

ANALISA PERBANDINGAN EFEKTIVITAS PENDINGIN OLI HIDROLIK PADA MESIN *FINE BLANKING PRESS* 160T DENGAN MENGGUNAKAN *FAN RADIATOR* DAN *CHILLER*

Suhariyanto^{1*}, Solikin², Muhammad Syahru Muharom³

¹Program Studi Teknik Mesin Industri, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur

^{2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya, Indonesia

*email : suhariyanto@me.its.ac.id.

(Received: 10-02-2024; Reviewed: 25-02-2024; Accepted: 17-03-2024)

Abstrak

Sulitnya menstabilkan suhu pada sistem hidrolik mesin. PT. XYZ masih belum menemukan cara atau opsi terbaik untuk menstabilkan suhu dari kedua mesin *fine blanking press* 160T yang membutuhkan pendinginan oli hidrolik yang baik, sehingga perusahaan ingin mengetahui mana yang lebih baik dengan memasang pendingin *fan radiator* pada mesin *fine blanking* 160T A atau memasang pendingin *chiller* pada mesin *fine blanking* 160T B. Dengan itu maka dilakukan pengolahan data untuk mengetahui efektifitasan diantara keduanya, dan berdasarkan data yang berhasil dikumpulkan mesin *fine blanking press* 160T dengan menggunakan pendingin fan radiator lebih efektif dari pada menggunakan pendingin chiller.

Kata Kunci : Fan Radiator, chiller, Efektivitas, Oli Hidrolik.

1. PENDAHULUAN

Ketatnya persaingan di dunia industri saat ini membuat para pengusaha memperhatikan kualitas dan kuantitas. produk yang di produksi PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi otomotif dengan proses produksi menggunakan mesin utama yaitu mesin *fine blanking* 160T.

Dalam proses produksi di PT XYZ yang menjadi sorotan adalah pada mesin *fine blanking* 160T karena mesin ini adalah mesin utama membuat atau mencetak produksi. Mesin press dengan sumber tenaga utama dengan menggunakan motor kemudian ditransmisikan dengan menggunakan *fly whell* (roda gila) ke engkol utama untuk menggerakkan *die plate* kemudian juga di lengkapi sistem hidrolik untuk menjalankan fungsi tambahan dari mesin, seperti pemotong scrap (*reduce matrial*), pendorong produk (*ejector*) dan penggerakan mode *low speed* mesin.

Dari sekian sistem hidrolik yang dibutuhkan mesin ada juga kekurangan atau kendala dari mesin yaitu sulitnya menstabilkan suhu pada sistem hidrolik mesin. Perusahaan masih belum menemukan cara atau opsi terbaik untuk menstabilkan suhu dari kedua mesin *fine blanking* 160T tersebut yang membutuhkan pendinginan oli hidrolik yang baik, oleh karna itu manajemen ingin mengetahui mana yang lebih baik dengan memasang pendingin *fan radiator* pada mesin *fine blanking* 160T A dan memasang pendingin *chiller* pada mesin *fine blanking* 160T B dengan membandingkan dan sistem pendingin itu nanti akan dipilih satu sistem pendingin yang lebih efektif dan efisien dari segi kinerja produktivitas dan perawatan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode perhitungan pada penelitian ini menggunakan rumus LMTD (*Log Mean Temperature Difference*) dan efektivitas radiator untuk menganalisa jenis water coolant yang bagus digunakan pada sistem pendingin radiator dan berapa efektivitas radiator dalam menyerap panas dari mesin. Adapun beberapa rumus pendukung lainnya adalah :

1. Debit aliran fluida

$$Q_a = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Dimana :
 Q_a = Debit aliran fluida (m^3 / s)
 V = Volume aliran fluida (m^3)
 t = Waktu (s)

2. Kecepatan aliran fluida

$$V_a = \frac{Q_a}{A_{\text{pipa}}} \quad (2)$$

Dimana :
 V_a = Kecepatan aliran fluida (m/s)
 Q_a = Debit aliran fluida (m^3 / s)
 A_{pipa} = Luas penampang pipa (m^2)

Untuk mencari luas penampang pada pipa dan untuk luas penampang dan luas penampang pada radiator menggunakan persamaan seperti di bawa ini :

$$A_{\text{pipa}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \text{ in . pipa} \quad (3)$$

Dan

$$A_{\text{radiator}} = L \cdot W \quad (4)$$

Dimana :

$D_{\text{in.pipa}}$ = Diameter pipa dalam (m)
 L = Lengthy (panjang) (m)
 W = Width (lebar) (m)

3. Laju aliran massa

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \quad (5)$$

Dimana :

\dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)
 ρ = Massa jenis fluida (kg / m^3)
 v = Kecepatan aliran (m/s)
 A = Luas penampang (m^2)

A. Laju perpindahan panas fluida dalam pipa

$$\dot{q}_a = \dot{m}_a \cdot C_{pa} \cdot \Delta T_h \quad (6)$$

Dimana :

\dot{q}_a = Laju perpindahan panas fluida (W)
 \dot{m}_a = Laju aliran massa fluida (kg/s)
 C_{pa} = Kalor spesifikasi fluida ($kJ/kg \cdot ^\circ C$)
 ΔT_h = Selisih temperatur fluida panas ($^\circ C$)

B. Untuk mencari Metode ΔT_{LMTD} (Log Mean Temperature Difference)

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (7)$$

Dimana :

Untuk Counter flow

$$\Delta T_1 = T_{h.in} - T_{c.out}$$

$$\Delta T_2 = T_{h.out} - T_{c.in}$$

Dimana :

$T_{h.in}$ = Temperatur oli panas masuk (°C)

$T_{h.out}$ = Temperatur oli panas keluar (°C)

$T_{c.in}$ = Temperatur udara masuk yang didepan

radiator (°C)

$T_{c.out}$ = Temperatur udara keluar yang dibelakang radiator (°C)

C. Koefisien perpindahan panas menyeluruh

$$U = \frac{q\dot{a}}{A_{radiator} \cdot \Delta T_{tm}}$$

Dimana :

U = Koefisien perpindahan menyeluruh ($W/m^2°C$) h_1 = Koefisien perpindahan panas konveksi fluida ($W/m^2°C$) h_0 = Koefisien perpindahan panas fluida ($W/m^2°C$)

$q\dot{a}$ = Laju perpindahan panas fluida (W)

A radiator = Luas penampang (m^2)

ΔT_{tm} = Log mean temperature difference (°C)

D. Metode perhitungan nilai Efektivitas pendingin (ϵ)

Efektifitas merupakan perbandingan antara laju energi yang sebenarnya terjadi dengan batas maksimum menurut kaidah termodinamika. Adapun persamaan dari efektifitas yaitu :

Untuk mencari efektifitas

$$\epsilon = \frac{\dot{q} \text{ aktual (actual heat transfer rate)}}{\dot{q} \text{ max (maximum heat transfer rate)}} \quad (9)$$

Dimana :

ϵ = Efektivitas radiator

$\dot{q} \text{ aktual}$ = Laju perpindahan panas actual (w)

$\dot{q} \text{ max}$ = Laju perpindahan panas maksimum (w)

Untuk mencari nilai $\dot{q} \text{ aktual}$ dan $\dot{q} \text{ max}$ bisa ditentukan dengan persamaan di bawah ini :

$$\dot{q} \text{ aktual} = c_c (T_{c.out} - T_{c.in}) = C_h (T_{h.in} - T_{h.out})$$

(10) Dan

$$\dot{q} \text{ max} = C_{min} (T_{h.in} - T_{c.in})$$

(11)

Dimana :

$\dot{q} \text{ aktual}$ = Laju perpindahan panas actual (W)

$\dot{q} \text{ max}$ = Laju perpindahan panas maksimum (W)

$T_{h.in}$ = Temperatur air panas masuk (°C)

$T_{h.out}$ = Temperatur air panas keluar (°C)

$T_{c.in}$

=
Temperatu
r udara
masuk
yang di
depan (°C)

$T_{c.out}$

=
Temperatu
r udara
keluar yang
di belakang

(°C)

$C_h = C_{min}$ = Laju kapasitas fluida panas (kw /°C)

C_c = Laju kapasitas fluida udara (kw /°C)

ΔT_{max} = $T_{h.in} - T_{c.in}$

(8)

E. Metode perhitungan nilai Efektivitas pendingin (ϵ)

Efektifitas merupakan perbandingan antara laju energi yang sebenarnya terjadi dengan batas maksimum menurut kaidah termodinamika. Adapun persamaan dari efektifitas yaitu :

Untuk mencari efektifitas

$$\epsilon = \frac{\dot{q} \text{ aktual (actual heat transfer rate)}}{\dot{q} \text{ max (maximum heat transfer rate)}} \quad (9)$$

Dimana :

ϵ = Efektivitas radiator

$\dot{q} \text{ aktual}$ = Laju perpindahan panas actual (w)

$\dot{q} \text{ max}$ = Laju perpindahan panas maksimum (w)

Untuk mencari nilai $\dot{q} \text{ aktual}$ dan $\dot{q} \text{ max}$ bisa ditentukan dengan persamaan di bawah ini :

$$\dot{q} \text{ aktual} = C_c (T_{c.out} - T_{c.in}) = C_h(T_{h.in} - T_{h.out}) \quad (10)$$

Dan

$$\dot{q} \text{ max} = C_{min} (T_{h.in} - T_{c.in}) \quad (11)$$

Dimana :

$\dot{q} \text{ aktual}$ = Laju perpindahan panas actual (W)

$\dot{q} \text{ max}$ = Laju perpindahan panas maksimum (W)

$T_{h.in}$ = Temperatur air panas masuk (°C)

$T_{h.out}$ = Temperatur air panas keluar (°C)

$T_{c.in}$ = Temperatur udara masuk yang di depan (°C)

$T_{c.out}$ = Temperatur udara keluar yang di belakang (°C)

$C_h = C_{min}$ = Laju kapasitas fluida panas (kw /°C)

C_c = Laju kapasitas fluida udara (kw /°C)

ΔT_{max} = $T_{h.in} - T_{c.in}$

Untuk laju kapasitas fluida panas atau fluida radiator dianggap sama dengan C_{max} karena penelitian ini mengenai tentang fluida bukan udara . C_h dan C_c dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$C_h = \dot{m}_a \cdot C_{pa} \quad (12)$$

Dan

$$C_c = \dot{m}_u \cdot C_{pu} \quad (13)$$

Dimana :

C_h = Laju kapasitas fluida (kw/°C)

C_c = Laju kapasitas udara (kw/°C)

\dot{m}_a = Laju aliran massa fluida (kg/s)

\dot{m}_u = Laju aliran udara (kg/s)

C_{pc} = Kalor spesifikasi dari udara (kj/kg. °C)

C_{ph} = Kalor spesifikasi fluida panas (kj/kg. °C)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Data hasil penelitian yang di lakukan di PT. XYZ, dalam mendapatkan data hasil penelitian yang maksimal, maka dilakukan empat kali pengujian secara berulang dan diambil hasil rata-rata dari pengujian tersebut. Proses pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur suhu 1jam sekali selama 4jam dengan jenis oli hidrolis yang sama dan putaran rpm yang sama.

Temperatur mulai untuk pengambilan data yaitu ketika mesin baru mulai di operasikan dengan cara mengukur temperatur oli hidrolis T_{hin} (Temperatur aliran fluida yang masuk) dan T_{hout} (Temperatur aliran fluida yang keluar), kecepatan aliran udara T_{hin} dan T_{hout} , dan debit aliran fluida, alat ukur temperatur fluida radiator T_{hin} dan T_{hout} menggunakan *termometer*, alat mengukur kecepatan udara menggunakan *anemometer*. Dari alat yang digunakan sangat berguna dalam pengolahan data.

Adapun semua data hasil pengujian yang di dapatkan saat pengambilan data di mesin FB160 A yang menggunakan *fan radiator* dan FB160 B menggunakan *chiller* antara lain :

Tabel 3.1 Data pengujian dimesin FB 160TA dengan menggunakan sistem pendingin Fan Radiator selama 4 jam

No.	t menit- ke	T_{hin} °C	T_{hout} °C	T_{cin} °C	T_{cout} °C	v_{uin} (m/s)	v_{uout} (m/s)
1	60	34,2	32,4	30,3	31,7	2.6	3.1
2	120	35,3	33,3	31,2	32,2	2.6	3.1
3	180	34,8	32,9	30,9	32,0	2.7	3.2
4	240	35,9	33,8	31,8	32,7	2.7	3.2

Tabel 3.2 Data pengujian FB 160TB dengan menggunakan sistem pendingin chiller selama 4jam

No.	t menit-ke	T_{hin} °C	T_{hout} °C	T_{cin} °C	T_{cout} °C
1	60	34,0	32,1	28,3	29,7
2	120	34,4	32,7	28,8	30,0
3	180	34,3	32,5	28,5	29,9
4	240	34,7	33,0	29,1	30,5

Berdasarkan semua tabel dapat dijelaskan bahwa setiap 1 jam akan membuat perbedaan pada pendinginan oli hidrolis.

3.2 Perhitungan Untuk Pengujian Pendingin Fan Radiator.

Adapun data yang didapatkan pada pendingin Fan Radiator. Dapat dilihat pada table 3.3

Tabel 3.3 Data Pengujian dimensi FB 160T A dengan menggunakan sistem pendingin fan radiator selama 4 Jam

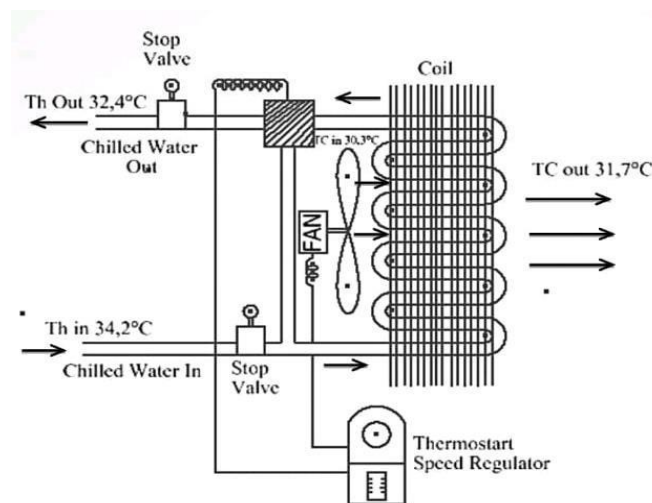
No.	t menit- ke	$T_{h\ in}$ °C	$T_{h\ out}$ °C	$T_{c\ in}$ °C	$T_{c\ out}$ °C	$V_{u\ in}$ (m/s)	$V_{u\ out}$ (m/s)
1	60	34,2	32,4	30,3	31,7	2.6	3.1
2	120	34,8	32,9	30,9	32,0	2.7	3.2
3	180	35,3	33,3	31,2	32,2	2.8	3.4
4	240	35,9	33,8	31,8	32,7	2.9	3.4

Adapun parameter yang digunakan untuk perhitungan dapat dicari dengan cara menentukan temperatur rata-rata dari fluida fan radiator dan udara seperti dibawa ini:

- Fluida fan Radiator

$$T_{rata-rata\ oli} = T_h = \frac{T_{h.in} + T_{h.out}}{2}$$
- Udara

$$T_{rata-rata\ udara} = T_c = \frac{T_{c.in} + T_{c.out}}{2}$$



Gambar 3. 1 Fan Radiator

3.2.1 Perhitungan efektifitas fan radiator pada menit ke 60

Untuk mencari efektifitas radiator terlebih dahulu mencari parameter yang digunakan dalam perhitungan efektifitas radiator . Adapun parameter yang dicari antara lain yaitu :

a) Perhitungan laju kapasitas oli panas

$$\begin{aligned}
 C_h &= \dot{m}_h \times c_{ph} \\
 &= 2,486 \frac{kg}{s} \times 4178 \text{ J/kg.}^\circ\text{C} \\
 &= 10.386,5 \frac{W}{^\circ\text{C}}
 \end{aligned}$$

b) Perhitungan laju kapasitas dari udara

$$\begin{aligned}
 C_c &= m_c \times C_{pc} \\
 &= 1,190 \frac{kg}{s} \times 1007 J/kg.^{\circ}C \\
 &= 1.198,3 \frac{W}{^{\circ}C}
 \end{aligned}$$

Disini karena nilai dari perhitungan C_c lebih sedikit nilainya dari pada C_h maka dianggap C_c sama dengan C_{min} (laju kapasitas minimum dari udara). Dan untuk perhitungan oli radiator dianggap C_h sama dengan C_{min} (laju kapasitas manimum dari oli radiator).

- c) Perhitungan laju perpindahan panas actual fluida fan radiator ($\dot{q}_{actual} = \dot{q}_h$)

$$\begin{aligned}
 \dot{q}_{actual} &= C_h \times \Delta T_{h \text{ in} - h \text{ out}} \\
 &= 10.386,5 \frac{W}{^{\circ}C} \times (34,2^{\circ}C - 32,4^{\circ}C) \\
 &= 18.695,7 W
 \end{aligned}$$

- d) Perhitungan laju perpindahan panas maximum fluida fan radiator $C_h = C_{min}$

$$\begin{aligned}
 \dot{q}_{maks} &= C_{min} \times \Delta T_{h \text{ in} - c \text{ in}} \\
 &= 10.386,5 \frac{W}{^{\circ}C} \times (34,2^{\circ}C - 30,3^{\circ}C) \\
 &= 40.507,3 W
 \end{aligned}$$

- e) Setelah semua nilai didapatkan selanjutnya masuk ke persamaan untuk mencari nilai efektifitas fan radiator seperti di bawah ini :

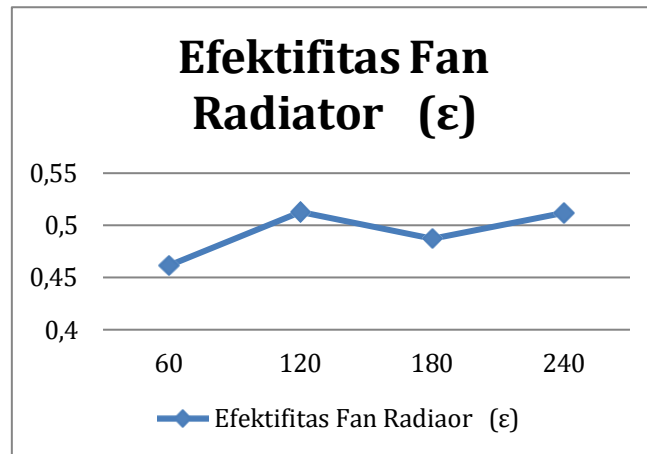
$$\begin{aligned}
 \varepsilon &= \frac{\dot{q}_{aktual}}{\dot{q}_{maks}} \\
 &= \frac{18.695,7 W}{40.507,3 W} \\
 &= 0,4615
 \end{aligned}$$

3.2.2 Analisa Grafik Fan Radiator

Dari semua data perhitungan efektifitas fan radiator. Maka bisa dibuat nilai rata-rata seperti tabel 3.4 di bawah ini. Kemudian dibuat analisa grafik Efektifitas Fan Radiator.

Tabel 3.4 Hasil semua rat-rata perhitungan efektifitas fan radiator selama 4 jam.

No.	Menit-ke	Efektifitas Fan Radiator (ε)
1	60	0,4615
2	120	0,5128
3	180	0,4871
4	240	0,5121
Rata-rata		0,4933



Gambar 3.2 Grafik Efektivitas Fan Radiator Fan Radiator.

3.3 Perhitungan untuk pengujian Pendingin Chiller

Adapun data yang didapatkan pada pendingin chiller. Dapat dilihat pada tabel 3.5 di bawah ini :

Tabel 3.5 Data pengujian dimensi FB 160 B dengan menggunakan sistem pendingin chiller 4 jam

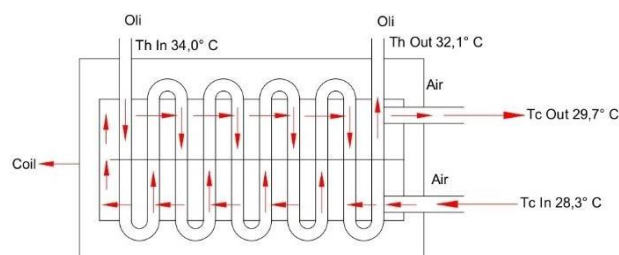
No.	t menit-ke	$T_{h\ in}$ °C	$T_{h\ out}$ °C	$T_{c\ in}$ °C	$T_{c\ out}$ °C
1.	60	34,0	32,1	28,3	29,7
2.	120	34,4	32,7	28,8	30,0
3.	180	34,3	32,5	28,5	29,9
4.	240	34,7	33,0	29,1	30,5

Adapun parameter yang digunakan untuk perhitungan dapat dicari dengan cara menentukan temperatur rata-rata dari chiller dan air seperti dibawa ini:

- Fluida chiller

$$T_{rata-rata\ oli} = T_{h\ rata-rata} = \frac{T_{h.in} + T_{h.out}}{2}$$
- air

$$T_{rata-rata\ air} = T_c = \frac{T_{c.in} + T_{c.out}}{2}$$



Gambar 3.3 Chiller

3.3.1 Perhitungan untuk efektifitas chiller pada menit ke 60

Untuk mencari efektifitas chiller terlebih dahulu mencari parameter yang digunakan dalam perhitungan efektifitas chiller. Adapun parameter yang dicari antara lain yaitu :

- a) Perhitungan laju kapasitas oli panas

$$\begin{aligned} C_h &= \dot{m}_h \times c_{ph} \\ &= 2,486 \frac{kg}{s} \times 4178 J/kg \cdot ^\circ C \\ &= 10.386,5 \frac{W}{^\circ C} \end{aligned}$$

- b) Perhitungan laju kapasitas dari water

$$\begin{aligned} C_c &= \dot{m}_c \times C_{pc} \\ &= 0,0354 \frac{kg}{s} \times 1007 J/kg \cdot ^\circ C \\ &= 35,647 \frac{W}{^\circ C} \end{aligned}$$

Disini karena nilai dari perhitungan C_c lebih sedikit nilainya dari pada C_h maka dianggap C_c sama dengan C_{min} (laju kapasitas minimum water). Dan untuk perhitungan oli chiller dianggap C_h sama dengan C_{min} (laju kapasitas minimum dari oli chiller)

- c) Perhitungan laju perpindahan panas actual oli chiller ($\dot{q}_{actual} = \dot{q}_h$)

$$\begin{aligned} \dot{q}_{actual} &= C_h \times \Delta T_h \\ &= 10.386,5 \frac{W}{^\circ C} \times (T_{h in} - T_{h out}) \\ &= 10.386,5 \frac{W}{^\circ C} \times (34,1^\circ C - 32,5^\circ C) \\ &= 16.618,4 W \end{aligned}$$

- d) Perhitungan laju perpindahan panas maximum oli chiller $C_h = C_{min}$

$$\begin{aligned} \dot{q}_{maks} &= C_{min} \times \Delta T_{maks} \\ &= 10.386,5 \frac{W}{^\circ C} \times (T_{h in} - T_{c in}) \\ &= 10.386,5 \frac{W}{^\circ C} \times (34,1^\circ C - 28,3^\circ C) \\ &= 60.241,7 W \end{aligned}$$

- e) Setelah semua nilai didapatkan selanjutnya masuk ke persamaan untuk mencari nilai efektifitas chiller :

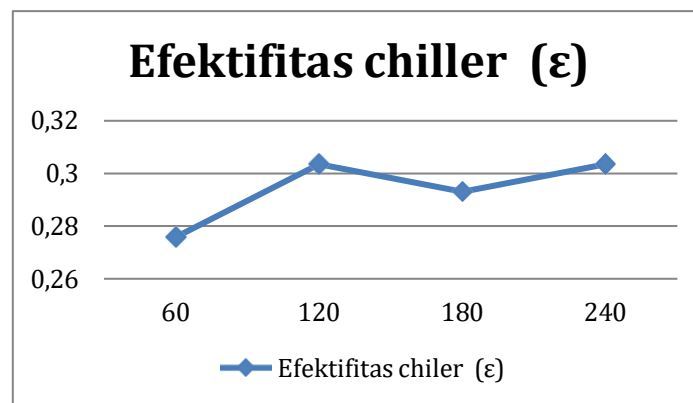
$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{\dot{q}_{aktual}}{\dot{q}_{maks}} \\ &= \frac{16.618,4 W}{60.241,7 W} \\ &= 0,2758 \end{aligned}$$

3.3.2 Analisa Grafik Chiller

Dari semua data perhitungan efektifitas chiller. Maka bisa dibuat nilai rata-rata seperti tabel 3.7 di bawah ini. Kemudian dibuat analisa grafik Efektifitas Chiller.

Tabel 3.7 Hasil semua rata-rata perhitungan efektifitas chiller selama 4 jam

No.	Menit-ke	Efektifitas Chiller (ϵ)
1	60	0,2758
2	120	0,3035
3	180	0,2931
4	240	0,3035
Rata-rata		0,2939



Gambar 3. 4 Grafik Efektivitas Chiller

4. KESIMPULAN

Dari data hasil pengujian yang dilakukan di PT XYZ serta analisa perhitungan dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya. Maka dapat diambil suatu kesimpulan mengenai efektifitas fan radiator dan chiller antara lain yaitu : Dari hasil analisa yang dilakukan pada jenis sistem pendingin fan radiator di dapatkan hasil rata-rata efektifitas selama 4jam yaitu 0,4933, sedangkan hasil rata-rata efektifitas pendingin chiller selama 4 jam yaitu 0,2939 Jadi pendingin fan radiator lebih efektif untuk digunakan untuk mendinginkan oli hidrolis di mesin FB160T. Dari hasil perhitungan beban yang harus didinginkan fan radiator adalah 18.680,58 W sedangkan beban yang harus didinginkan chiller adalah 16.498,08 W.

DAFTAR PUSTAKA

- Blanking, F. (2023). Fine Blanking. Diakses 19 July 2023, dari <https://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2019/03/fine-blanking.html> Cara Kerja Chiller Secara Umum - Suri Nusantara Jaya Cold Storage. (2020). Diakses 19 July 2023, dari <https://surinusantaracoldstorage.com/2020/12/11/cara-kerja-chiller/>
- Cengel, Y. A. (2004). Heat transfer. In McGraw-Hill (2nd ed.). New York.
- Chapman, A. J. 1978. Heat Transfer. Macmillan Publishing Company. New York.
- Daryanto. 2002. Teori dan Perawatan Mesin Mobil. Yrama Widya, Bandung.
- Maleev NL. 1982. Internal Combustion Engine. Mc Graw Hill.
- Ferry Rakhman Yulianto.(2022). Jurnal Sistem dan Teknik Industri. Surabaya Kiki Irwan Prasetyo.(2023).Jurnal Sistem dan Teknik Industri)
- Incropera, F. P and Dewitt, D. P., 1990, Fundamentals of Heat Transfer, John Wiley & Sons, New York.
- J.P. Holman. (1993). Perpindahan kalor (keenam; Ir. Manahan Hariandja, Ed.). penerbit Erlangga jl. kramat IV No. 11 Jakarta 10430 (Anggota IKAPI).
- Kurniawan, A. R. (2015). Tr-fe, identifikasi dan service sistem pendingin Toyota Kijang Innova 1 Tr-fe. Universitas Negeri Semarang.

- Masyithah, Zuhriana. 2006. Buku Ajar Perpindahan Panas. diakses tanggal 1 Agustus 2007
<http://www.gogle.co.id/Perpindahan%20Panas/Textbook/Judul/>
- Prasetyadi Juan. (2017). Komponen-komponen sistem pendingin. Diambil dari Teknik-otomotif.com website : <http://www.teknik-otomotif.com>
- Safitra, Ghani. 2013. Studi Variasi Beban Pendinginan Di Evaporator Low Stage Sistem Refrigerasi Cascade Menggunakan Heat Exchanger Tipe Concentric Tube Dengan Fluida Kerja Refrigeran Musicool-22 Di High Stage Dan R404a Di Low Stage. Jurnal Teknik Mesin, Vol.II,No.1, ISSN No 2337-3539.