

Analysis Of Pressure In A Pokka 5001 Type Condenser With Finned Tube On Heat Transfer Rate [Analisa Tekanan Kondensor Tipe Pokka 5001 Jenis Finned Tube Terhadap Laju Perpindahan Panas]

Rendy Rakhmad Fakhri¹⁾, Dr.A'rasy Fahrudin, S.T., M.T. ^{*2)}, Mulyadi ³⁾Edi Widodo ⁴⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: arasy.fahrudin@umsida.ac.id

Abstract. Converts steam into liquid through the condensation process. This study aims to analyze the efficiency and heat transfer rate of the condenser based on the main thermal parameters, such as temperature, pressure, and flow rate of the working fluid with efficiency and flow rate tested to understand its effect on the type condenser pokka 5001 with fan support at 3500rpm. Variables are free to use pressure variations (20, 25, 30, 35 and 40 Psi), while the trivariate variable is the heat transfer rate and efficiency in the condenser. The results of the study in the condenser efficiency test increased as the pressure on the pressure gauge in the boiler furnace increased from $\eta_1 = (73.17 \%)$, $\eta_2 = (76.49 \%)$, $\eta_3 = (81.49 \%)$, $\eta_4 = (89.65 \%)$, and at $\eta_5 = (89.68 \%)$. It can be concluded that the greater the incoming pressure, the greater the efficiency that occurs

Keywords – Condensor Efficiency, Heat Transfer

Abstrak. Kondensor Merupakan Salah Satu Komponen Penting Dalam Sistem Perpindahan Panas Yang Berfungsi Mengubah Uap Menjadi Cairan Melalui Proses Kondensasi. Penelitian Ini Bertujuan Untuk Menganalisis Efisiensi Dan Laju Perpindahan Panas Pada Kondensor Berdasarkan Parameter Termal Utama, Seperti Suhu, Tekanan, Dan Laju Aliran Fluida Kerja dengan efisiensi dan laju aliran diuji untuk memahami pengaruhnya terhadap kondensor tipe pokka 5001 dengan support kipas berkecepatan 3500rpm. Variabel bebas menggunakan variasi tekanan (20, 25, 30, 35 dan 40 Psi), sedangkan variabel trikat adalah laju perpindahan panas dan efisiensi pada kondensor. Hasil penelitian pada pengujian efisiensi kondensor terjadi peningkatan seiring bertambahnya tekanan pada pressure gauge di tungku boiler mulai dari $\eta_1 = (73,17 \%)$, $\eta_2 = (76,49 \%)$, $\eta_3 = (81,49 \%)$, $\eta_4 = (89,65 \%)$, dan pada $\eta_5 = (89,68 \%)$. Dapat di simpulkan bahwa semakin besar tekanan masuk maka semakin besar pula efisiensi yang terjadi.

Kata Kunci – Efisiensi Kondensor, Perpindahan Panas

I. PENDAHULUAN

Kondensator adalah alat penukar kalor atau penukar panas yang menggunakan turbin tekanan rendah untuk mengkondensasikan uap lama menjadi air kondensat. Air yang dikondensasi dan ditampung pada hotwell dan kemudian dikembalikan ke boiler untuk disirkulasi kembali menjadi uap[1]. Siklus dalam kondensor melibatkan dua aliran utama: satu adalah siklus fluida panas yang berasal dari uap yang keluar dari turbin tekanan rendah, dan yang lainnya adalah siklus air pendingin yang bersumber dari air sungai Deli. Uap dari turbin tekanan rendah berfungsi sebagai fluida panas dan akan melepaskan kalor ke air pendingin saat mengalir melalui pipa-pipa kondensor, di mana air pendingin bertindak sebagai fluida dingin[2].

Studi tentang perpindahan energi akibat perubahan suhu di antara dua benda atau bahan disebut perpindahan kalor. Panas mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah ketika dua benda bersuhu berbeda berinteraksi[3].

Tujuan dari pengaruh laju aliran fluida terhadap laju perpindahan panas adalah untuk mengetahui bagaimana laju aliran fluida berdampak pada laju perpindahan panas yang akan dihasilkan selama pendinginan alat penukar panas. Alat penukar panas shell dan pipa digunakan. Menurut penelitian Yanto dan Erwin, laju alir yang berbeda berdampak pada kondensor tipe surfikal laju perpindahan panas yang dihasilkan. dari perhitungan laju perpindahan panas dengan aliran fluida pendingin adalah 587,1501 kg/s sebesar 9707788,01 kcal/s. bahwa semakin tinggi laju aliran fluida pendingin makan, semakin tinggi pula laju perpindahan panas yang terjadi[4]. Menurut penelitian Studi Antoni dan Mahmud menunjukkan bahwa dengan meningkatkan suhu air pendingin, tekanan, saturasi, suhu rata-rata, koefisien perpindahan kalor total, dan beban kalor kondensor meningkat. Akibatnya, efisiensi termal siklus akan menurun[5]. Dalam penelitian Daniswara dan siswanto, nilai efektivitas tertinggi adalah 89,4 kPa dengan efektivitas 0,619, dan nilai efektivitas terendah adalah 93,21 kPa dengan efektivitas 0,503. Semakin kecil tekanan vakum di dalam kondensor, semakin baik efektivitasnya. Hal ini sebanding dengan kecepatan perpindahan panasnya[6].

Dalam penelitian ivan dan nazaruddin tekanan pada kondensor berpengaruh pada kenaikan efisiensi dan heat rate turbin uap. Dapat dilihat bahwa setiap kenaikan nilai tekanan -1 kPa maka berpengaruh pada rata-rata nilai heat rate

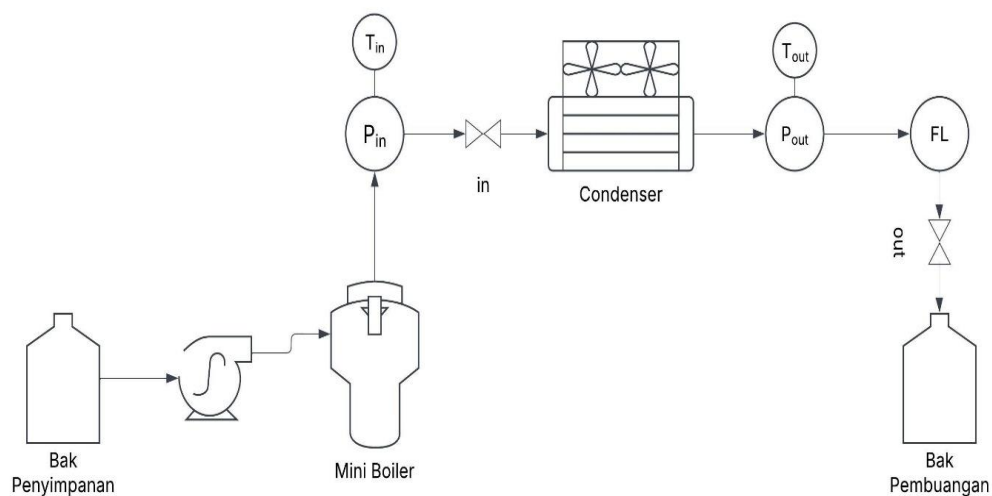
turbin uap 68.233 kJ/kWh untuk beban 45 MW Netto. Sedangkan untuk nilai efisiensi turbin uap mengalami kenaikan[7].

Dari penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa efisiensi, tekanan kondensor berpengaruh pada laju perpindahan panas akan tetapi pada kondensor tipe POKKA 5001 ini belum diteliti. Sehingga perlu diteliti tentang kondensor tipe POKKA 5001 sirip *louvered*.

II. METODE

A. Metode Penelitian

Tujuan untuk mengetahui efisiensi dan laju perpindahan panas pada kondensor pokka 5001 dengan tipe sirip Louvered dengan 2 buah kipas berkecepatan 3500 rpm dan mini boiler berkapasitas 10n liter . Dalam penelitian ini diperlukan alat pengukur seperti termokopel, flowmeter, dan data logger untuk memantau suhu dan laju aliran fluida dengan variasi tekanan (40, 35, 30, 25, dan 20 Psi). Adanya konsep penelitian pada benda kerja yakni bertujuan untuk mempermudah saat perancangan menggunakan proses permesinan dan dapat membuat benda kerja yang mempunyai nilai efisiensi tinggi. Pengujian dilakukan di Laboratorium FDM Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.



Gambar 1. Diagram Instalasi

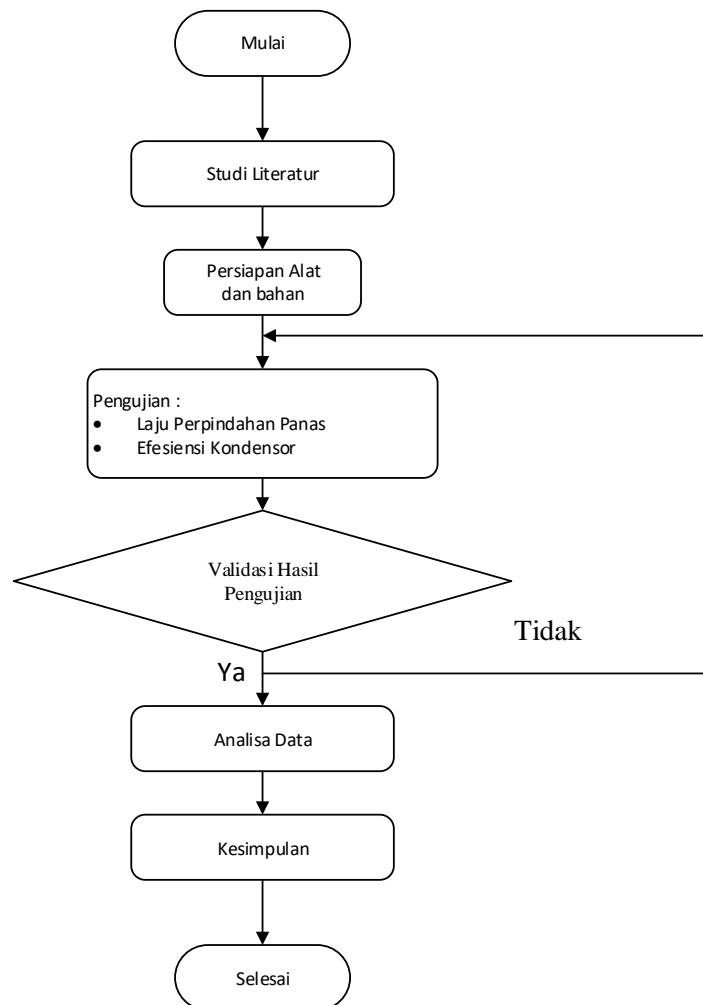


Gambar 2. Alat Uji Kondensor

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

B. Diagram alir



Gambar 3. Diagram alir penelitian

C. Langkah – langkah proses perhitungan melibatkan :

- a) menghitung
- mass flow rate*
- (
- \dot{m}
-) :

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V} \dots\dots\dots$$

- b) menghitung perpindahan panas masuk (
- ΔE
-) :

$$\Delta E = \dot{m} \cdot \Delta h \dots\dots\dots$$

- c) Menghitung perpindahan panas keluar (
- ΔQ
-) :

$$\Delta Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots$$

- d) menghitung persen uap(
- x
-) :

$$x = \frac{h_g - h_f}{h_{fg}} \dots\dots\dots$$

- e) Menghitung Kerja fluida (
- W
-):

$$W = \dot{v} \cdot \Delta P \dots\dots\dots$$

- f) menghitung efisiensi kondensor

$$a) \quad \eta = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T}{\dot{m} \cdot \Delta h} \dots\dots\dots$$

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

Dimana :

- m_i = mass flow rate(kg/s)
- ρ = density(kg/m³)
- \dot{V} = debit (m³/s)
- ΔE = perpindahan panas masuk (kj/s)
- ΔQ = Perpindahan panas keluar (kj/s)
- W = kerja fluida (kj/s)
- h = entalpy (kj/kg)
- x = persen uap (%)
- η = efesiensi kondensor (%)
- C_p = panas spessifik (kj/kg · K)
- P_{in} = Tekanan masuk(kPa)
- P_{out} = Tekanan masuk(kPa)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

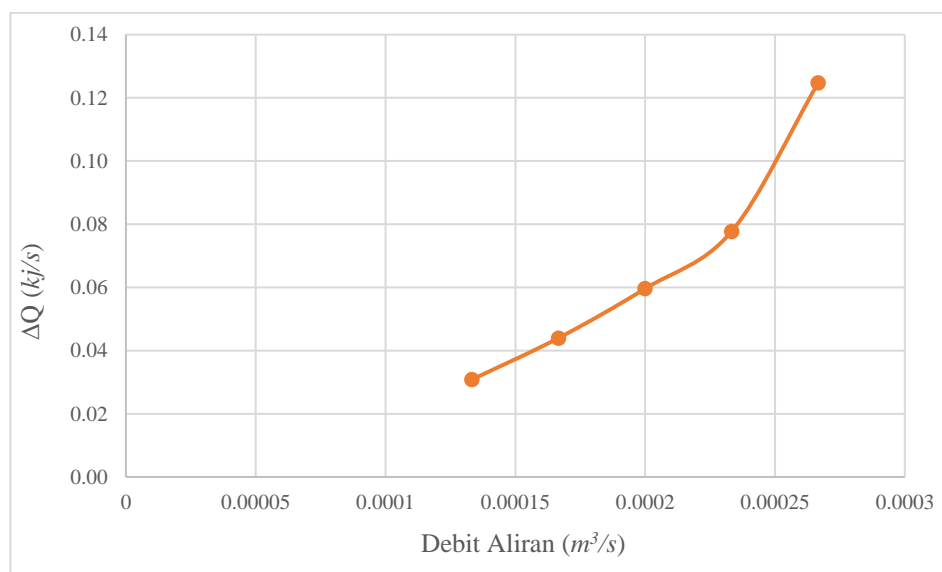
A. Hasil Eksperimen

Hasil dan pembahasan memaparkan data efisiensi kondensor dan laju perpindahan panas menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh perubahan tekanan operasi. Peningkatan tekanan cenderung meningkatkan laju perpindahan panas akibat meningkatnya perbedaan suhu antara fluida kerja dan lingkungan, sehingga meningkatkan efisiensi kondensor. Namun, pada tekanan yang terlalu tinggi, efisiensi cenderung menurun akibat meningkatnya hambatan termal dan potensi kehilangan panas yang lebih besar. Dari hasil penelitian, ditemukan bahwa terdapat tekanan optimal di mana perpindahan panas mencapai nilai maksimum, sehingga kinerja kondensor dapat ditingkatkan secara signifikan dengan pengaturan tekanan yang tepat.

Adapun hasil penelitian di buat dalam satu tabulasi data dapat dilihat sebagai berikut :

P_{in} kPa	P_{out} kPa	T_{in} °C	T_{out} °C	\dot{V} m ³ /s	x %	ΔE kJ/s	η %	W kJ/s	ΔQ kJ/s
275.79	227.53	114	94	0.000267	71.20%	0.12	89.68%	0.000897	0.1119
241.32	206.84	102	88	0.000233	72.13%	0.08	89.65%	0.000897	0.0697
206.84	151.68	98	80	0.000200	69.70%	0.06	81.49%	0.000815	0.0486
172.37	110.32	93.2	75	0.000167	68.08%	0.04	76.49%	0.000765	0.0336
137.90	75.84	89	70	0.000133	66.96%	0.03	73.17%	0.000732	0.0226

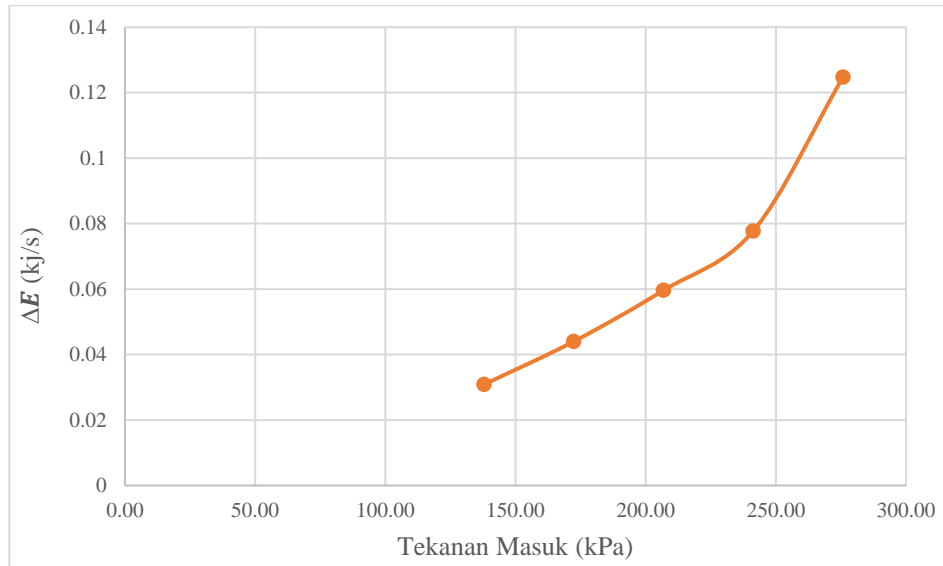
Berikut merupakan grafik nilai dari laju perpindahan panas berbanding debit aliran :



Gambar 4. Laju perpindahan panas berbanding debit

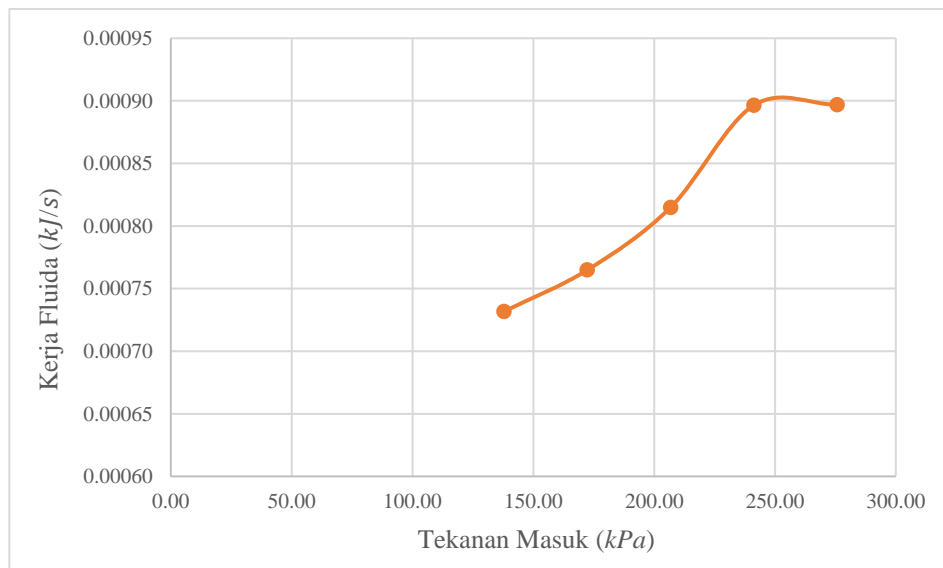
Dari Gambar 4, Berdasarkan hasil pengujian dengan 5 variasi data menghasilkan perhitungan yang direpresentasikan dalam bentuk grafik perbandingan laju perpindahan panas berbanding debit aliran, sehingga dapat dilihat pada grafik dimana semakin banyak debit aliran air maka laju perpindahan panas yang terjadi semakin meningkat.

Berikut merupakan grafik nilai dari perubahan energi uap berbanding tekanan masuk :



Gambar 5. Perubahan energi uap berbanding tekanan

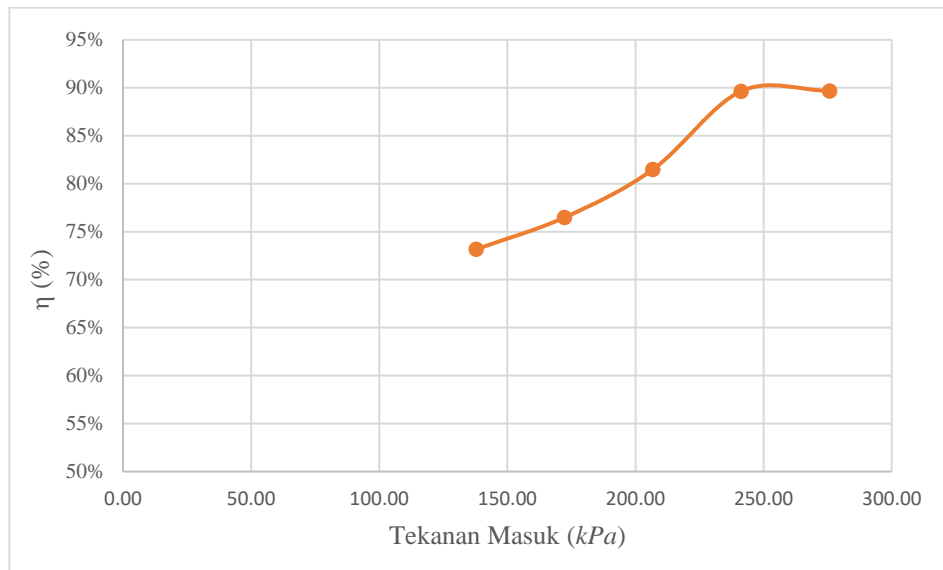
Dari Gambar 5, Berdasarkan hasil pengujian dengan 5 variasi data menghasilkan perhitungan yang direpresentasikan dalam bentuk grafik perubahan energi uap berbanding tekanan uap masuk, sehingga dapat dilihat pada grafik dimana semakin banyak tekanan uap masuk maka laju perpindahan panas yang terjadi semakin meningkat. Berikut merupakan grafik nilai dari kerja fluida berbanding tekanan masuk:



Gambar 6. Kerja fluida berbanding tekanan masuk

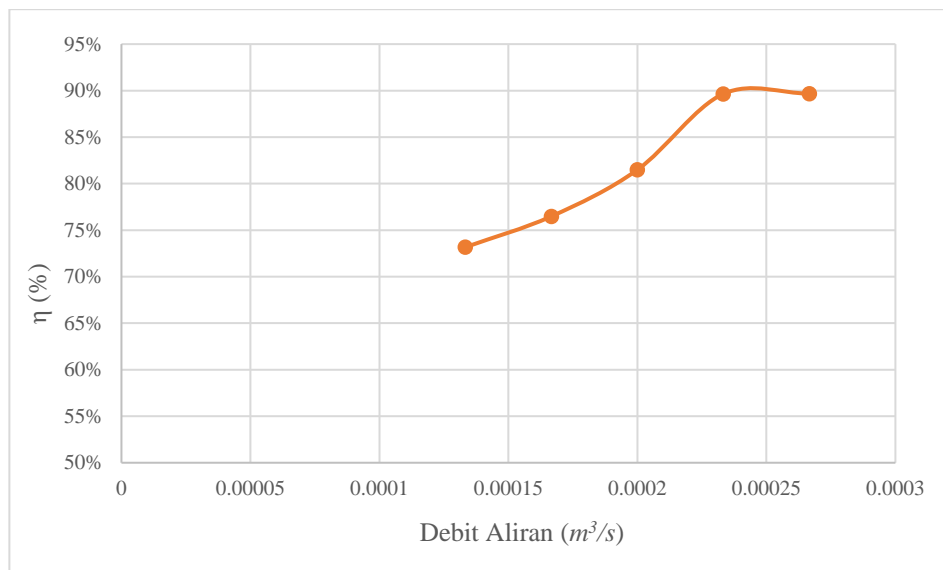
Dari Gambar 6, Berdasarkan hasil pengujian dengan 5 variasi data menghasilkan perhitungan yang direpresentasikan dalam bentuk grafik perbandingan kerja fluida berbanding tekanan masuk, sehingga dapat dilihat pada grafik dimana semakin banyak tekanan uap masuk maka kerja fluida yang terjadi semakin meningkat.

Berikut merupakan grafik nilai dari efisiensi berbanding tekanan:



Gambar 7. Efisiensi berbanding tekanan

Dari Gambar 7, Berdasarkan hasil pengujian dengan 5 variasi data menghasilkan perhitungan yang direpresentasikan dalam bentuk grafik perbandingan efisiensi berbanding tekanan masuk uap, sehingga dapat dilihat pada grafik dimana semakin banyak tekanan masuk maka efisiensi kondensator yang terjadi semakin meningkat. Berikut merupakan grafik nilai dari efisiensi berbanding debit:



Gambar 8. Efisiensi berbanding debit

Dari Gambar 8, Berdasarkan hasil pengujian dengan 5 variasi data menghasilkan perhitungan yang direpresentasikan dalam bentuk grafik perbandingan efisiensi berbanding debit air, sehingga dapat dilihat pada grafik dimana semakin banyak debit air maka efisiensi kondensator yang terjadi semakin meningkat.

VII. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dari penelitian diatas maka Mekanisme kerja alat penukar panas kondensator adalah merubah uap sisa keluaran low pressure turbine menjadi air kembali, proses perubahannya dilakukan dengan cara mengalirkan uap yang berada di shell dan air perdingin berada di tube. Dari pembahasan laju perpindahan panas bahwa dengan debit aliran yang berbeda maka akan berpengaruh terhadap laju perpindahan panas yang didapat dari perhitungan laju perpindahan panas menyeluruh dengan debit aliran 0.03 KJ/s sebesar 0.000133333 m³/s , 0.04 KJ/s

sebesar 0.000166667 m³/s , 0.06 Kj/s sebesar 0.0002 m³/s, 0.08 Kj/s sebesar 0.000233333 m³/s dan debit aliran 0.12 Kj/s sebesar 0.000266667 m³/s. Dari grafik dilihat bahwa semakin besar debit aliran maka semakin besar pula laju perpindahan panas yang terjadi.

Dengan adanya perubahan pada tekanan kondensor maka mempengaruhi nilai efisiensi turbin. Pada rata rata nilai tekanan kondensor dengan efisiensi yang mengalami kenaikan dari 137.90 kPa menjadi 73.17%, 172.37 kPa menjadi 76.49%, 206.84 kPa menjadi 81.49%, 241.32 kPa menjadi 89.65%, 275.79 kPa menjadi 89.68%, Jadi nilai tekanan kondensor harus selalu dijaga karena berpengaruh efisiensi turbin uap

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan rasa hormat , penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, khususnya Program Studi Teknik Mesin, yang telah memberikan kesempatan, fasilitas, dan dukungan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih yang tulus disampaikan kepada Dr. A`rasy Fahrudin, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, arahan, dan masukan yang berharga selama proses penelitian dan penulisan artikel ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada staf Laboratorium Teknik Mesin atas bantuan teknis dalam pengoperasian alat, seperti wind tunnel, serta dukungan dalam penyediaan peralatan yang diperlukan untuk eksperimen ini. Dukungan ini sangat membantu dalam memastikan kelancaran penelitian. Tidak lupa, apresiasi yang tinggi diberikan kepada teman-teman dan rekan mahasiswa yang turut memberikan saran dan dukungan moral selama proses penyelesaian penelitian. Kepada keluarga tercinta, penulis berterima kasih atas doa, motivasi, dan dukungan emosional yang tiada henti selama proses ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pada kondensor, mendukung nilai efisiensi, serta berkontribusi dalam upaya global untuk menciptakan teknologi.

REFERENSI

- [1] J. Power Plant And A. Reza Effendi, "Analisis Perubahan Tekanan Vakum Kondensor Terhadap Kerja Turbin Dan Produksi Listrik Pltu Unit 1 Sebalang Menggunakan Simulasi Cycle Tempo," *Jurnal Power Plant*, Vol. 8, No. 1, 2020, Doi: 10.33322/Powerplant.V8i1.1047.
- [2] A. L. S. Haans, A. K. Razak, H. Habibi, N. Ilham, And D. Gracecia, "Rancang Bangun Mesin Pengupas Sabut Kelapa," *Jurnal Sinergi Jurusan Teknik Mesin*, Vol. 16, No. 1, P. 1, May 2019, Doi: 10.31963/Sinergi.V16i1.1196.
- [3] R. Fan Akbari, Y. Sirodz Gaos, And T. Hafzara Siregar, "Analisis Kinerja Kondensor Pada Sistem Pendingin Water Chiller Kapasitas 300 Tr," Vol. 3, No. 4, 2021.
- [4] J. Vokasi Teknik, A. Laju Perpindahan Kalor Pada Alat Penukar Panas Kondensor, And E. Pardede, "Attribution-Sharealike 4.0 International Some Rights Reserved Teknik Mesin", Doi: 10.12345/Xxxxx.
- [5] K. H. Mahmud, "Pengaruh Variasi Temperatur Air Pendingin Kondensor Terhadap Tekanan Pada Beban Tetap."
- [6] Ir. S. S. M. T. Daniswara Dwinata La, "Analisis Pengaruh Kevakuman Kondensor Terhadap Laju Perpindahan Panas Dan Efektivitas Pada Pltu," *Http://Etd.Repository.Ugm.Ac.Id/*, 2015.
- [7] I. D. Alber And N. Sinaga, "Analisis Pengaruh Perubahan Tekanan Vakum Kondensor Terhadap Efisiensi Dan Heat Rate Turbin Uap Di Pltu Kendari-3 Unit 2," *Jurnal Simetris*, Vol. 12, No. 2, 2021.
- [8] M. A`rasy Fahrudin1, "Rancang Bangun Alat Uji Head Losses Dengan Variasi Debit Dan Jarak Elbow 90 O Untuk Sistem Perpipaan Yang Efisien".
- [9] D. Mugisidi, A. Fajar, And Dan Oktarina Heriyani, "Peningkatan Efisiensi Dan Efektivitas Kondensor Pada Solar Still Increasing The Efficiency And Effectiveness Of The Condensor On The Solar Still."
- [10] A. Ahmad And S. Anis, "Pengaruh Debit Air Pendingin Dan Posisi Kondensor Terhadap Hasil Kondensasi Pirolysis Getah Pinus," 2020.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.