

MODIFIKASI SISTEM PENDINGIN MESIN DIESEL MERK DONGFENG MENGGUNAKAN *HEAT EXCHANGER* UNTUK KAPAL MOTOR NELAYAN

M. Jufri Nizam¹, Syahrizal²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis
Jln. Bathin Alam Sungai Alam Bengkalis Riau
Email:syahrizal@polbeng.ac.id²

Abstrak

Modifikasi sistem pendingin mesin diesel merk dongfeng menggunakan heat exchanger untuk kapal motor nelayan bertujuan untuk menjaga temperatur air pendingin pada range 60°C-90°C serta menggantikan metode sistem pendingin terbuka yang dinilai kurang efisien dan banyak menimbulkan dampak negatif bagi mesin seperti korosi dan temperatur air pendingin pada water jacket dibawah standar yang ditentukan. Modifikasi yang penulis lakukan dirancang menggunakan heat exchanger sebagai alat penukar kalor air tawar ke air laut. Berdasarkan hasil pengujian terhadap alat yang dirancang didapatkan hasil nilai kalor yang dilepas oleh sistem berbanding lurus terhadap putaran mesin serta didapatkan efisiensi sistem yang tertinggi pada putaran 1900 Rpm sebesar 37% .

Kata Kunci: *Heat exchanger, Tube, Water jacket, Overal heat transfer.*

Abstract

The modification of dongfeng diesel engine cooling system using heat exchangers for fishing boats aims to keep cooling water temperatures in the 60°C-90°C range and to replace open cooling system methods that are considered less efficient and cause negative impacts for machinery such as corrosion and temperature cooling water in the water jacket below the specified standard. The modifications that the authors do are designed using heat exchangers as a tool for exchanging freshwater calor to seawater. Based on the results of testing on the tool designed to get the calorific value released by the system directly proportional to the engine speed and obtained the highest system efficiency at 1900 Rpm round by 37%.

Keywords: *Heat exchanger, Tube, Water jacket, Overal heat transfer.*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan motor bakar sebagai motor penggerak alat transportasi semakin berkembang baik transportasi darat, udara dan laut, khususnya untuk transportasi laut lebih spesifik lagi untuk perahu motor para nelayan banyak menggunakan motor penggerak jenis Dong Feng *Diesel Engine*, mulai dari tipe R175A 7HP sampai dengan S1110 24HP motor penggerak jenis Dong Feng ini banyak dipilih oleh masyarakat karena harga yang relatif lebih murah dan perawatannya mudah. Motor bakar yang digunakan sebagai penggerak kapal nelayan ini menggunakan pendingin air sistem terbuka. Sistem pendingin yang seperti ini dinilai banyak menimbulkan dampak yang merugikan

baik terhadap lingkungan, maupun ketahanan dari *engine* itu sendiri.

Dampak buruk yang terjadi pada lingkungan apabila terjadi kebocoran oli pada *gasket cylinder head* maka oli tersebut akan masuk kedalam *water jacket* lalu ikut terbuang ke laut bersama dengan air panas hasil pendinginan *engine*, dampak buruk yang terjadi pada *engine* adalah tingkat korosi yang sangat tinggi terjadi pada *engine* khususnya pada *line water collant* sehingga sering terjadi kebocoran kompresi, menyebabkan air masuk ke ruang bakar maupun kerusakan lain yang diakibatkan korosi, kerusakan pada *cylinder linear* juga dapat terjadi dikarenakan suhu pendinginan tidak konstan dan juga efisiensi pemakaian bahan bakar lebih boros.

Pengembangan sistem pendingin yang terbaru diperlukan untuk mengatasi masalah-masalah yang timbul tersebut, salah satu metode penyelesaiannya dengan cara memodifikasi sistem pendingin tersebut agar mampu mengurangi dampak negatif yang terjadi, baik pada mesin itu sendiri maupun pada lingkungan. Sistem ini diharapkan mampu mengurangi biaya perawatan dalam pergantian *parts engine*. Tujuan modifikasi ini untuk menambah daya tahan mesin *dongfeng* dalam penggunaan sebagai motor penggerak perahu nelayan (*main engine*) maupun sebagai keperluan kelautan lainnya.

2. METODE

Perancangan untuk melakukan modifikasi sistem pendingin motor bakar harus mengikuti acuan-acuan agar modifikasi sistem pendingin dapat bekerja secara optimal seperti temperatur air masuk *engine* dibatasi hingga 65°C. Hal ini disebabkan, dari penelitian yang dilakukan, jika temperatur air masuk *engine* 70°C, ternyata didapatkan bahwa temperatur air keluar *engine* lebih dari 100°C. Jika air berada pada tekanan atmosfer (1 atm) dan temperatur lebih dari 100°C, maka air akan berada pada fase uap, maka temperatur air masuk *engine* dibatasi hingga 65°C namun jika temperatur masuk ke *engine* lebih rendah maka penggunaan bahan bakar boros[3].

Modifikasi sistem pendingin ini menggunakan sebuah *heat exchanger* sebagai alat penukar kalor, jenis dari *heat exchanger* yang akan dibuat adalah jenis *fixed tubesheet* dengan jenis aliran *counter flow* hal ini karena penukar kalor jenis ini adalah penukar kalor paling efektif untuk pertukaran kalor antara dua buah fluida cair tanpa harus bersentuhan.

Perancangan *heat exchanger* harus mengikuti prosedur Perancangan yang telah disepakati oleh *TEMA* berikut ini adalah persyaratan dalam perancangan *heat exchanger*:

1. Mencari beban energi panas

Beban energi panas yang akan didinginkan pada *heat exchanger* dapat dicari dengan menggunakan persamaan1 dengan hukum kesetimbangan panas (*heat balance*) tanpa ada perubahan fase zat antara kedua sisi tube maupun sisi *shell*.

$$Q_h = m_h c_{ph} (T_{hi} - T_{ho}) \tag{1}$$

Dimana:

Q_h = besarnya energi panas yang dilepaskan oleh fluida yang akan di dinginkan (Watt = J/s)

m_h = laju aliran massa fluida yang akan di dinginkan (kg/s)

c_{ph} = panas jenis fluida yang akan di dinginkan (J/kg.°K)

T_{hi} = temperatur fluida dingin rata-rata masuk kesistem (°K)

T_{ho} = temperatur fluida rata-rata yang telah di dinginkan (°K)

2. Mencari nilai *LMTD*

Log Mean Temperature Diference (LMTD) adalah suhu rata-rata didalam *heat exchanger*.

$$\Delta_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \tag{2}$$

$$\Delta_t = \Delta_{LMTD} \cdot F_T \tag{3}$$

Dimana:

T_1 = temperatur air panas masuk (°K)

T_2 = temperatur air panas keluar (°K)

t_1 = temperatur air pendingin masuk (°K)

t_2 = temperatur air pendingin keluar (°K)

F_T = faktor koreksi (0,76)

3. Mengasumsi nilai U_o *Overall Heat Transfer*

Nilai U_o didapatkan dari referensi Tabel 1 Kern, 1965, dimana nilai U_o tidak terjadi

perubahan fasa untuk pendingin tipe *shell and tube heat exchanger*.

Tabel 1. *Overall Heat Transfer* tanpa Perubahan Fasa

Fluida Pendingin	Fluida panas	Overall heat transfer (W/m ² .°K)
Air	Air	850-1700
Air	Organic solvent	550-1100
Air	Gas	53-106
Air	Light oil	100-200

4. Mencari luas permukaan perpindahan energi panas pada tube

Luas perpindahan energi panas pada *tube* adalah seberapa luas permukaan tube yang dibutuhkan untuk memindahkan panas sebesar *Q*, luas perpindahan energi panas dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_o = \frac{Q}{U_o \Delta_t} \tag{4}$$

Dimana:

A_o = luas permukaan perpindahan energi panas pada tube (m²)

Q = kalor yang akan didinginkan (J/s)

U_o = koefisien perpindahan kalor (W/m².°K)

Δ_t = beda temperatur rata-rata (°K)

5. Menentukan jumlah tube

Jumlah tube dapat ditentukan berdasarkan perbandingan antara luas permukaan perpindahan panas (*A_o*) dengan luas permukaan sebuah *tube*.

$$N_t = \frac{A_o}{\pi \cdot d_o \cdot L} \tag{5}$$

Dimana:

N_t = jumlah *tube*

A_o = luas permukaan perpindahan panas (m²)

d_o = diameter luar *tube* (m)

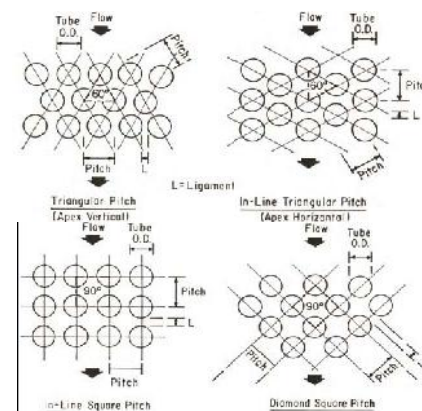
L = panjang *tube* (m)

6. Menentukan diameter shell

Diameter *shell* dapat dicari dengan syarat jumlah *tube* dan *pitch* sudah diketahui kemudian besar diameter *shell* disesuaikan dengan banyaknya *tube*.

7. Perancangan Tube Layout

Tube merupakan pipa kecil yang tersusun di dalam *shell*, aliran di dalam *tube* sering dibuat melintas lebih dari satu kali dengan tujuan untuk memperbesar koefisien perpindahan panas lapisan film fluida didalam *tube*. Didalam perancangan tube susunan *tube* pada *tube sheet* terbagi atas empat jenis, perhatikan Gambar 1 jenis susunan *tube*.



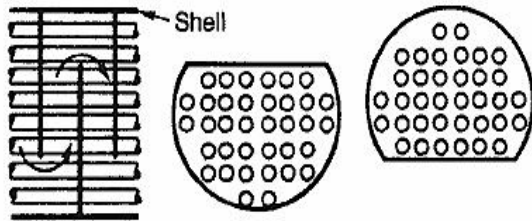
Gambar 1. Susunan *Tube* [1]

Berdasarkan susunan keempat *tube* tersebut, susunan yang memiliki koefisien tertinggi dan dapat digunakan pada fluida *fouling* adalah jenis susunan *tube* jenis segitiga.

8. Perancangan Baffle

Baffle memiliki dua fungsi yaitu berfungsi sebagai penyangga dan sebagai media untuk menurunkan kecepatan aliran fluida didalam

shell sehingga koefisien perpindaahan panas tinggi. Batas optimal celah pada *baffle* antara range 40% - 60%, tetapi batas celah yang lebih disarankan agar perpindahan panasnya lebih optimal adalah 25% - 35%.



Gambar 2. Baffle [1]

9. Mencari nilai Q_{aktual} dan Q_{maks}

Nilai Q_{aktual} merupakan nilai energi yang diserap oleh fluida dingin yang terjadi pada sisi *tube*, sedangkan nilai Q_{maks} merupakan nilai energi panas yang dilepaskan oleh fluida panas.

$$Q_{aktual} = C_c (t_2 - t_1) \quad C_c = \dot{m}(Cp_c)$$

$$Q_{maks} = C_h (T_1 - t_1) \quad C_h = \dot{m}(Cp_h) \quad (6)$$

10. Mencari nilai efisiensi thermal (η_{th})

Nilai efisiensi thermal adalah nilai seberapa efisien sistem penukar kalor tersebut, berdasarkan D. Kern 1965 nilai efisiensi thermal (η_{th}) didapatkan dari persamaan berikut ini:

$$\eta_{HE} = \frac{Q_{aktual}}{Q_{maks}} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana:

- η_{HE} = efisiensi *Heat Exchanger* (%)
- Q_{aktual} = kalor yang diserap fluida dingin (J/s)
- Q_{maks} = kalor yang dilepaskan fluida panas (J/s)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan pada mesin diesel satu silinder *type* S195 berikut ini adalah data dari mesin yang dilakukan pengujian sistem:

Tabel 2 Spesifikasi mesin

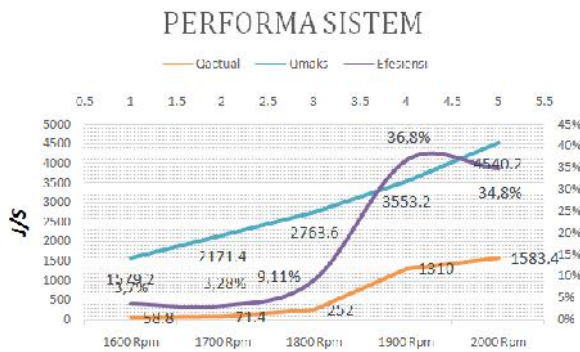
<i>Inboard Main Engine</i>	
<i>specification</i>	<i>Main Engine</i>
<i>Type</i>	S 195 ISN
<i>No.</i>	104.220.210
<i>Brand</i>	Misaka Diesel
<i>Max Output</i>	13,2 HP
<i>Max Rpm</i>	2000 Rpm
<i>Weight</i>	145 Kg
<i>Date of manufacture</i>	2014-04

Pada saat melakukan pengujian mesin harus berada pada temperatur kerja yakni 80°C, hal ini dikarenakan untuk mendapatkan data seakurat mungkin. Pengujian ini dilakukan selama 2 jam dengan variasi putaran 1600, 1700, 1800, 1900 dan 2000 Rpm setiap putaran memiliki waktu tunggu 24 menit kemudian dilanjutkan ke putaran lebih tinggi, khusus untuk putaran 2000 Rpm dilakukan selama 60 menit hal ini dikarenakan untuk mendapatkan hasil pengujian sesuai dengan penggunaan dilapangan.

Tabel 3 Data pengujian sistem

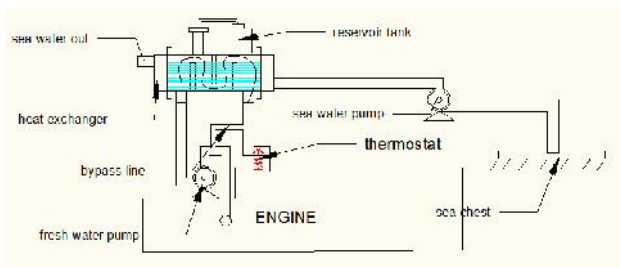
rpm	Air Laut				Air Tawar				Performa			
	T_1 °K	T_2 °K	\dot{m} Kg/s	Q J/s	t_1 °K	t_2 °K	\dot{m} Kg/s	Q J/s	T_{∞} °K	T_s °K	Q_{maks} J/s	η_{HE} %
1600	300	301	0,14	58,8	347	313	0,08	1442	300	301	1579	3,7
1700	300	301	0,17	71,4	347	311	0,11	1663	300	301	2171	3,3
1800	300	303	0,2	252	347	309	0,14	2234	300	301	2763	9,1
1900	300	313	0,24	1310,4	347	307	0,18	3024	300	301	3553	37
2000	300	313	0,29	1583,4	347	306	0,23	3961	300	301	4540	35
Rata-rata				655,2							2921	23

Dari tabel diatas dapat digambarkan melalui grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Pengujian sistem

Grafik pengujian diatas menyimpulkan bahwa nilai efisiensi mengalami peningkatan dari putaran 1700 Rpm sampai dengan putaran 1900 Rpm, efisiensi naik secara signifikan di putaran mesin 1900 Rpm pada putaran ini memiliki efisiensi tertinggi yaitu 36,8% sementara pada putaran mesin 2000 Rpm terjadi penurunan efisiensi sebesar 2% sehingga efisiensi pada putaran 2000 Rpm sebesar 34,8%. Cara nilai Q_{aktual} dan $Q_{maksimal}$ mengalami kenaikan nilai pada setiap variasi putaran mesin. Berdasarkan skema pada Gambar 4 pada sistem pendingin yang penulis buat memiliki cara kerja sebagai berikut:



Gambar 4 Skema diagram sistem pendingin menggunakan Heat Exchanger

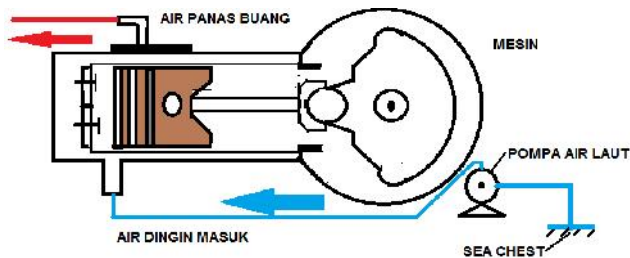
Panas pada mesin dipindahkan ke air dengan metode konveksi, apabila temperatur air didalam *water jacket* belum mencapai range 80-100°C maka sirkulasinya dari *fresh water pump* hanya melewati saluran *bypass* jika temperatur kerja thermostat telah tercapai maka *thermostat* akan terbuka sehingga air panas tersebut mengalir ke

heat exchanger bagian *shell* dengan bantuan tekanan dari pompa *fresh water* yang digerakan oleh putaran mesin itu sendiri.

Heat Exchanger yang penulis rancang digunakan sebagai alat penukar kalor sistem pendingin untuk mesin diesel satu silinder merek dongfeng, dipakai untuk keperluan kegunaan penggerak perahu motor nelayan. Pengujian dilakukan selama 2 jam dengan lima variasi putaran yaitu: 1600, 1700, 1800, 1900 dan 2000 Rpm yang masing masing memiliki waktu tunggu selama 24 menit setiap putarannya.

Berdasarkan pengujian dan analisa yang penulis lakukan telah didapat nilai energi panas yang dilepas oleh air laut (Q_c), besarnya energi panas yang diserap air tawar (Q_h). Hasil pengujian sistem didapatkan temperatur air tawar didalam *water jacket* rata-rata sebesar 74°C nilai tersebut telah memenuhi syarat untuk temperatur air pendingin pada motor disel, namun pada saat melakukan pembuktian matematis hasil dari perhitungan tidak sesuai dengan data awal perancangan, hal ini terjadi karena perpindahan panas tidak optimal berpindah ke air laut dikarenakan sebagian panas lepas terbuang kelingkungan melalui dinding *shell*.

Perbandingan antara sistem pendingin yang sudah dilakukan modifikasi menggunakan *heat exchanger* dengan metode lama yaitu sistem pendingin terbuka(langsung), maka sistem yang telah di modifikasi memiliki keunggulan (kelebihan) dibandingkan dengan sistem pendingin menggunakan metode pendinginan terbuka seperti: berkurangnya tingkat korosifitas pada bagian *water jacket*, dan komponen-komponen yang terkontaminasi langsung dengan air pendingin serta temperatur air didalam *water jacket* sesuai (terjaga) dengan temperatur ideal air pendingin mesin diesel yaitu antara range 65°C – 90°C, secara konstruksi dapat kita bandingkan antara Gambar 5 yang menggambarkan konstruksi sistem pendingin metode lama yang dikenal dengan sistem pendingin terbuka (Langsung) dengan Gambar 4.



Gambar 5 Sistem pendingin sistem terbuka

Berdasarkan perbedaan antara kedua sistem tersebut terdapat beberapa kelemahan dalam menggunakan sistem pendingin yang telah dilakukan modifikasi antara lain konstruksi yang agak sedikit rumit, serta investasi awal membutuhkan dana yang lebih besar jika dibanding menggunakan sistem pendingin terbuka (langsung).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian serta analisa terhadap *Heat exchanger* yang dirancang maka dapat disimpulkan bahwa: Temperatur rata-rata air tawar pada *water jacket* adalah 74 sesuai dengan standar yang disarankan untuk motor bakar dan sistem pendingin tersebut layak digunakan.

Efisiensi sistem terjadi kenaikan yang signifikan pada putaran mesin 1900 Rpm yaitu sebesar 36,8%, hal ini terjadi dikarenakan kalor yang dilepas air tawar terserap 36,8% oleh air laut, namun pada putaran mesin *full speed* yaitu 2000 Rpm terjadi penurunan efisiensi sekitar 2% dari putaran 1900 Rpm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada pembimbing TA, program studi D-III Teknik Mesin dan Jurusan Teknik Mesin serta sivitas akademika Politeknik Negeri Bengkalis yang telah memberikan segala ilmu yang telah didapat selama menjadi mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cengel, Yunus A, Boles, Michael A. *Thermodynamics, An Engineering Approach*. New York, McGraw-Hill Ltd. 2007
- [2] D. Kern. *TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association)*.
- [3] Ekadewi, Rahardjo, Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar-Motor Diesel Stasioner di sebuah Huller, Universitas Kristen Petra, JURNAL TEKNIK MESIN Vol. 1, No. 1, April 1999. 1968
- [4] Keith Escoe A. *Mechanical Design of Process Systems, vol.2*. Gulf Pub Company, Houston Texas. 1986
- [5] P. Holman Jack, Jasjfi E. *Heat Transfer, Sixth Edition*. McGraw-Hill, Ltd. 1986
- [6] Wood D Bernard, Harahap Zulkifli. *Applications of Thermodynamics, Second Edition*. Addison-Wesley Publishing, Syracuse, New York. 1985