

Optimalisasi Kinerja Perpindahan Panas Alat Plate Heat Exchanger pada Proses Pemurnian *Glycerin Water*

Hendri Rantau

Politeknik LPP, Yogyakarta

rnt@polteklpp.ac.id

*Correspondent Author

Received: 13 Februari 2023

Revised: 05 September 2023

Accepted: 10 September 2023

KATAKUNCI

Plate Heat Exchanger
Optimalisasi
Python-Anaconda
Efisiensi
Glycerin Water

KEYWORDS

Plate Heat Exchanger
Optimization
Python-Anaconda
Efficiency
Glycerin Water

ABSTRAK

Pemanfaatan energi panas untuk proses produksi merupakan salah satu bentuk efisiensi energi. Dan salah satu alat yang memanfaatkan energi panas dalam proses pertukaran panas adalah *Plate Heat Exchanger*. *Plate Heat Exchanger* digunakan dalam berbagai industri salah satunya dapat digunakan untuk pemurnian *glycerin water* pada industri hilir sawit. Dalam operasional *plate heat exchanger* perlu dilakukan optimalisasi pada alat agar operasional alat dalam keadaan optimal dan efisiensi terjaga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan optimalisasi dari *Heat Exchanger*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan melakukan pengambilan data pengukuran di Pabrik dan melakukan simulasi menggunakan program yang dibuat menggunakan Bahasa pemrograman Python-Anaconda. Dari analisa awal yang dilakukan, efisiensi aktual dari *plate heat exchanger* adalah 91,74% dibanding desain sebesar 99,8% dan *fouling factor* sebesar $7,93 \times 10^{-4}$ m².K/W. Dari data efisiensi dan *fouling factor* ini, faktor pengotor (*fouling factor*) yang lebih besar menyebabkan peningkatan resistensi terhadap perpindahan panas dan aliran fluida dan penurunan efisiensi yang disebabkan oleh endapan pada permukaan perpindahan panas. Dari hasil penelitian yang dilakukan menggunakan pemrograman python-anaconda, didapat bahwa peningkatan laju aliran fluida panas hingga mencapai 95% dari desain, dapat meningkatkan efisiensi mencapai 94,13%.

Optimizing the Heat Transfer Performance of the Plate Heat Exchanger in the Glycerin Water Purification Process

ABSTRACT

Utilization of heat energy for the production process is one form of energy efficiency. And one of the tools that utilize heat energy in the heat exchange process is Plate Heat Exchanger. Plate Heat Exchanger is used in various industries, one of which can be used for purification of glycerin water in the downstream palm oil industry. In the operation of the plate heat exchanger, it is necessary to optimize the tool so that the operation of the tool is in an optimal state and efficiency is maintained. The purpose of this research is to optimize the heat exchanger. The method used in this research is by taking measurement data at the factory and simulating it using a program made using the Python-Anaconda programming language. From the initials analysis conducted, the actual efficiency of the plate heat exchanger is 91.74% compared to the design of 99.8% and the fouling factor is 7.93×10^{-4} m².K/W. From this efficiency and fouling factor data, a larger fouling

factor leads to increased resistance to heat transfer and fluid flow and decreased efficiency caused by deposits on the heat transfer surfaces. From the results of research conducted using python-anaconda programming, it was found that increasing the hot fluid flow rate to 95% of the design can increase efficiency to 94.13%.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) license.



Pendahuluan

Salah satu bentuk energi yang paling sering digunakan adalah panas. Pemanfaatan energi panas memegang peranan penting dalam dunia industri, khususnya dalam industri hilir kelapa sawit [8][9]. Suhu suatu bahan dinaikkan/diturunkan melalui pertukaran panas, yang melibatkan penyerapan atau pelepasan panas [1][2]. Terkait proses pertukaran/transfer panas ini, alat yang sering digunakan dalam industry hilir kalapa sawit adalah Alat Penukar Panas (*Heat Exchanger*)[8][9].

Alat Penukar panas (*Heat Exchanger*) adalah perangkat yang digunakan untuk perpindahan panas dari satu sistem ke sistem lainnya tanpa perpindahan massa yang juga berfungsi sebagai pemanas sekaligus pendingin[5][6]. Perpindahan panas terjadi ketika ada perbedaan suhu antara dua zat, baik padat, cair, atau gas [2]. Alat penukar panas secara luas dibagi sesuai dengan arah aliran fluida, yaitu aliran paralel, counterflow, dan aliran silang [6]. Alat penukar panas dirancang dengan tujuan agar perpindahan panas antar cairan bekerja secara efisien [12][13]. Agar alat tersebut dapat bekerja secara efisien, kinerja dari alat agar terus dijaga [7]. Efisiensi energi dalam sebuah industri, terutama industri proses seperti industri hilir kelapa sawit (Industri minyak goreng sebagai contoh), secara signifikan menjadi suatu kebutuhan. Dan alat penukar panas (*Heat Exchanger*) merupakan salah satu alat yang berpengaruh terhadap efisiensi energi [11]. Desain *Heat Exchanger* memungkinkannya berfungsi sesuai kebutuhan [10]. Penyesuaian ini memastikan bahwa fluida mengalir dengan benar dalam kaitannya dengan kinerja alat untuk mencegah kerusakan alat [4]. Fluida yang tidak memenuhi persyaratan alat akan menghasilkan pengotoran, yang pada akhirnya akan berubah menjadi kerak atau scale yang mengurangi efektivitas alat [3]

Plate type Heat Exchanger di plant biodiesel PT. Sari Dumai Sejati untuk proses *Glycerin Purification* sangat berperan penting sebagai alat pertukaran panas yang berfungsi untuk memudahkan dalam proses pemurnian *glycerin water* dari moisture dan kadar methanol yang tersisa dengan menggunakan fluida pemanas *crude glycerin*. *Heat Exchanger* dengan kode alat 166E3 ini terpasang pertama kali di tahun 2017 dengan efisiensi desain sebesar 99,8%

Dalam penelitian ini bertujuan untuk optimalisasi kinerja perpindahan panas alat *Plate Heat*

Exchanger dengan kode alat 166E3 di PT. Sari Dumai Sejati menggunakan simulasi pemrograman Python-Anaconda.

Metode

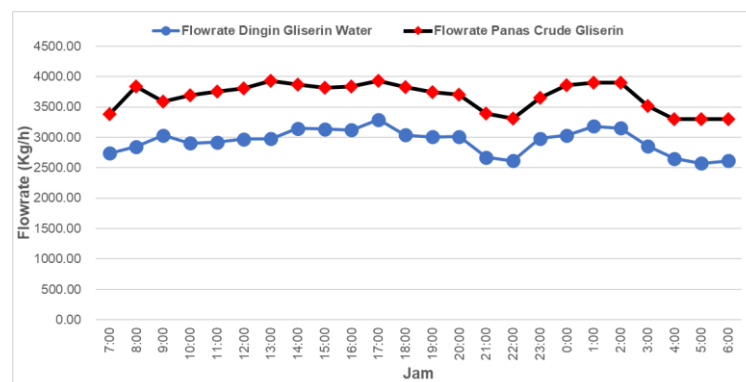
Penelitian untuk optimalisasi kinerja perpindahan panas alat *Plate Heat Exchanger* dengan kode alat 166E3 dilakukan dengan mengumpulkan data harian dari tanggal 25 - 26 Juni 2022 di PT. Sari Dumai Sejati. Data yang dikumpulkan dianalisa menggunakan pemrograman Python-Anaconda dan Microsoft Excel dari data *flowrate*, suhu masukan dan keluaran untuk fluida dingin dan panas. Dari perhitungan efisiensi, *fouling factor*, yang didapatkan, dibandingkan dengan data desain dari buku manual *Heat Exchanger* sehingga didapat perbandingan data aktual dan desain.

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Data rata-rata glycerin water dan *crude glycerin*

	<i>Crude glycerin</i>	Glycerin water
<i>Flowrate</i>	2936,1 kg/jam	3670,4 kg/jam
Suhu masukan	423,35 K	342,45 K
Suhu keluaran	377,65 K	378,55 K
Kalor Jenis	3,24 kJ/kg.K	3,01 kJ/kg.K

Data pada Tabel 1 di atas merupakan data *flowrate*, suhu inlet, dan suhu outlet rata-rata dari data yang dikumpulkan setiap jam pada tanggal 25 - 26 Juni 2022. Sedangkan untuk data kalor jenis merupakan data dari manual book. Dari buku manual didapat juga luas permukaan plate *Heat Exchanger* sebesar 26,7 m².



Gambar 1. Data *flowrate* glycerin water dan *crude glycerin*

Dari Gambar 1 tersebut di atas dapat diketahui bahwa fluida dingin (*glycerin water*) mempunyai laju aliran (*flowrate*) yang lebih tinggi daripada laju aliran fluida panas (*crude glycerin*). Laju aliran *glycerin water* terendah yaitu 3297 kg/jam, sedangkan laju aliran *glycerin*

water tertinggi berada pada 3933,3 kg/jam. Laju aliran *crude glycerin* terendah yaitu 2571,3 kg/jam, sedangkan laju aliran *crude glycerin* tertinggi berada pada 3292,8 kg/jam.

Dari Tabel 1 di atas, delta suhu masukan dan keluaran dari *glycerin water* adalah 36,1 K dan untuk *crude glycerin* adalah 45,7 K. Dengan data-data di atas, dapat dilakukan perhitungan efisiensi kalor. Efisiensi kalor ($\eta = Q_{\text{fluida dingin}}/Q_{\text{fluida panas}}$).

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots \text{persamaan (1)}$$

Keterangan:

Q = Neraca panas (kW)

\dot{m} = Laju alir massa fluida (kg/jam)

C_p = Kalor jenis fluida (kJ/kg.K)

ΔT = Beda temperatur (K)

Dan didapat efisiensi kalor sebesar 91,74%. Untuk perhitungan *Log Mean Temperature Difference* (LMTD) atau Beda Temperatur Efektif ($LMTD = \Delta T_1 - \Delta T_2 / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)$), dimana:

$$\Delta T_1 = T_{hi} - T_{co}$$

$$\Delta T_2 = T_{ho} - T_{ci}$$

T_{hi} = Suhu masukan *crude glycerin*

T_{ho} = Suhu keluaran *crude glycerin*

T_{co} = Suhu keluaran *glycerin water*

T_{ci} = Suhu masukan *glycerin water*

$$\Delta T_1 = (423,35 - 378,55) \text{ K} = 44,8 \text{ K}$$

$$\Delta T_2 = (377,65 - 342,45) \text{ K} = 35,2 \text{ K}$$

$$LMTD = (44,8 - 35,2) \text{ K} / \ln (44,8 \text{ K} / 35,2 \text{ K})$$

$$LMTD = 39,81 \text{ K}$$

Untuk nilai koefisien perpindahan kalor pada *glycerin water* dan *crude glycerin* adalah $U_c = 113,61 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dan $U_d = 104,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Sehingga didapat nilai *Fouling Factor* (R_f) sebesar $0.000793 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W} = 7,93 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

Tabel 2. Perbandingan data desain dengan aktual

No	Deskripsi	Desain	Aktual	Satuan
1	Laju aliran fluida panas	3150	2936,1	kg/jam
2	Laju aliran fluida dingin	3450	3670,4	kg/jam
3	Kalor fluida panas	129,5	120,76	kW
4	Kalor fluida dingin	104,13	110,79	kW
5	<i>Fouling Factor</i>	3×10^{-4}	$7,93 \times 10^{-4}$	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
6	Efisiensi	99,8	91,74	%

Dari Tabel 2, kondisi operasional aktual dari plate *Heat Exchanger* mengalami penurunan yang dapat dilihat dari nilai efisiensi aktual sebesar 91,74% lebih kecil dari efisiensi desain sebesar 99,8%.

Nilai *fouling factor* aktual sebesar $7,93 \times 10^{-4}$ m².K/W lebih besar dari desain. Dengan kondisi aktual dari faktor pengotor (*fouling factor*) yang lebih besar menyebabkan peningkatan resistensi terhadap perpindahan panas dan aliran fluida yang disebabkan oleh endapan pengotor pada permukaan perpindahan panas. Pengotor yang terdapat pada *Heat Exchanger* adalah garam penyebab korosi, MONG (*Material Organik NonGlycerin*), dan impurities lainnya. Pengotor bekerja sebagai lapisan isolasi pada proses perpindahan panas, mengurangi efisiensi perpindahan panas dan atau mengurangi luas area aliran yang tersedia. Dengan berkurangnya luas area aliran yang tersedia mengakibatkan laju aliran terhambat. Sehingga untuk meningkatkan kinerja dari *Heat Exchanger*, dilakukan pembersihan secara berkala dari pengotor dan dari karat [8]. Pada kondisi aktual, laju aliran fluida panas lebih kecil dari data desain dengan selisih rata-rata 213,9 kg/jam. Sedangkan untuk laju fluida dingin secara aktual lebih besar dari desain selisih sebesar 220.4 kg/jam.

Dalam melakukan optimalisasi kinerja dari *plate Heat Exchanger* dapat dilakukan dengan cara meningkatkan dan atau mengurangi laju aliran fluida. Namun dalam di industri, mengurangi laju aliran fluida berarti mengurangi produk yang berdampak pada berkurangnya potensi pendapatan. Dalam penelitian ini, untuk mengoptimaliasi kinerja dari *plate Heat Exchanger* dilakukan dengan melakukan kajian meningkatkan laju aliran fluida panas hingga 95% dari laju aliran fluida panas desain dan meningkatkan suhu keluaran fluida panas sebesar 2 °C, sebagaimana simulasi yang dilakukan sebagaimana yang terdapat pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil simulasi optimalisasi kinerja alat *plate Heat Exchanger*

No	Deskripsi	Desain	Aktual	Usulan	Satuan
1	Laju aliran fluida panas	3150	2936.1	2992.5	kg/jam
2	Laju aliran fluida dingin	3450	3670.4	3670.4	kg/jam
3	Kalor fluida panas	129.5	120.76	117.70	kW
4	Kalor fluida dingin	104.13	110.79	110.79	kW
5	<i>Fouling Factor</i>	3×10^{-4}	$7,93 \times 10^{-4}$	$5,86 \times 10^{-4}$	m ² .K/W
6	Efisiensi	99.8	91.74%	94.13%	%

Dari Tabel 3 di atas, dengan meningkatkan laju aliran fluida panas hingga mencapai 95% dari desain atau sebesar 2992,5 kg/jam dan meningkatkan suhu keluaran fluida panas menjadi 379,65 K sehingga selisih suhu fluida panas menjadi 43,7 K (dari aktual semula 45,7 K), didapat peningkatan efisiensi alat plate *Heat Exchanger* menjadi 94,13% dengan seluruh variabel fluida dingin tetap.

Simpulan

Nilai R_f (*Fouling Factor*) perhitungan *Plate Heat Exchanger 166 E3* secara aktual yang lebih besar yaitu $7,93 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2\text{K}$ daripada desain-nya menyebabkan efisiensi dari alat berkurang yaitu rata-rata 91,74 %. Efisiensi ini tidak mencapai efisiensi alat yang seharusnya (desain) yaitu 99,8 %.

Semakin kecil *fouling factor* maka proses perpindahan panas dapat dicapai secara maksimal. Efisiensi *Heat Exchanger* salah satunya dipengaruhi oleh adanya pengotor yang terdapat dalam fluida yang dilewatkan seperti garam penyebab korosi, MONG (Material Organik Non Glycerin), dan impurities lainnya.

Dari hasil simulasi yang dilakukan menggunakan pemrograman Python-Anaconda, didapat bahwa peningkatan laju aliran fluida panas hingga mencapai 95% dari desain, dapat meningkatkan efisiensi mencapai 94,13%.

Daftar Pustaka

- [1] A.-A. Neagu and C. I. Koncsag, "Model Validation for the Heat Transfer in Gasket Plate Heat Exchangers Working with Vegetable Oils," *Processes*, vol. 10, no. 1, p. 102, Jan. 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/pr10010102>.
- [2] A. T. Wahyudi, F. Leestiana, and R. widodo, "Evaluasi kinerja Heat Exchanger pada Fasilitas Kilang PPSDM Migas dengan Metode Perhitungan Fouling Factor," *Majalah Ilmiah Swara Patra*, vol. 12, no. 1, Apr. 2022, doi: <https://doi.org/10.37525/sp/2022-1/322>.
- [3] Andriawan, H. Tanujaya, and A. Riza, "Simulation and Study of Shell and Tube Type Heat Exchangers," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1007, no. 1, p. 012179, Dec. 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1007/1/012179>.
- [4] B. Sahin, K. Yakut, I. Kotcioglu, and C. Celik, "Optimum design parameters of a heat exchanger," *Applied Energy*, vol. 82, no. 1, pp. 90–106, Sep. 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2004.10.002>.
- [5] B. Zohuri, "Heat Exchanger Types and Classifications," *Compact Heat Exchangers*, pp. 19–56, Sep. 2016, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-29835-1_2.
- [6] E. Edreis and A. Petrov, "Types of heat exchangers in industry, their advantages and disadvantages, and the study of their parameters," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 963, no. 963, p. 012027, Nov. 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/963/1/012027>.
- [7] E.N.N.A. Ansar, A. Maylia, A. Chumaidi, A. Kresmagus, "Evaluasi Efisiensi Heat Exchanger (E-3101) Pada Pabrik ALF3 Departemen Poduksi III B PT Petrokimia Gresik," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, Aug. 2021, doi: <https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.221>.
- [8] J. R. H. Panjaitan, N. Nurhasanah, L. F. Atikasari, and P. Ponilawati, "Efisiensi dan Fouling Factor Sealtube Heat Exchanger Pada Proses Pendinginan Refined Bleached Deodorized Palm Oil,"

-
- Rekayasa, vol. 15, no. 1, pp. 29–35, Apr. 2022, doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i1.13247>.
- [9] P. Coniwanti, F. Zamali, and V. L. Rance, "EVALUASI EFISIENSI HEAT EXCHANGER E703C DI REFINERY PLANT UNIT I INDUSTRI MINYAK GORENG," www.semanticscholar.org, 2019. <https://www.semanticscholar.org/paper/EVALUASI-EFISIENSI-HEAT-EXCHANGER-E703C-DI-REFINERY-Coniwanti-Zamali/8cb1f5c49190018aa3fae4d3d1bf77fa888dda54>.
- [10] R. Singla, "Improving the Performance of Heat Exchanger System," *International Journal of Soft Computing*, vol. 14, no. 4, pp. 77–85, May 2020, doi: <https://doi.org/10.36478/ijscmp.2019.77.85>.
- [11] S. Ramachandran, P. Kalaichelvi, and S. Sundaram, "Heat transfer studies in a spiral plate heat exchanger for water: palm oil two phase system," *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, vol. 25, no. 3, pp. 483–490, Sep. 2008, doi: <https://doi.org/10.1590/s0104-66322008000300006>.
- [12] T. Sianturi, "Analisa pipa heat exchanger (cooling tube) Bervariasi Pada turbine guide bearing PEMBANGKIT Listrik Tenaga Air Siguragura," *SPROCKET JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING*, vol. 2, no. 2, pp. 49–62, 2021.
- [13] Z. Yuqing, S. Jianfeng, D. Yun, Y. xin, and D. jiyu, "Simulation study on performance of plate heat exchanger for heat pump," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 608, no. 1, p. 012004, Dec. 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/608/1/012004>.