

# ANALISIS EFISIENSI *PLATE HEAT EXCHANGER* (PHE) PADA SISTEM *HOT SHOCK* DI INDUSTRI MINYAK GORENG

Fajar Hayyin<sup>1)</sup>, Sarah Isniah<sup>2)</sup>, Supriyadi<sup>3)</sup>, Dewi Surani<sup>4)</sup>, Muhammad Tirta  
Wijaya Kusuma<sup>5)</sup>

email: fajar.hayyin@gmail.com, isniahsarah@gmail.com, supriyadi@unsera.ac.id,  
dewi.surani@binabangsa.ac.id, kusumawijaya909@gmail.com

<sup>1,5</sup> Prodi Teknik Industri, Universitas Al-khairiyah

<sup>2</sup> Prodi Teknik Industri, Universitas Darma Persada

<sup>3</sup> Prodi Teknik Industri, Universitas Serang Raya

<sup>4</sup> Prodi Pendidikan Teknologi Informasi, Universitas Bina Bangsa

## Ringkasan

*Fraksinasi pada proses minyak goreng melibatkan pemisahan fraksi padat (stearin) dan fraksi cair (olein) dari minyak Refined Palm Oil (RPO) menggunakan Plate Heat Exchanger (PHE) untuk meningkatkan efisiensi energi dan kualitas produk. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efisiensi PHE berdasarkan parameter suhu, tekanan, dan laju aliran fluida, serta mengidentifikasi faktor utama yang mempengaruhinya. Metode yang digunakan mencakup observasi langsung, wawancara dengan teknisi, dan analisis data operasional dengan instrumen seperti sensor suhu dan tekanan, flowmeter, serta perangkat lunak analisis termal. Data dianalisis melalui perhitungan efisiensi termal, simulasi kinerja, dan perbandingan dengan standar industri. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi rata-rata 93,53% untuk PHE 1222A, 91,05% untuk PHE 1222B, dan 87,12% untuk PHE 1223, dengan faktor utama penurunan efisiensi meliputi fouling pada pelat, viskositas fluida tinggi, dan ketidaksesuaian parameter operasional. Implikasi penelitian ini mencakup optimalisasi perawatan dan parameter operasional dalam industri untuk meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi konsumsi energi. Rekomendasi yang diberikan mencakup pembersihan rutin, optimalisasi parameter operasional, dan penerapan teknologi pemantauan berbasis IoT untuk analisis real-time. Dengan langkah ini, efisiensi PHE diharapkan meningkat, mendukung keberlanjutan dan efisiensi proses produksi minyak goreng, serta menjadi dasar bagi pengembangan desain dan inovasi teknologi PHE di masa depan.*

**Kata Kunci :** *hot shock, plate heat exchanger, efisiensi, perpindahan panas, minyak goreng*

## 1. PENDAHULUAN

Fraksinasi pada minyak goreng adalah salah satu tahap penting dalam industri pengolahan minyak sawit. Proses ini bertujuan untuk memisahkan fraksi padat (stearin) dari fraksi cair (olein) menggunakan metode pemanasan cepat atau *hot shock*. *Plate Heat Exchanger* (PHE) berperan penting dalam proses ini untuk mentransfer panas secara efisien antara dua fluida tanpa mencampurkannya [1]. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa efisiensi PHE dipengaruhi oleh faktor seperti *fouling*, viskositas fluida, dan parameter operasional yang tidak optimal [2]. Namun, masih sedikit penelitian yang membahas pengaruh parameter ini secara sistematis dalam konteks fraksinasi minyak goreng.

Tahapan utama dari proses ini adalah untuk menginduksi perubahan fisik atau kimia yang dapat memisahkan komponen-komponen dalam campuran tersebut. (a) Peningkatan Temperatur: Campuran yang akan difraksinasi dipanaskan secara tiba-tiba hingga mencapai suhu tertentu, menyebabkan perubahan sifat fisik seperti viskositas, kelarutan, dan titik leleh. (b) Pemisahan Fase: Perubahan sifat fisik akibat *hot shock* memicu pemisahan fase, di mana lemak jenuh dan tidak jenuh dalam minyak sawit dapat terpisah berdasarkan perbedaan titik leleh. (c) Pengerasan atau Pelunakan:

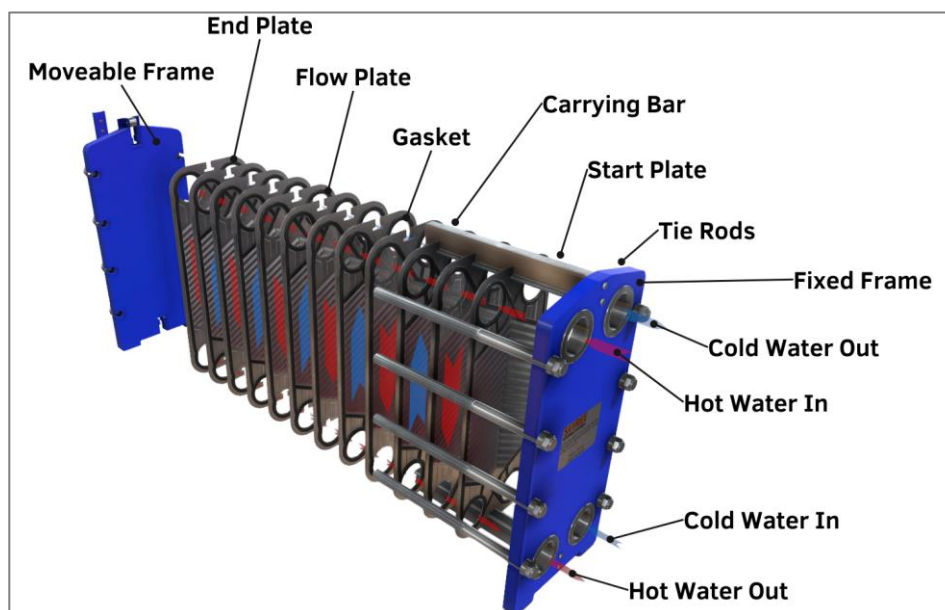
*Hot shock* menyebabkan komponen tertentu dalam campuran menjadi lebih keras atau lebih lunak, yang sangat berguna dalam proses fraksinasi minyak sawit.

PHE memainkan peran kunci dalam proses *hot shock* sebagai alat pemanas yang mampu meningkatkan suhu secara cepat, mengontrol temperatur, dan melakukan transfer panas secara efisien. PHE juga banyak digunakan dalam berbagai industri seperti pengolahan makanan, farmasi, dan manufaktur kimia. Namun, efisiensi PHE sangat bergantung pada faktor operasional seperti laju aliran fluida, jenis fluida yang digunakan, serta strategi pemeliharaan untuk mengurangi *fouling*.

Dalam industri pengolahan minyak goreng, proses *hot shock* memanfaatkan perubahan suhu yang cepat untuk mencapai efisiensi produksi yang optimal. Efisiensi perpindahan panas memungkinkan peningkatan kapasitas produksi, penurunan biaya energi, serta peningkatan kualitas produk akhir. Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah belum adanya pengukuran sistematis terhadap nilai efisiensi PHE, yang diperlukan untuk memastikan kinerja optimal dalam sistem produksi[2].

Masih sedikit penelitian yang secara spesifik mengevaluasi efisiensi PHE dalam sistem *hot shock* minyak goreng dengan pendekatan kuantitatif. Selain itu, penerapan teknologi pemantauan berbasis IoT dalam pemeliharaan dan optimasi parameter operasional PHE belum banyak dikaji[3]. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi efisiensi operasional PHE pada proses fraksinasi minyak goreng dan memberikan rekomendasi berbasis data untuk meningkatkan kinerja PHE berdasarkan hasil analisis efisiensi.

Penelitian ini memiliki nilai penting baik dari segi akademik maupun industri. Dari segi akademik, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi studi lebih lanjut mengenai optimasi sistem *hot shock* dan teknologi PHE. Dari segi industri, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan strategi praktis untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi konsumsi daya, serta memperpanjang umur pakai PHE melalui strategi pemeliharaan yang lebih efektif.



Gambar 1. Plate Heat Exchanger (PHE)

(Sumber: Savree.com).

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor merupakan disiplin ilmu yang mempelajari proses perpindahan energi akibat perbedaan suhu antara dua benda atau zat, serta bagaimana energi tersebut berpindah dari satu benda ke benda lainnya dengan mempertimbangkan laju perpindahan dalam berbagai kondisi tertentu.

Secara umum, terdapat tiga mekanisme utama perpindahan kalor, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Dalam banyak aplikasi teknik perpindahan kalor, ketiga mekanisme ini seringkali terjadi secara bersamaan atau dalam kombinasi dua di antaranya [4].

Perpindahan kalor secara konduksi terjadi ketika energi panas mengalir dari daerah dengan suhu lebih tinggi ke daerah dengan suhu lebih rendah melalui suatu medium, baik dalam bentuk padatan, cairan, maupun gas. Proses ini juga dapat terjadi antara dua medium yang bersinggungan langsung, sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran energi secara langsung.

Konveksi merupakan mekanisme perpindahan kalor yang melibatkan perpindahan massa fluida, di mana energi panas dipindahkan akibat aliran fluida dari daerah yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin [5]. Contoh fenomena ini meliputi pendinginan radiator mobil oleh aliran udara dan penurunan suhu secangkir kopi akibat kontak dengan udara sekitar. Perpindahan kalor secara konveksi dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Konveksi bebas terjadi ketika gerakan fluida disebabkan oleh perbedaan kerapatan akibat variasi suhu, sedangkan konveksi paksa terjadi akibat pengaruh gaya eksternal seperti pompa atau kipas yang mengalirkan fluida melintasi suatu permukaan [6].

Radiasi merupakan mekanisme perpindahan kalor yang terjadi melalui pancaran gelombang elektromagnetik dari suatu benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu lebih rendah, bahkan ketika kedua benda terpisah dalam ruang hampa.

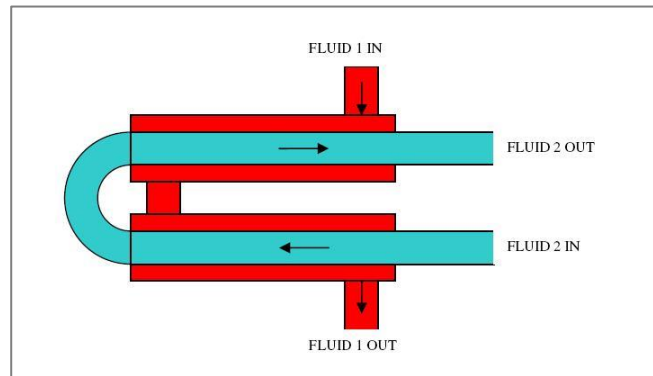
### **Pengertian Heat Exchanger**

Alat penukar kalor (*heat exchanger*) merupakan perangkat yang banyak digunakan dalam berbagai instalasi industri, seperti *boiler*, kondensator, pendingin (*cooler*), dan menara pendingin (*cooling tower*). Pada kendaraan bermotor, radiator berfungsi sebagai alat penukar kalor untuk mendinginkan mesin. Tujuan utama penggunaan *heat exchanger* dalam industri adalah untuk meningkatkan efisiensi termal suatu sistem melalui pemanasan atau pendinginan fluida hingga mencapai suhu tertentu yang sesuai dengan kebutuhan proses selanjutnya. Selain itu, alat ini juga digunakan untuk mengubah fase fluida dalam proses destilasi, evaporasi, dan kondensasi [7].

Proses perpindahan kalor pada *heat exchanger* dapat berlangsung secara langsung maupun tidak langsung. Pada *heat exchanger* langsung, fluida panas dan fluida dingin bercampur tanpa pemisah dalam suatu ruang tertentu, seperti pada *cooling tower* yang digunakan untuk mendinginkan air pendingin kondensator dalam sistem pembangkit listrik. [8] Sementara itu, pada *heat exchanger* tidak langsung, fluida panas dan fluida dingin dipisahkan oleh suatu medium perantara, seperti pipa atau pelat, sehingga perpindahan kalor terjadi tanpa kontak langsung antara kedua fluida. Bahan pemisah dalam *heat exchanger* umumnya memiliki konduktivitas termal tinggi untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas.

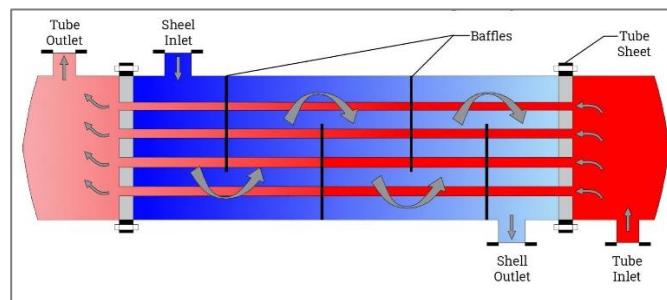
### **Jenis – Jenis Heat Exchanger**

Terdapat beberapa jenis *heat exchanger* yang umum digunakan, di antaranya penukar panas pipa rangkap, penukar panas cangkang dan buluh, serta penukar panas pelat dan bingkai. *Heat exchanger* pipa rangkap (*double pipe heat exchanger*) terdiri dari dua pipa logam yang disusun secara konsentris, di mana fluida panas mengalir dalam pipa bagian dalam, sementara fluida dingin mengalir melalui ruang annulus antara pipa luar dan pipa dalam. Alat ini cocok untuk aplikasi dengan laju aliran fluida yang relatif kecil dan tekanan operasi yang tinggi [9]. Penukar panas jenis pipa rangkap dapat dilihat pada gambar di bawah.



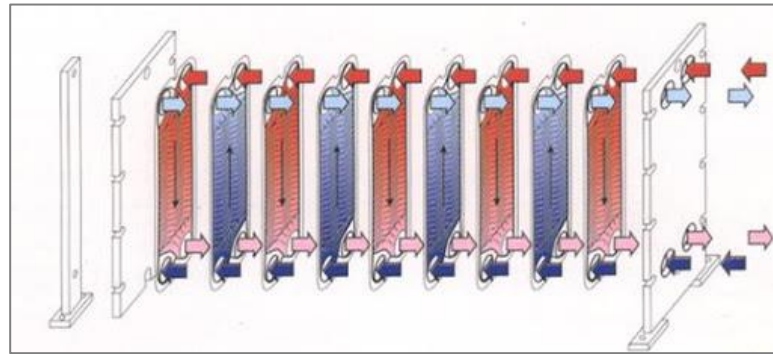
Gambar 2. Double Pipe Heat Exchanger  
(Sumber: enggcyclopedia.com)

Penukar panas cangkang dan buluh (*shell and tube heat exchanger*) terdiri atas sekelompok pipa (bundel pipa) yang ditempatkan dalam suatu cangkang (*shell*). Salah satu fluida mengalir melalui pipa, sedangkan fluida lainnya mengalir dalam ruang antara pipa dan cangkang dengan arah aliran yang dapat searah, berlawanan, atau bersilangan. Untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas, sering kali digunakan sekat (*baffle*) di dalam cangkang guna menciptakan turbulensi aliran fluida dan memperpanjang waktu tinggal (*residence time*). Namun, penggunaan sekat juga dapat meningkatkan tekanan jatuh (*pressure drop*), yang perlu diperhitungkan dalam desain sistem agar tidak menambah beban kerja pompa secara berlebihan [10]. Penukar panas jenis cangkang dan buluh dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3. Shell & Tube Heat Exchanger  
(Sumber: Forain.net)

Sementara itu, penukar panas pelat dan bingkai (*plate and frame heat exchanger*) terdiri dari pelat-pelat bergelombang yang disusun sejajar dan dipisahkan oleh sekat lunak (biasanya terbuat dari karet). Fluida panas dan fluida dingin dialirkan secara bergantian di antara pelat-pelat tersebut, dengan lubang pengaliran pada sudut setiap pelat yang memungkinkan sirkulasi fluida. Desain ini memungkinkan efisiensi perpindahan panas yang tinggi dalam ruang yang lebih kompak dibandingkan dengan *heat exchanger* tipe cangkang dan buluh [11]. Penukar panas jenis plate and frame dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. Plat & Frame Heat Exchanger  
(Sumber: Rasmec.com)

Pemilihan jenis heat exchanger yang digunakan bergantung pada berbagai faktor, termasuk laju aliran fluida, tekanan operasi, efisiensi perpindahan kalor yang diinginkan, serta batasan ruang dan biaya dalam sistem industri.

#### Bagian – Bagian Plate Heat Exchanger

*Plate Heat Exchanger* (PHE) adalah jenis penukar panas yang menggunakan pelat logam sebagai media perpindahan panas antara dua fluida tanpa mencampurkannya. Salah satu keunggulan utama dari heat exchanger tipe ini dibandingkan dengan penukar panas konvensional adalah luas permukaan yang lebih besar, yang memungkinkan cairan menyebar secara merata di sepanjang pelat. Hal ini meningkatkan efisiensi perpindahan panas dan mempercepat perubahan suhu fluida yang mengalir di dalamnya. PHE umumnya digunakan dalam aplikasi dengan tekanan dan suhu menengah, serta dirancang untuk meningkatkan efisiensi termal dalam berbagai proses industri [12].

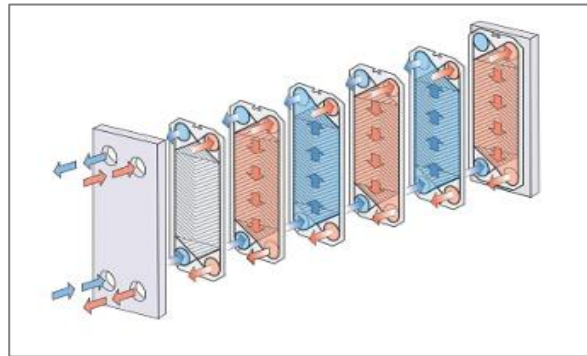
PHE terdiri dari beberapa komponen utama yang memiliki peran penting dalam memastikan efektivitas dan efisiensi pertukaran panas. *Fixed frame* merupakan bagian struktur utama yang bersifat statis dan berfungsi sebagai penyangga untuk menjaga kestabilan sistem. *Tie rods* adalah batang logam yang menghubungkan dan mengikat berbagai bagian kerangka PHE, biasanya terbuat dari baja tahan karat atau baja karbon untuk menahan tekanan operasional [13]. *Plate* atau pelat adalah lembaran logam konduktif panas, seperti stainless steel atau titanium, yang dirancang dengan pola alur khusus guna meningkatkan efisiensi perpindahan panas. *Carrying bar* berfungsi sebagai batang penopang yang mendukung pelat selama proses perakitan, operasi, dan pemeliharaan.

Selain itu, gasket merupakan elemen penyegel yang diletakkan di antara pelat untuk mencegah kebocoran dan bercampurnya fluida panas dan dingin. *Moveable frame* adalah bagian yang dapat disesuaikan atau digerakkan untuk mempermudah akses saat pemeliharaan, pembersihan, atau penggantian komponen. Dalam sistem ini, fluida panas dan dingin mengalir melalui jalur yang dikenal sebagai *hot temperature in* dan *out* serta *cold temperature in* dan *out*, yang mengatur masuk dan keluarnya fluida sesuai dengan kebutuhan pertukaran panas. Dengan desain dan konfigurasi yang tepat, PHE mampu meningkatkan efisiensi perpindahan panas dalam berbagai aplikasi industri [14].

#### Prinsip Kerja Plate Heat Exchanger

Prinsip kerja PHE didasarkan pada aliran dua atau lebih fluida kerja yang diatur dengan menggunakan gasket. Gasket ini dirancang sedemikian rupa sehingga setiap fluida mengalir melalui jalur yang berbeda pada pelat-pelat secara selang-seling, sehingga terjadi perpindahan panas yang optimal tanpa adanya pencampuran antara fluida panas dan fluida dingin.

Fungsi utama gasket dalam sistem PHE adalah sebagai pembagi aliran fluida agar dapat mengalir melalui pelat-pelat secara terpisah. Desain gasket memungkinkan fluida pertama (fluida panas) mengalir pada sisi tertentu dari pelat (sisi a), sedangkan fluida kedua (fluida dingin) mengalir pada sisi lainnya (sisi b). Pola ini memastikan efisiensi perpindahan panas yang tinggi melalui kontak termal antara fluida panas dan fluida dingin di permukaan pelat tanpa terjadi pencampuran langsung.



Gambar 5 Flow fluida plate heat exchanger  
(Sumber: Savree.com)

PHE memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan jenis heat exchanger lainnya. Selain memiliki koefisien perpindahan panas yang tinggi, PHE juga tergolong lebih ekonomis dan mudah dalam hal perawatan. Proses perakitan dan pembongkaran yang relatif sederhana memudahkan perawatan dan pembersihan komponen-komponen PHE dibandingkan dengan heat exchanger tipe lainnya. Namun, PHE memiliki keterbatasan dalam penggunaannya, terutama pada sistem dengan debit fluida yang sangat tinggi. Selain itu, PHE kurang sesuai untuk aplikasi dengan tekanan dan temperatur fluida yang tinggi, karena keterbatasan material gasket dalam menahan kondisi ekstrem tersebut [15].

### Fungsi dari Plate Heat Exchanger

Secara umum, plate heat exchanger (PHE) digunakan dalam berbagai aplikasi industri karena kemampuannya dalam mentransfer panas secara efisien antara dua fluida dengan suhu yang berbeda. Proses utama yang dilakukan oleh PHE adalah mentransfer panas, di mana panas dari fluida yang lebih panas berpindah ke fluida yang lebih dingin melalui pelat-pelat tipis yang menyusun PHE. Selain itu, PHE juga berfungsi untuk mendinginkan fluida, seperti minyak pelumas, air pendingin, atau produk makanan dalam berbagai proses industri. Sebaliknya, PHE dapat digunakan untuk memanaskan fluida, misalnya dalam pemanasan air untuk proses produksi atau pemanasan bahan baku di industri kimia[16]. Dalam industri makanan dan minuman, PHE sering diterapkan dalam proses pasteurisasi, yang bertujuan untuk membunuh bakteri berbahaya tanpa merusak kandungan nutrisi dan kualitas produk, seperti pada susu dan produk sejenisnya. Selain itu, PHE juga berperan dalam pendinginan kondensat, yaitu proses mendinginkan uap yang telah terkondensasi dalam berbagai proses industri. Dengan fungsinya yang beragam, PHE menjadi salah satu komponen penting dalam sistem perpindahan panas di berbagai sektor industry.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Industri Minyak Goreng dengan beberapa tahapan yang dirancang untuk memastikan data yang diperoleh relevan dan akurat. Metode penelitian ini dirancang untuk mengevaluasi kinerja *Plate Heat Exchanger* (PHE) dengan pendekatan sistematis.

Data operasional diambil langsung dari sistem PHE yang digunakan dalam proses *hot shock*. PHE yang digunakan tipe NT100T CDL-10 dan NT100M B-10. Parameter yang diamati meliputi; Suhu fluida masuk dan keluar dari PHE, Tekanan operasional dan laju aliran fluida panas dan dingin. Data ini dikumpulkan selama satu bulan dengan pengambilan data setiap 4 jam untuk memastikan hasil yang representatif. Observasi dilakukan dengan mengamati langsung proses kerja PHE selama operasi. Fokus utama adalah pada pola aliran fluida, perubahan suhu, dan potensi masalah seperti fouling pada permukaan pelat. Dokumentasi visual juga dilakukan untuk mencatat kondisi fisik PHE. Diskusi mendalam dilakukan dengan teknisi, operator, dan supervisor. Wawancara ini bertujuan untuk memahami praktik perawatan, kendala operasional, dan langkah optimasi yang telah dilakukan. Hasil wawancara memberikan wawasan tambahan untuk menginterpretasikan data yang diperoleh. Data-data pendukung yang diambil yaitu sebagai berikut; Temperatur inlet (*cold oil*) yaitu temperatur minyak yang dipompakan oleh *pump olein* dari tanki olein ke PHE 1222A, 1222B, dan PHE 1223, Temperatur outlet (*cold oil*) yaitu temperatur minyak keluar dari PHE 1222A menuju ke inlet PHE 1222B, keluar dari

PHE 1222b menuju inlet PHE 1223, dan Keluar dari PHE 1223 menuju tanki *olein drayer*, Temperatur inlet (*hot oil*) yaitu temperatur minyak yang dipompakan oleh pompa dari tanki *olein dryer* menuju PHE 1222B, dan menuju inlet PHE 1222A, Temperatur outlet (*hot oil*) yaitu temperatur minyak keluar PHE 1222B menuju PHE 1222A dan keluar dari PHE 1222A menuju proses selanjutnya, Flow oil yaitu laju minyak yang ditransfer dari olein tank ke PHE dan Flow steam yaitu laju steam yang digunakan untuk memanaskan minyak di PHE.

Tabel 1, Datasheet spesifikasi dari plate heat exchanger

Name Plate	HE 1222 A	HE 1222 B	HE 1223
Plate Heat Exchanger Type	NT100M B-10	NT100M B-10	NT100T CDL-10
Serial no.	SG - 121/10278	SG-121/10279	SG-120/11161
Working Pressure (min / max)	0 / 10 bar	0 / 10 bar	0 / 10 bar
Working Temperature (min / max)	0 / 130 °C	0 / 130 °C	0 / 150 °C
Test Pressure	13 bar	13 bar	13 bar
Volume	143 L	143 L	13.5 L
Net weight	1113 kg	1113 kg	431 kg
Year of construction	2018	2018	2018

### Pengolahan dan Analisis Data

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

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

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

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

c<sub>p</sub> = Kapasitas panas pada zat (kJ/kg°C)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

Di mana adalah jumlah kalor yang dihitung berdasarkan kapasitas panas spesifik fluida, massa fluida, dan perubahan suhu. Perhitungan dilakukan untuk setiap unit PHE (1222A, 1222B, dan 1223)[17].

Tabel 2. Perhitungan perpindahan kalor PHE

Jam	PHE 1222A		PHE 1222B		PHE 1223	
	Raw Q (Joule)	Product Q (Joule)	Raw Q (Joule)	Product Q (Joule)	Raw Q (Joule)	Steam Q (Joule)
07:00	1345130,8	1435148	1513231,2	1621016,8	1703093,6	1985394,54
11:00	1238681,6	1322243	1523121,6	1705224,44	1733872,4	1978824,02
15:00	1335453,6	1405040	1325313,6	1507646,4	1487642	1722573,42
19:00	1163125	1293100	1397970	1460020	1450155	1622920,42

23:00	1163125	1196600	1426500	1588265	1460020	1631681,12
03:00	1287067,6	1405734,8	1453888,8	1612809,12	1621016,8	1927354,88

### 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.

Rumus efisiensi :

$$\text{Efisiensi} = \frac{Q_{\text{raw}}}{Q_{\text{product}}} \times 100\%$$

Keterangan :

$Q_{\text{raw}}$  = Kalor pada *raw material* (J)

$Q_{\text{product}}$  = Kalor pada *product* (J).

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kinerja *Plate Heat Exchanger*

Pada dibawah ini menunjukkan hasil analisis efisiensi untuk tiga PHE yang diuji.

Tabel 3. Nilai Efisiensi pada PHE

Jam	Efisiensi %		
	PHE 1222A	PHE 122B	PHE 1223
07.00	93,73	93,35	85,78
11.00	93,68	89,32	87,62
15.00	95,05	87,91	86,36
19.00	89,95	95,75	89,35
23.00	97,20	89,81	89,48
03.00	91,56	90,15	84,11
Rata – rata	93,53	91,05	87,12

Berdasarkan perhitungan nilai kalor yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagaimana tercantum dalam Tabel 2. Perhitungan ini mencerminkan perbandingan antara kalor pada bahan baku (*raw material*) dengan kalor pada produk akhir. Untuk menilai efektivitas proses perpindahan panas dalam *heat exchanger*, dilakukan analisis efisiensi terhadap *Plate Heat Exchanger* (PHE) 1222A, 1222B, dan 1223. Hasil perhitungan dalam Tabel 3 menunjukkan bahwa efisiensi rata-rata PHE 1222A adalah 93,53%, PHE 1222B sebesar 91,05%, dan PHE 1223 sebesar 87,12%.

Nilai efisiensi tersebut dipengaruhi oleh perbedaan nilai perpindahan panas (Q), yang secara langsung terkait dengan laju aliran fluida. Laju aliran yang tinggi mengurangi waktu kontak antara fluida panas dan fluida dingin, sehingga menurunkan efisiensi perpindahan panas. Namun, meskipun terdapat variasi efisiensi di antara ketiga PHE yang diuji, nilai rata-rata efisiensi yang diperoleh masih tergolong tinggi, menunjukkan bahwa perangkat tersebut masih beroperasi dalam kondisi yang layak. Penurunan efisiensi PHE juga dipengaruhi oleh sifat fisik fluida, seperti viskositas, densitas, dan kapasitas panas jenis (*heat capacity*). Faktor-faktor ini mempengaruhi efektivitas perpindahan panas dan perlu dipertimbangkan dalam evaluasi kinerja PHE. Selain itu, faktor lain yang turut berkontribusi terhadap ketidakefisienan alat adalah fouling atau pengotoran pada permukaan *heat exchanger*.

Kehadiran *fouling* dapat menghambat perpindahan panas, sehingga mengurangi efisiensi alat. Oleh karena itu, pemeliharaan rutin menjadi aspek penting dalam menjaga kinerja optimal PHE.

Evaluasi kinerja PHE juga perlu memperhitungkan tekanan diferensial ( $\Delta P$ ) antara fluida bahan baku dan produk akhir. Dalam kondisi ideal, perbedaan tekanan ini tidak boleh melebihi 10 psi agar tidak menyebabkan gangguan operasional. Pengukuran  $\Delta P$  secara langsung di lapangan dan perbandingannya dengan desain awal dapat memberikan wawasan lebih lanjut mengenai efektivitas sistem. Optimalisasi kinerja PHE dapat dilakukan dengan mengatur laju aliran fluida. Namun, dalam industri, pengurangan laju aliran fluida sering kali berdampak pada penurunan produksi, yang berimbang pada potensi pendapatan. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang seimbang antara optimalisasi efisiensi dan keberlanjutan operasional. Faktor lain yang dapat menyebabkan penurunan efisiensi termasuk kebocoran akibat seal yang rusak serta penurunan tekanan pompa akibat kerusakan impeller.

Selain pendekatan eksperimental, simulasi termal menggunakan perangkat lunak seperti ANSYS atau COMSOL Multiphysics dapat menjadi alat bantu yang efektif dalam menganalisis dan memprediksi kinerja PHE dalam berbagai kondisi operasi. Simulasi ini memungkinkan pemodelan dampak parameter operasional terhadap efisiensi perpindahan panas, misalnya bagaimana peningkatan viskositas fluida dapat mempengaruhi laju perpindahan panas. Dengan demikian, pendekatan berbasis simulasi dapat digunakan sebagai pendukung dalam perancangan dan pemeliharaan PHE untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem secara keseluruhan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN-SARAN

### Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi *Plate Heat Exchanger* (PHE) di industri minyak goreng tergolong tinggi, dengan rata-rata efisiensi mencapai 93,53% untuk PHE 1222A, 91,05% untuk PHE 1222B, dan 87,12% untuk PHE 1223. Namun, penurunan efisiensi terjadi akibat *fouling*, viskositas fluida yang tinggi, serta ketidaksesuaian parameter operasional seperti laju aliran fluida. Hasil penelitian ini mengidentifikasi beberapa temuan utama. *Fouling* merupakan faktor dominan yang menyebabkan penurunan efisiensi dan dapat diminimalkan melalui pembersihan rutin dan terjadwal. Selain itu, optimalisasi parameter operasional, seperti laju aliran fluida dan tekanan, terbukti penting dalam menjaga efisiensi PHE. Penggunaan material pelat dengan konduktivitas termal tinggi, seperti stainless steel, juga berkontribusi dalam meningkatkan perpindahan panas. Lebih lanjut, implementasi teknologi pemantauan berbasis IoT memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi operasional melalui analisis data secara real-time.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa rekomendasi untuk meningkatkan kinerja PHE. Peningkatan frekuensi pembersihan diperlukan guna mengurangi *fouling* secara signifikan. Selain itu, optimalisasi desain operasional melalui simulasi termal dapat membantu dalam menentukan parameter kerja yang lebih efektif. Implementasi teknologi IoT untuk pemantauan real-time memungkinkan tindakan preventif sebelum terjadi penurunan kinerja. Pelatihan operator secara berkala juga diperlukan untuk meningkatkan pemahaman terhadap pengaturan parameter operasional yang sesuai. Selain itu, pengembangan material anti-*fouling* untuk pelat dapat menjadi solusi dalam mengurangi frekuensi pembersihan serta menekan biaya operasional dalam jangka panjang.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. O. Ade Hermawan, M. Kamal, M. A. Anshori, S. P. Nababan, E. Mustono, dan R. A. Subiantoro, "Analisis kinerja heat exchanger mesin induk km. Madidihang 03: kolaborasi PT Amman Mineral Nusa Tenggara dan Politeknik AUP pada Deep Sea Survey," *Cetak) Journal of Innovation Research and Knowledge*, vol. 4, no. 7, hlm. 2024, 2024.
2. R. Walikrom, A. Muin, dan Hermanto, "Studi kinerja plate heat exchanger pada sistem pendingin PLTGU," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 1, no. 1, hlm. 2621–3354, 2018, [Daring]. Tersedia pada: [www.univ-tridianti.ac.id/ejournal/](http://www.univ-tridianti.ac.id/ejournal/)
3. Priyo eru Adiwibowo dkk., *Lean Untuk Industri Modern*. Cendikia Mulia Mandiri, 2025.
4. P. Talebizadehsardari, J. M. Mahdi, H. I. Mohammed, M. A. Moghimi, A. Hossein Eisapour, dan M. Ghalambaz, "Consecutive charging and discharging of a PCM-based plate heat exchanger with

- zigzag configuration,” *Appl Therm Eng*, vol. 193, Jul 2021, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2021.116970.
5. A. Rochman Fachrudin, “Pengaruh Panjang Kondensor Terhadap Kinerja Termal Heat Pipe,” *Jurnal INTEKNA*, vol. 20, no. 1, hlm. 47–52, 2020, doi: 10.31961/intekna.v20i01.815.
  6. D. Mansoury, F. I. Doshmanziari, A. Kiani, A. J. Chamkha, dan M. Sharifpur, “Heat Transfer and Flow Characteristics of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Water Nanofluid in Various Heat Exchangers: Experiments on Counter Flow,” *Heat Transfer Engineering*, vol. 41, no. 3, hlm. 220–234, Feb 2020, doi: 10.1080/01457632.2018.1528051.
  7. M. Fattahi, K. Vaferi, M. Vajdi, F. Sadegh Moghanlou, A. Sabahi Namini, dan M. Shahedi Asl, “Aluminum nitride as an alternative ceramic for fabrication of microchannel heat exchangers: A numerical study,” *Ceram Int*, vol. 46, no. 8, hlm. 11647–11657, Jun 2020, doi: 10.1016/j.ceramint.2020.01.195.
  8. I. Hakim dan R. Jati Kusumo, “Pemanfaatan CLPHP Untuk Konservasi Energi Gedung dan Solar Water Heater Dengan Fluida Kerja Acetone,” dalam *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XXII 2024*, Depok, Indonesia: Badan Kerja Sama Teknik Mesin Indonesia, 2025, hlm. 244–251. doi: 10.71452/590794.
  9. S. Akmal, N. Za, dan Ishak, “Analisa profil aliran fluida cair dan pressure drop pada pipa I menggunakan metode simulasi computational fluid dynamic (CFD),” *Journal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 1, no. 8, hlm. 97–108, Mei 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://ojs.unimal.ac.id/index.php/jtk/>
  10. H. Arasteh, R. Mashayekhi, M. Ghaneifar, D. Toghraie, dan M. Afrand, “Heat transfer enhancement in a counter-flow sinusoidal parallel-plate heat exchanger partially filled with porous media using metal foam in the channels’ divergent sections,” *J Therm Anal Calorim*, vol. 141, no. 5, hlm. 1669–1685, Sep 2020, doi: 10.1007/s10973-019-08870-w.
  11. E. Y. Gürbüz, A. Sözen, H. İ. Variyenli, A. Khanlari, dan A. D. Tuncer, “A comparative study on utilizing hybrid-type nanofluid in plate heat exchangers with different number of plates,” *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, vol. 42, no. 10, Okt 2020, doi: 10.1007/s40430-020-02601-1.
  12. N. S. Pandya, H. Shah, M. Molana, dan A. K. Tiwari, “Heat transfer enhancement with nanofluids in plate heat exchangers: A comprehensive review,” 1 Mei 2020, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.euromechflu.2020.02.004.
  13. M. Nurcahyo Buwono dan I. Pranoto, “Energy and Engineering Fenomena Aliran dan Gelembung Flow Boiling pada Fins dengan Fluida Kerja Dielektrik,” *TALENTA Conference Series: Energy & Engineering*, vol. 7, no. 1, 2024, doi: 10.32734/ee.v7i1.2198.
  14. A. Bhattad, J. Sarkar, dan P. Ghosh, “Hydrothermal performance of different alumina hybrid nanofluid types in plate heat exchanger: Experimental study,” *J Therm Anal Calorim*, vol. 139, no. 6, hlm. 3777–3787, Mar 2020, doi: 10.1007/s10973-019-08682-y.
  15. S. Muthukrishnan, H. Krishnaswamy, S. Thanikodi, D. Sundaresan, dan V. Venkatraman, “Support vector machine for modelling and simulation of heat exchangers,” *Thermal Science*, vol. 24, no. 1PartB, hlm. 499–503, 2020, doi: 10.2298/TSCI190419398M.
  16. A. Husen, T. M. Ichwan Akbar, dan N. Choliz, “Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Dingin Terhadap Efektivitas Shell And Tube Heat Exchanger,” *BINA TEKNIKA*, vol. 16, no. 1, hlm. 1–10, 2020.
  17. A. S. Fernanda dan R. Firdaus, “Menganalisis Penyebab Penurunan Tekanan pada Penukar Panas E-204,” *Procedia of Engineering and Life Science*, vol. 7, hlm. 2024, 2024.