

Monitoring Kinerja *Heat Exchanger* pada Sistem *Sea Water & Cooling Water*

Marwan^{1*}, Mad Yusup², Ida Rosanti³

^{1,2,3} Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Timur, Indonesia

Email : marwan6179@gmail.com¹, madyusup0906@gmail.com²

Alamat: Jl. KH. Harun Nafsi, Samarinda 75131, Indonesia

Korespondensi penulis : marwan6179@gmail.com

Abstract. One type of efficient and widely used heat exchanger is the Plate and Frame Heat Exchanger (PFHE). PFHE is a device designed to increase the efficiency of heat exchange through a structure of plates assembled together. This design allows a large heat exchange surface area in a relatively small space, creating an efficient environment for heat transfer. This study took the Plate and Frame type Heat Exchanger object, while the purpose of this study was to determine the performance of the Heat Exchanger in the Sea water & Cooling Water system at PT. Eni. The research methods used were the Observation method, Interview method (Question and Answer), and Literature review. The results of the study showed that the performance of the Heat Exchanger in the Sea water & Cooling Water system at PT. Eni runs according to the desired design. The operating temperature line remains below the maximum limit set, and indicates the performance of the heat exchanger in very good condition. This reflects the optimal heat exchange results in Cooling Water. In accordance with the design operating parameters, the achievement of heat exchange in the minimum range of 4 - 5 °C and the maximum limit of redistribution temperature in Cooling Water does not exceed 45 °C, which indicates that this system operates according to the desired standards

Keywords: Plate and Frame Heat Exchanger (PFHE), Heat Transfer Efficiency, Cooling Water System, Performance Evaluation, Observation and Interview Methods

Abstrak. Salah satu jenis penukar panas yang efisien dan banyak digunakan adalah Penukar Panas Tipe Pelat dan Bingkai (Plate and Frame Heat Exchanger / PFHE). PFHE adalah suatu perangkat yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi pertukaran panas melalui struktur pelat-pelat yang disusun secara bersama. Desain ini memungkinkan luas permukaan pertukaran panas yang besar dalam ruang yang relatif kecil, sehingga menciptakan lingkungan yang efisien untuk perpindahan panas. Penelitian ini mengambil objek Penukar Panas tipe Pelat dan Bingkai, dengan tujuan untuk mengetahui kinerja Penukar Panas pada sistem Air Laut & Air Pendingin di PT. Eni. Metode penelitian yang digunakan adalah metode Observasi, metode Wawancara (Tanya Jawab), dan Studi Pustaka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja Penukar Panas pada sistem Air Laut & Air Pendingin di PT. Eni berjalan sesuai dengan desain yang diinginkan. Garis suhu operasi tetap berada di bawah batas maksimum yang telah ditetapkan, dan menunjukkan bahwa performa penukar panas berada dalam kondisi yang sangat baik. Hal ini mencerminkan hasil pertukaran panas yang optimal pada sistem Air Pendingin. Sesuai dengan parameter operasi yang telah dirancang, pencapaian perpindahan panas berada dalam rentang minimum 4 – 5 °C dan batas maksimum suhu redistribusi pada Air Pendingin tidak melebihi 45 °C, yang menunjukkan bahwa sistem ini beroperasi sesuai dengan standar yang diharapkan.

Kata kunci: Penukar Kalor, Efisiensi Perpindahan Panas, Sistem Air Pendingin, Evaluasi Kinerja, Metode Observasi dan Wawancara

1. LATAR BELAKANG

Setiap benda memiliki panas atau kalor. Ketika terdapat dua benda yang memiliki suhu berbeda dalam kontak termal, maka panas atau kalor akan mengalir atau berpindah dari suhu tinggi ke rendah. Penukar panas atau dalam industri kimia populer dengan istilah bahasa Inggrisnya, *heat exchanger (HE)*, adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas

dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung begitu saja. Alat penukar panas sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi, pembangkit listrik.

Salah satu jenis alat penukar kalor yang efisien dan banyak digunakan adalah penukar kalor tipe *Plate and Frame*. *Plate and Frame Heat Exchanger (PFHE)* adalah perangkat yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi pertukaran panas melalui struktur plat yang dirangkai bersama-sama. Desain ini memungkinkan area permukaan pertukaran panas yang besar dalam ruang yang relatif kecil, menciptakan lingkungan yang efisien untuk transfer panas.

Plate and Frame Heat Exchanger adalah suatu tipe *Heat Exchanger* yang menggunakan plat stainless sebagai tempat perpindahan panas di antara dua *fluida*. (Cao, 2010). Alat penukar panas jenis ini dibuat oleh plat logam *stainless steel* tahan karat. Alat ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi pertukaran panas melalui struktur plat yang dirangkai bersama-sama. Desain ini memungkinkan area permukaan pertukaran panas yang besar dalam ruang yang relatif kecil, menciptakan lingkungan yang efisien untuk transfer panas. *Plate and Frame Heat Exchanger* terbagi dua ruangan, yang tipis berada di dalam, membagi dua *fluida* dengan luas permukaan yang paling luas oleh plat logam. Plat-plat ini akan membentuk banyak saluran kecil untuk aliran *fluida*, serta memaksimalkan efisiensi pertukaran panas. Penggunaan *Heat Exchanger* ini menguntungkan karena permukaan kontak *fluida* lebih luas. *Plate and Frame Heat Exchanger* merupakan suatu kemajuan desain dasar yang membuat perpindahan panas yang cepat.

Penelitian ini mengambil obyek *Heat Exchanger* tipe *Plate and Frame* , sedangkan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja *Heat Exchanger* pada system *Sea water & Cooling Water* di PT.Eni..

2. KAJIAN TEORITIS

Prinsip kerja *Plate and Frame Heat Exchanger (PFHE)*, didasarkan pada transfer panas antara dua fluida yang berbeda melalui permukaan plat yang saling bersentuhan. Berikut adalah langkah-langkah umum prinsip kerja *Heat Exchanger* tipe *Plate and Frame*:

1. Dua fluida yang akan mengalami pertukaran panas, yang biasanya disebut sebagai fluida panas dan fluida dingin, disiapkan untuk aliran melalui *Heat Exchanger*. Fluida ini dapat berupa gas, cairan, atau kombinasi keduanya, tergantung pada aplikasi spesifik.
2. Fluida panas dan fluida dingin dialirkan masing-masing melalui saluran yang terpisah dalam *Heat Exchanger*. Plat-tipis yang membentuk saluran ini disusun dalam konfigurasi yang memungkinkan aliran fluida satu melintasi yang lain dengan cara yang efisien.
3. Selama aliran, fluida panas dan fluida dingin bersentuhan langsung melalui permukaan plat. Kontak ini memungkinkan transfer panas antara keduanya. Keberadaan plat menciptakan area permukaan yang besar, meningkatkan efisiensi pertukaran panas.
4. Panas ditransfer dari fluida panas ke fluida dingin atau sebaliknya, tergantung pada kebutuhan aplikasi. Proses ini terjadi melalui dinding plat-tipis yang memisahkan kedua fluida tanpa mencampurkannya.
5. Setelah pertukaran panas terjadi, fluida yang telah mengalami perubahan suhu mengalir keluar dari *Heat Exchanger* untuk digunakan dalam proses berikutnya atau untuk sirkulasi kembali ke sistem.

Plate *Heat Exchanger* terdiri dari banyak plat metal yang tipis dengan pembukaan untuk jalan yang dilewati oleh fluida. Plat yang bengkok yang mana maksudnya bahwa tiap-tiap bagian plat bersebelahan di dalam *Heat Exchanger* membentuk suatu saluran. Tiap detik saluran terbuka bagi fluida yang sama. Antara masing-masing penghembus plat ada suatu gasket karet, yang mana mencegah cairan dari pencampuran dan dari kebocoran ke lingkungan sekitarnya.

Ketika media masuk *plate and frame Heat Exchanger* melalui koneksi dalam frame, diarahkan melalui saluran pengubah oleh pengaturan gasket. Aliran fluida yang panas melalui setiap saluran yang lain dan cairan yang dingin melalui saluran yang berada diantaranya. Panas ditransfer dari cairan yang hangat kepada cairan yang lebih dingin melalui pembagian dinding, yaitu material plat. Bentuk bengkok mendukung plat dari tekanan diferensial dan menciptakan suatu aliran turbulen di saluran. Pada gilirannya, aliran turbulen menyediakan pemindahan kalor efisiensi tinggi, membuat *plate and frame Heat Exchanger* sangat efisien dibandingkan dengan *Heat Exchanger tipe shell and tube*.

Pada *Plate Heat Exchanger* terdapat beberapa jenis pengaturan aliran yang dapat digunakan. Jenis alirannya sebagai berikut:

Plate Heat Exchanger beraliran jamak (multipass Plate Heat Exchanger)

Proses pertukaran panas pada penukar panas jenis ini secara sederhana mirip dengan proses pertukaran panas pada penukar panas pipa ganda (double pipe Heat Exchanger). Perbedaannya terletak pada bentuk alur laluan fluida. Pada pipa ganda alur laluan fluida pendinginnya sejajar dengan alur laluan fluida panasnya. Baik fluida dingin maupun panas memiliki alur aliran yang lurus (smooth). Sedangkan pada penukar panas plate beraliran jamak alur laluan fluida dingin membentuk huruf U dan sejajar dengan alur laluan fluida panas. Alat penukar panas saluran jamak memiliki spesifikasi aliran berupa saluran jamak banyak laluan (multipass) untuk aliran udara pendingin dan saluran tunggal untuk aliran flue gas. Dengan adanya saluran jamak ini, perpindahan panas berlangsung secara bertahap sehingga laju penurunan temperatur flue gas lebih teratur. Fluida panas (flue gas) yang digunakan dalam II-19 penelitian ini adalah udara yang berasal dari kerangan (valve) yang dipanaskan oleh alat pemanas udara (heater) dan udara ambient sebagai fluida dingin.

Plate heat exchanger berlawanan arah (counter-current Plate Heat Exchanger)

Pada alat penukar panas berlawanan arah, kedua fluida, flue gas, dan udara pendingin mengalir masuk ke penukar panas dalam arah yang berlawanan dan keluar sistem dalam arah yang berlawanan juga.

Pada alat penukar panas berlawanan arah, kedua fluida, flue gas dan udara pendingin mengalir masuk ke penukar panas dalam arah berlawanan dan keluar system dalam arah yang berlawanan juga. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3. 9 dengan skema peralatan tersebut diharapkan hasil yang diperoleh dapat memenuhi rentang bilangan Reynolds antara 10-400 seperti yang ditekankan Marriot (1971).

Plate Heat Exchanger bersilangan arah (crosscurrent Plate Heat Exchanger)

Pada penukar panas pelat bersilangan arah, udara bergerak menyilang melalui matriks perpindahan panas yang dilalui oleh flue gas. Bila kedua fluida mengalir sepanjang permukaan perpindahan panas dalam gerakan yang tegak lurus satu dengan lainnya, maka penukar panasnya dikatakan berjenis aliran silang (cross flow). Sistem bersilang arah, udara bergerak menyilang melalui matriks perpindahan panas yang dilalui flue gas. Aliran fluida panas dan dingin pada penukar panas pelat beraliran silang yang akan digunakan pada percobaan ini tidak saling bercampur (unmixed). Hal ini disebabkan oleh adanya sekat yang memisahkan aliran kedua fluida tersebut.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah *metode Observasi, metode Interview (Tanya jawab), dan kajian Pustaka*

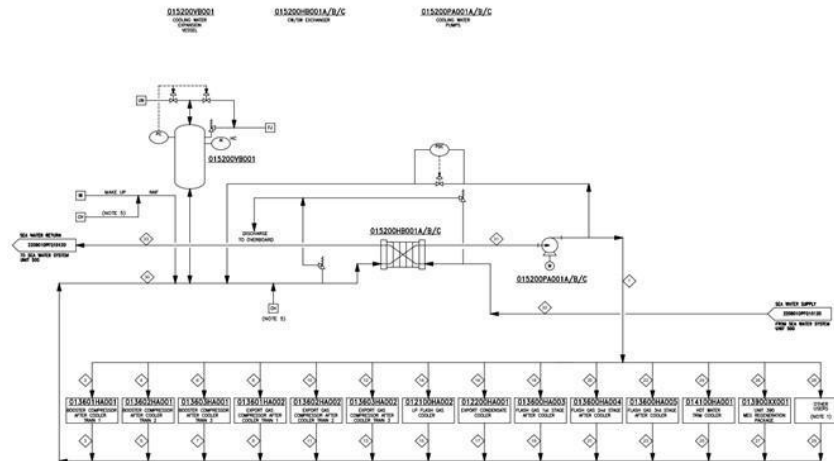
- 1) Jenis Penelitian. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk menggambarkan dan menganalisis kinerja penukar panas tipe pelat dan bingkai (Plate and Frame Heat Exchanger) pada sistem Air Laut dan Air Pendingin (Sea Water & Cooling Water System) di PT. Eni.
- 2) Objek Penelitian. Objek penelitian ini adalah Plate and Frame Heat Exchanger (PFHE) yang digunakan dalam sistem Sea Water & Cooling Water di fasilitas PT. Eni.
- 3) Lokasi dan Waktu Penelitian. Penelitian dilakukan di PT. Eni, dengan pelaksanaan pengumpulan data berlangsung selama bulan [isi sesuai waktu aktual], baik secara langsung di lapangan maupun melalui dokumentasi teknis yang tersedia.
- 4) Metode Pengumpulan Data. Untuk memperoleh data yang akurat dan relevan, digunakan beberapa metode sebagai berikut:
 - a) Observasi Langsung Peneliti melakukan pengamatan secara langsung terhadap sistem kerja PFHE, termasuk pemantauan suhu masuk dan keluar, tekanan, serta parameter operasional lainnya. Observasi ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran nyata kondisi dan performa alat di lapangan.
 - b) Wawancara (Tanya Jawab Terstruktur dan Semi-Terstruktur) Dilakukan wawancara dengan operator, teknisi, dan engineer yang bertanggung jawab terhadap pengoperasian Heat Exchanger. Tujuannya adalah untuk memperoleh informasi tambahan mengenai prosedur operasional, kendala teknis, dan tindakan perawatan.
 - c) Studi Literatur (Literature Review) Mengkaji berbagai referensi seperti manual peralatan, standar desain, jurnal ilmiah, dan dokumen teknis dari PT. Eni terkait sistem pendingin dan penukar panas.
- 5) Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan parameter operasional aktual dengan standar desain yang telah ditetapkan. Fokus analisis meliputi: Perbandingan suhu masuk dan keluar pada PFHE. Evaluasi efisiensi perpindahan panas. Kesesuaian performa terhadap batas maksimum suhu sistem (tidak melebihi 45 °C). Penilaian kondisi operasional secara keseluruhan terhadap standar kinerja alat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Kerja Sea Water & Cooling Water

Skema Proses *Topside Sea Water & Cooling Water System* bisa dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Skema Alir Sistem Pendingin di PT. Eni Muara Bakau

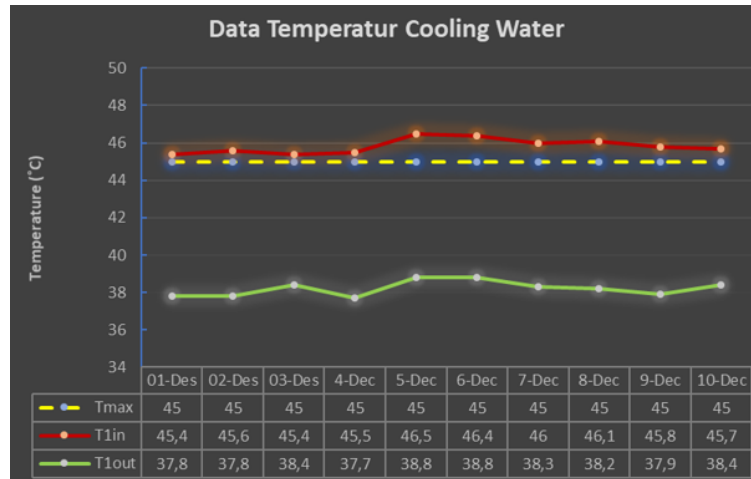
Dapat dilihat pada gambar 1. tentang skema alir system pendingin pada proses *Topside Sea Water & Cooling Water System*. Sebagai media pendingin yaitu air laut (sistem pendingin sekunder) dan sebagai media panasnya yaitu *Cooling Water* (Sistem pendingin primer). *Cooling water* tersebut digunakan sebagai *cooling system* pada proses gas alam. Untuk mengoptimalkan dan mengatur temperatur pada *Cooling water* tetap rendah maka diperlukan sistem *heat transfer* untuk menyerap panas. Proses kerja pada *Sea Water & Cooling Water* adalah sebagai berikut:

- 1) Air laut ditransfer menggunakan pompa *Topside Sea Water Lift Pump* (015000PH001A/B/C) dari lautan yang diambil pada kedalaman 21 meter di bawah permukaan air laut dengan suhu operasi yang diharapkan sebesar 30 °C menuju *Topside Coarse Filter* (015000CK001A/B) yang berfungsi untuk menyaring padatan yang tersuspensi dan menghindari terjadinya pengotoran pada saluran dan peralatan yang berada di hilir yang dapat mengakibatkan hambatan/*fouling*.
- 2) Setelah disaring, air laut tersebut mengalir menuju *Topside Sea Water/Cooling Water Exchanger* (015200HB001A/B/C) yang berfungsi sebagai alat penukar panas antara *Sea water* (Sistem pendingin sekunder) dan *Cooling water* (Sistem pendingin primer).
- 3) Setelah melewati alat penukar panas, air laut langsung dialirkan menuju lautan melewati *Sea Water Outfall Vortex* (015000VY001) dan *Cooling water* langsung di transfer menggunakan pompa *Cooling Water Pumps* (015200PA001A/B/C) menuju distribusi.

Pada normal kondisi temperature pada *Cooling Water* berada di 46 °C setelah digunakan untuk mendinginkan beberapa peralatan proses maupun non-proses.

Monitoring Kinerja pada *Cooling Tower*

Berikut beberapa parameter proses yang peneliti monitor untuk mengetahui performa *Heat Exchanger*.



Gambar 2. Gambar temperature *Cooling Water*

Keterangan Gambar 2:

Tmax = Batas max. temperatur operasi *Cooling Water*

T_{1in} = Temperatur *Cooling Water* masuk

T_{1out} = Temperatur *Cooling Water* keluar

Berdasarkan data grafik yang disajikan, dapat disimpulkan bahwa garis temperatur operasi untuk *Cooling Water* dapat digunakan kembali setelah melalui proses pendinginan di dalam *Heat Exchanger*. Temperatur tersebut tetap berada di bawah batas maksimal yang ditentukan, menunjukkan bahwa performa alat penukar panas berada dalam kondisi sangat baik. Hal ini mencerminkan hasil pertukaran panas yang optimal pada *Cooling Water*. Sesuai dengan operasi desain, pertukaran panas yang diharapkan terjadi dalam rentang minimal 4 - 5 °C, dan batas maksimal temperatur yang dapat didistribusikan kembali pada *Cooling Water* adalah 45 °C. Keseluruhan hasil menunjukkan bahwa sistem penukar panas beroperasi sesuai dengan desain yang diinginkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini bisa diambil Kesimpulan sebagai berikut :

1. *Topside Sea Water & Cooling Water System* menggunakan air laut sebagai media pendingin (sistem pendingin sekunder) dan *Cooling Water* sebagai media panasnya (sistem pendingin primer) pada proses gas alam. Untuk menjaga temperatur *Cooling Water* tetap rendah, diperlukan sistem *heat transfer*. Keseluruhan sistem ini dirancang untuk mengoptimalkan kondisi suhu pada *Cooling Water* agar tetap dalam batas yang diinginkan.
2. Sistem penukar panas, khususnya pada operasi *Cooling Water*, berjalan sesuai dengan desain yang diinginkan. Garis temperatur operasi tetap berada di bawah batas maksimal yang ditetapkan, menunjukkan performa alat penukar panas dalam kondisi sangat baik. Hal ini mencerminkan bahwa hasil pertukaran panas yang optimal pada *Cooling Water* sesuai dengan parameter operasi desain. Tercapainya pertukaran panas dalam rentang minimal 4-5 °C dan batas maksimal temperatur redistribusi pada *Cooling Water* yang tidak melebihi 45 °C menegaskan bahwa sistem ini beroperasi sesuai dengan standar yang diinginkan.

DAFTAR REFERENSI

- Anonim. (2017, April). *Basic design description topside sea water and cooling water system* Jakarta: PT "X" di Selat Makassar.
- Eni. (2024, Desember 28). Eni. Wikipedia. <https://id.wikipedia.org/wiki/Eni>
- Eni. (2024, Desember 28). Indonesia. Eni. <https://www.eni.com/en-IT/actions/global-activities/indonesia.html>
- Hadipriyana. (2024, Desember 26). *Data komponen heat exchanger tipe plat*. Politeknik Negeri Bandung. <https://digilib.polban.ac.id/files/disk1/228/jbptppolban-gdl-hadipriyan-11377-3-bab2--9.pdf>
- My Villages Baros. (2024, Desember 26). *Data tentang heat exchanger tipe plat*. <https://myvillagesbaros.blogspot.com/2017/07/plate-and-frame-heat-exchanger-uht.html>
- Nolan, D. P. (2011). *Fire and explosion protection engineering principles*. Elsevier.
- Pratama, R. H. (2009). *Risk assessment tanker LNG dalam studi kasus supply LNG dari ladang Tangguh ke Teluk Benoa Bali* [Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember].
- Shah, K. J., & Sekulic, D. P. (2003). *Fundamentals of heat exchanger design* (1st ed.). Wiley.
- Soegiono, K. B. A. (2013). *Transportasi LNG Indonesia*. Airlangga University Press.

- Standard, B. (2001). *Hazard and operability studies (HAZOP studies): Application guide*. International Electrotechnical Commission.
- Sudiasih, L. (2018). *Fire risk assessment for conceptual design of FSRU Jayapura* [Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember].
- Thulukkanam, K. (2013). *Heat exchanger design handbook* (2nd ed.). CRC Press.
- Tin, H. T. (2014). *Application of quantitative risk assessment approach on offshore oil & gas industry* [Tesis, Ho Chi Minh City University of Technology].
- Wang, L., Sundén, B., & Manglik, R. M. (2007). *Plate heat exchangers: Design, applications and performance* (1st ed.). WIT Press.
- Wikipedia. (2024, Desember 25). *Penukar panas*. https://id.wikipedia.org/wiki/Penukar_panas