

Analisis Performa dan Optimalisasi *Plate Heat Exchanger* (PHE) Tipe M15-MFM di PT Otsuka Indonesia

Nanda Ahmad Wijaya, Akhmad Faruq Alhikami

Fakultas Teknik Mesin, Universitas Islam Malang
Jl. Mayjen Haryono No. 193, Kota Malang 65144
Email korespondensi: nandaahmadwijaya384@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis performa dan optimalisasi *Plate Heat Exchanger* (PHE) tipe M15-MFM yang digunakan dalam proses sterilisasi di PT Otsuka Indonesia. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data operasional langsung selama proses pemanasan, sterilisasi, dan pendinginan, serta wawancara dengan teknisi dan operator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi termal PHE bervariasi berdasarkan tahap proses dan unit yang digunakan. PHE A mencapai efisiensi rata-rata 76,57% (pemanasan), 76,46% (sterilisasi), dan 88,15% (pendinginan), sedangkan PHE C mencapai 82,30% (pemanasan), 84,17% (sterilisasi), dan 86,13% (pendinginan). Faktor yang memengaruhi efisiensi meliputi laju aliran fluida, perbedaan suhu, dan fouling pada permukaan pelat. Kesimpulan dari penelitian ini adalah kedua unit PHE beroperasi dengan cukup efisien, namun masih memerlukan optimalisasi melalui pemeliharaan rutin dan penyesuaian laju aliran untuk meningkatkan kinerja.

Kata kunci: *plate heat exchanger*, efisiensi termal, perpindahan panas, *fouling*, optimalisasi.

Abstract

This study aims to analyze the performance and optimization of the M15-MFM *Plate Heat Exchanger* (PHE) used in the sterilization process at PT Otsuka Indonesia. The methods used include collecting direct operational data during the heating, sterilization, and cooling processes, as well as interviews with technicians and operators. The results show that the thermal efficiency of PHE varies based on the process stage and the unit used. PHE A achieved an average efficiency of 76.57% (heating), 76.46% (sterilization), and 88.15% (cooling), while PHE C achieved 82.30% (heating), 84.17% (sterilization), and 86.13% (cooling). Factors affecting efficiency include fluid flow rate, temperature difference, and fouling on the plate surface. The conclusion of this study is that both PHE units operate quite efficiently, but still require optimization through routine maintenance and flow rate adjustments to improve performance.

Keywords: *plate heat exchanger*, thermal efficiency, heat transfer, fouling, optimization.

1. Pendahuluan

Perpindahan panas adalah bidang studi yang berfokus pada pemahaman tentang bagaimana energi bergerak karena perbedaan suhu antara dua benda, dan juga bagaimana energi tersebut berpindah dari satu benda ke benda lain, sambil mengamati seberapa cepat perpindahannya dalam berbagai situasi. Umumnya, ada tiga cara utama perpindahan panas, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Dalam banyak penggunaan teknis yang melibatkan perpindahan panas, ketiga cara ini sering terjadi secara bersamaan, atau sebagai campuran dari keduanya [1].

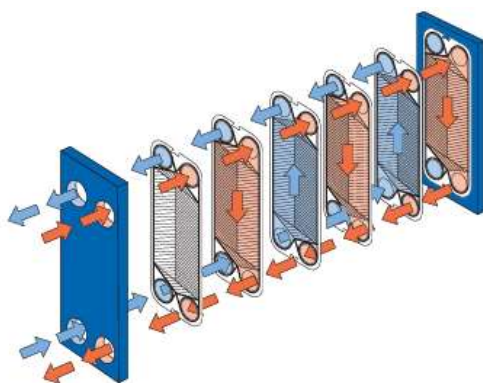
Perpindahan panas umumnya terjadi melalui tiga mekanisme utama: konduksi, yaitu aliran energi panas melalui suatu medium (padat, cair, atau gas) dari daerah bersuhu tinggi ke rendah akibat kontak langsung [1], konveksi yaitu transfer panas akibat pergerakan fluida (cairan atau gas) yang dapat berupa konveksi paksa (dipompa/diventilasi) atau konveksi bebas (karena perbedaan densitas dari variasi suhu) [2], serta radiasi, yaitu perpindahan

energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan medium, yang dipancarkan oleh semua benda panas dan intensitasnya bergantung pada suhu serta sifat permukaan [3].

Heat exchanger adalah perangkat yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri, dari sistem pendinginan kanal mikro hingga pembangkit listrik nuklir, untuk proses pemanasan, pendinginan, dan pemulihan panas [4]. Perangkat ini berfungsi meningkatkan efisiensi termal sistem dengan menyesuaikan suhu fluida untuk kebutuhan proses berikutnya serta mengubah fasa fluida dalam proses seperti distilasi, evaporasi, dan kondensasi. Prinsip kerjanya adalah memindahkan panas antara dua fluida yang bersuhu berbeda, baik secara langsung dimana pertukaran terjadi tanpa penghalang pada antarmuka fluida, maupun secara tidak langsung [3]. *Heat exchanger* dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan konfigurasi dan aplikasinya, di antaranya *Shell and Tube* yang efisien untuk tekanan tinggi dan volume besar di industri minyak-gas, *Plate Heat Exchanger* yang ringkas dan

mudah dirawat untuk aplikasi HVAC dan makanan, *Air-Cooled* yang ramah lingkungan dan cocok untuk area terpencil, *Double Pipe* yang sederhana dan ekonomis untuk skala kecil, serta *Spiral* yang efektif untuk fluida viskos dan rentan penyumbatan di industri pulp dan pengolahan limbah [6]. Setiap jenis memiliki kelebihan dan kekurangan spesifik yang disesuaikan dengan kebutuhan termal dan operasional.

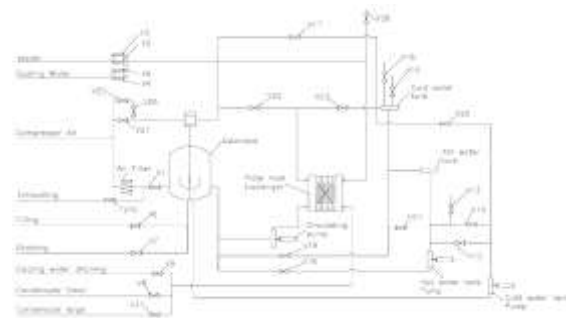
Plate Heat Exchanger (PHE) adalah penukar panas berdesain ringkas yang menawarkan pendekatan suhu lebih rendah dan risiko *overheating* lebih kecil dibandingkan tipe *shell and tube*. Komponen utamanya meliputi pelat logam (baja tahan karat/titanium) beralur untuk transfer panas optimal, rangka tetap (*fixed frame*) dan rangka geser (*moveable frame*) untuk stabilitas dan perawatan, batang pengencang (*tie rods*), batang penopang (*carrying bar*), serta gasket (dari bahan seperti karet butyl atau nitril) yang mencegah pencampuran fluida. Konfigurasi aliran multi-pass dan desainnya yang efisien membuat PHE sangat efektif untuk berbagai aplikasi industri [1].



Gambar 2. Aliran fluida pada Plate Heat Exchanger

Plate Heat Exchanger (PHE) berfungsi untuk memindahkan panas secara efisien antara dua fluida melalui serangkaian pelat tipis bergelombang yang disusun sejajar, dimana aliran fluida panas dan dingin dialirkan secara berlawanan arah (*counterflow*) dalam saluran terpisah yang dipisahkan oleh pelat konduktif untuk memaksimalkan gradien suhu dan laju perpindahan panas. Pola alur (*corrugation*) pada pelat berperan meningkatkan turbulensi dan luas permukaan perpindahan panas, sementara gasket mencegah pencampuran fluida dan kebocoran, sehingga PHE tidak hanya mengoptimalkan proses pemanasan atau pendinginan fluida industri tetapi juga mengontrol suhu operasi, mengurangi kehilangan energi, dan menjaga kualitas fluida dalam berbagai aplikasi [5].

2. Metode



Gambar 1. Paiping & Instrumen Diagram

Data operasional dikumpulkan secara langsung dari sistem PHE yang digunakan dalam proses sterilisasi di autoclave. Tipe PHE yang digunakan adalah M15-MFM. Parameter yang diamati meliputi; Suhu pada fluida yang masuk dan keluar dari PHE, Tekanan uap untuk mengetahui kapasitas kalor jenis, karena tidak terdapat sensor aliran maka kapasitas aliran dalam spesifikasi digunakan. Data ini diambil pada saat proses sterilisasi berlangsung dengan pengambilan data selama tahap pemanasan, sterilisasi, dan pendinginan untuk memastikan hasil yang representatif. Observasi dilakukan dengan cara mengamati langsung operasi PHE selama proses berlangsung. Penekanan utama terfokus pada perubahan suhu, serta potensi masalah seperti *fouling* pada permukaan pelat. Diskusi menyeluruh dilaksanakan bersama teknisi, operator, dan supervisor. Wawancara ini dirancang untuk memahami praktik perawatan, tantangan operasional, dan langkah-langkah optimisasi yang telah diterapkan. Hasil dari wawancara memberikan perspektif tambahan untuk menginterpretasikan data yang diperoleh.

Data data pendukung yang diambil pada proses *heating* dan *sterillizing* yaitu sebagai berikut; Temperatur *inlet (cold water)* yaitu temperatur air yang dipompakan oleh pump sirkulasi dari dalam autoclave ke PHE, Temperatur *outlet (cold water)* yaitu temperatur air keluar dari PHE kembali masuk ke Autoclave, Temperatur *inlet (hot steam)* yaitu temperatur uap yang dipompakan dari boiler menuju PHE, Temperatur *outlet (hot steam)* yaitu temperatur uap keluar dari PHE menuju proses kondensasi. Sedangkan Data yang diambil pada proses *colling* yaitu sebagai berikut; Temperatur *inlet (hot water)* yaitu temperatur air yang dipompakan oleh pump sirkulasi dari dalam autoclave ke PHE, Temperatur *outlet (hot water)* yaitu temperatur air keluar dari PHE kembali masuk ke Autoclave, Temperatur *inlet (cold water)* yaitu temperatur air yang dipompakan dari WTP menuju PHE, Temperatur *outlet (hot steam)* yaitu temperatur uap keluar dari PHE menuju proses pendinginan air. Dari pengambilan data yang dilakukan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Datasheet spesifikasi dari *plate heat exchanger*

Type	M15-MFM
------	---------

Serial number	30119-75-867
Year	2017.11
Inlet → outlet	S1- S2 → S3 - S4
Desaign Press.PS	10 Bar . 10 Bar
Desaign Temp.TS	180°C . 180°C
Test Press.PT	13 Bar . 13 Bar
Capacities Liquid flow rate	80 kg/s

a. Pengolahan dan analisis data

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan formula umum dalam laju perpindahan kalor sebagai berikut;

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots [1]$$

Dimana;

Q = Banyaknya kalor yang diterima atau dilepas oleh suatu zat benda tertentu (J)

m = Massa benda yg menerima atau melepas kalor (kg)

c_p = Kapasitas panas pada zat (kJ/kg°C)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

Tabel 2. Perhitungan perpindahan kalor

PHE	Q	Heating	Sterillizing	Cooling
A	raw	74234,94	71379,92	94547,16
	Product	96949,46	93358,67	107261,2
C	raw	78884,8	78425,52	92859,77
	Product	95853,07	93179,4	107816,1

b. Efisiensi pada Plate Heat Exchanger

Efisiensi pada *plate heat exchanger* (PHE) adalah tingkat optimalisasi alat dalam menjaga efisiensi dan operasional yang optimal. Efisiensi PHE dapat ditingkatkan dengan cara meningkatkan laju aliran fluida panas.

$$Efisiensi = \frac{Q_{Raw}}{Q_{Product}} \times 100\% \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan :

Q raw = Kalor pada raw material (J)

Q product = Kalor pada product (J).

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 3. Nilai efisiensi pada PHE

Proses	Efisiensi (%)	
	PHE A	PHE C
Heating	76,57076	82,29762
Sterillizing	76,45773	84,16615
Cooling	88,14664	86,12791

Berdasarkan hasil perhitungan, efektivitas perpindahan panas pada *plate heat exchanger* (PHE) dinilai dari perbandingan kalor pada bahan baku dengan kalor produk akhir. Analisis efisiensi pada PHE A dan PHE C di berbagai tahap proses pemanasan, sterilisasi, dan pendinginan menghasilkan data yang berbeda. PHE A

menunjukkan efisiensi rata-rata sebesar 76,57% pada tahap pemanasan, 76,46% pada tahap sterilisasi, dan 88,15% pada tahap pendinginan. Sementara itu, PHE C menunjukkan kinerja yang lebih tinggi pada tahap pemanasan dan sterilisasi, dengan efisiensi rata-rata masing-masing 82,3% dan 84,17%. Namun, pada tahap pendinginan, PHE A sedikit lebih unggul dengan efisiensi 88,15% dibandingkan 86,13% pada PHE C. Secara keseluruhan, data ini memberikan gambaran tentang kinerja masing-masing PHE dalam mengelola perpindahan panas di setiap fase proses.

Nilai efisiensi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti laju aliran fluida, di mana laju aliran yang optimal akan memaksimalkan kontak dan turbulensi, sehingga meningkatkan koefisien perpindahan panas. Selain itu, perbedaan suhu (*temperatur driving force*) antara fluida panas dan dingin juga berperan krusial, semakin besar perbedaannya, semakin cepat perpindahan panas terjadi. Kondisi permukaan plat juga sangat penting. Fouling atau penumpukan kerak dan deposit pada permukaan plat dapat membentuk lapisan insulasi yang menghambat perpindahan panas, sehingga menurunkan efisiensi secara signifikan.

Untuk meningkatkan efisiensi PHE, beberapa solusi dapat diterapkan. Seperti optimalisasi laju aliran fluida bisa dilakukan dengan menyesuaikan kecepatan pompa untuk mencapai laju aliran yang ideal tanpa menyebabkan penurunan tekanan yang berlebihan. Selain itu pemeliharaan rutin juga sangat penting, terutama pembersihan (*cleaning*) untuk menghilangkan fouling dan kerak yang terbentuk. Prosedur *Clean-in-Place* (CIP) secara berkala dapat menjaga permukaan plat tetap bersih dan memaksimalkan perpindahan panas. Dengan mengelola faktor-faktor ini, efisiensi perpindahan panas dapat dipertahankan pada tingkat optimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap performa *Plate Heat Exchanger* (PHE) di PT. Otsuka Indonesia dalam memanaskan air yang digunakan untuk proses sterilisasi di autoclav, dapat disimpulkan bahwa efisiensi perpindahan panas pada PHE bervariasi tergantung pada tahap proses dan unit yang digunakan. Rata-rata efisiensi PHE A pada proses *heating*, sterilisasi, dan *cooling* berturut-turut adalah 76,57%, 76,46%, dan 88,15%, sementara PHE C menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi pada proses *heating* dan sterilisasi yaitu 82,30% dan 84,17%, namun sedikit lebih rendah pada proses *cooling* yaitu 86,13%. Secara keseluruhan, kedua unit PHE beroperasi dengan tingkat efisiensi yang cukup baik, walaupun masih terdapat potensi untuk perbaikan. Faktor-faktor seperti laju aliran fluida, perbedaan suhu, dan

kondisi permukaan plat (*fouling*) sangat mempengaruhi kinerja perpindahan panas. Pemeliharaan yang dilakukan secara berkala dan peningkatan operasional sangat penting dalam menjaga efisiensi alat.

Daftar Pustaka

- [1] F. Hayyin, S. Isniah, Supriyadi, D. Surani, M. Tirta, and W. Kusuma, “ANALISIS EFISIENSI PLATE HEAT EXCHANGER (PHE) PADA SISTEM HOT SHOCK DI INDUSTRI MINYAK,” vol. 25, no. 1, pp. 91–100, 2025.
- [2] S. A. Sutandyo and Prabowo, “Studi Numerik Perpindahan Panas pada Corrugated Plate Heat Exchanger Chevron Type dengan Variasi Corrugation Angle pada Aliran Turbulen,” vol. 10, no. 2, pp. 1–6, 2021.
- [3] F. Adytama and M. Putra, “ANALISA KERUSAKAN PLATE HEAT EXCHANGER (E-321A) PADA PLANT II di PT. POLYCHEM INDONESIA Tbk. DIVISI KIMIA-MERAK,” pp. 17–18, 2024.
- [4] C. Gulenoglu, F. Akturk, S. Aradag, N. Sezer Uzol, and S. Kakac, “Experimental comparison of performances of three different plates for gasketed plate heat exchangers,” *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 75, pp. 249–256, 2014, doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2013.06.012.
- [5] S. Borjigin *et al.*, “Review of plate heat exchanger utilized for gases heat exchange,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 210, no. December 2023, 2025, doi: 10.1016/j.rser.2024.115224.
- [6] Ramadhan, F. (2025, Februari 19). Heat Exchanger: Panduan Lengkap Jenis-Jenis & Fungsinya. PT BAP Tools. Diakses dari <https://tools.ptbap.id/heat-exchanger-panduan-lengkap/>