

Pemanfaatan Panas Buangan Motor Induk Untuk Menjalankan Sistem Pendingin Pada KM Alalunga

S. D. Pentury^{1,*}, G. S. Norimarna², P. Ciptoadi³, E. W. Wairisal⁴

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

*dianapentury@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

*gnorimarna@yahoo.com

³Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon

Email :

⁴Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon

Email :-

Abstrak. Pembakaran bahan bakar pada motor induk KM Alalunga berjenis motor Diesel menghasilkan tenaga efektif hanya 32 – 40 %. Sisanya sebesar 60 – 70 % terbuang melalui : Air pendinginan 30 – 33 %, gas buang 23 – 32 %, dan sisanya melalui mekanisme radiasi. Dengan menggunakan metode korelasional dimana jumlah energi yang terkandung dalam gas buang dihitung berdasarkan jumlah pemakaian bahan bakar dimanfaatkan untuk proses pendinginan muatan berupa ikan. Dari hasil penelitian diperoleh energi yang terkandung dalam gas buang 415064 kJ/hr, energi tersebut dimanfaatkan untuk proses pendinginan absorpsi uap yang menggunakan generator dengan kapasitas 528 kJ/hr untuk mendinginkan produk dengan kapasitas 3579563 kJ.

Kata kunci : Gas buang, Pendinginan absorpsi uap, Beban pendingin, Energi generator uap.

Abstract. Combustion of fuel on main engine KM Alalunga type Diesel Engine produces effective power only 32 – 40 %. The remaining 60 – 70 % is wasted through : Cooling water 30 – 33 %, Exhaust gas 23 – 32 % and the rest through the radiation mechanism. By using the correlational method where the amount of energy contained in the exhaust gas is calculated based on the amount of fuel used for the cooling process of cargo in the form of fish. From the research result the energy contained in the exhaust gas 415064 kJ/hr. The energy is used for the vapour absorption refrigeration system cooling process using a generator with a capacity of 528 kJ/hr to cooling products with a capacity 3579563 kJ.

Keywords : Exhaust gas, Vapour Absorption Refrigeration System, Cooling capacity, Energy of steam generator.

1. PENDAHULUAN

Jarak tempuh ke lokasi penangkapan yang jauh, metode pengawetan menggunakan es batu yang berpengaruh pada kualitas hasil tangkapan serta biaya pembelian es batu dan bahan bakar yang cukup tinggi adalah kendala yang sering dihadapi oleh para nelayan.

Energi yang dihasilkan dan diubah menjadi tenaga efektif untuk 1 kg bahan bakar yang digunakan sebesar 32 ÷ 40 %. 30 ÷ 33 % terbuang melalui air pendingin, 23 ÷ 32 % melalui gas buang. Jadi 60 ÷ 70 % energi yang dihasilkan terbuang

percuma.[1]. A.Bangotra pada tahun 2017 merancang generator sebagai bagian utama dari sistem pendingin absorpsi, ditempatkan dekat dengan manifold [2]. Di tahun yang sama F. Napitupulu et all mendesain dan melakukan pengujian prototype siklus pendinginan absorpsi sumber tenaganya dari motor pembakaran dalam [3].

M. Becker et all 2018 melakukan simulasi molekuler untuk pendinginan absorpsi [4]. Sedangkan pada penulisan ini berdasarkan ketersediaan energi sebagaimana dijelaskan diatas dan beberapa kendala yang dihadapi oleh nelayan penulisan ini bertujuan untuk

menjawab masalah tersebut yakni mengetahui jumlah energi terbuang yang terkandung dalam gas buang pada motor induk KM Alalunga serta kapasitas sistem pendingin ikan yang dapat direncanakan jika memanfaatkan ketersediaan energy tersebut menggunakan sistem pendingin absorpsi uap.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Prosedur Penelitian dan Persamaan

Metode yang digunakan adalah metode korelasional [5] untuk melihat hubungan sebab akibat, dan bersifat empiris. Menggunakan 2 variabel penelitian yaitu variabel bebas & terikat, sebagaimana terlihat pada persamaan matematika berikut ini :

$$y_1 = f(x_1, x_2) \tag{1}$$

dengan y_1 adalah jumlah energi terbuang yang terkandung dalam gas buang motor induk (kJ/hr) x_1 adalah jumlah pemakaian bahan bakar per jam (kg/hr) x_2 adalah panas yang dihasilkan oleh pembakaran 1 kg bahan bakar (kcal/hr).

$$y_2 = f(x_3, x_4, x_5) \tag{2}$$

y_2 adalah panas yang dibutuhkan oleh generator uap untuk menjalankan sistem (kJ/hr), x_3 adalah beban pendingin (kJ), x_4 adalah kapasitas pendingin (Ton.hr), dan x_5 adalah laju aliran massa refrigeran (kg/hr). Maka pada prosedur penelitian data yang dijadikan sebagai koefesien korelasi adalah Ukuran Pokok Kapal, Spesifikasi Motor Induk, Ukuran Palka, dan Spesifikasi Muatan. Analisis hasil pengolahan data didasarkan pada persamaan – persamaan berikut :

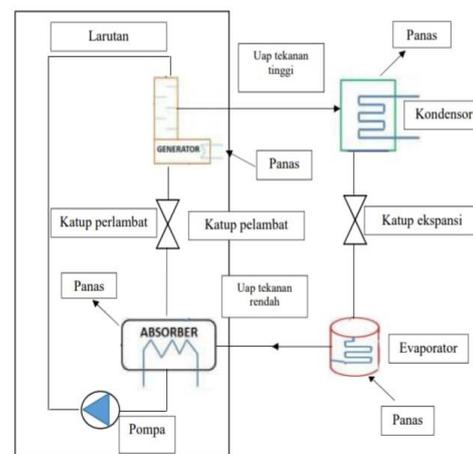
Panas Yang Terkandung Dalam Gas Buang Motor Induk

Panas yang terkandung dalam gas buang adalah salah satu komponen neraca panas dengan persentase $23 \div 32$ dari jumlah panas yang dihasilkan oleh Pembakaran 1 kg bahan bakar [1].

$$Q_{eg} = (0,23 \div 0,32)Q_f \text{ kJ/hr} \tag{3}$$

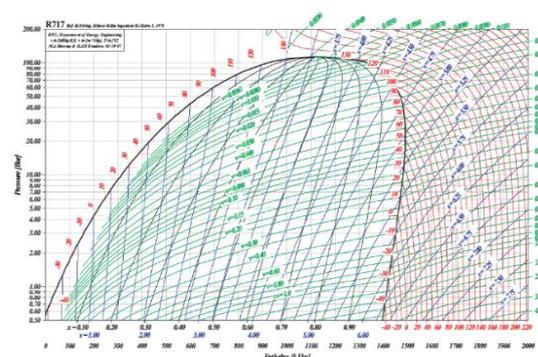
Perhitungan Beban Kerja Dengan Sistem Pendingin Absorpsi Uap (Vapour Absorption Refrigeration System)

Sistem Pendingin Absorpsi Uap adalah suatu bentuk sistem pendingin dimana sumber energy termal berasal dari matahari, limbah panas, proses pembangkit uap dan gas alam dengan temperatur 100 – 200°C [6]. Sistem pendingin absorpsi uap tergambar sebagai berikut :

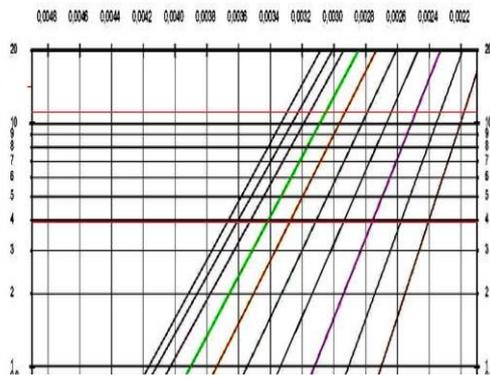


Gambar 1. Sistem pendingin absorpsi uap
Sumber : Refrigeration system (Process engineering equipment guideline)2015.Hal: 13

Penentuan Beban Kerja Pada Sistem Pendingin Absorpsi Uap didasarkan pada PH Diagram dan PTX Diagram.



Gambar 2. PH Diagram
Sumber : www.researchgate.net



Gambar 3. PTX Diagram
 Sumber : www.researchgate.net

Beban Pendinginan

Jumlah energi panas yang harus diserap oleh sistem diperoleh dengan persamaan [7]

$$Q_{load} = m C_p \Delta t, \quad \text{kJ} \quad (4)$$

dengan m adalah massa produk (kg), cp adalah panas spesifik produk (kJ/kg⁰C), ΔT adalah perbedaan temperatur (°C)

Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendingin adalah kemampuan mesin pendingin untuk mendinginkan substansi dari sistem. Ton.hr adalah istilah umum yang sering digunakan untuk mengukur dan menentukan kapasitas pendinginan. Dirumuskan dalam persamaan berikut [7]

$$T_r = \frac{Q_{load}}{12660,6708}, \quad \text{Ton.hr} \quad (5)$$

dengan Q_{load} adalah beban pendinginan

Laju Aliran Massa Refrigeran

Jumlah refrigeran yang mengalir dalam sistem per satuan waktu dirumuskan sebagai berikut [7]

$$m_r = \frac{T_r}{h_1 - h_{10}}, \quad \text{kg/hr} \quad (6)$$

dengan T_r kapasitas (Ton.hr), h₁ adalah entalpi refrigeran yang keluar dari evaporator (kJ/kg), h₂ adalah entalpi larutan yang keluar dari absorber (kJ/kg)

Beban Kerja Evaporator

Dibutuhkan sejumlah refrigeran untuk menyerap panas dari produk, beban kerja evaporator dirumuskan sebagai berikut [8]

$$Q_{evap} = m_r (h_1 - h_{10}), \text{kJ/hr} \quad (7)$$

dengan m_r adalah laju aliran massa, h₁ adalah entalpi refrigerant yang keluar dari evaporator (kJ/kg), h₁₀ adalah entalpi refrigerant yang masuk ke evaporator (kJ/kg)

Perbandingan Sirkulasi Absorber

Perbandingan antara laju aliran massa amonia NH₃ dan H₂O dirumuskan sebagai berikut [8]

$$\lambda = x_{ws} / x_{ss} - x_{ws} \quad (8)$$

dengan x_{ws} adalah kosentrasi larutan lemah (%), x_{ss} adalah kosentrasi larutan kuat (%)

Massa larutan lemah

Air dengan sedikit kosentrasi ammonia disalurkan dari generator ke absorber dirumuskan sebagai berikut [8]

$$m_{ws} = (1 + \lambda) m_r \quad \text{kg/s} \quad (9)$$

dengan λ adalah perbandingan sirkulasi

Massa larutan kuat

Larutan air dan amonia yang keluar dari absorber dipompakan ke generator, dirumuskan sebagai berikut [8]

$$m_{ss} = \lambda m_r \quad \text{kg/s} \quad (10)$$

Beban Kerja Absorber

Panas yang terkandung dalam uap refrigeran akan dilepaskan ke media pendingin dan berubah menjadi cair, dirumuskan sebagai berikut [8]

$$Q_{absorb} = m_r h_1 + m_{ws} h_2 - m_{ss} h_5, \text{kJ/hr} \quad (11)$$

dengan h₅ adalah entalpi larutan yang keluar dari absorber, kJ/kg

Penukar Panas

Larutan kuat dengan temperatur tinggi dari generator mengalir ke Heat Exchanger dan akan melepaskan panas. Dengan perumusan sebagai berikut [9]

$$m_{ws}(h_7 - h_6) = m_{ss}(h_4 - h_3), \text{kJ/kg} \quad (12)$$

h_7 adalah entalpi larutan yang keluar dari penukar panas (kJ/kg), h_6 adalah entalpi larutan yang keluar dari pompa (kJ/kg), h_4 adalah entalpi larutan yang masuk ke penukar panas (kJ/kg)

Generator

Generator uap dibutuhkan untuk memisahkan larutan refrigeran ($\text{NH}_3\text{H}_2\text{O}$) dari absorber sehingga refrigeran cair dapat disalurkan ke generator dengan menggunakan pompa. Dirumuskan sebagai berikut [9]

$$Q_{gen} = m_r h_8 + m_{ss} h_4 + m_{ws} h_7, \text{kJ/hr} \quad (13)$$

h_8 adalah entalpi refrigeran yang keluar dari generator (kJ/kg)

Kondensor

Beban panas akan dilepaskan di kondensor. Dirumuskan sebagai berikut [9]

$$Q_{con} = m_r (h_8 - h_9), \quad \text{kJ/hr} \quad (14)$$

h_9 adalah entalpi refrigeran yang keluar dari kondensor (kJ/kg) [9]

Koefisien Kerja

Perbandingan antara kerja yang dihasilkan dan kerja yang dibutuhkan oleh sistem pendingin. Dirumuskan sebagai berikut [10]

$$COP = \frac{Q_{evap}}{Q_{gen}} \quad (15)$$

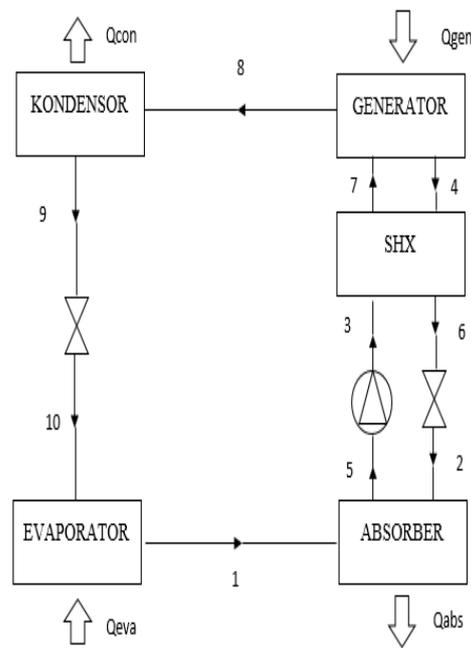
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Panas yang terkandung dalam gas buang motor induk.

Jumlah pemakaian bahan bakar per jam untuk motor induk Yanmar 6 CH-UTE sebesar 42,676 kg/hr, dengan jumlah panas yang dihasilkan oleh pembakaran 1 kg bahan bakar sebesar 4321027.6 kcal/hr, maka jumlah panas yang terkandung dalam gas buang motor induk sebesar 415064,061806 kJ/hr.

Perhitungan beban panas produk

Gambar kerja bertujuan untuk menggambarkan entalpi masuk keluar pada setiap sistem, sehingga perhitungan beban panas produk.



Gambar 4. Kerja Sistem Pendingin Absorpsi Uap

Temperatur kerja kondensor 32⁰C, Temperatur kerja evaporator -2⁰C, berdasarkan diagram P-H dan PTX diperoleh karakteristik refrigeran R717.

Tabel 1. Karakteristik Refrigeran

Poin	P (Bar)	T (°C)	X (%)	H (kJ/kg)	Fase
1	3,9819	31	100	1325	Uap jenuh
2	3,9819	43	41	-43,75	Larutan lemah
3	12,382	65	54	56,25	Larutan lemah
4	12,382	90	38	187,5	Larutan lemah
5	3,9819	50	37	6,25	Larutan kuat
6	12,382	50	66	18,75	Larutan kuat
7	12,382	75	47	134,25	Larutan kuat
8	12,382	61	100	1575	Uap jenuh
9	12,382	31	100	345,85	Cairan jenuh
10	3,9819	-1	100	345,85	Cairan jenuh

Beban Pendinginan

Panas spesifik (c_p) ikan sebesar 0.88 kJ/kg⁰C, selisih entalpi (ΔT) sebesar 34⁰C, maka jumlah energi panas yang harus diserap oleh sistem sebesar 3579562,523669 kJ.

Kapasitas Pendinginan

Beban pendinginan sebesar 3579562,523669 kJ berakibat kapasitas pendinginan pada sistem sebesar 282,4332502 Ton.hr kapasitas pendinginan sama dengan beban panas pada evaporator.

Laju Aliran Massa

Berdasarkan karakteristik refrigeran R717 poin 1 dan 10 (Entalpi), maka jumlah refirgeran yang mengalir dalam sistem sebesar 0,288447378 kg/hr.

Perbandingan Sirkulasi Absorber

Konsentrasi larutan lemah sebesar 0.44, dan kosentrasi larutan kuat sebesar 0.5 sehingga, perbandingan antara laju aliran masa amonia (NH₃) dan air (H₂O) sebesar 7,333333333.

Massa larutan kuat dan lemah

Massa larutan lemah (H₂O) sebesar 2,403728108 kg/hr dan massa larutan kuat (NH₃) sebesar 2,115280735 kg/hr.

Beban Kerja Absorber

Laju aliran massa sebesar 0,288447378, dengan Entalpi pada poin 1,2 dan 5, maka beban kerja dari absorber adalah sebesar 263,8091666 kJ/hr.

Penukar Panas

Pada penukar panas yang diperoleh adalah entalpi, yaitu sebesar 134,25 kJ/kg.

Generator

Beban kerja dari generator uap adalah sebesar 528,2192579 kJ/hr.

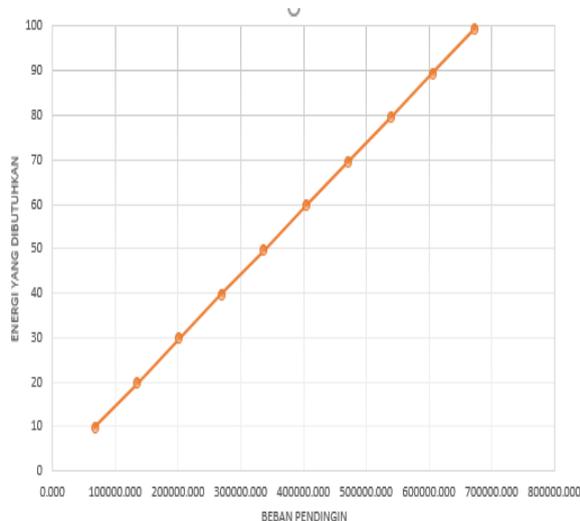
Kondensor

Panas yang harus dilepaskan oleh kondensor adalah sebesar 354,5450947 kJ/hr.

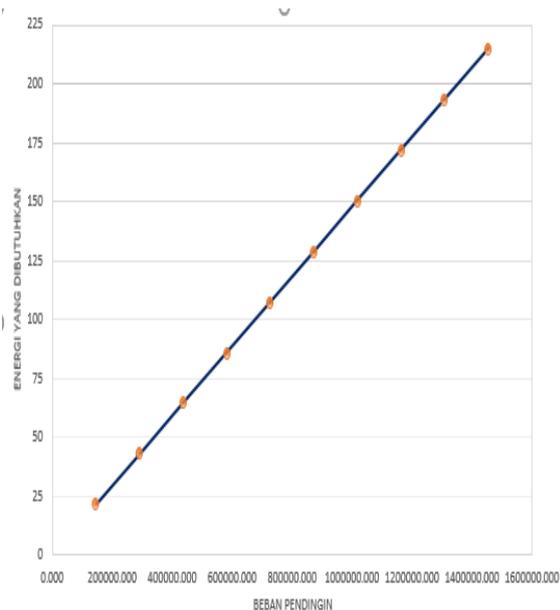
Koefisien kerja

Hasil perbandingan dari kerja yang dihasilkan dengan kerja yang dibutuhkan adalah sebesar 53 %.

Persentase muatan palka dengan energi yang dibutuhkan



Gambar 5. Grafik persentase muatan palka depan dengan energi yang dibutuhkan



Gambar 6. Grafik persentase muatan palka tengah dan belakang dengan energi yang dibutuhkan.

Kebutuhan Energi Total

Perbandingan beban pendingin dengan energi yang dibutuhkan tiap palka terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Perbandingan beban pendingin dengan energi yang dibutuhkan

Palka	Beban Pendinginan (kJ)	Energi yang dibutuhkan (kJ/hr)
Depan	673351,9838	99,46810334
Tengah	1453953,972	214,6463159
Belakang	1453953,972	214,6463159
Total	3579459,928	528,7607357

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data pengukuran, perhitungan, dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. 23 ÷ 32 % panas yang dihasilkan dari gas buang motor induk Yanmar 6 CH-UTE dengan pemakaian bahan bakar sebesar 42 kg/hr menghasilkan panas sebagai sumber energi untuk menjalankan sistem pendingin absorpsi uap sebesar 415064 kJ/hr.
2. Energi yang dibutuhkan oleh generator untuk menjalankan sistem pendinginan absorpsi uap adalah sebesar 528 kJ/h dengan demikian $Q_{eg} > Q_{gen}$ maka panas buangan motor induk dapat digunakan untuk menjalankan sistem pendingin absorpsi uap.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Petrovsky, N., 1976 Marine Internal Combustion Engine: Mik Publishers Mosccow.

[2] B. Arun (2017), Design – Analysis Of Generator Of Vapour Absorption Refrigeration System For Automotive Air Conditioning. International Journal Of Engineering Research & Technology, 06 june-2017.

[3] F. Napitupullu, F. Daulay, P. Dedy, Jecson (2017), A Preliminary Study On Designing and Testing of an Absorption Refrigeration Cycle Powered by Exhaust Gas of Combustion Engine. IOP Conference Series: Material Science and Engineering 16 – 18 November 2016.

- [4] M. Becker, W. Meng, K. Abhishek, J. Seyed, R. Mahinder, D. David, Absorption Refrigeration Cycles With Ammonia – Ionic Liquid Working Pairs Studied By Molecular Simulation. ACS Publications March 2018.
- [5] V. Srikanth, N. Raja, Gupta (2017) Thermodynamic Analysis of Vapour Absorption Refrigeration System Using Solar Energy. International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology.
- [6] P. Matta, SaiKiran, Khaja, Manoj (2017) Design Of Vapour Absorption Refrigeration System Of 1.5tr Capacity By Waste Heat Recovery Process. International Journal of Pure and Applied Mathematics Volume 115 No. 7 2017, 613-619.
- [7] K. Rixon, T. Sanoj, C. Mathew, T. Thomas . Air Cooling Inside Vehicles using Vapour Absorption Refrigeration System International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278 - 0181 IJERTV4IS120215 www.ijert.org (This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.) Vol. 4 Issue 12, December-2015
- [8] A. Shukla, A. Mishra, D. Shukla, K. Chauhan. C.O.P Derivation and Thermodynamic Calculation of Ammonia-Water Vapor Absorption Refrigeration System. ISSN 0976 – 6340 (print) issn 0976 – 6359 (online) volume 6, issue 5, may (2015), pp. 72-81.
- [9] VR. Rajesh, S.Salim (2016) Thermodynamic Analysis of Aqua – Ammonia Based Miniaturized Vapour Absorption Refrigeration System Utilizing Solar Thermal Energy 2016.
- [10] J. Sahadev, M. Arulprakasajothi, U. Chandrasekhar, D Yuvarajan (2019) Experimental Investigation of Vapour Absorption Refrigeration Cycle for Automobile Cabin Cooling 2019.