

ANALISA VARIASI PENDINGINAN TEMPERATUR DAN LAJU ALIRAN MASSA TERHADAP *LIFETIME* PELUMAS

Arief Lucky Bima Sakti¹⁾, Nu Rhahida Arini²⁾, dan Achmad bahrul Ulum³⁾

^{1,2,3}D4 Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Kampus PENS, Jalan Raya ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

E-mail: arieflucky23@gmail.com

Abstract

Lubricant is a supporting component in all rotary machine systems. If a lubricant is still used more than its usage limit, it will have an impact on the components that should be coated. In this study, the calculation of the lifetime limit of a lubricant using an analysis of changes in temperature and also the mass flow rate of the fluid that works on the heat exchanger, namely the lube oil cooler, and the effectiveness of the heat exchanger will be carried out. In this study, the maximum limit for the use of lubricants was 3891.14 hours with a working temperature of 60.8 °C then 3748.83 hours with a working temperature of 61.18 °C, 3460.22 hours at 62 °C, and then by 3295.89 hours at the highest temperature of 62.5 °C. The maximum effectiveness obtained by the heat exchanger in this study was 28.3% for the highest mass flow rate variation of 65 kg/s, followed by 60 kg/s with 27.3%, 55.56 kg/s with 26.4% effectiveness, and then 22.4% at the lowest mass flow rate of 40 kg/s.

Keywords: *Lifetime, Lubricant, Lube Oil Cooler, Heat Exchanger, Effectivity*

Abstrak

Pelumas merupakan sebuah komponen pendukung pada setiap sistem *rotary machine*. Apabila pelumas masih tetap digunakan melebihi dari batas masa penggunaannya maka akan berdampak pada komponen yang seharusnya terlapisi. Pada penelitian ini, akan dilakukan perhitungan batas masa penggunaan dari pelumas dengan menggunakan analisa terhadap perubahan temperatur dan juga laju aliran massa fluida yang bekerja pada alat penukar kalor yaitu *lube oil cooler* beserta efektivitas dari heat exchanger tersebut. Pada penelitian ini didapatkan batas maksimum penggunaan pelumas adalah 3891,14 jam dengan temperatur kerja 60.8 °C kemudian 3748,83 jam dengan temperatur kerja 61,18 °C, 3460,22 jam pada 62 °C, dilanjutkan dengan 3295,89 jam pada temperatur tertinggi yaitu 62,5 °C. Efektivitas maksimum yang diperoleh alat penukar kalor dalam penelitian ini adalah 28,3% untuk variasi laju aliran massa tertinggi 65 kg/s, dilanjutkan 60 kg/s dengan 27,3 %, 55,56 kg/s dengan efektivitas 26,4%, dan terakhir adalah 22,4% pada laju aliran massa terendah 40 kg/s.

Kata Kunci: *Masa Penggunaan, Pelumas, Lube Oil Cooler, Penukar Kalor, Efektivitas*

PENDAHULUAN

Salah satu komponen yang penting pada pembangkit listrik adalah turbin uap. Turbin uap merupakan alat yang menggunakan energi kinetik dari uap yang kemudian diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran pada poros turbin. Salah satu komponen pendukung pada turbin uap adalah *lubricant*.

Lubricant merupakan komponen sistem pelumasan pada turbin yang dapat melumasi *bearing* turbin yang harus bekerja dalam waktu lama secara terus menerus agar tidak terjadi pengikisan pada poros maupun bagian yang saling bergesekan. Selain itu *lubricant* juga digunakan sebagai pendingin dari bagian yang saling bergesekan. Menggunakan prinsip penukar kalor, *lubricant* menukar kalor berlebih yang terdapat pada bagian *bearing* yang bergesekan yang kemudian akan dialirkan pada alat penukar kalor yaitu *lube oil cooler* untuk didinginkan kembali. Terjadinya peningkatan temperatur yang terdapat pada *lubricant* akan mempengaruhi perubahan pada properti *lubricant*.

Masa penggunaan (*lifetime*) suatu *lubricant* merupakan lama masa pakai dari suatu *lubricant*. *Lifetime lubricant* merupakan suatu hal yang sangat perlu diperhatikan dalam sistem pelumasan. Suatu *lubricant* yang sudah melewati masa penggunaan akan mengurangi sifat keandalan nya, sehingga nantinya akan mempengaruhi terjadinya kerusakan pada komponen yang tadinya terlapisi oleh *lubricant*.

Pentingnya masa penggunaan *lifetime lubricant* menjadi dasar dilakukannya penelitian ini. Variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu variasi temperatur input *lube oil cooler* dan variasi laju aliran massa. Tujuan dari variasi ini adalah untuk menentukan pengaruh dari temperatur *lube oil* yang di gunakan terhadap masa penggunaan dari pelumas yang digunakan pada turbin, sehingga nantinya diharapkan dapat mempertahankan performa kinerja dari turbin yang digunakan.

Peningkatan temperatur merupakan pemberi pengaruh terbesar pada proses oksidasi pelumas. Semakin tinggi temperatur, semakin cepat reaksi kimia tertentu akan berlangsung. Secara kuantitatif, hubungan antara laju reaksi dan temperatur ditentukan oleh persamaan *Arrhenius*, yang menghubungkan log laju reaksi dengan kebalikan temperatur mutlak. Pada suhu yang lebih tinggi, kemungkinan meningkat bahwa dua molekul akan bertabrakan dengan energi kinetik yang cukup untuk mengaktifkan reaksi kimia. Energi aktivasi adalah jumlah energi yang diperlukan untuk menjamin terjadinya reaksi (M. Khonsari, E.R.Booser, 2003).

$$E_a = -RT \ln \left(\frac{k}{A} \right) \quad (1)$$

Dimana:

E_a = Energi aktivasi dari suatu reaksi

k = Konstanta laju reaksi

A = Faktor pra-eksponensial

R = Konstanta gas universal

$$= 8.314 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

T = Temperatur absolut

Persamaan *Arrhenius* yang diterapkan pada pelumas dapat menyarankan batas masa pakai berdasarkan suhu kerja pelumas. Dengan asumsi bahwa tidak ada efek kontaminasi pada pelumas, nilai batas masa pakai pelumas dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Log } L = k_1 + \frac{4750}{(T+275)} \quad (2)$$

Dimana:

L = Batas masa penggunaan (*lifetime*) pelumas (jam)

k_1 = Konstanta oksidasi pada pelumas

T = Temperatur kerja pelumas

Tabel 1
Konstanta Oksidasi Pelumas

Tipe	k_1	Max. Temp.pada 1000 jam
<i>Uninhibited (Used Once/Through System)</i>	-10.64	75°C
<i>Extreme Pressure gear Lubricant</i>	-10.31	84°C
<i>Hydraulic</i>	-8.76	99°C
<i>Turbine</i>	-8.45	106°C
<i>Heavily Refined, Hydrocracked</i>	-8.05	121°C

Kinerja suatu *heat exchanger* dapat dilihat dari nilai efektifitasnya. Semakin besar nilai efektifitas suatu *heat exchanger* maka semakin baik kemampuan perpindahan panasnya, hal tersebut karena nilai laju perpindahan panas yang sebenarnya mendekati jumlah energi panas yang dapat dipindahkan (Bergman, T. L., Incropera, F. P., DeWitt, D. P., & Lavine, A. S., 2011).

Nilai efektifitas *heat exchanger* didapatkan dengan menggunakan persamaan dibawah:

$$\varepsilon = 2 \left\{ 1 + C_r + (1 + C_r^2)^{1/2} \times \frac{1 + \exp[-(NTU)(1 + C_r^2)^{1/2}]}{1 - \exp[-(NTU)(1 + C_r^2)^{1/2}]} \right\}^{-1} \quad (3)$$

Dimana:

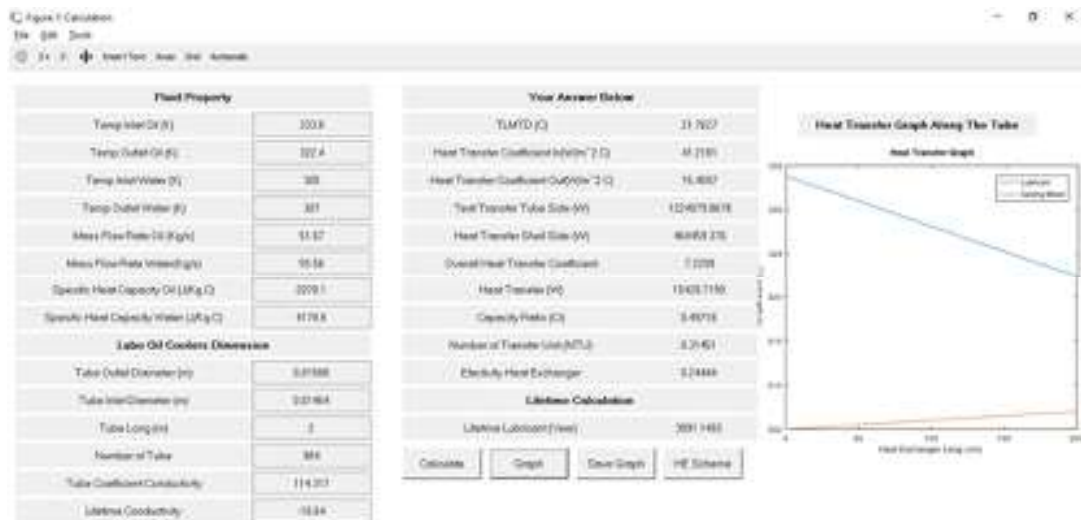
$$C_r = \frac{c_{min}}{c_{max}} \quad (4)$$

$$NTU = \frac{U \times A}{C_{min}} \quad (5)$$

METODE PENELITIAN

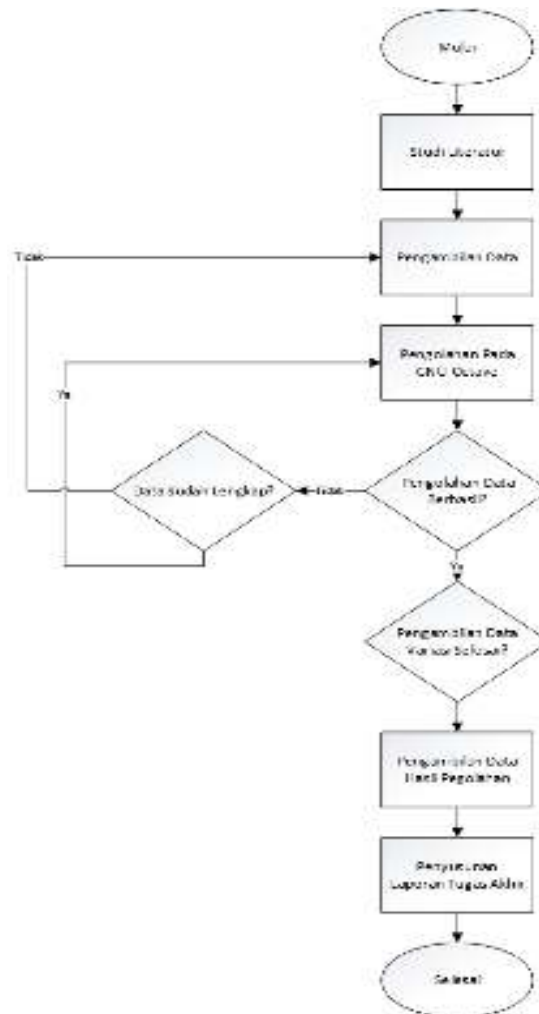
Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode studi analitik. Metode analitik merupakan suatu metode penyelesaian menggunakan persamaan suatu fungsi yang dapat menghasilkan nilai *exact*. Data yang digunakan disini diperoleh dari *datasheet* jurnal “Analisis Dampak Penurunan Performa *Lube Oil Cooler* pada Turbin di PLTU Belawan” dengan beberapa variasi yang berbeda.

Pada penelitian ini digunakan *Software GNU Octave* sebagai sarana pengolahan data untuk menyelesaikan persamaan matematis. Menggunakan perintah yang diinputkan dengan bahasa pemrograman pada *interface* yang telah dibuat sebelumnya. Variabel yang diinputkan merupakan variabel yang digunakan pada persamaan untuk menghitung nilai yang dibutuhkan. Kemudian nilai yang didapatkan setelah dilakukan pengolahan data akan di plot pada grafik perpindahan kalor. Begitu juga dilakukan pada variasi nilai lainnya yang digunakan.



Gambar 1. *Interface* Perhitungan *GNU Octave*

Rangkaian alur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat dalam bentuk diagram *flowchart* pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Flowchart Diagram Alur Penelitian

Tahapan proses penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

- Melakukan studi literatur yang berkaitan dengan topik penelitian yaitu proses perpindahan panas, sistem kerja *lube oil cooler*, dan juga faktor yang mempengaruhi perubahan *lifetime* pelumas.
- Pengambilan data yang didapat dari jurnal yang berisi mengenai *logbook datasheet* properti dari fluida kerja dan juga *heat exchanger lube oil cooler*.
- Melakukan pengolahan dari data yang telah didapatkan dengan merujuk pada referensi perhitungan dan rumus agar didapatkan nilai efektivitas dan juga batas masa penggunaan pelumas.
- Setelah didapatkan nilai yang dibutuhkan selanjutnya dilakukan analisa terhadap seluruh hasil data yang didapatkan, yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang mudah dipahami.

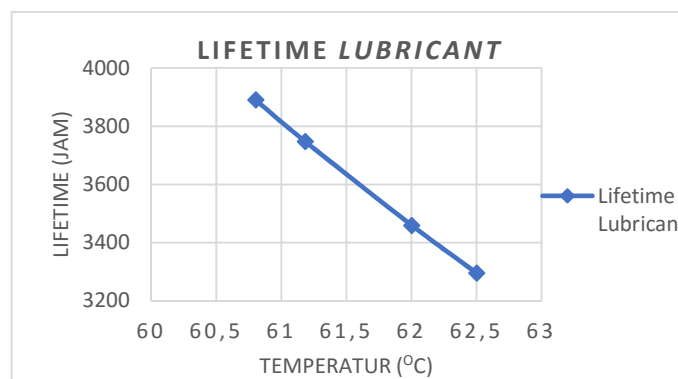
- Kemudian setelah didapatkan hasil dan juga analisa dari hasil yang didapatkan, maka dapat dilakukan penyusunan laporan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode yang telah disebutkan sebelumnya, maka didapatkan nilai hasil perhitungan *lifetime lubricant* dan juga efektivitas dari *lube oil cooler* sebagai berikut:

Tabel 2
Data Hasil Perhitungan *Lifetime Lubricant*

Temperatur	<i>Lifetime</i> (hours)
60.8 °C	3891.14
61.18 °C	3748.83
62 °C	3460.22
62.5 °C	3295.89



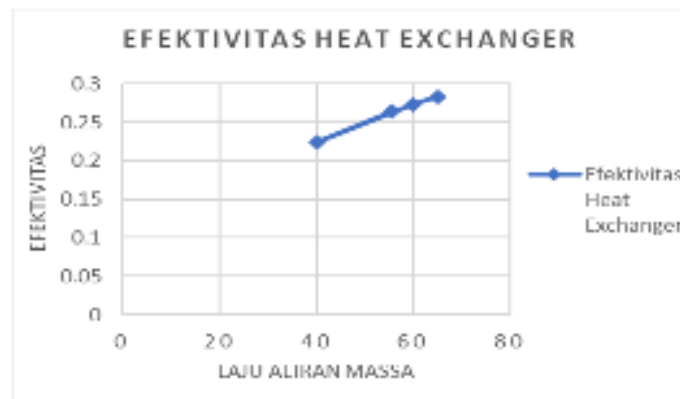
Gambar 3. Grafik Hasil Perhitungan *Lifetime Lubricant*

Berdasarkan hasil diatas didapatkan nilai *lifetime* pelumas menggunakan 4 variasi temperatur kerja pelumas yang berbeda. Pada temperatur tertinggi 62,5 °C *lifetime* pelumas berada pada 3295,89 jam, pada temperatur kerja terendah yaitu 60,8 °C nilai *lifetime* pelumas berada pada titik tertinggi yaitu 3891,14. Pada saat nilai temperatur pada 62 °C nilai *lifetime* menunjukkan nilai *lifetime* pada 3460,22, hingga pada 61,18 °C *lifetime* pelumas berada pada 3748,83 jam. Dengan membandingkan nilai pada tabel tersebut dengan nilai konstanta oksidasi pelumas yang sama pada tabel hasil perhitungan maka dapat dikatakan apabila masa pakai pelumas akan semakin menurun seiring dengan semakin tinggi temperatur kerja pelumas. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yang paling berpengaruh dalam mengurangi masa pakai pelumas adalah kerusakan pelumas akibat oksidasi. Pelumas akan mulai mengalami perusakan Ketika mengalami oksidasi atau bereaksi secara kimiawi dengan oksigen. Hal tersebut akan meningkatkan tingkat keasaman dari pelumas tersebut.

Selain itu, nilai *lifetime* dari pelumas juga dipengaruhi oleh kerja yang dialami oleh pelumas tersebut. Ini karena prinsip persamaan *Arrhenius* yang diterapkan pada *lifetime* pelumasan juga mencakup konstanta oksidasi yang akan berubah nilainya tergantung pada komponen yang bekerja pada pelumas.

Tabel 3
Efektivitas *Lube Oil Cooler* pada Tiap Variasi yang Digunakan

Nilai	Var \dot{m}_1	Var \dot{m}_2	Var \dot{m}_3	Var \dot{m}_4
Efektivitas	0.2248	0.2645	0.2737	0.2831



Gambar 4. Grafik Nilai Efektivitas Heat Exchanger

Berdasarkan tabel dan grafik hasil perhitungan diatas dapat dilihat perubahan nilai efektifitas komponen *heat exchanger lube oil cooler*. Nilai efektifitas penukar kalor terendah berdasarkan perhitungan terdapat pada variasi laju aliran massa terendah dengan nilai laju aliran massa 40 kg/s dengan nilai efektifitas 0,224, pada variasi selanjutnya laju aliran massa fluida 55,56 kg/s diperoleh dan nilai efektifitas meningkat sebesar 0,264. Pada variasi ketiga digunakan laju aliran massa fluida dengan nilai 60 kg/s dan nilai efektifitas 0,273, pada variasi terakhir dimana laju aliran massa fluida dengan variasi tertinggi 65 kg/s, nilai efektifitas tertinggi adalah 0,283.

Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa efektifitas penukar panas selalu meningkat seiring dengan peningkatan laju aliran massa fluida pendingin. Hal ini dikarenakan nilai laju perpindahan panas pada *heat exchanger* berbanding lurus dengan nilai laju aliran massa yang terjadi pada fluida kerja.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan diatas maka pada penelitian ini dapat disimpulkan yaitu:

- Batas maksimum masa penggunaan pelumas yang didapatkan pada penelitian ini yaitu 3891,14 jam pada temperatur kerja 60,8 °C dan batas masa penggunaan terendah yaitu 3295,89 jam pada 62,5°C. Berdasarkan hasil tersebut penulis dapat menyimpulkan bahwa nilai *lifetime* pelumas akan meningkat semakin kecil nilai temperatur kerjanya.
- Efektivitas tertinggi yang diperoleh *heat exchanger* dalam penelitian ini adalah 28,3% untuk variasi laju aliran massa tertinggi pada 65 kg/s, dan efektivitas terendah yaitu 22,4% didapatkan pada variasi laju aliran massa terendah 40 kg/s. Oleh karena itu dapat disimpulkan jika nilai efektivitas yang diperoleh dari *heat exchanger* akan meningkat seiring dengan meningkatnya laju aliran massa fluida kerja.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini kedepannya yaitu:

- Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh kontaminasi dan variasi jenis pada *lubricant* terhadap *lifetime* dan juga efektivitas dari *heat exchanger*.

DAFTAR PUSTAKA

- Khonsari, M. M., & Booser, E. R. (2003). Predicting lube life. *Machine design*, 75(1), 89-89.
- Holman, J.P. (2009) Heat Transfer. 10th Edition, McGraw-Hill, New York.
- Rizal, M. (2017). Analisa Dampak Penurunan Kinerja *Lube oil* Cooler pada Turbin di PLTU Belawan.
- Kendall, C. M., & Holman, J. P. (1996). *Spray cooling heat-transfer with subcooled trichlorotrifluoroethane (freon-113) for vertical constant heat flux surfaces* (No. UCRL-JC-122507; CONF-961105-9). Lawrence Livermore National Lab., CA (United States).
- Maisch, C., Kirschmann, D., & Bertsche, B. (2010, January). Estimating the *lifetime* of gear *lubricants*. In *2010 Proceedings-Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)* (pp. 1-5). IEEE.
- Bergman, T. L., Incropera, F. P., DeWitt, D. P., & Lavine, A. S. (2011). *Fundamentals of heat and mass transfer*. John Wiley & Sons.
- Kothandaraman, C. P. (2006). *Fundamentals of heat and mass transfer*. New Age International.
- Syafa'at, I. (2008). Tribologi, Daerah Pelumasan Dan Keausan. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 4(2).