

## ANALISA RUANG EVAPORASI PADA DESTILATOR DUA ATAP MIRING MEMANFAATKAN PANAS GAS BUANG MESIN DIESEL

**La Baride, Yustinus Edward Komerino Maturbongs**

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Dayanu Ikhsanuddin, Baubau, Jl. Sultan Dayanu Ikhsanuddin, 93711  
labaride@unidayan.ac.id

### Abstrak

Energi gas buang mesin kapal nelayan yang terbuang keudara bebas belum dimanfaatkan, sehingga didesain alat destilasi air laut menjadi air tawar yang dapat digunakan nelayan. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan prototipe destilator memanfaatkan energi gas buang mesin Diesel, menghasilkan air tawar untuk kebutuhan nelayan, meningkatkan produktivitas nelayan saat berlayar dapat mengolah air laut menjadi air tawar dan mengetahui produk uap dan air tawar pada ruang evaporasi destilator tipe dua atap miring. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Destilator didesain sebagai alat destilasi air laut dengan memanfaatkan energi gas buang mesin Diesel. Menganalisa produksi uap air dan produk air tawar pada ruang evaporasi. Hasil penelitian selama 3 jam 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.

**Kata kunci :** Destilator, produk, gas buang, mesin

### Abstract

Exhaust gas energy from fishing engine waste into the air did not have benefit yet then we try to design distillation instrument to change seawater to fresh water for fisherman. The purpose this research is to make prototype distiller engine using exhaust gas energy Diesel engine, produce fesh water for fisherman, and increase productivity of fisherman when they sailing also to know about steam water and fresh water in the room evaporation distillation two sloping roofs types. This research uses experiment method. Distiller was designed as distillation tool of seawater by maximizing exhaust gas energy of Diesel engine. To analyze the production of stem water and fresh water in evaporation room. The results for 3 hours with 25 liter seawater : In engine speed 2200 rpm, product of fresh water 4,07 kg, product of steam 4,24 kg, of exhaust gas temperature 228 °C, temperature of seawater 89 °C, maximum sensible heat 1,356 kJ/s, maximum latent heat 1,276 kJ/s and maximum condensation heat 1,356 kJ/s.. In in engine speed 2000 rpm, product of fresh water 3,34 kg, product of steam 4,075 kg, of exhaust gas temperature 209 °C, temperature of seawater 87 °C, maximum sensible heat 1,727 kJ/s, maximum latent heat 1,14 kJ/s and maximum condensation heat 1,12 kJ/s. In engine speed 1800 rpm, product of fresh water 2,62 kg, product of steam 3,001 kg, exhaust gas temperature 185 °C, temperature of seawater 83 °C, maximum sensible heat 1,551 kJ/s, maximum latent heat 0,903 kJ/s and maximum condensation heat 0,911 kJ/s.

**Keywords :** Distiller, product, exhaust gas, engine

## PENDAHULUAN

Kendala yang dihadapi masyarakat untuk memperoleh air berbeda-beda, masyarakat yang bermukim di daerah yang terdapat sumber air bersih dan air tawar bukanlah masalah, tentunya berbeda dengan masyarakat yang bermukim pada daerah-daerah yang terletak di pulau-pulau kecil, daerah pesisir pantai dan masyarakat nelayan.

Permasalahan yang terjadi dan dialami para nelayan antara lain adalah kekurangan air tawar, terkadang pulau-pulau kecil yang disinggahi para nelayan juga tidak tersedia air tawar, disamping itu daya muat kapal dalam mengangkut air tawar dari darat juga terbatas.

Menurut Adiana K [1] yang melakukan penelitian tentang Analisis Kebutuhan Air Di Kapal Nelayan bahwa nelayan beroperasi selama sehari-hari, berminggu-minggu, bahkan ada yang rata-rata 2 bulan (60 hari) berlayar mengarungi samudra.

Berdasarkan hasil wawancara dengan nelayan Desa Tira menyatakan bahwa lama mereka melaut antara 40 – 50 hari, tergantung ketersediaan air tawar dan bahan bakar. Jumlah air tawar yang nelayan siapkan rata-rata 600 liter sedangkan bahan bakar 800 liter. Kebutuhan air tawar yang nelayan siapkan sebenarnya masih sangat kurang dengan jumlah ABK 6 orang sehingga penggunaannya terbatas untuk kebutuhan minum dan memasak.

Salah satu solusi yang akan diupayakan adalah destilasi atau penyulingan air laut menjadi air tawar dengan memanfaatkan energi panas gas buang mesin yang selama ini belum dimanfaatkan. Destilator yang memanfaatkan energi panas gas buang mesin kapal nelayan bermanfaat untuk mengubah dari fase cair menjadi fase uap air laut dan fase uap menjadi fase cair (air tawar).

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

Sugeng Abdullah [3] yang melakukan penelitian pemanfaatan destilator Tenaga Surya (Solar Energy) untuk memproduksi air tawar dari air laut. Hasil penelitian menunjukkan kuantitas air tawar yang dihasilkan destilator tenaga surya adalah 3,866 liter/hari/m<sup>2</sup> dan kualitas air tawar yang dihasilkan memiliki kadar garam 0,00 mg/l (0 %). Metode penelitian dilaksanakan eksperimen semu (quasi

experimental) menggunakan model destilator tenaga surya.

Mulyanef [9] melakukan penelitian sistem distilasi air laut tenaga surya menggunakan kolektor plat datar dengan tipe kaca penutup miring. Hasil pengujian menunjukkan tipe dua permukaan kaca miring menghasilkan kondensat terbanyak yaitu 255 ml/jam dengan intensitas surya tertinggi 757,37 W/m<sup>2</sup>. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tiga tipe kaca penutup kolektor plat datar yaitu tipe satu permukaan kaca miring, tipe dua permukaan kaca miring dan tipe empat permukaan kaca miring.

Baride L [5] melakukan penelitian desain destilator dua atap 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.

Baride L [6] melakukan penelitian Destilasi air laut menjadi air tawar dengan memanfaatkan panas gas buang mesin Diesel. Hasil penelitian selama 3 jam dengan putaran mesin 2400 rpm menunjukan bahwa air tawar yang dihasilkan terbanyak 4,307 liter dengan volume air laut yang didestilasi 20 liter. Metode penelitian dilakukan secara eksperimen menggunakan destilator tipe satu atap miring dengan variasi volume air laut yang didestilasi yaitu 20 liter, 25 liter dan 30 liter dengan putaran mesin tetap 2400 rpm.

Berdasarkan uraian diatas maka rencana pemecahan masalah untuk mengatasi kendala yang dihadapi nelayan yaitu mendesain suatu teknologi tepat guna berupa destilator dengan memanfaatkan energi panas gas buang mesin Diesel yang digunakan para nelayan. Destilator tersebut diharapkan dapat membantu masyarakat nelayan untuk memperoleh air bersih atau air tawar.

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan prototipe destilator dua atap miring memanfaatkan energi gas buang mesin Diesel, menghasilkan air tawar untuk

kebutuhan nelayan, meningkatkan produktivitas nelayan saat berlayar dapat mengolah air laut menjadi air tawar dan menganalisa produksi uap dan air tawar pada ruang evaporasi.

Destilasi adalah proses pemisahan komponen-komponen dalam suatu zat cair untuk mendapatkan salah satu atau beberapa komponen tertentu. Pada destilasi air laut dapat dianggap hanya memisahkan dua komponen yaitu air dan garam, walaupun sebenarnya banyak unsur kimia dalam air laut.

Secara umum penguapan (evaporasi) adalah perubahan suatu zat cair menjadi uap. Penguapan juga berarti perpindahan massa zat cair ke atas dengan adanya gradien temperatur antara permukaan zat cair dengan udara di atasnya. 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. Fluida yang ringan (memiliki massa jenis yang rendah) akan menempati posisi yang lebih atas. Sehingga jika terus menerus diberi panas maka temperatur fluida akan terus meningkat dan massa jenisnya akan terus menurun dan terjadilah penguapan.

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.

Peristiwa kondensasi terjadi seperti pada penguapan yaitu berubahnya fase suatu zat, hanya dalam hal ini perubahan itu terjadi dari fase uap menjadi fase cair. Kondensasi 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.

Air laut menutupi permukaan bumi kurang lebih 70 %. Air laut terasa asin karena mengandung garam-garam yang berasal dari pelapukan bebatuan 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 diatas 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 dibawah 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.

Motor Diesel adalah jenis mesin pembakaran dalam. Karakteristik dari mesin

Diesel yang membedakannya dari motor bakar yang lain adalah metode penyalaan bahan bakar. Pada mesin Diesel bahan bakar diinjeksikan kedalam silinder yang berisi udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi.

Motor Diesel biasanya juga disebut motor penyalaan kompresi oleh karena cara penyalaan bahan bakarnya dilakukan dengan penyemprotan bahan bakar ke udara yang sudah bertekanan dan bertemperatur tinggi, sehingga terjadi proses pembakaran.

Prinsip kerja dari motor Diesel dapat diketahui dengan adanya kerja torak yang bergerak translasi (bolak balik) di dalam silinder, dihubungkan dengan pena engkol dari poros engkol yang berputar pada bantalannya, dengan perantara batang penggerak.

Pendistribusian solar di dalam sistem bahan bakar pada sebuah motor Diesel dimana solar dari tangki mengalir ke saringan solar untuk didapatkan solar yang benar-benar bersih lalu dipompa oleh pompa injeksi (*Injection Pump*) diteruskan ke *nozzle* pengabut (*Injector Nozzle*) kemudian disemprotkan kedalam silinder dalam bentuk kabut, maka bahan bakar tersebut akan terbakar sebagai akibat dari persinggungan/pergesekan bahan bakar dengan udara yang bertemperatur tinggi. Setelah terjadi pembakaran maka gas bekas dibuang melalui *exhaust manifold*, sebelum keluar ke udara luar, gas bekas disalurkan ke peredam suara (agar tidak keras suara yang ditimbulkan) dan melalui saluran gas buang, gas dikeluarkan dan dibuang ke udara bebas.

Arismunandar.W [2] Panas gas buang yang dihasilkan mesin Diesel banyak mengandung potensi energi thermal yang dapat dimanfaatkan karena 34 – 40 % energi hasil pembakaran bahan bakar dalam mesin terbuang melalui gas buang. Gas buang yang dihasilkan pada proses pembakaran motor diesel masih memiliki energy panas yang dapat dimanfaatkan hal ini dapat diperhatikan pada distribusi energy sebagai berikut :

Tabel 1. Neraca kalor pada daya maksimum

Neraca kalor (%)	
Kerja Efektif	30 ~ 45
Kerugian mekanis	11 ~ 4
Kerugian Pendingin	25 ~ 11
Kerugian Gas buang	34 ~ 40

Analisa pada ruang evaporasi dilakukan untuk mengetahui produksi uap yang dihasilkan destilator dibandingkan dengan air hasil destiasi yang diperoleh saat pengambilan data.

Untuk menghitung koefisien konveksi pada ruang destilator [7] :

$$h_{ci} = 0,884 \times [T_s - T_w + \left( \frac{P_{wa} - P_{wci}}{2016 - P_{wa}} \right) \times T_s]^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

Massa uap dihitung dengan persamaan :

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

dimana :

$P_{wa}$  = tekanan uap air pada permukaan (mmHg)

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

$T_s$  = temperatur air laut (K)

$T_w$  = temperatur uap (K)

Untuk menghitung kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur air :

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

Kalor yang sensibel persatuan waktu :

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

dimana :

$m_a$  = 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 dibutuhkan saat penguapan :

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

Kalor penguapan persatuan waktu :

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

dimana :

$m_d$  = massa uap (kg)

$h_{fg}$  = Entalpi penguapan (kJ/kg)

$\Delta t$  = selisi waktu (s)

Kalor yang dibutuhkan saat pengembunan :

$$Q_{cond.} = m_p \times h_{fg} \quad (7)$$

Kalor pengembunan persatuan waktu :

$$Q_{cond.} = \frac{m_p \times h_{fg}}{\Delta t} \quad (8)$$

dimana :

$m_p$  = massa produk air tawar (kg)

$h_{fg}$  = Entalpi penguapan (kJ/kg)

$\Delta t$  = selisi waktu (s)

**METODE**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana destilator didesain sebagai alat destilasi air laut dengan memanfaatkan panas gas buang mesin Diesel. Desain dan pembuatan destilator air laut menggunakan bahan yang mudah diperoleh dipasaran. Pembuatan alat tersebut dapat dilakukan dengan peralatan laboratorium seperti mesin lipat, mesin bor, mesin las, mesin gurinda dll.



Gambar 1. Destilator tipe dua atap 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.

Destilator air laut dirancang dengan memanfaatkan panas gas buang mesin secara

tidak langsung, dimana gas buang dari mesin mengalir di dalam pipa sedangkan air laut yang akan didestilasi berada di luar pipa agar tidak terkontaminasi oleh gas buang. Uap air menguap naik ke ruang kondensasi dan mengalami pendinginan sehingga berubah fase menjadi cair yang selanjutnya mengalir melalui dua plat miring, kemudian disalurkan ke penampungan air hasil destilasi melalui talang yang terpasang disekeliling ruang kondensasi.

Prosedur penelitian dilakukan dengan tahapan :

1. Hubungkan destilator dengan pipa gas buang mesin Diesel.
2. Memasang alat ukur temperatur pada beberapa titik diantaranya : pada pipa gas buang masuk dan keluar destilator, permukaan pipa pemanas, air laut, saluran air hasil destilasi, saluran air pendingin masuk dan keluar destilator
3. Hidupkan mesin Diesel.
4. Atur putaran mesin pada putaran 1800 rpm, dengan cara mengatur pembukaan throttle, pengukuran putaran mesin menggunakan tachometer.
5. Masukkan air laut yang akan didestilasi sebanyak 25 liter pada destilator
6. Hidupkan pompa air pendingin untuk mendinginkan plat miring pada penutup destilator.
7. Catat data yang terbaca pada alat ukur yang telah terpasang pada destilator dan data air tawar hasil destilasi, pengambilan dilakukan setiap 30 menit selama 180 menit.
8. Untuk pengujian pada putaran mesin 2000 rpm dan 2200 rpm dilakukan sebagaimana prosedur point 1 sampai 6.
9. Analisa data dilakukan pada ruang evaporasi untuk mengetahui produksi uap yang dihasilkan dibandingkan dengan produksi air yang dihasilkan saat pengujian.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

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

Tabel 2. Hasil pengamatan putaran 1800 rpm

Waktu (menit)	Tgin (°C)	Tgo (°C)	Tal (°C)	T.con (°C)	mp (kg)
30	182	79	54	40	0,06
60	183	87	68	43	0,29
90	184	91	77	47	0,43

120	184	94	82	50	0,53
150	185	95	83	52	0,62
180	185	95	83	52	0,69
Jumlah					2,62

Tabel 3. Hasil pengamatan putaran 2000 rpm

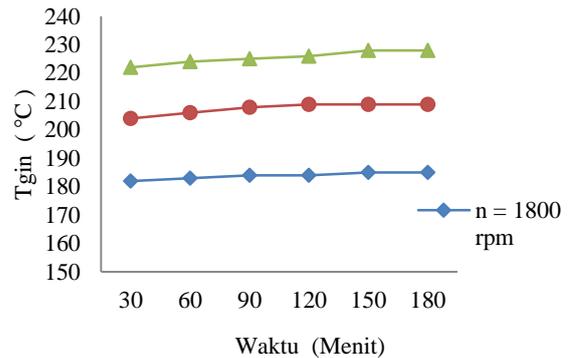
Waktu (menit)	Tgin (°C)	Tgo (°C)	Tal (°C)	T.con (°C)	mp (kg)
30	204	87	54	41	0,075
60	206	97	77	45	0,335
90	208	103	84	50	0,55
120	209	103	86	52	0,725
150	209	105	87	54	0,805
180	209	105	87	54	0,85
Jumlah					3,34

Tabel 4. Hasil pengamatan putaran 2200 rpm

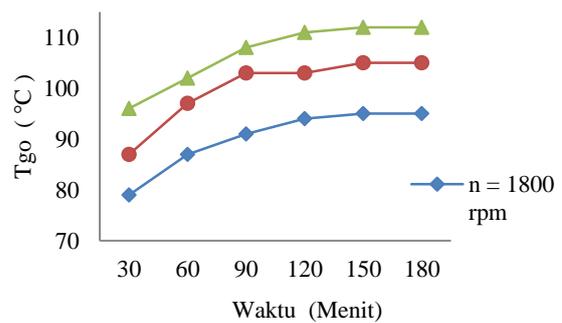
Waktu (menit)	Tgin (°C)	Tgo (°C)	Tal (°C)	T.con (°C)	mp (kg)
30	222	96	55	41	0,08
60	224	102	75	47	0,4
90	225	108	83	51	0,72
120	226	111	88	53	0,88
150	228	112	89	55	0,96
180	228	112	89	55	1,03
Jumlah					4,07

**Hubungan temperatur gas buang, kondensat, dan temperatur air laut terhadap waktu**

Berdasarkan tabel, gambar 2 dan 3 diperoleh temperatur gas buang yang masuk maupun yang keluar destilator cenderung naik namun tidak signifikan, dimana pada ketiga putaran mesin rata-rata mulai konstan setelah 150 menit. Pada putaran 2200 rpm temperatur gas buang yang masuk destilator 228 °C dan yang keluar destilator 112 °C , pada putaran 2000 rpm temperatur gas buang yang masuk destilator 209 °C dan yang keluar destilator 105 °C, pada putaran 1800 rpm temperatur gas buang yang masuk destilator 185 °C dan yang keluar destilator 95 °C.

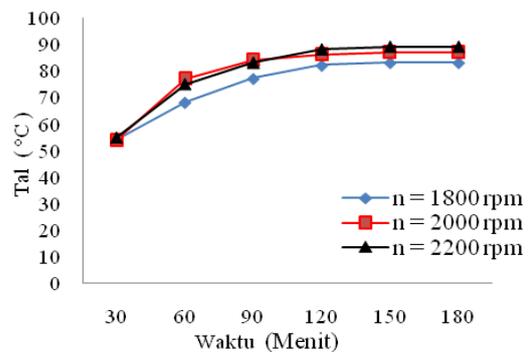


Gambar 2. Hubungan temperatur gas buang masuk destilator terhadap waktu



Gambar 3. Hubungan temperatur gas buang keluar destilator terhadap waktu

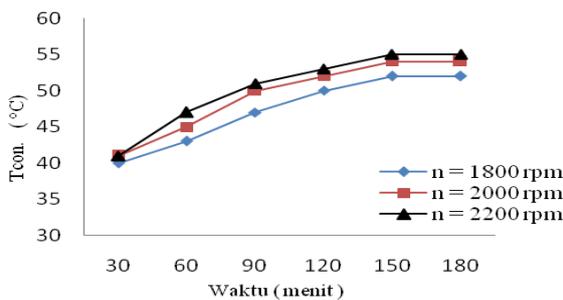
Berdasarkan tabel dan gambar 4 diketahui bahwa temperatur air yang didestilasi mengalami peningkatan namun mulai konstan setelah 150 menit untuk semua putaran. Pada putaran 2200 rpm temperatur air laut yang didestilasi 89 °C, pada putaran 2000 rpm temperatur air laut yang didestilasi 87 °C dan pada putaran 1800 rpm temperatur air laut yang didestilasi 83 °C.



Gambar 4. Hubungan temperatur air laut terhadap waktu

Berdasarkan gambar 5 diperoleh bahwa temperatur kondensat cenderung naik selama

bertambahnya waktu pada ketiga putaran mesin, rata-rata temperatur kondensat mulai konstan setelah 150 menit. Pada putaran 2200 rpm, temperatur kondensat setelah 30 menit mencapai 41 °C dan setelah 150 menit mencapai 55 °C. Pada putaran 2000 rpm, temperatur kondensat setelah 30 menit mencapai 41 °C dan setelah 150 menit mencapai 54 °C. Pada putaran 1800 rpm, temperatur kondensat setelah 30 menit mencapai 40 °C dan setelah 150 menit mencapai 52 °C. Peningkatan temperatur kondensat terjadi seiring dengan meningkatnya temperatur air laut yang didestilasi untuk setiap putaran mesin.



Gambar 5. Hubungan temperatur kondensat terhadap waktu

Temperatur gas buang yang masuk dan keluar destilator, temperatur air laut yang didestilasi dan temperatur kondensat mulai konstan setelah waktu pengujian mencapai 150 menit, ini menunjukkan bahwa energi panas pada ruang pemanas telah mencapai kesetimbangan. Temperatur tersebut akan meningkat kembali jika sumber energi panas dari gas buang mesin bertambah.

**Hubungan produk uap, produk air tawar terhadap waktu**

Hasil analisa produksi uap pada ruang evaporasi, air tawar, kalor laten, kalor sensibel dan kalor kondensasi ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 5. Hasil perhitungan putaran 1800 rpm

Waktu (menit)	Qs (kJ/s)	QL (kJ/s)	Qc (kJ/s)	md (kg)	mp (kg)
30	1,551	0,114	0,080	0,085	0,06
60	0,827	0,384	0,386	0,294	0,29
90	0,523	0,669	0,571	0,517	0,43

120	0,285	0,886	0,701	0,691	0,53
150	0,056	0,903	0,819	0,706	0,62
180	0,056	0,903	0,911	0,706	0,69
Jumlah				3,001	2,62

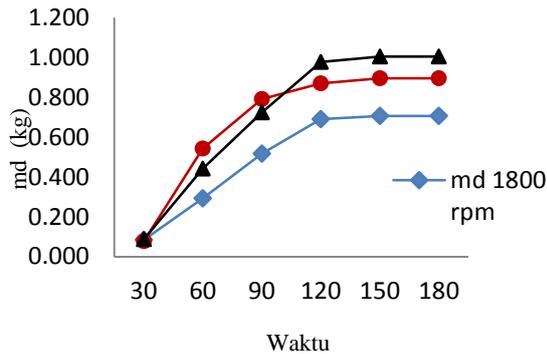
Tabel 6. Hasil perhitungan putaran 2000 rpm

Waktu (menit)	Qs (kJ/s)	QL (kJ/s)	Qc (kJ/s)	md (kg)	mp (kg)
30	1,727	0,105	0,100	0,079	0,075
60	1,354	0,708	0,446	0,544	0,335
90	0,404	1,015	0,728	0,792	0,55
120	0,112	1,115	0,957	0,870	0,725
150	0,054	1,140	1,061	0,896	0,805
180	0,054	1,140	1,120	0,896	0,85
Jumlah				4,075	3,34

Tabel 7. Hasil perhitungan putaran 2200 rpm

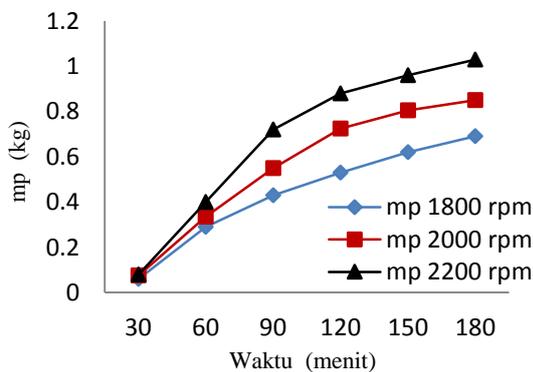
Waktu (menit)	Qs (kJ/s)	QL (kJ/s)	Qc (kJ/s)	md (kg)	mp (kg)
30	1,609	0,118	0,107	0,088	0,08
60	1,176	0,576	0,531	0,442	0,4
90	0,458	0,929	0,952	0,724	0,72
120	0,276	1,247	1,161	0,978	0,88
150	0,053	1,277	1,264	1,006	0,96
180	0,053	1,276	1,356	1,006	1,03
Jumlah				4,244	4,07

Berdasarkan gambar 6 diperoleh bahwa produk uap meningkat seiring bertambahnya waktu pada ketiga putaran mesin. Pada putaran 2200 rpm, produk uap minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,088 kg dan produk uap maksimum terjadi 30 menit ke lima dan enam (150 dan 180) mencapai 1,006 kg. Pada putaran 2000 rpm, produk uap minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,079 kg dan produk uap maksimum terjadi 30 menit ke lima dan enam (150 dan 180) mencapai 0,896 kg. Pada putaran 1800 rpm, produk uap minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,085 kg dan produk uap maksimum terjadi 30 menit ke lima dan enam (150 dan 180) mencapai 0,706 kg.



Gambar 6. Hubungan produk uap terhadap waktu

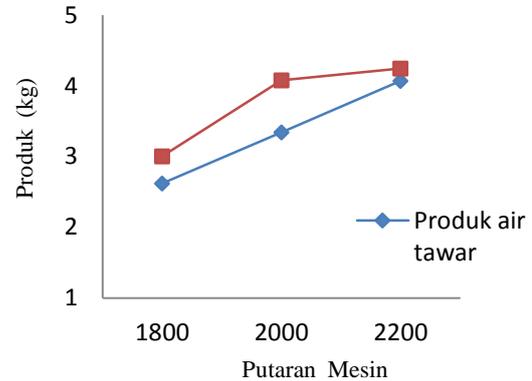
Berdasarkan gambar 7 diperoleh bahwa produk air tawar meningkat seiring bertambahnya waktu pada ketiga putaran mesin. Pada putaran 2200 rpm, produk air tawar minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,08 kg dan produk uap maksimum terjadi 30 menit keenam (180 menit) mencapai 1,03 kg. Pada putaran 2000 rpm, produk air tawar minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,075 kg dan produk uap maksimum terjadi 30 menit keenam (180 menit) mencapai 0,85 kg. Pada putaran 1800 rpm, produk air tawar minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,06 kg dan produk uap maksimum terjadi 30 menit keenam (180 menit) mencapai 0,69 kg.



Gambar 7. Hubungan produk air tawar terhadap waktu

Berdasarkan gambar 8 diperoleh bahwa baik produk air tawar maupun produk uap meningkat pada ketiga putaran mesin. Pada putaran 2200 rpm, produk air tawar selama 180 menit mencapai 4,07 kg dan produk uap mencapai 4,24 kg. Pada putaran 2000 rpm, produk air tawar selama 180 menit mencapai

3,34 kg dan produk uap mencapai 4,075 kg. Pada putaran 1800 rpm, produk air tawar selama 180 menit mencapai 2,62 kg dan produk uap mencapai 3,001 kg.

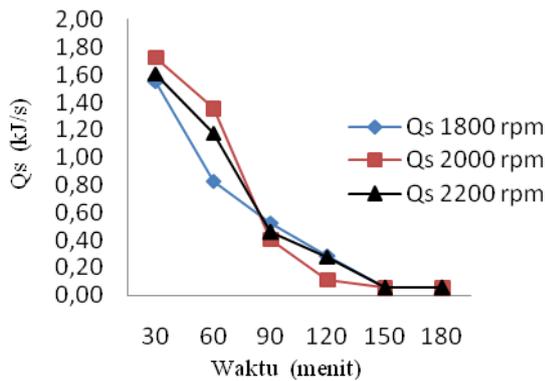


Gambar 8. Hubungan produk terhadap putaran mesin

Peningkatan produk uap dan produk air tawar disebabkan oleh peningkatan temperatur gas buang mesin sehingga energi kalor yang masuk pada ruang destilator juga meningkat, pada saat temperatur gas buang konstan maka energi yang masuk juga konstan dengan demikian maka baik temperatur air laut yang didestilasi maupun temperatur kondensat juga konstan.

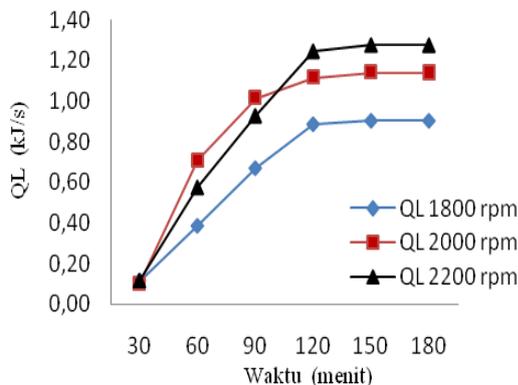
### Hubngan Kalor terhadap waktu

Berdasarkan gambar 9 diperoleh kalor sensibel menurun seiring bertambahnya waktu untuk ketiga putaran mesin. Pada putaran 2200 rpm, kalor sensibel minimum terjadi pada 30 menit terakhir (180 menit) mencapai 0,053 kJ/s dan kalor sensibel maksimum terjadi 30 menit pertama mencapai 1,609 kJ/s. Pada putaran 2000 rpm, kalor sensibel minimum terjadi pada 30 menit terakhir (180 menit) mencapai 0,054 kJ/s dan kalor sensibel maksimum terjadi 30 menit pertama mencapai 1,727 kJ/s. Pada putaran 1800 rpm, kalor sensibel minimum terjadi pada 30 menit terakhir (180 menit) mencapai 0,056 kJ/s dan kalor sensibel maksimum terjadi 30 menit pertama mencapai 1,551 kJ/s.



Gambar 9. Hubungan kalor sensibel terhadap waktu

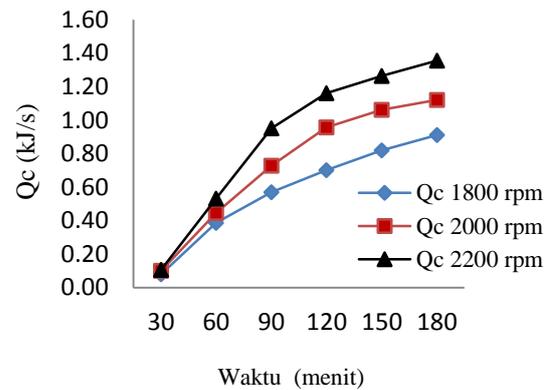
Berdasarkan gambar 10 diperoleh kalor laten meningkat seiring bertambahnya waktu untuk ketiga putaran mesin. Pada putaran 2200 rpm, kalor laten minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,118 kJ/s dan kalor laten maksimum terjadi 30 menit terakhir (180 menit) mencapai 1,276 kJ/s. Pada putaran 2000 rpm, kalor laten minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,105 kJ/s dan kalor laten maksimum terjadi 30 menit terakhir (180 menit) mencapai 1,14 kJ/s. Pada putaran 1800 rpm, kalor laten minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,114 kJ/s dan kalor laten maksimum terjadi 30 menit terakhir (180 menit) mencapai 0,903 kJ/s.



Gambar 10. Hubungan kalor laten terhadap waktu

Berdasarkan gambar 11 diperoleh kalor kondensasi meningkat seiring bertambahnya waktu untuk ketiga putaran mesin. Pada putaran 2200 rpm, kalor kondensasi minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,107

kJ/s dan kalor kondensasi maksimum terjadi 30 menit terakhir (180 menit) mencapai 1,356 kJ/s. Pada putaran 2000 rpm, kalor kondensasi minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,1 kJ/s dan kalor kondensasi maksimum terjadi 30 menit terakhir (180 menit) mencapai 1,12 kJ/s. Pada putaran 1800 rpm, kalor kondensasi minimum terjadi pada 30 menit pertama mencapai 0,08 kJ/s dan kalor kondensasi maksimum terjadi 30 menit terakhir (180 menit) mencapai 0,911 kJ/s.



Gambar 11. Hubungan kalor kondensasi terhadap waktu

### SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan :

1. Produksi uap yang terjadi pada ruang evaporasi lebih besar dari produk air tawar yang diperoleh, sehingga prototipe destilator telah berfungsi dengan baik.
2. Pada putaran mesin 2200 rpm diperoleh: produksi air tawar mencapai 4,07 kg, produksi uap mencapai 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.
3. Pada putaran mesin 2000 rpm diperoleh : produksi air tawar mencapai 3,34 kg, produksi uap mencapai 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.
4. Pada putaran mesin 1800 rpm diperoleh : produksi air tawar mencapai 2,62 kg, produksi uap mencapai 3,001 kg,

temperatur gas buang 185 °C, temperatur air laut yang didestilasi 83 °C, kalor sensibel maksimum 1,551 kJ/s, kalor laten maksimum 0,903 kJ/s dan kalor kondensasi maksimum 0,911 kJ/s.

Pada pembuatan komponen pemanas diperlukan perhatian khusus sehingga tidak terjadi kebocoran, sebab akan mempengaruhi proses destilasi. Kebocoran komponen pemanas dapat menyebabkan destilator tidak berfungsi dengan baik, selain itu air tawar yang dihasilkan akan tercemar oleh gas buang dari mesin.

### UCAPAN TERIMAKASIH

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. ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Rektor Unidayan yang telah memberikan fasilitas sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adiana ,K. 2010. Analisis Kebutuhan Air Di Kapal Nelayan, *Jurnal Kelautan*. 5 (1): 53-60
- Arismunandar, W. dan Tsuda K. 2004, *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Cetakan 10 Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta
- Abdullah Sugeng. 2005. Pemanfaatan Destilator Tenaga Surya (*Solar Energy*) untuk Memproduksi Air Tawar dari Air Laut. [www.google.com](http://www.google.com). Diakses pada tanggal 21 september 2010.
- Baride. L, Maturbongs.Y.E.K. 2018, Desain Destilator Dua Atap Miring dengan memanfaatkan panas gas buang mesin Diesel, *Journal INTEK*. 5 (1): 1-6
- Baride. L. 2013, Pengaruh Variasi Massa Air Laut Terhadap Efektifitas Destilator Dengan Memanfaatkan Panas Gas Buang Mesin, *Jurnal Akademika*. 10(1): 74 – 81.
- Duffie J.A dan Beckman W.A. 1980. *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sons,Inc. New York

Holman. J.P. 1997. *Perpindahan Kalor*. Edisi 6, Penerbit Erlangga. Jakarta

IGNB.Catrawedarma. 2008. Pengaruh massa air baku terhadap performansi sistem destilasi, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM* 2 (2) : 117-123

Mulyanef, dkk. 2006. Sistem Distilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Kolektor Plat Datar dengan Tipe Kaca penutup Miring. [www.google.com](http://www.google.com). Diakses pada tanggal 21 september 2010.