

Desain Destilator Dua Atap Miring dengan Memanfaatkan Panas Gas Buang Mesin Diesel

La Baride^{1,a} dan Yustinus Edward K. Maturbongs^{1,b}

¹ Jurusan Teknik Mesin Universitas Dayanu Ikhsanuddin, Jalan Sultan Dayanu Ikhsanuddin, Baubau, 93711 Indonesia

^a labaride@yahoo.co.id

^b Estymende@gmail.com

Abstract - The general objective of this research is to generate destilator prototype that utilize heat exhaust gas from engine fishing boats, while specific objective of this research is to generate usefull technology, to generate fresh water for the needs on fishing boats, to increase the productivity of fisherman through the efficiency of sailling time while processing sea water to be fresh water on fishing boat. This research uses experimental method. Destilator was designed as destillation tool of sea water with utilizing heat from exhaust gases of diesel machine. The result of the research for three hours with the volume of distilled water 25 liters were obtained; on machine circle 2200 rpm fresh water generated is 4465 ml with the temperature of sea water 89 °c effectiveness of destilator 66.06 % with heat loses 0.1891kj/s; on machine circle 2000 rpm of fresh water generated is 3700 ml with the temperature of sea water 87 °c, effectiveness of destilator 65.79 % with heat loses 0.068 kj/s; on machine circle 1800 rpm of fresh water generated is 2940 ml with the temperature of sea water 83 °c effectiveness of of destilator 64.36 % with heat loses 0.0313kj/s.

Keywords - Machine , exhaust gas, Sea Water, Destilator , Distillation Product

Abstrak - Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menghasilkan Prototype Destilator yang memanfaatkan Panas Gas Buang Mesin Kapal Nelayan, sedangkan tujuan khusus dari penelitian ini adalah Menghasilkan Teknologi Tepat Guna (TTG), Menghasilkan air tawar untuk kebutuhan pada kapal nelayan, Meningkatkan produktivitas para nelayan melalui efisiensi waktu berlayar sambil mengolah air laut menjadi air tawar di kapal nelayan dan Meningkatkan kapasitas destilator air laut yang memanfaatkan panas gas buang mesin kapal nelayan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Destilator didesain sebagai alat destilasi air laut dengan memanfaatkan panas gas buang mesin Diesel. Hasil penelitian selama 3 jam dengan volume air yang didestilasi 25 liter diperoleh : pada putaran mesin 2200 rpm air tawar yang dihasilkan adalah 4465 ml dengan temperatur air laut 89 °C, efektivitas destilator 66,06 % dengan kerugian kalor 0,1891 kJ/s ; pada putaran mesin 2000 rpm air tawar yang dihasilkan adalah 3700 ml dengan temperatur air laut 87 °C, efektivitas destilator 65,79 % dengan kerugian kalor 0,068 kJ/s ; pada putaran mesin 1800 rpm air tawar yang dihasilkan adalah 2940 ml dengan

temperatur air laut 83 °C, efektivitas destilator 64,36 % dengan kerugian kalor 0,0313 kJ/s

Kata kunci - Daya mesin , Gas buang, Air laut, Destilator , Produk destilasi

I. Pendahuluan

Berbagai kendala yang dihadapi masyarakat dalam memperoleh air disebabkan daerah pemukiman penduduk yang memiliki kondisi yang berbeda-beda. Bagi masyarakat yang bermukim didaerah yang banyak terdapat sumber air bersih dan air tawar, bukanlah suatu masalah. Hal tersebut jauh berbeda jika dibandingkan dengan masyarakat yang bermukim pada daerah-daerah yang terletak di pulau-pulau kecil, daerah pesisir pantai dan masyarakat nelayan. Hal serupa juga dialami oleh para nelayan yang berada di Desa Tira Kecamatan Sampolawa Kabupaten Buton Selatan, dimana disamping daerah-daerah tujuan mereka mendapat persoalan seperti diatas, juga masalah daya muat kapal dalam mengangkut air tawar dari darat juga terbatas.

Menurut Adiana K [1] 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 dan bahan bakar. Jumlah air tawar yang nelayan siapkan rata-rata 600 liter sedangkan bahan bakar 800 liter. Jumlah kebutuhan air yang nelayan siapkan sebenarnya masih sangat kurang dengan jumlah ABK 6 orang sehingga penggunaannya terbatas untuk kebutuhan minum dan memasak.

Berdasarkan uraian diatas maka untuk mengatasi kendala yang dihadapi perlu diterapkan suatu teknologi tepat guna yang diharapkan dapat membantu masyarakat nelayan untuk memperoleh air bersih atau air tawar.

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. *Destilasi* pemanfaatan panas gas buang mesin kapal nelayan untuk mengubah fase cair menjadi fase uap air laut dan fase uap menjadi air tawar. Suhu yang diperlukan untuk mengubah fase air laut menjadi uap sebesar (100 °C) pada tekanan satu atmosfer (1 atm)

Menurut 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.

Penelitian tentang destilasi air laut banyak dilakukan. Sugeng Abdullah [3] meneliti 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/m² 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 [4] 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/m². 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 Destilasi air laut menjadi air tawar dengan memanfaatkan panas gas buang mesin Diesel. Hasil penelitian selama 3 jam menunjukkan bahwa pada putaran mesin 1600 rpm air tawar yang dihasilkan sebanyak 1,104 liter dan pada putaran mesin 2400 rpm air tawar yang dihasilkan sebanyak 3,359 liter. Metode penelitian dilakukan secara eksperimen menggunakan destilator tipe satu atap miring dengan variasi putaran mesin sedangkan volume air yang didestilasi sebanyak 30 liter.

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 lter, 25 liter dan 30 liter sedangkan putaran mesin tetap 2400 rpm.

Dalam menganalisa proses perpindahan kalor yang terjadi pada destilator dilakukan melalui beberapa persamaan [7] :

a. Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds adalah bilangan yang tak berdimensi digunakan sebagai kriteria untuk menunjukan apakah aliran dalam tabung laminar atau turbulen.

Untuk aliran Turbulen bilangan Reynolds :

$$Re = \frac{\rho \cdot U_m \cdot d_i}{\mu} \quad (1)$$

Dimana: d_i = diameter dalam pipa (m); ν = viskositas kinematis fluida (m²/s)

b. Bilangan Nusselt

Korelasi hubungan antara bilangan Reynolds dan Prandtl dapat dirumuskan. Untuk aliran turbulen dalam tabung oleh Notter dan Sleicher menyarankan menggunakan persamaan berikut :

$$Nu = \frac{h_i \cdot d_i}{k} = 5 + 0,016 \times Re^a \times Pr^b \quad (2)$$

Dimana :

$$a = 0,88 - \frac{0,24}{4 + Pr} ;$$

$$b = 0,33 + 0,5 \times e^{-0,6 \times Pr}$$

c. Koefisien perpindahan panas diluar pipa

Koefisien perpindahan panas dalam analisa ini merupakan perpindahan panas konveksi bebas, karena proses pemanasan sehingga fluida mengalami perubahan densitas dan bergerak naik kepermukaan.

Koefisien perpindahan panas konveksi dapat dihitung dengan persamaan:

$$R_A = Gr \cdot Pr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_w - T_a) \cdot d^3}{\nu^2} \cdot Pr \quad (3)$$

$$Nu_u = 0,53 \times [Gr.Pr]^{1/4} \quad (4)$$

Jadi koefisien perpindahan panas konveksi :

$$h_o = \frac{Nu \cdot k}{d_o} \quad (5)$$

d. Koefisien perpindahan panas menyeluruh

Koefisien perpindahan panas suatu material adalah fungsi dari tahanan- tahanan thermal dan merupakan ukuran nilai dari jumlah panas yang melalui luas permukaan suatu bagian kebagian lainnya setiap beda temperatur dari suatu material. Nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh dapat dihitung dengan persamaan :

$$U = \frac{1}{\frac{d_o}{d_i \cdot h_i} + \frac{d_o}{2 \cdot k} \times \ln \frac{d_o}{d_i} + \frac{1}{h_o}} \quad (6)$$

e. Efektivitas penukar kalor

Keefetifan penukar kalor adalah perbandingan laju aliran panas yang sebenarnya dalam penukar kalor tertentu terhadap laju pertukaran panas maksimum yang mungkin. Defenisi ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{1 - \exp[-NTU \times (1 + c)]}{1 + c} \quad (7)$$

f. Massa destilasi

Untuk menghitung laju perpindahan massa digunakan persamaan :

$$m_d = 9,15 \times 10^{-7} \times h_{ci} \times (P_{wa} - P_{wci}) \quad (8)$$

$$h_c = 0,884 \times \left[T_s - T_w + \left(\frac{P_{wa} - P_{wci}}{2016 - P_{wa}} \right) \times T_s \right]^{1/3} \quad (9)$$

dimana :

m_d = Laju perpindahan massa (kg/m²s); P_{wa} = tekanan uap air pada permukaan (mmHg); P_{wci} = tekanan uap air pada permukaan plat bagian dalam (mmHg); h_c = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m²); T_s = temperatur air (K) ; T_w = temperatur permukaan plat miring bagian (K)

g. Kerugian Kalor

Kerugian kalor diperoleh setelah menghitung kalor gas buang yang menuju destilator, ($Q_{gb.in}$), dan kalor yang keluar kecerobong ($Q_{gb.out}$) dan kalor yang diserap air (Q_{abs}).

1. Kalor gas buang menuju destilator
Error! Reference source not found. (10)

2. Kalor gas buang menuju cerobong
Error! Reference source not found. (11)

3. Jadi kalor yang diabsor air yaitu :
 $Q_{abs} = Q_s + Q_L$ (12)

4. Kerugian Kalor
Error! Reference source not found. (13)

II. Metode Penelitian

A. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. dimana destilator dua atap miring didesain sebagai alat destilasi air laut dengan memanfaatkan panas gas buang mesin Diesel. Pengujian dilakukan selama 3 jam dan pengamatan data dilakukan setiap 15 menit dengan variasi putaran mesin 2200 rpm, 2000 rpm dan 2400 rpm. Kualitas air hasil destilasi juga dilakukan pengujian.

B. Pembuatan Destilator Dua Atap Miring

Pembuatan destilator air laut menggunakan bahan yang mudah diperoleh dipasaran dengan komponen utama sebagai berikut :

1) Pipa Pemanas

Pipa tembaga sebagai elemen pemanas merupakan peralatan destilator dimana gas buang dari mesin Diesel 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.

2) Ruang Pendingin

Ruang pendingin yang terbuat dari plat tahan karat memegang peranan penting pada destilator, dimana uap air akan didinginkan.

3) Ruang Kondensasi

Ruang kondensasi berfungsi sebagai ruang dimana uap air terkondensasi setelah berubah fase menjadi cair yang selanjutnya mengalir ke penampungan air tawar.

C. Rancangan Destilator Air Laut

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 plat miring, kemudian disalurkan ke penampungan air hasil destilasi melalui talang yang terpasang disekeliling ruang kondensasi.



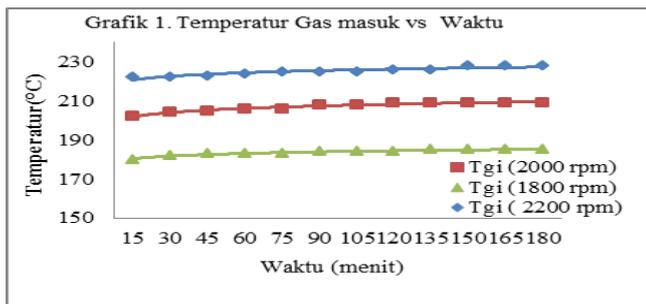
Gambar 1. Destilator tipe dua atap miring

III. Hasil dan Pembahasan

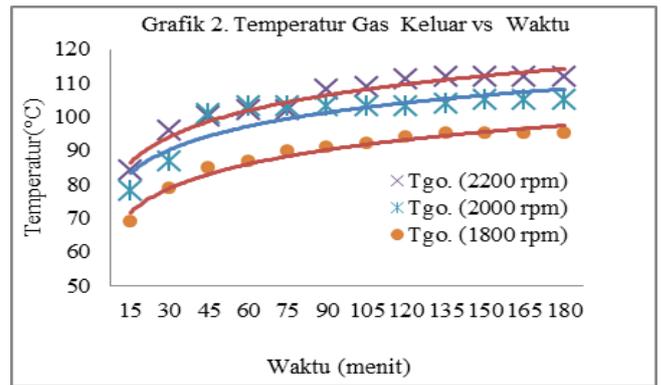
1. Hubungan Temperatur Gas Buang, Temperatur Air yang didestilasi dan Temperatur Pipa terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 2 dan 3 diperoleh bahwa baik temperatur gas buang yang masuk destilator maupun yang keluar, cenderung naik namun tidak signifikan, dimana pada ketiga putaran mesin rata-rata mulai konstan setelah 135 menit.

Pada putaran 2200 rpm temperatur gas buang yang masuk destilator 228 °C dan temperatur gas buang keluar destilator 112 °C, pada putaran 2000 rpm temperatur gas buang yang masuk destilator 209 °C dan temperatur gas buang keluar destilator 105 °C dimana dan pada putaran 1800 rpm temperatur gas buang yang masuk destilator 185 °C dan temperatur gas buang keluar destilator 95 °C.

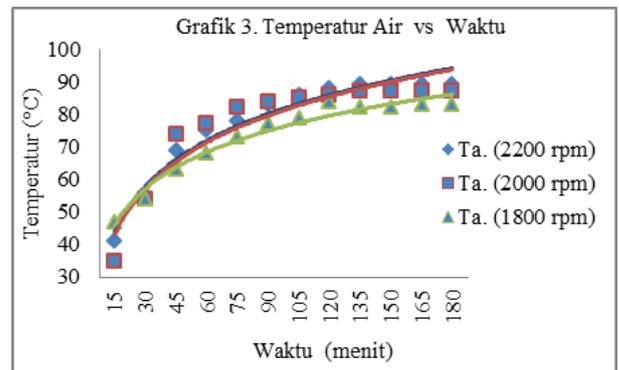


Gambar 2. Temperatur Gas Masuk Vs Waktu

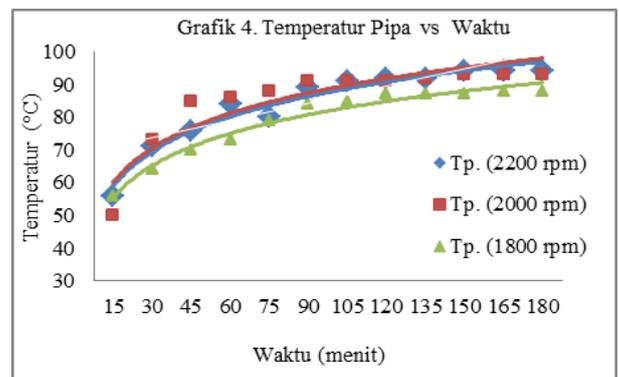


Gambar 3. Temperatur Gas Keluar Vs Waktu

Berdasarkan Gambar 4 dan 5 diketahui bahwa baik temperatur air yang didestilasi maupun temperatur permukaan pipa pemanas mengalami peningkatan namun mulai konstan setelah 135 menit untuk semua putaran. Pada putaran 2200 rpm temperatur air laut yang didestilasi 89 °C dan temperatur permukaan pipa pemanas 94 °C, pada putaran 2000 rpm temperatur air laut yang didestilasi 87 °C dan temperatur permukaan pipa pemanas 93 °C dan pada putaran 1800 rpm temperatur air laut yang didestilasi 83 °C dan temperatur permukaan pipa pemanas 88 °C



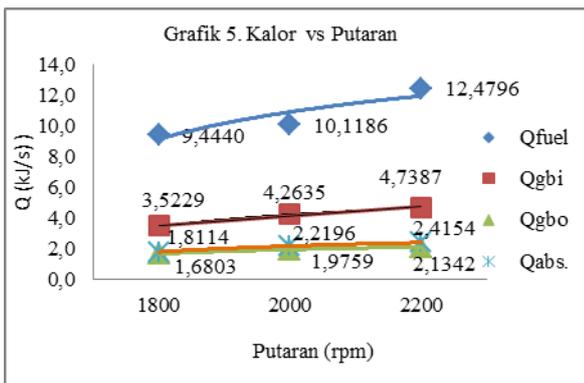
Gambar 4. Temperatur Air Vs Waktu



Gambar 5. Temperatur Pipa Vs Waktu

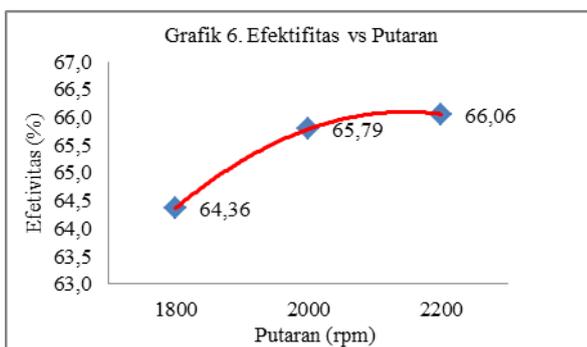
2. Hubungan Kalor dan Efektifitas terhadap Putaran Mesin

Dari gambar 6 hasil perhitungan diperoleh semakin tinggi putaran mesin maka energi yang dihasilkan bahan bakar juga meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan bahan bakar. Peningkatan energi kalor bahan bakar juga diiringi dengan meningkatnya energi kalor baik yang masuk dalam destilator maupun yang keluar dari destilator. Energi kalor yang diserap air yang didestilasi juga meningkat seiring bertambahnya putaran mesin hal ini disebabkan meningkatnya temperatur air laut yang didestilasi.



Gambar 6. Kalor Vs Waktu

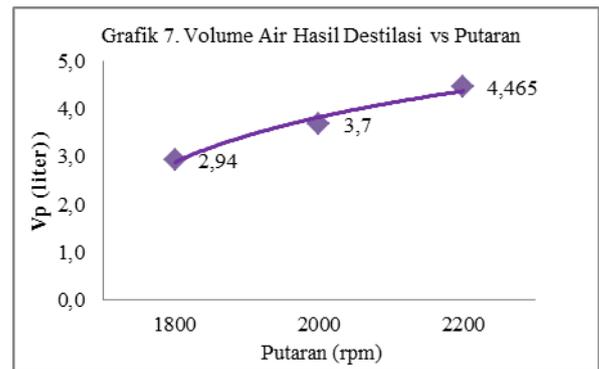
Efektifitas penukar kalor meningkatnya dengan naiknya putaran mesin dimana pada putaran maksimum efektifitas penukar kalor 66,06 %.



Gambar 7. Efektifitas Vs Putaran

3. Hubungan Produk Air Hasil Destilasi terhadap Putaran Mesin

Berdasarkan gambar 8 nampak bahwa semakin tinggi putaran mesin maka produk air hasil destilasi juga meningkat seiring meningkatnya temperatur air laut yang didestilasi.



Gambar 8. Volume Air Hasil Destilasi Vs Putaran

IV. Kesimpulan

1. Penelitian ini telah dihasilkan prototype destilator dua atap miring dengan spesifikasi tinggi 71 cm, lebar total 39 cm dan panjang total 75 cm.
2. Dari hasil pengujian diperoleh pada putaran mesin 2200 rpm air tawar yang dihasilkan adalah 4465 ml dengan temperatur air laut 89 °C, efektifitas destilator 66,06 % dengan kerugian kalor 0,1891 kJ/s. Pada putaran mesin 2000 rpm air tawar yang dihasilkan adalah 3700 ml dengan temperatur air laut 87 °C, efektifitas destilator 65,79 % dengan kerugian kalor 0,068 kJ/s. Pada putaran mesin 1800 rpm air tawar yang dihasilkan adalah 2940 ml dengan temperatur air laut 83 °C, efektifitas destilator 64,36 % dengan kerugian kalor 0,0313 kJ/s.
3. Pengujian Air hasil destilasi pada putaran 2200 rpm diperoleh pH = 6,4, Salinitas = 0 ppt, putaran 2000 rpm diperoleh pH = 6,3, Salinitas = 0 ppt dan pada putaran 1800 rpm diperoleh pH = 6,4, Salinitas = 0 ppt.
4. Diharapkan agar pembuatan komponen elemen pemanas jangan sampai terjadi kebocoran sebab akan mempengaruhi kualitas air tawar, begitu juga tempat penampungan air hasil destilasi harus tertutup sehingga tidak tercemar zat-zat yang tidak diinginkan. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan dengan menambah tinggi ruang kondensasi guna mengetahui produksi air tawar serta merubah elemen pemanas dengan menggunakan pipa jenis lain.

Ucapan Terima Kasih

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 Produk Terapan yang kami usulkan

Daftar Pustaka

- [1] Adiana K, 2010, Analisis Kebutuhan Air Di Kapal Nelayan, Jurnal Kelautan Vol. 5 No. 1 Edisi April 2010 hal. 53-60
- [2] Arismunandar, W. dan Tsuda K. 2004, *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Cetakan Kesepuluh Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta
- [3] Abdullah Sugeng. 2005. Pemanfaatan Destilator Tenaga Surya (Solar Energy) untuk Memproduksi Air Tawar dari Air Laut (online) (www.google.com, diakses pada tanggal 21 september 2010)
- [4] Mulyanef, dkk. 2006. Sistem Distilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Kolektor Plat Datar dengan Tipe Kaca penutup Miring, (www.google.com, diakses pada tanggal 21 september 2010)
- [5] Baride, L. 2011, Destilasi air laut menjadi air tawar dengan memanfaatkan panas gas buang mesin Diesel, Jurnal Ilmiah Mekanika Teknik Mesin & Industri, ISSN : 1693-3370 Vol. 2. No. 2, Desember 2011. Hal. 217-223
- [6] Baride, L. 2013, Pengaruh Variasi Massa Air Laut Terhadap Efektifitas Destilator Dengan Memanfaatkan Panas Gas Buang Mesin, Jurnal Akademika, ISSN 1693-9913, Volume. X No.1, Januari 2013. Hal. 74 – 81.
- [7] Holman. J.P. 1997. Perpindahan Kalor. Edisi Keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta