

Kajian Aplikasi *Heat Exchanger* Tipe *Plate-Frame*: Efisiensi dalam Pertukaran Panas

Erwin^{1*}, Yefri Chan¹, Herry Susanto¹, Husen Asbanu¹, Asyari Dariyus¹, Yovi Lenardo¹

¹Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada

²Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada

Jl. Taman Malaka Selatan No.22, Pondok Kelapa, Duren Sawit, DKI Jakarta, Indonesia 13450

*Koresponden : erwin@ft.unsada.ac.id

Abstrak

Heat exchanger tipe plate-frame adalah satu di antara berbagai jenis heat exchanger yang digunakan dalam proses pertukaran panas dalam industri. Kajian ini berfokus pada penerapan heat exchanger tipe plate-frame dan efisiensinya dalam proses pertukaran panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan plate frame heat exchanger dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi proses pertukaran panas. Desain plate frame heat exchanger memungkinkan aliran fluida yang efisien dan efektif, menghasilkan pertukaran panas yang optimal. Selain desainnya yang efisien, plate frame heat exchanger juga memiliki luas permukaan yang besar yang memungkinkan perpindahan panas yang optimal antara dua fluida yang berbeda. Plate frame heat exchanger dapat digunakan di berbagai industri. Dalam kajian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan plate frame heat exchanger memberikan manfaat yang signifikan bagi industri. Plate frame heat exchanger dapat mengurangi biaya operasional, memperpanjang umur peralatan, dan meningkatkan efisiensi dalam proses pertukaran panas. Dengan demikian, plate frame heat exchanger dapat dijadikan sebagai alternatif untuk industri yang ingin memenuhi kebutuhan pertukaran panas mereka secara efektif dan efisien.

Kata kunci: Efisien; Efektif; Heat exchanger; Plate-frame

Abstract

This study focuses on the application of plate-frame heat exchangers and their efficiency in heat exchange processes. The results of the study indicate that the use of plate-frame heat exchangers can significantly improve the efficiency of heat exchange processes. The design of plate-frame heat exchangers allows for efficient and effective fluid flow, resulting in optimal heat exchange. In addition to their efficient design, plate-frame heat exchangers also have a large surface area, allowing for optimal heat transfer between two different fluids. Plate-frame heat exchangers can be used in various industries. The study concludes that the use of plate-frame heat exchangers provides significant benefits to industrial processes. Plate-frame heat exchangers can reduce operational costs, extend the lifespan of equipment, and improve efficiency in heat exchange processes. Thus, plate frame heat exchangers can be used as an alternative for industries that wish to meet their heat exchange needs effectively and efficiently.

Keywords: Efficient; Effective; Heat exchanger; Plate-frame

1. Pendahuluan

Heat Exchanger (HE) adalah komponen heat exchanger yang diperlukan pada proses industri seperti pembangkit listrik, perminyakan, industri gas, industri kayu, industri kertas, makanan dan lainnya yang membutuhkan boiler terutama digunakan dalam proses produksi. *Heat Exchanger* sendiri bergantung pada temperatur *coolant* dan fluida yang didinginkan. Proses perpindahan panas ialah proses pelepasan dan penerimaan panas agar terjadi perubahan pada suhu yang dihasilkan. Adanya *Heat exchanger* dalam proses industri biasanya berperan sebagai komponen proses industri dan juga sebagian besar sebagai komponen untuk penghemat energi (Wicaksono, Wijanarko, Simanullang, dkk, 2018). *heat exchanger* atau biasa disebut *heat exchanger (HE)*, yang populer di industri adalah alat perpindahan panas yang dapat bertindak sebagai cairan pemanas atau pendingin. Biasanya media pemanasnya adalah air panas sebagai cairan panas dan air biasa sebagai air pendingin. Berbagai jenis HE berkualitas yang biasa digunakan dalam industri meliputi *shell and tube*, *plate-frame*, *adiabatic wheel*, *pillow plate*, *phase change*, serta *heat exchanger dynamic scraped surface* (Putri, 2020).

Pada penelitian ini, *Plate Frame HE* dipilih sebagai target *Heat Exchanger* yang akan dikaji. Jenis *heat exchanger plate frame* ini adalah *heat exchanger plate* dan rangka yang terdiri dari plate melintang, bergelombang,

atau berprofil lainnya. Pemisah antar plate vertikal dilengkapi dengan paking lunak (biasanya karet). plate dan komponennya disatukan oleh perlengkapan di mana setiap sudut plate (biasanya persegi panjang) memiliki lubang untuk mengalirkan cairan. Di dua lubang ini, cairan mengalir masuk dan keluar di satu sisi, sedangkan cairan lainnya mengalir keluar melalui lubang dan masuk kembali ke ruang di sisi lain dikarenakan adanya sekat di antara sisi sisi plate-frame. Penggunaan plate-frame heat exchanger dalam proses pertukaran panas telah menjadi topik penelitian yang banyak dibahas dan telah berkembang. Pada pembahasan ini, dilakukan kajian tentang aplikasi heat exchanger tipe plate-frame dan efisiensi yang dihasilkan dalam proses pertukaran panas tersebut.

2. Metode Penelitian

Pada kajian kali ini penulis menggunakan metode penelitian studi literatur dengan cara mencari jurnal dan artikel yang berhubungan dengan topik yang dibahas di internet. Setelah itu dilakukan review pada artikel dan jurnal tersebut kemudian menjadikannya kajian ilmiah berupa review artikel dan jurnal mengenai pengaplikasian heat exchanger tipe plate-frame pada industri. Metodologi penelitian yang digunakan pada kajian ini menggunakan metode kualitatif. Metodologi penelitian kualitatif ialah pendekatan penelitian yang fokus pada pemahaman mendalam tentang fenomena sosial, budaya, dan psikologis yang kompleks. Penelitian kualitatif dilakukan dengan cara mengumpulkan dan menganalisis data yang bersifat deskriptif, yang dapat berupa wawancara, observasi, atau dokumen (Iskandar, 2009). Metode penelitian kualitatif memiliki beberapa keunggulan diantaranya ialah penelitian kualitatif memungkinkan pengkaji untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan terperinci tentang topik yang akan dikaji (Indrawan. R, 2016).

3. Hasil Dan Pembahasan

A Review of Heat Transfer Enhancement Techniques In Plate Heat Exchangers (Zhang Ji, dkk, 2019)

Plate-frame heat exchanger telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri sejak penggunaan komersial pertama di tahun 1920-an. Meningkatkan kinerja plate-frame heat exchanger sangat penting untuk konversi energi dan system ekonomi karena dapat menghemat modal untuk investasi. Efisiensi plate heat exchanger dapat ditingkatkan baik dengan mengoptimalkan penggunaan teknologi yang dapat meningkatkan perpindahan panas. Kajian ini memberikan ikhtisar studi tentang teknik peningkatan perpindahan panas untuk heat exchanger plate dalam kondisi aliran satu fasa dan dua fasa. Bagian pertama berfokus pada efek parameter geometrik pada kinerja *heat exchanger* bergelombang chevron. Bagian kedua mengeksplorasi teknik perpindahan panas lanjutan untuk plate heat exchanger. Bagian selanjutnya menganalisis mekanisme dalam berbagai proses perpindahan panas dan memberikan penilaian komprehensif serta perbandingan kinerja termohidraulik dan teknik peningkatan heat exchanger distrik dengan parameter geometris yang berbeda. Selain itu, kriteria evaluasi kinerja untuk heat exchanger bergelombang chevron dihitung menggunakan informasi dari literatur terbuka dengan parameter geometris yang berbeda dan teknik peningkatan perpindahan panas yang berbeda. Perkiraan menunjukkan bahwa untuk heat exchanger plate bergelombang, parameter geometrik adalah sudut yang paling berpengaruh. Dalam perpindahan panas satu fasa, perpindahan panas dan penurunan tekanan meningkat seiring dengan peningkatan sudut. Selain itu, rasio aspek chevron juga secara signifikan memengaruhi perpindahan panas dan penurunan tekanan, karena keduanya meningkat seiring dengan peningkatan rasio aspek. Hasil percobaan dari sebagian besar pekerjaan terkait menunjukkan bahwa peningkatan sudut poros meningkatkan koefisien perpindahan panas dua fase. Teknologi passive surface dan penggunaan nanofluida adalah dua teknologi peningkatan plate heat exchanger yang paling umum digunakan. Metode ini meningkatkan kapasitas perpindahan panas dan meningkatkan tekanan. Untuk teknik passive surface yang digunakan dalam perpindahan panas fase tunggal, permukaan relief memiliki kapasitas perpindahan panas yang lebih tinggi daripada permukaan bergelombang sekunder dan permukaan kasar. Dalam aliran dua fase, penggunaan rekayasa permukaan pasif dapat meningkatkan perpindahan panas secara signifikan dengan menyediakan lebih banyak tempat nukleasi untuk pembentukan gelembung/tetes. Struktur mikro permukaan dengan lapisan nano dan mikro menyebabkan peningkatan sepuluh kali lipat dalam aliran panas mendidih dari koefisien transfer.

CAE Methods For Plate Heat Exchanger Design (Dvorak V dan Vit Thomas, 2017)

Heat recovery dapat secara signifikan mengurangi konsumsi energi yang diperlukan untuk pemanas atau penyejuk udara bangunan. Pada jurnal ini akan disajikan pengembangan metode CAE sederhana untuk desain cepat dan optimalisasi dimensi plate heat exchanger untuk pemulihan panas (heat Recovery). Penurunan tekanan dan efisiensi dievaluasi sebagai fungsi dari kecepatan inlet heat exchanger. Data yang diperoleh dianalisis, inflow/outflow crossflow dan intermediate counterflow diselidiki secara independen dan data diganti dengan fungsi yang diusulkan untuk angka Nusselt dan koefisien kerugian. Fungsi-fungsi ini digunakan untuk

mengilustrasikan pengaruh ukuran heat exchanger. Hal ini akan menunjukkan heat exchanger yang lebih besar yang menawarkan efisiensi yang lebih baik dan penurunan tekanan yang lebih rendah pada laju aliran yang sama, serta permukaan perpindahan panas yang lebih besar. Alat yang berguna adalah persamaan turunan yang juga memperhitungkan pengaruh ketebalan material dan ketebalan plate untuk desain dan optimalisasi heat exchanger recuperative yang digunakan dalam sistem HVAC. Aliran dan perpindahan panas dalam heat exchanger udara-ke-udara dalam plate heat exchanger counterflow dipelajari numerik dengan software Fluent. Metode yang dikembangkan sebelumnya digunakan untuk menyiapkan perhitungan jaringan. Penurunan tekanan dan efisiensi dievaluasi sebagai fungsi kecepatan inlet untuk tiga ukuran heat exchanger. Data yang diperoleh dianalisis, dipelajari bagian rata-rata dari crossflow inflow/outflow dan counterflow secara independen dan informasi digantikan oleh fungsi yang sesuai. Fungsi Nusselt number menggunakan fungsi daya biasa dari bilangan Reynolds untuk konveksi paksa, sedangkan pada bagian cross-flow linier bergantung pada bilangan Reynolds yang sesuai. Fungsi faktor kerugian didasarkan pada asumsi bahwa kerugian tersebut terdiri dari kerugian lokal dan kerugian friksi/gesekan. Fungsi-fungsi ini digunakan untuk mengilustrasikan pengaruh ukuran heat exchanger. Ini menunjukkan heat exchanger yang lebih besar menawarkan efisiensi yang lebih baik dan penurunan tekanan yang lebih rendah pada laju aliran yang sama, serta permukaan perpindahan panas yang lebih besar. Bahkan mengingat kurangnya ruang, heat exchanger yang lebih sempit menawarkan efisiensi yang lebih besar, tetapi juga penurunan tekanan yang lebih baik. Persamaan yang diturunkan juga memperhitungkan pengaruh ketebalan material dan peningkatan plate pada alat yang digunakan yang berguna untuk desain dan optimalisasi heat exchanger recuperative yang digunakan dalam sistem HVAC.

Thermal and Hydraulic Optimization of Plate Heat Exchanger using Multi Objective Genetic Algorithm (Imran M, dkk, 2017)

Pada artikel ini, disajikan optimalisasi termal dan hidrolis untuk plate heat exchanger tipe Chevron. Optimasi dilakukan dengan menggunakan algoritma genetika multi-objektif di lingkungan optimasi MATLAB. Batas matrix adalah kumpulan geometri yang berbeda antara parameter plate heat exchanger dalam batas tertentu. Kedua fungsi objektif tersebut merupakan penurunan tekanan sisi panas dan perpindahan panas. Karena adanya kontradiksi antara fungsi-fungsi objektif tersebut maka tidak ada solusi yang dapat memenuhi kedua fungsi tujuan secara bersamaan. Kenaikan perpindahan panas menghasilkan penurunan tekanan, sehingga hasil optimal disajikan sebagai Pareto Front. Bahkan sebelumnya Alat Algoritma Genetika Multi-Objektif digunakan untuk menemukan solusi yang optimal antara kehilangan tekanan dan perpindahan panas. Ketajaman analisis dilakukan untuk menganalisis pengaruh parameter geometri heat exchanger kinerja termal hidrolis. Hasil analisis menunjukkan bahwa perpindahan panas dan penurunan tekanan sangat dipengaruhi oleh jarak pusat vertical port, jumlah plate secara signifikan mempengaruhi tekanan dari thermal plates. Pada penelitian ini menyajikan optimalisasi termal dan hidrolis heat exchanger plate. Untuk batas logis geometris parameter perpindahan panas dan pressure drop dari heat exchanger ruang akan dioptimalkan karena hubungan terbalik antara penurunan tekanan dan perpindahan panas tidak memiliki nilai tunggal yang mengoptimalkan kedua fungsi objektif tersebut. Algoritma genetika multi-objektif digunakan dalam program MATLAB untuk menemukan solusi optimal yang memenuhi kedua fungsi tujuan sampai tingkat tertentu. Hal tersebut akan bermanfaat bagi insinyur desain untuk memilih solusi Pareto Front yang optimal berdasarkan pressure drop dan perpindahan panas. Analisis yang mendalam juga dilakukan di mana pengaruh parameter geometris individu pada perpindahan panas dan pressure drop akan diselidiki. Hasilnya terlihat bahwa jarak antara pusat port horizontal dan jumlah plate pemanas menunjukkan tren penurunan tekanan dan perpindahan panas yang serupa. Perpindahan panas dan penurunan tekanan meningkat seiring dengan bertambahnya jarak dari pusat horizontal port dan jumlah plate panas. Solusi optimal kemudian ditunjukkan pada lebar maksimum dan jumlah plate maksimum, yang pada akhirnya bergantung pada analisis ekonomi. Untuk vertical port centre distance dan jarak antar plate terdapat trade-off antara penurunan tekanan dan perpindahan panas. Optimasi dan sensitivitas analisis dapat digunakan sebagai peran penting dalam menentukan desain yang optimal yang akan di aplikasikan.

Evaluasi Faktor Pengotoran Kinerja Penukar Panas di Unit Pendingin Gas Pabrik Cair CO₂ (Amrozi, R. R., Udjiana, S., & Muharram, Y., 2022)

Heat exchanger adalah perangkat yang dapat digunakan sebagai pemanas atau pendingin, dan tujuan utamanya adalah untuk mencegah pembentukan padatan selama transmisi panas dari satu cairan ke cairan lain. Perpindahan panas tidak langsung terjadi ketika cairan pemanas tidak bersentuhan langsung dengan cairan pemanas, sedangkan perpindahan panas langsung terjadi ketika cairan pemanas bergabung dengan cairan pemanas dalam wadah tanpa dipisahkan. Sebaliknya, senyawa molekul yang dikenal sebagai CO₂ cair yang merupakan susunan dari dua atom O₂ yang tersinkron secara kovalen dengan atom C (karbon). CO₂ cair sering digunakan di tempat-tempat seperti pembakaran besi, pembuatan karet, pembuatan refrigeran, pembuatan beberapa bahan

kimia, penambangan, dan pengelasan. Salah satu unit terbaru PT PON, tanggung jawab utama unit cair CO₂ adalah memanfaatkan gas limbah dari PT. Dalam heat exchanger plate, bahan baku harus didinginkan untuk menghasilkan CO₂ cair. Prosedur perpindahan panas terjadi antara dua cairan di sisi plate heat exchanger plate (PHE), yang terdiri dari plate dan bingkai. heat exchanger mempengaruhi keberhasilan semua proses industri karena kerusakan atau kegagalan teknis dapat menghentikan unit di lapangan. Oleh karena itu, untuk menghasilkan hasil yang baik dan dapat menangani unit yang sepenuhnya terlibat, alat heat exchanger harus memiliki kinerja yang sangat baik. Pertimbangan positif untuk heat exchanger ketika indeks polusi diperhitungkan. Dengan menghitung nilai fouling factor, kinerja plat heat exchanger ini dinilai baik atau buruk. Penumpukan pengotor pada permukaan heat exchanger yang bersentuhan dengan permukaan perpindahan panas, dikenal sebagai pengotoran. Berikut ini adalah metode yang digunakan untuk membentuk kontaminasi: Dekomposisi produk organik, Polimerisasi (oksidasi), Dekomposisi produk organik, Kristalisasi, Pengendapan lumpur atau debu halus, Endapan biologis dan Korosi. Polusi heat exchanger meningkat seiring penggunaan. Beban perpindahan panas nyata dan efisiensi heat exchanger keduanya berkurang seiring dengan meningkatnya pengotoran.

Teknik perhitungan menggunakan aplikasi HTRI akan digunakan untuk penelitian yang akan dilakukan, dan setelah itu akan dipresentasikan temuan sehingga dapat dilakukan perbandingan mengenai efektivitas heat exchanger PT. PON beserta temuan percobaan penelitian ini. Asosiasi Produsen Penukar Tubular menciptakan dan menyempurnakan produk HTRI. (TEMA). Saat merancang heat exchanger, terutama heat exchanger plate, perangkat lunak HTRI adalah alat yang sangat membantu. Alat HTRI dapat mensimulasikan, mengklasifikasikan, dan merencanakan. Perhitungan harus dilakukan untuk menentukan jumlah faktor polusi. Dengan memanfaatkan data DCS Secara teori, waktu pemeliharaan akan dipersingkat dan biaya pemeliharaan pabrik dapat meningkat jika nilai koefisien polusi lebih rendah dari nilai koefisien polusi yang ditentukan. Waktu perawatan akan diperpanjang jika koefisien polusi lebih tinggi dari koefisien polusi asli, tetapi jika heat exchanger terlalu besar, itu akan menghasilkan biaya investasi yang tinggi. Nilai faktor polutan heat exchanger harus berada dalam kisaran yang dapat diterima sehingga permukaan panas yang diperlukan dapat diisi sepenuhnya dan pengeluaran modal lebih efektif digunakan. Alasannya mengarah pada kesimpulan bahwa waktu dan biaya perbaikan lebih tinggi dan lebih pendek ketika koefisien polusi lebih rendah ketika menguji heat exchanger terhadap faktor dimensi. Semakin lama waktu perbaikan, tetapi semakin tinggi biaya investasi, semakin tinggi nilai koefisien polusi uji dibandingkan dengan koefisien polusi desain.

Plat Perbaikan *Heat Exchanger* NO HE 312 PT. Pacific Indopalm Industri (Pratama, R., 2021)

Heat exchanger plate logam mentransfer panas antar cairan. Karena area kontak cairan yang lebih besar di heat exchanger ini, penggunaannya lebih terjangkau daripada di heat exchanger tradisional. Metode rekayasa dasar yang meningkatkan transmisi panas cepat termasuk heat exchanger plate. Dua ruang interior tipis dari plate heat exchanger mendistribusikan dua cairan dengan luas permukaan terbesar di seluruh plate logam. Panas dapat bergerak lebih cepat berkat piring. Alat yang berfungsi sebagai konverter panas adalah heat exchanger piring. perangkat yang bertukar panas antara dua zat menggunakan plate logam. Manfaat utama menggunakan heat exchanger piring adalah berfungsi sebagai heat exchanger dengan kemampuan perpindahan panas yang ditingkatkan dan sangat baik. Teknologi heat exchanger plate sangat efektif. Plate logam stainless steel digunakan untuk membangun heat exchanger semacam ini. Efek perpindahan panas dihasilkan oleh laju di mana cairan panas dan dingin masuk (dan pergi) melalui ventilasi di empat sudut plate. Untuk menghindari pencampuran minuman panas dan dingin bersama-sama dan menyebabkan tumpahan. Untuk menutup lembaran logam, gunakan celah karet. Pada bingkai, spacer dan plate terpasang. (bingkai). Volume transmisi panas menentukan luas permukaan heat exchanger. Dan ada juga gambar heat exchanger tipe plate di PT. Pacific Indopalm Industries Dumai.

Bagian dan fungsi heat exchanger plate meliputi: Penutup tetap yang berfungsi sebagai bagian atas heat exchanger, Baut stud digunakan untuk mengamankan flense, Kaki bingkai bertindak sebagai penopang heat exchanger plate, Gunakan kain kafan sebagai heat exchanger dengan plate pelindung, Tabung bantalan digunakan sebagai bantalan baut, Mengencangkan baut, yang digunakan untuk mengamankan baut pada heat exchanger plate, Mur kunci, digunakan sebagai pelapis cincin heat exchanger pada plate baut, Mur pengencang, mirip dengan cara pengikat dikencangkan, Guide bar, yang berfungsi sebagai alas tiang bawah heat exchanger piring, Kaki penyangga, berfungsi sebagai tapak dasar tiang penyangga untuk heat exchanger plate, Poros pendukung berfungsi sebagai tiang untuk heat exchanger plate, Penutup untuk pembukaan inspeksi di atas lubang heat exchanger plate, Rakitan rol, digunakan sebagai roda penggerak untuk menggerakkan plate atas plate heat exchanger, Penutup bergerak adalah penutup yang dapat disesuaikan atau dipindahkan, seperti penutup heat exchanger piring, Gasket untuk piring kemasan heat exchanger, Batang pembawa yang berfungsi sebagai lokasi

celah pergeseran heat exchanger plate, Paket piring, juga dikenal sebagai heat exchanger piring. Sebagian besar waktu, plate heat exchanger ini memiliki kisaran 0,5 hingga 3 mm dan terpisah 1,5 hingga 5 mm. plate dan struktur untuk pemanasan permukaan memiliki luas permukaan yang bervariasi dari 0,03 hingga 1,5 m², dan rasio lebar terhadap panjang 2 hingga 3. heat exchanger terkecil adalah 0,03 m² dan yang terbesar adalah 1500 m². Laju aliran cairan maksimal 2500 m³/jam diizinkan. plate, rangka, dan paking adalah tiga bagian utama yang membentuk unit PHE secara umum.

Plate

Elemen plate PHE berfungsi sebagai saluran untuk pergerakan cairan panas dan dingin. Cara transfer panas tergantung pada bentuk dan pola plate. Setiap panel telah Dipahat / Diindentasi untuk memberikan permukaannya desain gelombang. Pola gelombang ini memiliki potensi untuk meningkatkan perpindahan panas dan mengurangi endapan/fouling dengan meningkatkan tegangan geser dan kelancaran, sehingga menciptakan jalur aliran tekan yang terhubung. Untuk menemukan wilayah tertentu dalam STHE yang memiliki koefisien transmisi panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lain. Pola gelombang ini juga membuat luas permukaan yang berguna lebih besar karena ada banyak kontak antara cairan dan permukaan cakram. Diferensial dalam tekanan yang ada antara dua lempeng yang berdekatan satu sama lain. Hingga 230 tekanan kerja psig, terutama saat menggunakan pola gelombang silang seperti pola herringbone atau chevron. 0,6 mm adalah ketebalan panel minimal yang telanjang. (0,024 in).

Gasket

Segel PHE membatasi dan mengontrol aliran cairan. Cairan mengalir sehingga tidak ada komponen yang bercampur di dalamnya. Karena sebagian besar akan menjadi kempes setiap kali kebocoran PHE terjadi, segel perangkat PHE adalah bagian yang paling sering perlu diganti. Zat penyegel harus tahan lama, tahan terhadap reaksi kimia, dan mampu menahan suhu tinggi. Teknik jenis Lem dan metode Non-Lem digunakan untuk memasang segel di plate.

Frame

Perangkat PHE didukung oleh bingkai. Batas perangkat PHE Disk internal adalah tempat bingkai berada. Jenis bingkai B, C, dan F digunakan untuk mengkategorikan bentuk bingkai. Bingkai tipe C untuk PHE kecil, tipe B untuk PHE sedang, dan tipe F untuk PHE besar (dengan banyak plate pemasangan). Biasanya, sasis terbuat dari baja karbon dengan lapisan anti karat. Plate terfragmentasi menjadi beberapa bagian di heat exchanger plate nomor 312. Dalam hal ini, itu terjadi sebagai akibat dari obstruksi gerakan cairan yang disebabkan oleh plak CPO. Pengawas di lokasi produksi mengelola kerusakan. plate heat exchanger tersumbat jika gerakan cairan kurang dari 60 hingga 80 m³/jam. Berikut ini adalah prosedur yang digunakan untuk memperbaiki heat exchanger yang telah tersumbat: Siapkan alat yang diperlukan, termasuk kunci pas dan alat pelindung diri. Setelah membuka kunci fitting, buka pengencang yang menahan heat exchanger plate di tempatnya. Tarik plate heat exchanger menjauh dari bingkai dengan mendorong penutup tetap yang tidak permanen. Selanjutnya, semprotkan 120 bar tekanan air bertekanan ke heat exchanger plate. Setelah membersihkan plate heat exchanger, tentukan segel mana yang utuh dan mana yang perlu diganti. Ganti pelindung heat exchanger plate yang rusak dengan yang baru. Untuk memudahkan pemasangan segel baru, bersihkan heat exchanger secara menyeluruh sebelum melepas paking lama dengan obeng. Setelah itu, pasang sealant segar. Pasang kembali dan kencangkan plate heat exchanger setelah mengganti paking. Mengikuti instruksi perakitan, pasang kembali sekrup pemasangan.

Optimalisasi Perawatan Plat Tipe Heat Exchanger untuk Mendukung Efektivitas Pendinginan Kinerja Air Tawar Mesin Generator di Kapal MV.DK 02 (Maulana Rifan, 2021)

Motor diesel menyediakan propulsi utama untuk MV. DK 02, dan heat exchanger plate kapal digunakan untuk tujuan pendinginan. plate dalam jenis heat exchanger plate ini memiliki alur yang seragam dan disatukan oleh pengencang. Setiap plate memiliki penjepit kedua di kedua sisi dan dilengkapi dengan segel unik di alur di sekitarnya untuk mencegah cairan media pendingin bercampur dengan cairan yang didinginkan. Penelitian ini merupakan investigasi kualitatif deskriptif tentang praktik terbaik untuk mempertahankan heat exchanger plate yang menyediakan pendinginan untuk motor generator pada MV.DK 02.

Kita akan berbicara tentang sistem pendingin tertutup dan terbuka dan cara kerjanya karena aliran cairan pendingin sangat penting untuk pengoperasian motor kapal berpendingin air. Ada kelebihan dan kekurangan dalam menggunakan berbagai media pendingin, seperti air tawar pada sistem pendingin tertutup dan air asin pada sistem pendingin luar ruangan. Pendingin suhu rendah (LT) dan pendingin suhu tinggi (HT) adalah dua bagian

dari heat exchanger kapal. (HT). Sebagai gambaran, air laut dapat ditambahkan dan ditarik dari heat exchanger untuk dijadikan pendingin. Oleh karena itu, air sungai mengalir berlawanan arah jarum jam dengan air laut. Oleh karena itu, desain seperti gelombang plate di area perpindahan panas menghasilkan pusaran yang kuat, menghasilkan transmisi panas yang tinggi. Karena beban panas, pendingin air tawar disedot ke dalam generator mesin diesel melalui jaket pendingin sebelum dialihkan ke radiator suhu tinggi. Untuk mendinginkan ekosistem air tawar, air laut dituangkan dari laut ke dalam heat exchanger (pendingin suhu rendah) dalam bentuk air tawar.

Berdasarkan cara penulis berpikir tentang topik tersebut, yaitu "Optimasi pemeliharaan untuk mendukung kinerja plate pendingin air tawar untuk genset diesel," ia dapat mengetahui apa yang menyebabkan kinerja heat exchanger turun dan bagaimana caranya. heat exchanger plate digunakan dalam genset bertenaga diesel, dan langkah-langkah yang diambil untuk memastikannya berfungsi pada efisiensi puncak. Menurut penelitian, gasket kotor, kerusakan, dan penggunaan yang diperpanjang pada suhu tinggi semuanya berkontribusi pada penurunan efisiensi heat exchanger. Penurunan kinerja heat exchanger dapat disebabkan oleh kondisi permukaan laut yang kotor yang menghalangi aliran air laut, segel yang rusak menyebabkan kebocoran, dan penurunan tekanan pompa karena kerusakan impuls pompa dan kondisi air, pendingin, yang dapat berkarat dan berskala, dan penggunaan panel jangka panjang pada suhu tinggi, yang menurunkan kapasitas penyerapan panel. Dimungkinkan untuk meningkatkan kinerja heat exchanger plate dengan secara rutin membersihkan kotak luar dan memeriksa anoda seng pada kotak hisap atas, serta dengan memeriksa paking ketika bingkai dipasang di sistem instalasi dan mulai memompa. Perawatan berkala dan penggantian gesekan atau bagian listrik dari motor pompa dan media pendingin dilakukan. Kadar garam dan kandungan kimia dalam air tawar juga diperiksa secara berkala. Terakhir, plate heat exchanger selalu diganti jika tidak lagi berfungsi dengan baik atau tidak sesuai dengan jam operasional di manual book.

Pengaruh Suhu dan Arah Aliran terhadap Efektivitas Penukar Panas NTU (ϵ -NTU) pada Penukar Panas Tipe Pelat dan Rangka (Reni Yuniarti, dkk, 2020)

Heat exchanger, seperti yang dijelaskan dalam artikel ini, adalah alat yang digunakan sebagai alat transfer panas fluida dengan temperatur. Penelitian ini dilakukan pada suhu fluida panas 39-52 °C baik pada arah sirkulasi searah maupun berlawanan arah jarum jam. Air digunakan sebagai fluida panas dan fluida dingin karena air merupakan media perpindahan panas yang aman dan efektif. Hasil analisis awal penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi heat exchanger NTU (-NTU) baik dalam arah aliran maupun arah aliran balik dapat ditingkatkan dengan meningkatkan suhu fluida. Ketika dua fluida suhu berbeda disatukan, panas ditransfer dari yang lebih hangat ke yang lebih dingin, dan sebaliknya. Karena adanya pemisah, transmisi panas di dalam heat exchanger terjadi melalui konduksi dan konveksi, bukan melalui pencampuran kedua fluida. Fluida yang sering digunakan dalam alat heat exchanger berubah dari uap air, yang merupakan fluida panas, menjadi air, yang merupakan fluida dingin. Karena lebih aman dan lebih mudah diperoleh dan diproses, fluida air sering digunakan sebagai media perpindahan panas. Ada berbagai macam instrumen untuk heat exchanger, termasuk pendingin, kondensor, pemanas, reboiler, penguap, dan pendingin, tergantung pada kegunaannya.

Industri menggunakan heat exchanger secara ekstensif untuk berbagai jenis perangkat lunak yang sangat penting untuk proses manufaktur. menjadi simulasi heat exchanger, khususnya kondensor, yang mengubah fase uap menjadi fase cair dalam penyulingan minyak mentah atau dalam produksi uap (PLTU) menggunakan heat exchanger vaporizer. Beberapa keuntungan dan kerugian heat exchanger tipe PFHE. Efisiensi perpindahan panas yang lebih baik, desain peralatan murah dan simpel, perawatan yang lebih mudah, dan berkurangnya korosi adalah manfaat dari heat exchanger PFHE ini. Suhu maksimum yang dapat digunakan adalah 250°C tetapi bergantung pada material plate, dengan kekurangannya adalah material plate yang digunakan tidak terlalu tahan terhadap tekanan yang lebih tinggi dari 30 atm. (Lin dan Rochelle, 2017; Sammeta dkk., 2011). Dengan perubahan temperatur kedua fluida akan dapat mengidentifikasi efisiensi penukar kalor. Kinerja heat exchanger ditentukan oleh nilai efektivitasnya; semakin tinggi nilai efektivitasnya, semakin baik prosedur pertukaran panas dalam perangkat

Analisis Perhitungan Penukar Panas Tipe Plat – Bingkai pada *Intercooler* dengan Tipe Shell dan Tube (Rezal Arby Handoko dan La Ode M Firman, 2022)

Satu shell dan dua pipa dengan arah sirkulasi counterflow akan digunakan dalam penelitian ini untuk membahas desain perhitungan dimensi shell dan tube. Heat exchanger merupakan bagian yang krusial dalam PLTP. Penelitian ini membandingkan kinerja heat exchanger rangka-plate yang digunakan pada intercooler, yang mendinginkan air pendingin sekunder dengan air pendingin primer. Mesin ini menggunakan heat exchanger tipe plate sebagai sumber panasnya. Namun, ada beberapa masalah dengan heat exchanger plate ini, termasuk betapa mudahnya segel dapat bocor karena gasket sederhana yang telah berubah bentuk, bagaimana jika plate rusak, harus diganti dan tidak dapat diperbaiki, dan betapa mahalnya titanium yang digunakan untuk membuat heat

exchanger. Penukar kalor tipe plate adalah intercooler. plate-plate pada heat exchanger plate disusun dengan cara tertentu untuk menciptakan dua jalur: sisi panas dan sisi dingin. Sisi panas dialiri oleh fluida yang suhunya cukup tinggi, sedangkan sisi dingin adalah kebalikannya. Pada PLTP ini digunakan zat cair yang sama yaitu air. Fluida bertemperatur tinggi dan fluida bertemperatur rendah dipertukarkan melalui plate yang membagi dua jalur, sehingga terjadi perpindahan panas. Komponen plate intercooler bertindak sebagai saluran untuk pertukaran panas dan dingin melalui plate penukar panas. Ukuran dan bentuk plate yang memulai proses perpindahan panas menentukan metode operasinya. Peningkatan transmisi panas dan penurunan pengotoran atau pengendapan karena peningkatan tegangan geser dan turbulensi dimungkinkan berkat pola berlubang seperti gelombang pada setiap pelat. Selain itu, pipa-pipa ini disatukan untuk membentuk penukar panas. Pipa-pipa ini berjalan secara paralel dan diatur dalam sebuah cincin. Permukaan luar pipa akan membawa fluida dingin, sedangkan permukaan pipa yang disambung akan membawa fluida panas. Penukar panas ini dapat berfungsi dalam berbagai konfigurasi aliran, termasuk aliran berlawanan, aliran silang, dan aliran paralel.

Analisis dan Pembahasan Hasil Matematis Hasil perhitungan nilai efektivitas secara teoritis dan perhitungan grafik efektivitas baik untuk shell and tube maupun plate-frame tidak jauh berbeda: efektivitas yang dihitung dari plate-frame adalah 30,7%, sedangkan shell and tube 45,65%. Hal ini dapat disimpulkan dari hasil perhitungan dan penelitian yang telah dilakukan bahwa: Dengan panjang 1,83 m, diameter 0,404 m, diameter luar 0,01905 m, diameter dalam 0,01483 m, dan area aliran 0,00017 m per tabung, Heat Exchanger tipe shell and tube kami efisien dan mudah digunakan. Namun, kebocoran seal adalah masalah umum pada penukar panas rangka-pelat karena variasi bentuk paking. Pelat terbuat dari bahan yang mahal seperti titanium. Nilai efektivitas sebesar 45,65% pada penukar kalor di PLTP sebagai hasil desainnya. Nilai efektivitasnya lebih tinggi dibandingkan dengan tipe rangka plate yang memiliki nilai 30,7%.

A review of heat transfer enhancement techniques in plate heat exchangers (Zhang, J., Zhu, X., Mondejar, M. E., & Haglind, F., 2019)

Teknik peningkatan perpindahan panas dalam PHE bertujuan untuk meningkatkan kinerja hidrolika termal dengan meningkatkan koefisien perpindahan panas, mengurangi ukuran peralatan penukar panas, atau mengurangi perbedaan suhu pendekatan. Teknik ini bisa aktif atau pasif, dan teknik permukaan pasif, nanofluida, dan teknik peningkatan lainnya telah didokumentasikan dalam literatur penelitian. Aplikasi ini menunjukkan potensi teknik ini untuk meningkatkan kinerja termal-hidraulik heat exchanger. Artikel ini meninjau dampak parameter geometris bergelombang chevron pada kinerja PHE, metode peningkatan perpindahan panas di PHE, dan nanofluida. Ini memeriksa mekanisme perpindahan panas yang mengatur dan merangkul sifat perpindahan panas dan penurunan tekanan dari PHE. Ini juga memberikan ringkasan penelitian tentang metode untuk meningkatkan perpindahan panas dalam plate heat exchanger di bawah aliran satu dan dua fase.

Ulasan tersebut mengatakan bahwa sudut chevron adalah ukuran geometris terpenting untuk plate heat exchanger chevron corrugated. Ketika perpindahan panas yang hanya melibatkan satu fase, peningkatan sudut chevron menyebabkan peningkatan transmisi panas dan penurunan tekanan. Kecepatan perpindahan panas serta penurunan tekanan dipengaruhi secara signifikan oleh rasio aspek gelombang chevron. Ini karena Kecepatan perpindahan panas serta penurunan tekanan keduanya meningkat seiring dengan peningkatan rasio aspek. Diperlukan lebih banyak penelitian untuk menentukan kemiringan chevron dan rasio aspek yang ideal. Sudut chevron memiliki dampak signifikan pada daerah perpindahan panas yang dicirikan oleh konveksi dalam aliran dua fase, seperti pendidihan konvektif dan kondensasi kontrol geser. Koefisien perpindahan panas dua fase meningkat dengan meningkatnya sudut chevron, seperti yang disarankan oleh temuan eksperimental dari sebagian besar karya terkait. Plate heat exchanger biasanya ditingkatkan menggunakan metode permukaan pasif dan nanofluida. Metode ini meningkatkan efisiensi perpindahan panas sekaligus meningkatkan kehilangan tekanan. Di antara teknik permukaan pasif yang digunakan untuk perpindahan panas fase tunggal, emboss memberikan peningkatan terbesar dalam meningkatkan efisiensi perpindahan panas. Menggunakan teknik permukaan pasif dalam aliran dua fase dapat meningkatkan transmisi panas secara signifikan dengan menyediakan lebih banyak tempat nukleasi untuk pembentukan gelembung dan tetesan. Hal ini dicapai dengan meningkatkan jumlah situs nukleasi. Koefisien perpindahan panas aliran dididih naik sepuluh kali lipat karena permukaannya berpori nano dan berpori mikro. Ketika nanofluida digunakan dalam plate heat exchanger, terjadi beberapa fenomena yang tidak terjadi pada tabung skala makro, seperti munculnya konsentrasi optimal dan dalam beberapa kasus, penurunan kinerja perpindahan panas. Faktor evaluasi kinerja untuk PHE bergelombang chevron menunjukkan bahwa peningkatan parameter geometris antara β 30° dan 60°; γ 0,071 dan 0,5; η 1,17 dan 1,29 membuat kinerja termohidraulik menjadi lebih baik. Pada bilangan Reynolds 600, permukaan emboss tipe kapsul dengan 1% Al₂O₃-air nanofluida memiliki kriteria evaluasi kinerja tertinggi 1,9.

Analyses of thermal performance and pressure drop in a plate heat exchanger filled with ferrofluids under a magnetic field (Zheng, D., Yang, J., Wang, J., Kabelac, S., & Sundén, B., 2021)

Penelitian ini menggunakan partikel Fe₃O₄ untuk membuat fluida magnetik (ferrofluid). Partikel-partikel tersebut diselubungi etanol suling dan memiliki tingkat kemurnian 99,9% untuk mencegah oksidasi. Diameter partikel berkisar dari 15 nm hingga 25 nm, dengan dimensi partikel rata-rata 20 nm. Ferrofluid dibuat dalam dua langkah: partikel dimasukkan ke dalam air DI, dan getaran ultrasound digunakan untuk menyebarkannya. Natrium sitrat ditambahkan sebagai surfaktan agar lebih stabil. Skala elektronik dengan presisi 1 mg digunakan untuk mengukur partikel dan dispersan, dan potensial Zeta ditemukan -33 mV.

Pada berbagai laju aliran masuk, efek eksperimental medan magnet pada aliran dan keefektifan termal plate heat exchanger dengan ferrofluida diselidiki dalam penelitian ini. Ketika tidak ada medan magnet, efektivitas perpindahan panas hanya sedikit meningkat (sebesar 0,22%) ketika nanopartikel Fe₃O₄ ditambahkan ke air DI pada konsentrasi 0,1%. Hal ini menunjukkan bahwa plate-frame heat exchanger tidak dapat meningkatkan kecepatan perpindahan panas dengan mengganti air DI dengan 0,1 vol% nanofluida Fe₃O₄-air. Berdasarkan hasil percobaan, nanofluida Fe₃O₄-air 0,1 vol% tidak jauh berbeda dengan air DI. Penggunaan dua buah magnet dalam susunan superposisi pada masing-masing sisi meningkatkan bilangan Nusselt rata-rata sebesar 23,8% dibandingkan dengan keadaan tanpa medan magnet. Namun, jika dibandingkan dengan skenario di mana hanya satu magnet yang digunakan, angka Nusselt rata-rata dapat dikurangi ketika dua magnet digunakan dalam konfigurasi yang ditempatkan bersebelahan. Hal ini menunjukkan bahwa susunan magnet memiliki pengaruh yang besar terhadap peningkatan transmisi panas. Ketika dua magnet vertikal diposisikan bersebelahan, penurunan tekanan berkurang sebesar 10,0% jika dibandingkan dengan skenario di mana tidak ada medan magnet. Penemuan ini menawarkan cara baru untuk meningkatkan kinerja termal sistem pertukaran panas tanpa meningkatkan penurunan tekanan. Sebagian besar waktu, kinerja termal yang baik dapat dicapai dalam banyak penggunaan industri dengan meningkatkan hambatan aliran. Namun, ditemukan dalam studi saat ini bahwa penggunaan ferrofluida dalam heat exchanger plate meningkatkan efisiensi perpindahan panas dan mengurangi penurunan tekanan pada distribusi medan magnet yang optimal.

Multi-objective thermal design optimization of plate frame heat exchangers through global best algorithm (Emrah O., 2017)

Studi ini berkaitan dengan desain termal plate frame heat exchanger berdasarkan Global Best Algorithm. Dengan memanfaatkan beberapa skema gangguan dasar yang mengambil referensi dari Pencarian Diferensial dan Evolusi Diferensial, Global Best Algorithm bertujuan untuk mendapatkan solusi optimal dengan mengintensifkan solusi yang lebih menjanjikan. Keefektifan Algoritma Terbaik Global yang diusulkan akan dievaluasi untuk mempertahankan konfigurasi optimal plate frame dengan mempertimbangkan penilaian desain dan tujuan. Hasil yang diambil dari GBEST akan dibandingkan dengan metodologi optimisasi metaheuristik terkenal dari Pencarian Koperasi Buatan, Algoritma Kelelawar, serta Pengoptimalan Swarm. Dari metode yang telah dilakukan, Global Best Algorithm menggunakan fungsi dasar dari Evolusi Diferensial dan Algoritma Pencarian Diferensial dapat memberi mutu pada intensifikasi yang merupakan fase utama dari algoritme pengoptimalan.

Pertama, efisiensi algoritma yang diusulkan telah diuji lebih dari 16 masalah dan hasilnya telah dibandingkan dengan algoritma pengoptimalan yang berlisensi. Kedua, koefisien perpindahan panas keseluruhan, biaya total dan berat heat exchanger merupakan tujuan masalah untuk dioptimalkan secara terpisah maupun bersamaan. Metode pareto digunakan sebagai optimisasi untuk memilih solusi kompromi terbaik di antara kurva pareto melalui metode pengambilan keputusan dari LINMAP, TOPSIS, dan teori entropi Shannon. Standart deviasi diketahui berdasarkan masing-masing metode pengambilan keputusan satu sama lain dan solusi optimal untuk setiap kasus yang ditentukan. Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengamati pengaruh beberapa parameter desain seperti ketebalan plate, diameter port, sudut chevron, jarak horizontal dan vertikal antar port, panjang total plate terhadap nilai fungsional koefisien perpindahan panas keseluruhan dan total biaya heat exchanger. Ditemukan bahwa dua tujuan optimasi utama ini sangat bergantung pada variabel desain tersebut.

Energy and cost optimization of a plate and fin heat exchanger using genetic algorithm (Najafi Hamidreza, dkk, 2011)

Kondisi operasi untuk kasus heat exchanger ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan. Fluida dianggap sebagai udara (dengan asumsi gas ideal) dan PFHE sebagian besar terbuat dari Aluminium. perubahan sifat termal udara sehubungan dengan suhu diperhitungkan. Daftar variabel geometrik yang dianggap sebagai parameter

optimisasi dari batasan yang berbanding untuk setiap parameter. Beberapa variabel geometri pada fungsi tujuan diselidiki dan di setiap bagian, nilai semua parameter, kecuali yang dipilih untuk penyelidikan, dijaga konstan. Dengan memvariasikan nilai parameter yang dipilih. Ketinggian sirip berpengaruh pada total laju perpindahan panas (Q) dan total biaya tahunan. Menaikkan tinggi sirip menghasilkan peningkatan pada area aliran bebas dan area perpindahan panas total yang secara nonlinier mempengaruhi nilai NTU. Peningkatan H mengarah pada pengurangan penurunan tekanan yang pada gilirannya menurunkan nilai daya pemompaan dan biaya operasional. Setiap kenaikan H akan mengakibatkan peningkatan area perpindahan panas total yang menyebabkan kenaikan biaya awal PFHE. Oleh karena itu, ketinggian sirip memiliki dua efek yang bertentangan pada total biaya tahunan sistem variasi total biaya tahunan mengenai tinggi sirip menurun yang menunjukkan bahwa dengan menambah tinggi sirip, pengurangan biaya operasional lebih besar daripada kenaikan biaya modal.

Dalam pengoperasian heat exchanger ada pengoptimalan parameter yang perlu dipertimbangkan. Untuk mencapai parameter desain yang dapat menghasilkan total biaya tahunan rendah dan tingginya laju perpindahan kalor. Hasilnya adalah front Pareto yang merupakan himpunan solusi optimal yang masing-masing merupakan trade-off antara fungsi tujuan. Untuk laju aliran massa tertentu dan suhu masuk, yang dihasilkan Pareto front dapat memberikan total biaya tahunan yang paling kecil untuk setiap tingkat perpindahan panas total yang diperlukan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan kajian penerapan aplikasi heat exchanger tipe plate-frame, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *heat exchanger* tipe *plate-frame* dapat meningkatkan efisiensi dalam pertukaran panas. Heat exchanger tipe plate-frame memiliki desain yang memungkinkan aliran fluida untuk bergerak dengan efisien dan efektif, sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran panas yang optimal. Selain itu, heat exchanger tipe plate-frame dapat mengoptimalkan pertukaran panas antara dua fluida yang berbeda, hal ini disebabkan besarnya luas permukaan. Dalam aplikasinya, heat exchanger tipe plate-frame biasa digunakan pada berbagai industri.

Dengan efisiensi yang tinggi dan kemampuan adaptasi yang luas, penggunaan heat exchanger tipe plate-frame dapat memberikan manfaat signifikan dalam proses industri. Selain meningkatkan efisiensi, penggunaan heat exchanger tipe plate-frame juga dapat mengurangi biaya operasional dan memperpanjang umur pemakaian peralatan. Oleh karena itu, heat exchanger tipe plate-frame dapat menjadi pilihan yang tepat bagi industri dalam memenuhi kebutuhan pertukaran panas yang efektif dan efisien.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih Kami sampaikan kepada Pimpinan Fakultas Teknik Unsada dan seluruh Dosen Prodi Teknik Mesin yang telah membantu penyelesaian artikel ini. Akhir kata, kami berharap hasil penelitian kami dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang signifikan pada bidang studi yang relevan. Kami mengucapkan terima kasih atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan

Daftar Pustaka

- [1] Amrozi, R. R., Udjiana, S., & Muharram, Y. (2022). Evaluasi Kinerja Heat Exchanger Pada Gas Cooler Unit CO₂ Liquid Plant. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 8 (1), 111-117.
- [2] Dvorak V., Vit Thomas. 2017. CAE Methods For Plate Heat Exchanger Design. Technical University Of Liberec. Studentska 2. Liberec. 46117. Czech Republic. (www.sciencedirect.com, diakses pada 23 Maret 2023).
- [3] Emrah O. 2017. Multi-Objective Thermal Design Optimization Of Plate Frame Heat Exchangers Through Global Best Algorithm. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology* 7(1) (2017) 33–73.
- [4] Imran M., Pambudi N A., Farooq M. 2017. Thermal And Hydraulic Optimization Of Plate Heat Exchanger Using Multi Objective Genetic Algorithm. *Case Studies in Thermal Engineering*. Sciencedirect. (www.elsevier.com/locate/csite, diakses pada 22 Maret 2023).
- [6] Indrawan, R. 2016. Metodologi Penelitian: Kuantitatif, Kualitatif dan Campuran Untuk Manajemen, Pembangunan, dan Pendidikan. Perpustakaan IAIN Palangka Raya. (http://senayan.iain-palangkaraya.ac.id/index.php?p=show_detail&id=12309&keywords=, diakses pada 28 Maret 2023).
- [7] Iskandar. 2009. Metodologi Penelitian Kualitatif. Jakarta; Gaung Persada, cet.1. h.11
- [8] Ji Zhang., dkk. 2019. A review of heat transfer enhancement techniques in plate heat exchangers. DTU Library. (10.1016/j.rser.2018.11.017, diakses pada 22 Maret 2023).
- [9] Maulana Rifan, (2021). Optimalisasi Perawatan Heat Exchanger Type Plate Untuk Menunjang Efektivitas Kinerja Cooling Fresh Water Mesin Generator Di Kapal MV. DK 02. (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).

- [10] Najafi Hamidreza, dkk. 2011. Energy and cost optimization of a plate and fin heat exchanger using genetic algorithm. *Applied Thermal Engineering* 31 (2011) 1839-1847.
- [11] Pandya, N. S., Shah, H., Molana, M., & Tiwari, A. K. (2020). Heat transfer enhancement with nanofluids in plate heat exchangers: A comprehensive review. *European Journal of Mechanics - B/Fluids*, 81, 173–190. doi:10.1016/j.euromechflu.2020.02.004
- [12] Pratama, R. (2021). Pt. Pacific Indopalm Industries Perbaikan Plate Heat Exchanger No He 312.
- [13] Putri, L. 2020. Heat Exchanger. Artikel Heat Exchanger Unimuda Sorong. (<https://kimia.unimudasorong.ac.id/artikel/heat-exchanger>, diakses pada 28 Maret 2023).
- [14] Reni Y., Feerzet A., Yuniar L., Lisa., Muhammad., Suhartono., Suharto. 2022. Pengaruh Temperatur dan Arah Aliran Terhadap Efektivitas heat exchanger NTU (ϵ -NTU) Pada Alat heat exchanger Tipe Plate and Frame. Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera (<https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip> diakses pada 22 Maret 2023).
- [15] Rezal Arby Handoko., La Ode M Firman. 2020. Analisis Perhitungan Heat Exchanger Jenis Plate – Frame Pada Intercooler Dengan Jenis Shell And Tube. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila (<https://teknik.univpancasila.ac.id/semrestek/prosiding/index.php/12345/article/view/369>, diakses pada 22 Maret 2023)
- [16] Sholikhah, A. M., & Moentamaria, D. (2022, December 24). PERANCANGAN PLATE HEAT EXCHANGER SEBAGAI HIGH TEMPERATURE SHORT TIME PASTEURIZER SUSU DISTILAT: JURNAL TEKNOLOGI SEPARASI. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i3.394>
- [17] Sohib, M., Riyanta A. 2017. Analisis Fouling Pada Plate And Frame, Lean/Rich Amine Exchanger Di Saka Indonesia-Pangkajene. Program Studi Teknik Mesin Universitas Gresik.
- [18] Wicaksono, C., dkk. 2018. Perancangan Eco Heat Exchanger Type 1-2 Shell And Tube dan Pengaruh Jumlah Baffle Terhadap Transfer Panas. *Jurnal Chemurgy*, 1(1), 27.
- [19] Zhang, J., Zhu, X., Mondejar, M. E., & Haglind, F. (2019). A review of heat transfer enhancement techniques in plate heat exchangers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 305–328. doi:10.1016/j.rser.2018.11.017
- [20] Zheng, D., Yang, J., Wang, J., Kabelac, S., & Sundén, B. (2021). Analyses of thermal performance and pressure drop in a plate heat exchanger filled with ferrofluids under a magnetic field. *Fuel*, 293, 120432. doi:10.1016/j.fuel.2021.120432