

## Pengaruh Perubahan Bentuk Ruang Kondensasi Pada Destilator Memanfaatkan Gas Buang Mesin

LA BARIDE, LA ODE ASMAN MURIMAN, MUHAMAD IQBAL ACHMAD

### ABSTRACT

The distillator as a heat exchanger tool that functions to separate the components in a liquid to get one or several certain components. In addition to, the evaporation process, there was also a condensation process that happening, that was the change in the phase of a substance, from vapor to liquid. Condensation is also occurring as a result of saturated steam coming into contact with the cold plate surface. The objective of this research is to know the effect of changes in the shape of the condensing chamber on the distillator using exhaust gas engine (EGE) to mass of steam, mass of condensate and heat that occurs in the distillator. This research used experiment method. There were two types of distillators tested, that were 1 (one) inclined plate and 2 (two) inclined plate. The data from the testing then analyzed to know the mass of steam, mass of condensate and heat that occurs in the condensing chamber. The results of the research showed that on both types of distillators obtained the same seawater temperature, that was 87 °C. The distillator type 1 (one) inclined plate produces steam mass of 3.585 kg, condensate mass of 2.849 kg, sensible heat of 3.716 kJ/s, latent heat of 4.594 kJ/s and heat of condensation 3.763 kJ/s. The distillatory type two 2 (two) of inclined plate produce steam mass of 4.075 kg, condensate mass of 3.34 kg, sensible heat of 3.706 kJ/s, latent heat of 5.223 kJ/s and heat of condensation 4.412 kJ/s.

**Keywords:** Distillator, steam, condensate, heat.

### PENDAHULUAN

Destilator sebagai alat penukar kalor yang berfungsi memisahkan komponen-komponen dalam suatu zat cair untuk mendapatkan salah satu atau beberapa komponen tertentu. Pada proses destilasi air laut dapat dianggap hanya memisahkan dua komponen yaitu air dan garam, walaupun sebenarnya banyak unsur kimia dalam air laut.

Air laut menutupi permukaan bumi kurang lebih 70 %. Air laut terasa asin karena mengandung garam-garam yang berasal dari pelapukan bebatuan di daratan yang dialirkan oleh air sungai ke laut. Proses pelapukan tersebut berlangsung secara kontinyu sehingga rasa asin dari air laut tidak pernah mengalami perubahan dan sifatnya abadi. Waktu terjadi radiasi dari sinar matahari, air diuapkan dari permukaan laut dan garam-garam tertinggal. Proses ini berlangsung selama berjuta-juta tahun, sehingga sampai saat ini air laut tidak

dapat diminum, karena mengandung kadar garam yang cukup tinggi.

Kadar garam air laut rata-rata 3,5 % dan ini merupakan kadar garam normal. Air laut memiliki kadar garam di atas normal yakni Laut Mati dengan kadar garam 27,5 %, Terusan Suez dengan kadar garam 6 % dan Laut Merah dengan kadar garam 4 %. Namun ada juga laut dengan kadar garam di bawah normal seperti yang terdapat pada Teluk Botanis dengan kadar garam 2 %, Laut Hitam 1,6 % dan Laut Timur dengan kadar garam 1,2 %.

Dalam 1000 ton air laut terdapat 35 ton garam. Kandungan garam yang terdapat pada air laut bermacam-macam yang tertinggi adalah Natrium Chlorida (NaCl) sebanyak 2,3 % sementara yang lainnya adalah Magnesium Chlorida (MgCl) sebanyak 0,5 %, Natrium Sulfat 0,4 %, Calcium Chlorida (CaCl) sebanyak 0,1 %, Kalium Chlorida (KCl) sebanyak 0,07 % yodium dan lain-lain sebanyak 0,08 %.

Proses penukaran kalor pada dua fluida dengan temperatur yang berbeda dan dipisahkan oleh dinding padat, sering dipergunakan diberbagai bidang rekayasa. Penggunaan penukar kalor sering kita jumpai pada proses pemanasan dan pendinginan seperti pemanas ruangan dan peengkondisian udara, pembangkit tenaga, pemanfaatan gas buang dan proses pengelolaan bahan kimia.

Proses destilasi diawali dengan perubahan wujud zat cair menjadi uap (penguapan). Penguapan juga berarti perpindahan massa zat cair ke atas dengan adanya gradien temperatur antara permukaan zat cair dengan udara di atasnya. Sebagai contoh, air ketika ditempatkan pada wadah yang terbuka keudara, tiba-tiba volumenya berkurang. Hal ini merupakan peristiwa konveksi alami. Konveksi alami terjadi akibat adanya efek gaya apung yang bekerja pada fluida. Efek gaya apung merupakan mekanisme yang terjadi karena adanya gradient massa jenis. Massa jenis akan menurun jika temperatur fluida meningkat, begitu juga sebaliknya temperatur meningkat maka massa jenis fluida akan menurun.

Penguapan merupakan suatu proses yang terjadi pada permukaan fluida (surface phenomena), dapat terjadi pada tekanan uap jenuh lebih kecil dari tekanan udara luar dan temperatur fluida dibawah temperatur didih. Syarat terjadinya penguapan adalah tekanan parsial air di udara lebih kecil daripada tekanan uap jenuh. Jika temperatur fluida mencapai temperatur 100 °C pada tekanan standar 1 atm (1,033 kg/cm<sup>2</sup>) yang dikenal dengan proses pendidihan maka proses penguapan akan terjadi pada bagian volume fluida (volume phenomena) sehingga proses penguapan terjadi lebih cepat. Kecepatan penguapan bergantung pada temperatur fluida, besar ikatan antar molekul, luas permukaan zat cair, tekanan, dan pergerakan udara disekitarnya.

Disamping proses penguapan tahap selanjutnya adalah proses pengembunan (kondensasi) yaitu berubahnya fase suatu zat, dari fase uap menjadi fase cair. Pengembunan juga terjadi akibat dari uap jenuh yang bersentuhan dengan permukaan yang dingin (suhu permukaan suatu plat lebih rendah dari suhu jenuh uap) akan terjadi kondensasi pada permukaan plat, hal ini berarti uap jenuh tersebut melepaskan kalor latennya, dan karena pengaruh grafitasi kondensat tersebut akan mengalir kebawah.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memperoleh air bersih atau air tawar diantaranya :

Kajian yang dilakukan oleh Baride dan Maturbongs (2018) melakukan penelitiandesain destilator dua plat miring dengan memanfaatkan panas gas buang mesin Diesel. Dari hasil penelitian diperoleh pada putaran mesin 2200 rpm, temperatur air laut 89 °C, produk air tawar yang dihasilkan adalah 4465 ml dengan pH = 6,4 dan Salinitas = 0 ppt. Pada putaran mesin 2000 rpm , temperatur air laut 87 °C, produk air tawar yang dihasilkan adalah 3700 ml dengan pH = 6,3 dan Salinitas = 0 ppt. Pada putaran mesin 1800 rpm, temperatur air laut 83 °C, produk air tawar yang dihasilkan adalah 2940 ml dengan pH = 6,4 dan Salinitas = 0 ppt.

Kajian yang dilakukan oleh Baride dan Maturbongs (2018) melakukan penelitian analisa ruang evaporasi pada destilator dua plat miring memanfaatkan panas gas buang mesin Diesel. Hasil penelitian dengan volume air laut 25 liter diperoleh pada putaran mesin 2200 rpm, produk air tawar 4,07 kg, produk uap 4,24 kg, temperatur gas buang 228 °C, temperatur air laut 89 °C, kalor sensibel maksimum 1,609 kJ/s, kalor laten maksimum 1,276 kJ/s dan kalor kondensasi maksimum 1,356 kJ/s. Pada putaran 2000 rpm, produk air tawar 3,34 kg, produk uap 4,075 kg, temperatur gas buang 209 °C, temperatur air laut 87 °C, kalor sensibel maksimum 1,727 kJ/s, kalor laten maksimum 1,14 kJ/s dan kalor kondensasi maksimum 1,12 kJ/s. Pada putaran 1800 rpm, produk air tawar 2,62 kg, produk uap 3,001 kg, temperatur gas buang 185 °C, temperatur air laut 83 °C, kalor sensibel maksimum 1,551 kJ/s, kalor laten maksimum 0,903 kJ/s dan kalor kondensasi maksimum 0,911 kJ/s.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh perubahan bentuk ruang kondensasi pada destilator memanfaatkan exhaust gas engine (EGE) terhadap massa uap, massa kondensat dan kalor yang terjadi padadestilator.

Untuk menghitung koefisien konveksi pada ruang kondensasi :

$$h_c = 0,884 \times [T_u - T_c + \left( \frac{P_{wa} - P_{wci}}{2016 - P_{wa}} \right) \times T_u]^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

dengan  $P_{wa}$  = tekanan uap air pada permukaan (mmHg),  $P_{wci}$  = tekanan uap air pada permukaan plat miring bagian dalam (mmHg),  $T_u$  =

temperatur uap (K),  $T_c$  = temperatur kondensat (K).

Massa uap dihitung dengan persamaan :  

$$m_u = 9,15 \times 10^{-7} \times h_c \times (P_{wa} - P_{wci}) \quad (2)$$

Untuk menghitung kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur air :

$$Q_s = m_a \times C_p (\Delta T_a) \quad (3)$$

dengan  $m_a$  = Massa air laut (kg),  $C_p$  = Panas jenis air laut (kJ/kg.°C),  $\Delta T_a$  = selisi temperatur air laut (°C)  $\Delta t$  = selisi waktu (s)

Kalor yang sensibel persatuan waktu :

$$Q = \frac{m_a \times C_p (\Delta T_a)}{s \quad \Delta t} \quad (4)$$

dengan  $\Delta t$  = selisi waktu (s)

Kalor yang dibutuhkan saat penguapan :

$$Q_L = m_u \times h_{fg} \quad (5)$$

dengan  $m_u$  = massa uap (kg),  $h_{fg}$  = Entalpi penguapan (kJ/kg)

Kalor penguapan persatuan waktu :

$$Q_L = \frac{m_u \times h_{fg}}{\Delta t} \quad (6)$$

Kalor yang dibutuhkan saat pengembunan :

$$Q_C = m_c \times h_{fg} \quad (7)$$

dengan  $m_c$  = massa kondensat (kg)

Kalor pengembunan persatuan waktu :

$$Q_C = \frac{m_c \times h_{fg}}{\Delta t} \quad (8)$$

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menguji dua jenis destilator yaitu 1 (satu) plat miring dan 2 (dua) plat miring.

Komponen utama destilator adalah :

1. Ruang pemanas sebagai wadah dimana air laut yang akan didestilasi ditempatkan, ruang tersebut terbuat dari bahan yang tahan korosi
2. Pipa-pipa pemanas merupakan peralatan destilator dimana gas buang dari mesin kapal nelayan dialirkan. Permukaan luar pipa tersebut akan bersentuhan langsung dengan air laut yang akan didestilasi sehingga temperatur air laut akan meningkat akibat panas gas buang mesin yang mengalir didalam pipa. Pipa-pipa pemanas dipilih dari bahan tembaga untuk mencegah terjadinya korosi.

3. Ruang pendingin yang memegang peranan penting dalam destilator, dimana uap air akan didinginkan.
4. Ruang kondensasi yang berfungsi sebagai ruang dimana uap air terkondensasi setelah berubah fase menjadi cair yang selanjutnya mengalir ke penampungan air tawar.



GAMBAR 1. Destilator tipe satu dan dua plat miring

Prosedur penelitian dilakukan dengan tahapan :

1. Hubungkan destilator dengan pipa gas buang mesin Diesel.
2. Memasang alat ukur temperatur
3. Hidupkan mesin Diesel dan atur putaran mesin dengan cara mengatur pembukaan throttle, pengukuran putaran mesin menggunakan tachometer.
4. Masukkan air laut yang akan didestilasi sebanyak 25 liter pada destilator
5. Hidupkan pompa air pendingin.
6. Catat data yang terbaca pada alat ukur yang telah terpasang pada destilator dan data air tawar hasil destilasi.
7. Analisa data dilakukan pada ruang evaporator baik untuk destilator dengan satu plat miring maupun dua plat miring untuk mengetahui kalor sensibel, kalor laten dan kalor kondensat serta massa uap yang dihasilkan dibandingkan dengan massa kondensat/air tawar yang dihasilkan saat pengujian.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

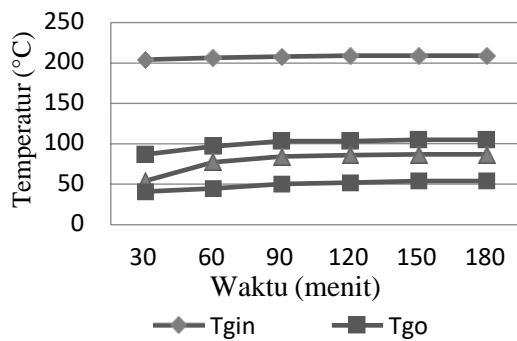
Hasil pengamatan pada saat pengujian alat destilator disajikan pada tabel berikut :

TABEL 1. Hasil pengujian

Waktu (menit)	T <sub>gi</sub> (°C)	T <sub>go</sub> (°C)	T <sub>uap</sub> (°C)	T <sub>con</sub> (°C)	m <sub>c1</sub> (ml)	m <sub>c2</sub> (ml)
30	204	87	54	41	66	75
60	206	97	77	45	269	335
90	208	103	84	50	455	550
120	209	103	86	52	620	725
150	209	105	87	54	697	805
180	209	105	87	54	742	850

1. Hubungan temperatur gas buang, temperatur kondensat, dan temperatur uap terhadap waktu

Berdasarkan tabel 1, gambar 2 diperoleh temperatur gas buang yang masuk maupun yang keluar destilator, temperatur uap dan temperatur kondensat cenderung naik seiring bertambahnya waktu, namun pada menit ke 150 temperatur menjadi konstan yaitu temperatur gas buang yang masuk destilator 209 °C, yang keluar 105 °C, temperatur uap 87 °C dan temperatur kondensat 54 °C. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi didalam destilator telah terjadi kesetimbangan energi, sehingga untuk menaikkan temperatur tersebut maka energi yang bersumber dari mesin harus diperbesar.



GAMBAR 2. Grafik hubungan antara Temperatur dan waktu

2. Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan disajikan pada tabel berikut:

TABEL 2. Hasil perhitungan destilator 1 plat miring

Waktu (menit)	m <sub>u1</sub> (kg)	m <sub>c1</sub> (kg)	Q <sub>s1</sub> (kJ/s)	Q <sub>L1</sub> (kJ/s)	Q <sub>C1</sub> (kJ/s)
30	0,069	0,066	1,727	0,092	0,088
60	0,478	0,269	1,358	0,623	0,358
90	0,697	0,455	0,407	0,893	0,602

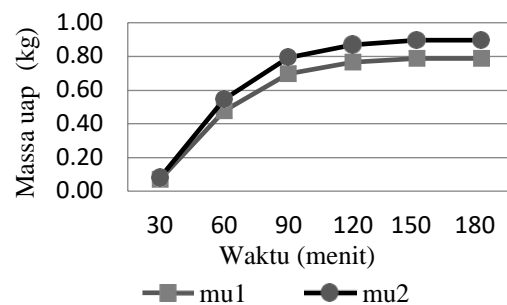
120	0,765	0,620	0,114	0,981	0,819
150	0,788	0,697	0,055	1,003	0,919
180	0,788	0,742	0,055	1,002	0,978
Jumlah	3,585	2,849	3,716	4,594	3,763

TABEL 3. Hasil perhitungan destilator 2 plat miring

Waktu (menit)	m <sub>u2</sub> (kg)	m <sub>c2</sub> (kg)	Q <sub>s2</sub> (kJ/s)	Q <sub>L2</sub> (kJ/s)	Q <sub>C2</sub> (kJ/s)
30	0,079	0,075	1,727	0,105	0,100
60	0,544	0,335	1,354	0,708	0,446
90	0,792	0,55	0,404	1,015	0,728
120	0,870	0,725	0,112	1,115	0,957
150	0,896	0,805	0,054	1,140	1,061
180	0,896	0,850	0,054	1,140	1,120
Jumlah	4,075	3,34	3,706	5,223	4,412

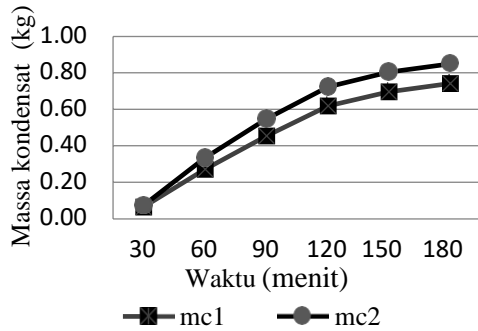
3. Hubungan massa uap dan massa kondensat/air tawar terhadap waktu

Berdasarkan tabel 1 dan 2 serta gambar 3 diperoleh bahwa massa uap yang dihasilkan dari proses destilasi baik destilator 1 plat miring maupun 2 plat miring meningkat seiring bertambahnya waktu, namun pada menit ke 150 massa uap menjadi konstan yaitu masing-masing 0,788 kg, dan 0,896 kg.



GAMBAR 3. Grafik hubungan antara massa uap dan waktu

Massa uap yang dihasilkan selama pengujian untuk masing-masing jenis destilator yaitu 3,585 kg dan 4,075 kg. Hal ini menunjukkan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi massa uap yang dihasilkan adalah luas penampang plat miring pada ukuran destilator yang sama.

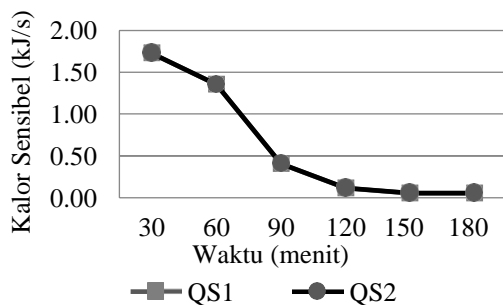


GAMBAR 4. Grafik hubungan antara massa kondensat dan waktu

Berdasarkan tabel 1 dan 2 serta gambar 4 diperoleh bahwa massa kondensat/air tawar yang dihasilkan dari proses destilasi baik destilator 1 plat miring maupun 2 plat miring meningkat seiring bertambahnya waktu. Massa kondensat yang dihasilkan selama pengujian yaitu destilator 1 plat miring sebanyak 2,849 kg dan destilator 2 plat miring sebanyak 3,34 kg.

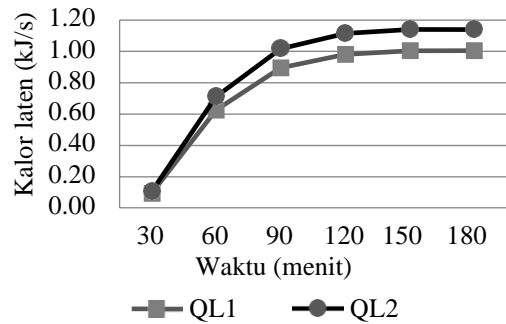
#### 4. Hubungan kalor sensibel, kalor laten dan kalor kondensasi terhadap waktu

Berdasarkan tabel 1 dan 2 serta gambar 5 diperoleh kalor sensibel menurun seiring bertambahnya waktu. Kalor sensibel terbesar terjadi pada menit ke 30 yaitu 1,727 kJ/s dan mulai konstan pada 30 menit terakhir pada kedua jenis destilator yaitu 0,055 kJ/s dan 0,054 kJ/s. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar selis temperatur air, maka semakin besar pula kalor yang dibutuhkan begitu pula sebaliknya.



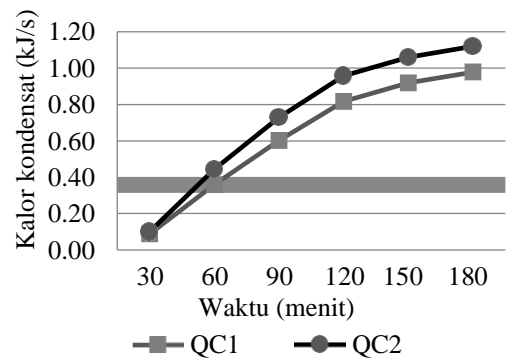
GAMBAR 5. Grafik hubungan antara kalor sensibel dan waktu

Berdasarkan tabel 1 dan 2 serta gambar 6 diperoleh kalor laten meningkat seiring bertambahnya waktu pada kedua jenis destilator. Kalor laten terbesar terjadi pada destilator 2 plat miring sebesar 1,140 kJ/s dan destilator 1 plat miring sebesar 1,003 kJ/s.



GAMBAR 6. Grafik hubungan antara kalor laten dan waktu

Berdasarkan tabel 1 dan 2 serta gambar 7 diperoleh kalor kondensasi meningkat seiring bertambahnya waktu pada kedua jenis destilator. Kalor kondensasi terbesar terjadi pada destilator 2 plat miring sebesar 1,120 kJ/s dan destilator 1 plat miring sebesar 0,978 kJ/s.



GAMBAR 7. Grafik hubungan antara kalor kondensat dan waktu

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pada kedua jenis destilator dengan temperatur uap yang dihasilkan 87 °C ini dapat disimpulkan : Destilator jenis 1 plat miring menghasilkan massa uap 3,585 kg, massa kondensat sebanyak 2,849 kg, kalor sensibel 3,716 kJ/s, kalor laten 4,594 kJ/s dan kalor kondensasi 3,763 kJ/s. Destilator jenis 2 plat miring menghasilkan massa uap 4,075, massa kondensat sebanyak 3,34 kg, kalor sensibel 3,706 kJ/s, kalor laten 5,223 kJ/s dan kalor kondensasi 4,412 kJ/s.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Rektor Unidayan yang telah memberikan dukungan moril maupun materi berupa fasilitas sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik. Terima kasih yang tak terhingga kami sampaikan kepada DRPM Direktorat Jendral Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai kegiatan Penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiana ,K. (2010). Analisis Kebutuhan Air Di Kapal Nelayan. *Jurnal Kelautan*, 5 (1), 53-60
- Abdullah, Sugeng, (2005), Pemanfaatan Destilator Tenaga Surya (Solar Energy) Untuk Memproduksi Air Tawar Dari Air Laut, *Laporan Penelitian Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta*.
- Arismunandar, W. dan Tsuda K. (2004). *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Cetakan 10 Jakarta : Pradnya Paramita
- Baride, L. & Maturbongs, Y.E. K. (2018). Desain Destilator Dua Plat Miring dengan Memanfaatkan Panas Gas Buang Mesin Diesel. *Journal INTEK*, 5(1), 01-06.
- Baride, L. & Maturbongs, Y.E.K. (2018). Analisa Ruang Evaporasi Pada Destilator Dua Plat Miring Memanfaatkan Panas Gas Buang Mesin Diesel. *Prosiding Semnastek*. UMJ Jakarta TM- 010 (1-10)
- Duffie J.A dan Beckman W.A. (1980). *Solar Engineering of Thermal Processes*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Holman. J.P. (1997). *Perpindahan Kalor*. Edisi 6 Jakarta : Erlangga.
- IGNB.Catrawedarma. (2008). Pengaruh massa air baku terhadap performansi sistem destilasi, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM* 2 (2), 117-123
- Mulyanef et al. (2006). Sistem Distilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Kolektor Plat Datar dengan Tipe Kaca penutup Miring. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Bung Hatta Padang*.

---

## PENULIS:

La Baride

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
Universitas Dayanu Ikhsanuddin, Kota Baubau.

Email: [labaride@unidayan.ac.id](mailto:labaride@unidayan.ac.id)

La Ode Asman Muriman

Muhamad Iqbal Achmad

Energi, Laboratorium Teknik Mesin, Kota  
Baubau.