P_{vac} < P_{atm}, \text{ maka : } P_{vac} = P_{atm} - P_{abs}$$

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$84550 \text{ Pa (Pvac)} = \frac{84550 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa}} = 0,83 \text{ atm}$$

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cm Hg}$$

$$\begin{aligned} 0,83 \text{ atm} &= \frac{0,83 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} \times 76 \text{ cm Hg} \\ &= 63,08 \text{ cm Hg (P}_{abs}\text{)} \end{aligned}$$

$$P_{vac} = P_{atm} - P_{abs}$$

$$P_{vac} = 76 - 63,08 = 12,92 \text{ cm Hg}$$

### 2.8.1 . Sifat Larutan Air Laut

Air laut merupakan larutan campuran dari zat terlarut (komponen minor) dan pelarut (komponen utama). Air laut merupakan larutan zat cair/air ( $H_2O$ ) sebagai pelarut dan larutan garam ( $NaCl$ ) sebagai terlarut. Bahwa jumlah garam dalam larutan dapat mempengaruhi tingkat penguapan khususnya air laut, semakin banyak jumlah garam yang terlarut penguapannya semakin berkurang.

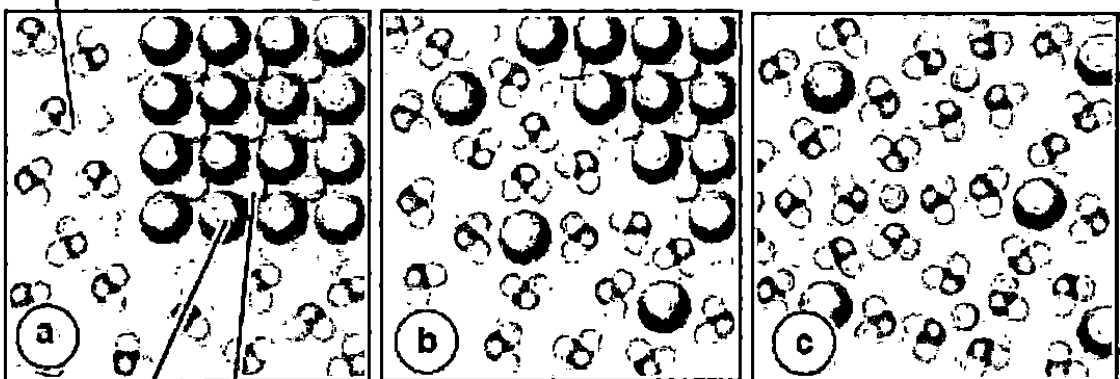
Ketika garam dilarutkan dalam air, masing-masing molekul garam memecah menjadi satu ion natrium ( $Na$ ) dan satu ion klorida ( $Cl$ ). Sama seperti magnet partikel tersebut bermuatan positif dan negatif terjadi tarik menarik dengan partikel lainnya. molekul air murni ikatan molekulnya lebih lemah. Kemampuan molekul menyerap energi yang cukup untuk (menguap) lebih rendah dan ketika garam dilarutkan dalam air kekuatan ikatan antar molekulnya lebih kuat. Untuk membebaskan diri atau (menguapkan) molekul-molekul larutan tersebut akan memerlukan lebih banyak energi daripada sebelumnya (sebelum garam ditambahkan). Terlarut garam dalam air akan menurunkan tekanan uap saturasi, dan terjadi penurunan potensial kimia air dan hasilnya tingkat penguapan lebih rendah. Tekanan uap air garam lebih rendah dari air tawar mengakibatkan penurunan tingkat penguapan (Mickley, 2001).

Pada air laut rata – rata terjadinya penambahan  $NaCl$  sebagai zat terlarut di dalam air laut yang disebut salinitas 35 ppt (dengan asumsi 1 liter air laut terdapat 35 gram  $NaCl$ ) pada air laut sebagai zat pelarut terjadi penurunan tekanan uap jenuh, hal ini disebabkan karena zat yang terlarut akan mengurangi bagian atau

Menurut (Leaney dan Christen, 2000) menunjukkan laju penguapan berkurang sebanding dengan peningkatan salinitas air laut.

Pelarut air + Terlarut garam > Air Laut > Tekanan uapnya rendah > Titik didih menjadi lebih tinggi dibandingkan pelarut air murni.

molekul-molekul air ( $H_2O$ )



ion klorida ( $Cl^-$ )    ion natrium ( $Na^+$ )    molekul-molekul air menarik ion-ion kristal    molekul air mengelilingi ion-ion dalam larutan

**Gambar .2.2.** Air (pelarut) dan garam (terlarut) pada larutan air laut (Anonim,tt)

- a) Molekul-molekul air ( $H_2O$ ) ion Na dan ion Cl.
- b) Molekul-molekul air menarik ion-ion dari garam.
- c) Molekul-molekul air mengelilingi ion-ion dalam larutan.

Untuk larutan garam:  $NaCl \rightarrow Na + Cl$  karena terurai menjadi 2 ion, maka konsentrasi partikelnya menjadi 2 kali semula = 1.0 molal.

$NaCl$  ketika dilarutkan dalam air, Na dan Cl ion menjadi dikelilingi oleh molekul air polar. Ion - ion klorida juga sangat terlarut.

Sifat larutan yang selanjutnya adalah, apabila kita membandingkan titik didih air murni dengan larutan garam maka titik didih larutan garam akan lebih tinggi dibandingkan dengan titik didih air murni. Dari penjelasan hokum Raoult dan tekanan uap larutan kita tahu bahwa adanya zat terlarut yang tidak mudah menguap di dalam suatu pelarut akan menurunkan tekanan uap pelarutnya,

pelarut murninya. Dengan demikian semakin banyak energi (kalor) yang diperlukan untuk mencapai tekanan uap sebesar 1 atm, sehingga larutan akan memiliki titik didih yang lebih tinggi.

### ➤ **Penurunan Tekanan Uap Jenuh**

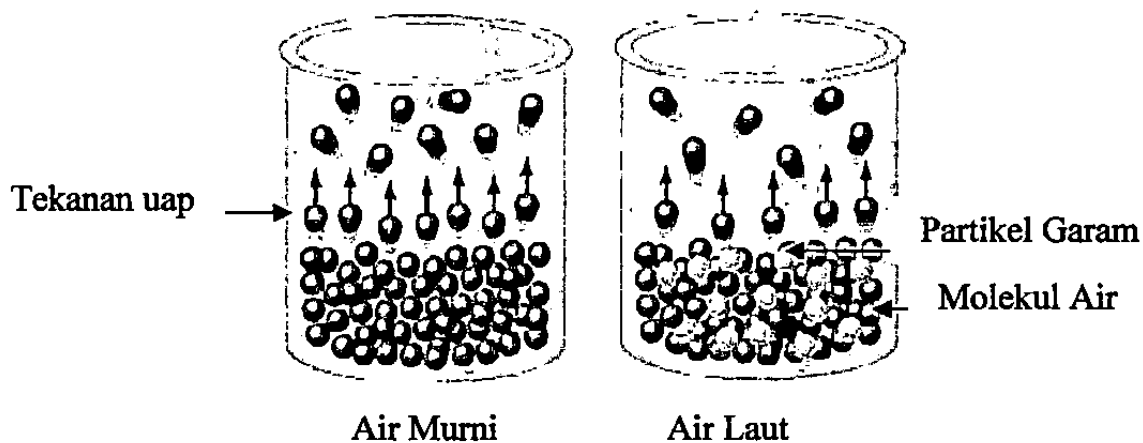
Molekul - molekul zat cair yang meninggalkan permukaan menyebabkan adanya tekanan uap zat cair. Semakin mudah molekul - molekul zat cair berubah menjadi uap, makin tinggi pula tekanan uap zat cair. Air laut merupakan garam cair (tidak mudah menguap) yang terlarut oleh zat air murni yang (lebih mudah menguap), maka partikel - partikel zat terlarut ini akan mengurangi penguapan molekul - molekul larutan air laut. Kedua hukum Termodinamika menunjukkan bahwa peningkatan aktivitas ion sebagai akibat dari kehadiran zat terlarut mengurangi potensi kimia pelarut cair dan juga tingkat spontan transformasi dari fase cair ke fase uap (Kokya, 2006). Penurunan tekanan uap jenuh merupakan penurunan kemampuan molekul - molekul zat cair untuk berubah menjadi uap.

Laut mati adalah contoh dari terjadinya penurunan tekanan uap pelarut oleh zat terlarut yang tidak mudah menguap, sehingga konsentrasi garamnya sangat tinggi. Air berkadar garam sangat tinggi berada di daerah gurun yang sangat panas dan kering, serta tidak adanya sungai menuju laut bebas menyebabkan konsentrasi zat terlarutnya semakin tinggi (Salhotra, Adams 1985).

Temperatur zat cair selalu mempunyai tekanan tertentu, tekanan ini adalah tekanan uap jenuh pada temperatur tertentu. Penambahan suatu zat ke

... akan menyebabkan penurunan tekanan uap jenuhnya. Hal ini disebabkan

karena zat terlarut itu mengurangi bagian atau fraksi mol dari pelarut, sehingga mengurangi kecepatan penguapannya.



**Gambar. 2.3.** Gambaran penurunan tekanan uap larutan air laut (Anonim, 2002).

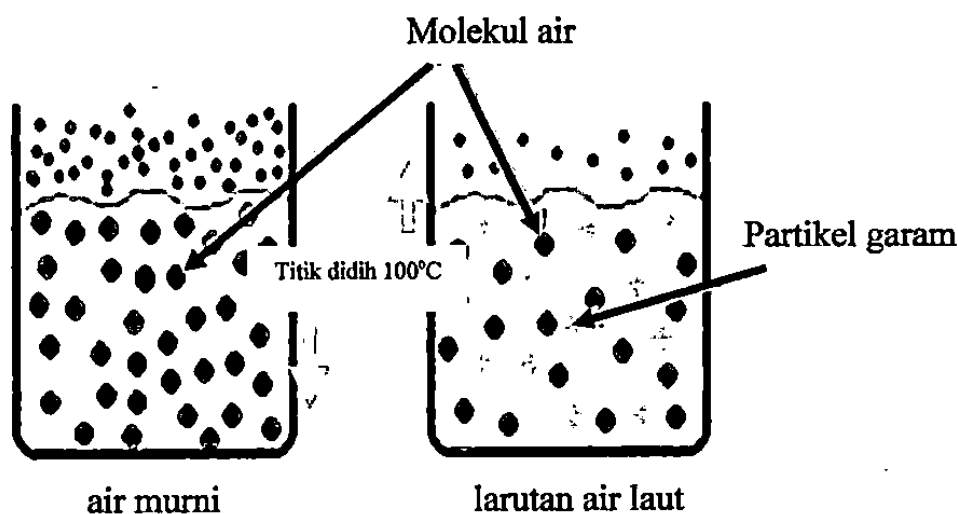
Kohesi antara ion terlarut (garam) menghambat penguapan pelarut (air), akan membuat molekul air lebih sulit menguap (penurunan tekanan uap jenuh).

### ➤ Kenaikan Titik Didih

Adanya penurunan tekanan uap jenuh mengakibatkan titik didih larutan (air laut) lebih tinggi. Titik didih larutan garam jenuh sudah mendekati  $108,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi dari titik didih pelarut murni (air). Titik didih zat cair adalah temperatur tetap pada saat zat cair mendidih, dimana pada temperatur ini tekanan uap zat cair sama dengan tekanan udara di sekitarnya. Hal tersebut menyebabkan terjadinya penguapan diseluruh bagian zat cair dimana titik didih zat cair diukur pada tekanan 1 atm. Dari hasil penelitian, menunjukkan titik didih larutan selalu lebih tinggi dari titik didih pelarut murninya. Hal ini disebabkan adanya partikel -



- partikel pelarut. Oleh karena itu, penguapan partikel - partikel pelarut membutuhkan energi yang lebih besar. Perbedaan titik didih larutan dengan titik didih pelarut murni di sebut kenaikan titik didih. Penambahan zat terlarut berupa garam (NaCl) kedalam air menyebabkan titik didih lebih tinggi ( $>100^{\circ}\text{C}$ ) jika dibandingkan dengan pemanasan air tanpa zat terlarut (titik didih air  $100^{\circ}\text{C}$ ). Hal ini berkaitan dengan sifat *koligatif* larutan di mana sifat suatu larutan hanya bergantung pada jumlah zat terlarut, dan bukan pada jenis zat terlarut.



**Gambar 2.4.** Kenaikan titik didih larutan garam  $> 100^{\circ}\text{C}$  (Anonim, 2002).

## 2.9. Klasifikasi Air

### 2.9.1. Air Konsumsi

Syarat-syarat air minum ditentukan oleh beberapa standar yang ada pada beberapa negara, berbeda-beda menurut kondisi negara masing-masing, perkembangan ilmu pengetahuan, dan perkembangan teknologi. Untuk negara berkembang seperti Indonesia, perlu didapatkan cara-cara pengolahan ataupun

yang dikonsumsi masyarakat dapat dikatakan baik atau dapat dikatakan memenuhi standar internasional, tetapi terjangkau oleh masyarakat.

Standar persyaratan-persyaratan fisik air minum tampak adanya beberapa unsur persyaratan meliputi: temperatur, warna, bau dan rasa, kekeruhan, jumlah zat padat terlarut (TDS) *Total Dissolved Solids*.

Syarat fisik air konsumsi :

- a. Air tidak boleh berwarna.
- b. Air tidak boleh berasa.
- c. Air tidak boleh berbau.
- d. Temperatur air dibawah temperatur udara  $\pm 25^{\circ}\text{C}$
- e. Air harus jernih.

Dalam tinjauan berikut ini, akan diperoleh pengertian lebih jauh tentang standar kualitas air minum (Sutrisno, 1987), antara lain :

### **1. Temperatur**

Temperatur air seharusnya sejuk atau tidak panas terutama agar tidak terjadi pelarutan zat kimia pada saluran/pipa yang dapat membahayakan kesehatan. Selain itu temperatur yang tinggi dapat mempercepat reaksi-reaksi biokimia didalam saluran/pipa.

### **2. Warna**

Air minum seharusnya tidak berwarna untuk alasan estetika dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikro organisme yang

berwarna. Rangsang dari warna adalah sikon orang yang meminumnya dan

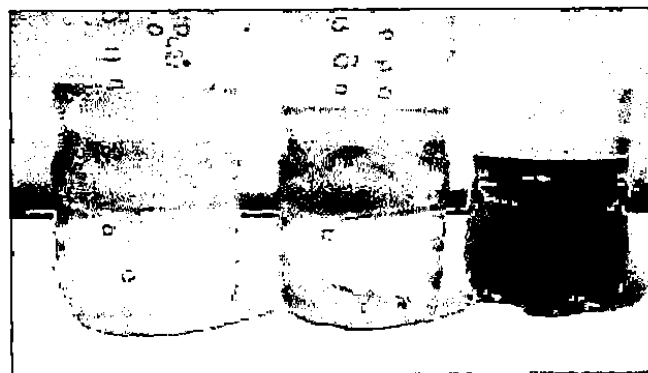
harus diuji dengan larutan baku tertentu di laboratorium, misalnya *nesller* untuk menemntukan kadar pada air minum (Hartomo, 1994).

### 3. Bau dan Rasa

Air minum yang berbau dan berasa selain tidak sehat juga tidak akan disukai masyarakat. Dampak yang ditimbulkan oleh adanya bau dan rasa di dalam air adalah dapat menimbulkan kekhawatiran bahwa air yang diperoleh secara tidak sempurna itu masih mengandung bahan-bahan kimia yang bersifat toksis (Sutrisno, 1987).

### 4. Kekeruhan

Kekeruhan adalah jumlah dari butir-butir zat yang tergenang dalam air. Kekeruhan mengukur hasil penyebaran sinar dan butir-butir zat yang tergenang, makin tinggi kekuatan dari sinar yang terbesar, makin tinggi kekeruhannya. Kekeruhan air dapat disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun organik. Ukuran dari tingkat kekeruhan biasanya dinyatakan dalam satuan mg/l, yang dapat dilihat pada gambar .2.5.



< 10 mg/l      200mg/l      1,500mg/l

## **5. Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS) *Total Dissolved Solids*.**

TDS biasanya terdiri dari zat organik , garam anorganik dan gas terlarut. Bila TDS bertambah maka tingkat kesadahan air juga akan naik. Untuk air tanah atau air laut, TDS biasanya mempunyai korelasi dengan kadar garam (NaCl). Efek TDS ataupun kesadahan terhadap kesehatan tergantung pada spesies kimia masalah tersebut.

### **2.9.2. Standar Kualitas Kimia Air Minum**

#### **1. pH (Derajat Keasaman)**

Air minum sebaiknya netral ( $\text{pH} = 7$ ), tidak asam ( $\text{pH} = 1-6$ ) maupun basa ( $\text{pH} = 8-14$ ). Untuk  $\text{pH} < 7$  mempercepat terjadinya korosi, sedangkan  $\text{pH} > 7$  memperlambat terjadinya korosi. Sifat dan pengaruh pada air ukuran sifat asam atau basa larutan, mempengaruhi proses dan penggunaan produk (Hartomo, 1994).

#### **2. Zat Padat (TDS) *Total Dissolved Solids*.**

Jumlah berbagai kimia anorganik (termasuk logam berat) yang terlarut dalam satu liter air dikenal dengan istilah TDS (*Total Dissolved Solids*). Bahan padat adalah bahan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu  $130\text{ }^{\circ}\text{C} - 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kebanyakan bahan padat terdapat dalam bentuk terlarut (*Dissolved*) yang terdiri dari garam

### 3. Kesadahan

Kesadahan adalah petunjuk kemampuan air untuk membentuk busa, air dapat membentuk busa bila dicampur dengan sabun. Pada air berkesadahan rendah, airnya akan membentuk busa jika dicampur dengan sabun, sedangkan pada air yang berkesadahan tinggi, airnya tidak akan membentuk busa. Kesadahan banyak mengandung zat kapur, menunjukkan banyaknya ion Kalsium ( $\text{Ca}^{++}$ ) dan Magnesium ( $\text{Mg}^{++}$ ). Kesadahan dapat menyebabkan pengendapan/kerak dalam dinding pipa maupun bahan logam lainnya. Kesadahan yang tinggi disebabkan sebagian besar oleh Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), dan Ferrum (Fe). Masalah yang timbul adalah sulitnya sabun berbusa terutama air laut, sehingga masyarakat tidak berani memanfaatkan air tersebut.

### 4. Salinitas

Salinitas air konsumsi merupakan parameter penunjuk jumlah bahan terlarut dalam air. Dalam pengukuran salinitas perlu diperhitungkan komponen kesadahannya disamping bahan-bahan terlarut lainnya seperti natrium. Salinitas pada umumnya dinyatakan sebagai berat jenis (*specific*

... terhadap berat air murni dan

## 2. 10. Tinjauan Pustaka

Sistem *destilator* air laut menggunakan pemanas listrik pernah diteliti oleh Hendrawan (2008). Alat ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan air tawar.

Sistem kerja *destilator* ini menerapkan tekanan vakum dengan menggunakan variasi temperatur oleh thermostat 85 °C, 86 °C ,88 °C dan 92 °C dan dengan kecepatan *fan* rata – rata 2,5 m/s. Sedangkan konstruksi *destilator* ini meliputi *reservoir*, sistem perpipaan, tabung evaporasi, kolom *destilasi*, refluks drum, *kondenser* dan peralatan pendukung lainnya. Untuk perancangan dan pembuatan *destilator* ini dilakukan perencanaan untuk mencari dimensi dari konstruksi yang dibuat. Kinerja alat ini sangat ditentukan oleh akurasi desain dan material bahan. Kemampuan alat ini juga menjadi persyaratan yang penting karena tingkat kebutuhan terhadap penelitian penyulingan air laut menjadi air tawar.

Uji coba yang telah dilakukan menggunakan *destilator* air laut pada suhu 85 °C dengan daya listrik 3200 W, bahwa alat penyulingan ini telah berfungsi dengan baik dan diperoleh debit produksi *destilat* 5,0352 l/jam dengan tingkat salinitas oleh salinometer 21,16 ppm atau 0,002116%, dimana hal tersebut air