



Analisis Efektivitas Alat Penukar Kalor Pelat Datar UFX-42H Terhadap Kebocoran Pelat Dalam Proses Elusi Emas

Effectiveness Analysis of The UFX-42H Plate Heat Exchanger Against Plate Leakage in The Gold Elution Process

Annisa Sekarayu Permanajati^{1*} dan La Ode M. Firman²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta 12640, Indonesia

²Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta 12640, Indonesia

Informasi artikel

Diterima:
22/04/2021
Direvisi:
20/05/2021
Disetujui:
17/06/2021

Abstract

Heat exchanger is an equipment designed to exchange heat between two fluids by applying heat transfer by convection and conduction without mixing the two fluids. heat exchangers are used in the gold mining industry in the gold elution process stage with the type of alat penukar kalor pelat datar(PHE) UFX-42H to reheat the eluate (water) using glycol as the heating fluid. The PHE has a leak on the back base plate. This report aims to analyze the comparison of the effectiveness and LMTD of PHE between specification data and operational data at the time of leakage. The calculation of effectiveness requires the suhu, mass flow rate, and specific heat of the fluid. The results obtained were the effectiveness of the specification data is 0.83 and the mean of operational data is 0.71. The results of LMTD specification data is 23.91 and the mean of operational data is 28.1.

Keywords: plate heat exchanger, effectiveness, log mean temperature different.

Abstrak

Alat penukar kalor adalah sebuah peralatan yang didesain sebagai penukar kalor antara dua fluida dengan menerapkan perpindahan panas secara konveksi dan konduksi tanpa mencampur kedua fluida tersebut. Alat penukar kalor dalam industri pengolahan tambang emas yaitu dalam tahap proses elusi emas dengan jenis pelat datar tipe UFX-42H untuk memanaskan kembali eluate (air) menggunakan fluida pemanas glikol. Alat penukar kalor pelat datar tersebut mengalami kebocoran pada *base plate* di bagian belakang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan nilai efektivitas alat penukar kalor pelat datar antara data spesifikasi dengan data operasional pada saat mengalami kebocoran. Perhitungan efektivitas menggunakan metode *log mean temperature different* (LMTD) membutuhkan suhu, laju aliran massa, dan panas spesifik fluida. Didapatkan hasil efektivitas data spesifikasi sebesar 0.83 dan rerata data operasional sebesar 0.53. Hasil LMTD data spesifikasi sebesar 23.91 dan rerata data operasional sebesar 28.1.

Kata Kunci: alat penukar kalor pelat datar, efektivitas, beda suhu logaritma rerata.

*Penulis Korespondensi. Tel.: - ; Handphone: +62 857 8123 9155
email : sekarayujati@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Sebuah unit bisnis dan pengolahan emas yang selanjutnya akan disebut UBPE di Bogor melakukan penambangan dengan cara pengeboran dan peledakan. Setelah dikeluarkan dari tambang, selanjutnya dilakukan pengolahan di pabrik. UBPE memiliki 3 unit pengolahan bijih emas, yaitu *cyanidation unit*, *recovery unit*, dan *tailing treatment unit*.

Salah satu unit pengolahan bijih emas di UBPE memanfaatkan penerapan ilmu konversi energi yaitu penggunaan alat penukar kalor pada *recovery unit*. *Recovery unit* adalah rangkaian proses pelepasan senyawa-senyawa lain dari bijih emas. Alat penukar kalor digunakan di tahap proses elusi dengan jenis alat penukar kalor pelat datar tipe UFX-42H. Proses elusi adalah proses pelepasan senyawa Ag dan Au dari karbon yang digunakan saat proses *leaching* yang menggunakan metode *Anglo American Research Laboratory* (AARL) terdapat 6 tahapan. Alat penukar kalor pelat datar tersebut digunakan mulai tahap kedua sampai tahap kelima sebagai penukar kalor dari glikol yang dipanaskan ke *eluate* yang akan masuk ke *elution column*. *Eluate* tersebut akan digunakan untuk melepaskan senyawa emas dan perak yang masih terserap oleh karbon.

Alat penukar kalor adalah sebuah peralatan yang didesain sebagai penukar kalor antara dua fluida dengan menerapkan perpindahan panas secara konveksi dan konduksi tanpa mencampur kedua fluida tersebut (Mota. dkk., 2015). Perpindahan panas akan mengubah suhu kedua fluida yang keluar dari alat penukar kalor. Perubahan suhu kedua fluida akan dapat menentukan nilai efektivitas alat penukar kalor dengan menggunakan perbandingan perpindahan panas antara salah satu fluida dengan perpindahan panas minimum antara kedua fluida, perhitungan *Log Mean Temperature Different* (LMTD), dan NTU. Nilai efektivitas alat penukar kalor akan menentukan kinerjanya, semakin besar nilai efektivitas maka proses penukaran kalor di dalamnya akan semakin baik.

Efektivitas alat penukar kalor adalah perbandingan laju perpindahan panas alat penukar kalor sebenarnya terhadap laju perpindahan panas maksimal yang mungkin dihasilkan (Keith dan Prijono, 2018). Dapat dikatakan juga bahwa efektivitas alat penukar kalor adalah nilai kinerja alat penukar kalor yang didapatkan dari perhitungan laju aliran panasnya. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efektivitas alat penukar kalor seperti *pressure drop*, nilai perpindahan panas, faktor pengotoran, dan sebagainya (Syah, 2013). Evaluasi kinerja alat penukar kalor dianggap perlu untuk meningkatkan efektivitasnya sehingga penggunaannya sesuai dengan kondisi operasi yang diharapkan.

LMTD digunakan karena pada umumnya di dalam *heat exchanger* suhu fluida tidak konstan, tetapi berbeda dari satu titik ke titik lainnya pada waktu panas mengalir dari fluida yang lebih panas ke fluida yang lebih dingin (Keith dan Prijono, 2018). Pada tahanan termal yang konstan-pun, laju aliran panas akan berbeda-beda sepanjang lintasan penukaran panas karena nilainya bergantung pada beda suhu antara fluida panas dan fluida dingin pada penampang tertentu (Ezgi, 2017).

Alat penukar kalor UFX-42H memiliki bentuk yang terdiri dari tumpukan pelat datar yang terpasang secara horizontal menggunakan glikol sebagai fluida pemanas dan *eluate* berupa *caustic cyanide* dan air sebagai fluida yang dipanaskan. Jenis alat penukar kalor tersebut memiliki konstruksi dengan karakteristik yang dapat meningkatkan luas permukaan perpindahan panas (Picon-Nunez, dkk., 2018).

Penelitian dengan judul Efektivitas Penukar Kalor Tipe *Plate* P41 3TK di PLTP Lahendong Unit 2 melakukan analisis penukar kalor tipe *plate* P41 3TK di PLTP Lahendong Unit 2 yang digunakan sebagai pendingin sistem pelumas di generator dan turbin. Penulis melakukan analisis dengan mengasumsikan pelat penukar kalor tersebut sebagai sebuah tabung atau pipa. Hasil perhitungan pada penukar kalor tersebut diperoleh efektivitas berdasarkan metod

LMTD sebesar 83,3%, efektivitas termal sebesar 55,6%, dan efektivitas berdasarkan metode NTU sebesar 30,3% (Egeten, dkk., 2014).

Penelitian dengan judul *Performance Analysis of Corrugated Plate Heat Exchanger With Water as Working Fluid*. Diambil dari IJRET : *Internasional Journal of Research in Engineering and Technology*, diteliti oleh melakukan penelitian eksperimental PHE tipe bergelombang dengan evaluasi koefisien perpindahan panas konveksi, koefisien perpindahan panas keseluruhan dan efektivitas *heat exchanger*. *Heat exchanger* yang digunakan terdiri dari pelat logam tipis *brazing* baja tahan karat setebal 0.5 mm, pelat dengan bentuk persegi panjang dan bergelombang pada permukaan pelat dengan sudut *chevron* 450/450, jarak pelat 2.24 mm dan jumlah pelat 14 buah. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan parameter operasional seperti laju aliran massa air panas, suhu masuk air panas. Tujuan utama dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui pengaruh parameter tersebut terhadap kinerja penukar panas dengan pengaturan aliran paralel dan berlawanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien perpindahan panas konveksi meningkat dengan meningkatnya laju aliran massa dan bilangan *Reynolds*. Efektivitasnya juga bervariasi dengan laju aliran massa air panas. Pada penelitian ini efektivitas maksimum yang dicapai untuk pengaturan aliran paralel dengan air sebagai fluida kerja adalah 0,67 dan untuk pengaturan aliran berlawanan adalah 0,82. Penggunaan penukar panas pelat lebih menguntungkan daripada penukar panas jenis tabung dengan efektivitas yang sama karena menempati lebih sedikit ruang (Salman, dkk., 2016).

Penelitian dengan judul *Experimental Investigation of Heat Transfer in Compact Heat Exchanger using Water-Ethylene Glycol*. Diambil dari *Internasional Journal of Engineering Research & Technology* (IJERT) melakukan penelitian pada radiator mobil yang merupakan alat penukar kalor dengan tipe tabung bersirip untuk mengetahui laju perpindahan panas dari beberapa fluida pendingin yaitu 100% air, campuran 70% air

dan 30% etilen glikol, campuran 50% air dan 50% etilen glikol, serta campuran 60% air dan 40% etilen glikol. Udara ambien pendinginan dan cairan panas yang digunakan pada suhu konstan. Penelitian tersebut mendapatkan kesimpulan bahwa laju perpindahan panas meningkat ketika menggunakan fluida pendingin campuran 60% air dan 40% etilen glikol (Azari, dkk., 2019).

Alat penukar kalor UFX-42H mengalami kebocoran pada *frame* bagian belakang yang mengalami pengeroposan. Alat penukar kalor UFX-42H sudah digunakan sejak tahun 1993. Pengeroposan tersebut baru pertama kali terjadi pada alat penukar kalor UFX-42H. Kerusakan yang biasa terjadi adalah pada gasketnya sehingga teknisi hanya perlu melakukan pergantian gasket. Karena pentingnya peran alat penukar kalor dalam tahap proses elusi yang mana bila karbon tidak terelusi secara maksimal, maka akan ada kandungan emas maupun perak yang masih melekat di karbon sehingga dapat menurunkan hasil produksi.

Penelitian ini membahas tentang perbandingan efektivitas antara data spesifikasi dan data operasional alat penukar kalor UFX-42H di tanggal 23 Februari - 9 Maret 2020 sebelum alat penukar kalor dilakukan perbaikan. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian yang disebutkan pada paragraf sebelumnya yaitu terdapat pada jenis fluida yang digunakan pada alat penukar kalor serta pengolahan nilai efektivitas menggunakan perhitungan LMTD.

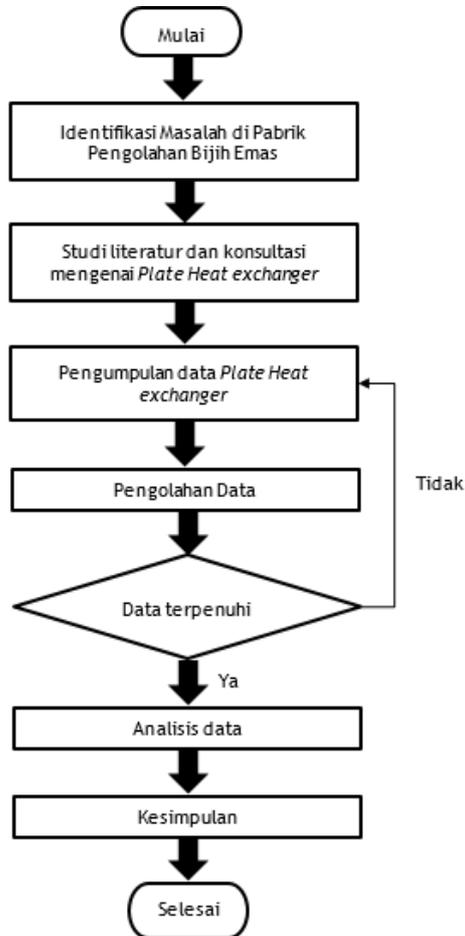
2. METODOLOGI

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini melalui beberapa tahap yang dapat dilihat pada gambar 1.

Identifikasi Masalah

Kegiatan penelitian dilakukan di Pabrik Pengolahan Bijih Emas bagian *recovery unit* pada proses elusi yaitu alat penukar kalor pelat datar yang digunakan sebagai penukaran panas glikol terhadap *eluate* yang akan digunakan untuk melakukan elusi

karbon aktif di dalam *elution column*. Alat penukar kalor pelat datar tersebut ditemukan mengalami kebocoran pada *frame* bagian belakang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Kebocoran pada *frame* bagian belakang alat penukar kalor pelat datar UFX-42H

Studi Literatur dan Konsultasi Masalah

Studi literatur dilakukan untuk memahami objek masalah berupa pencarian literatur atau tinjauan pustaka yang. Studi literatur bertujuan untuk memudahkan penyelesaian dan pengolahan data. Konsultasi masalah dilakukan di lokasi penelitian dengan cara mewawancarai operator, teknisi, hingga asisten manajer bagian yang bersangkutan.

Pengumpulan Data Alat Penukar Kalor Pelat Datar

Pengumpulan data alat penukar kalor pelat datar dilakukan di ruang operator *gold room* dengan cara pengambilan data sekunder hasil pencatatan operasional proses elusi yang dilakukan operator pada tanggal 23 Februari - 9 Maret 2020 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data operasional alat penukar kalor pelat datar UFX-42H pada tanggal 23 Februari - 9 Maret 2020

Hari	Suhu Glikol (°C)		Suhu <i>Eluate</i> (°C)	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
23/02/2020	116	113	40	100
24/02/2020	110	100	50	96
25/02/2020	110	100	44	110
26/02/2020	110	100	45	100
27/02/2020	110	100	50	100
28/02/2020	115	110	40	100
01/03/2020	115	105	46	95
02/03/2020	115	102	50	95
03/03/2020	110	103	48	95
04/03/2020	108	100	45	92
05/03/2020	98	90	50	85
06/03/2020	106	95	40	100
07/03/2020	105	95	40	100
08/03/2020	105	95	40	95
09/03/2020	105	94	56	95

Data yang dikumpulkan berupa suhu masuk dan keluar glikol dan *eluate* dari tahap 1 sampai selesai proses elusi. Suhu fluida diukur menggunakan termometer manometer

$$\overline{\Delta T} = \frac{(T_{h\ in} - T_{c\ out}) - (T_{h\ out} - T_{c\ in})}{\ln\left(\frac{(T_{h\ in} - T_{c\ out})}{(T_{h\ out} - T_{c\ in})}\right)} \quad (3)$$

dimana :

- ϵ = efektivitas heat exchanger
- \dot{C}_h = kapasitas fluida panas atau $\dot{m}_h C_{ph}$
- \dot{C}_c = kapasitas fluida dingin atau $\dot{m}_c C_{pc}$
- \dot{C}_{min} = nilai $\dot{m}_h C_{ph}$ atau $\dot{m}_c C_{pc}$ yang lebih kecil
- \dot{m}_h = massa fluida panas (kg/s)
- C_{ph} = panas spesifik fluida panas (J/s kg K)
- \dot{m}_c = massa fluida dingin (kg/s)
- C_{pc} = panas spesifik fluida dingin (J/s kg K)
- $T_{h\ in}$ = suhu fluida panas yang masuk (K)
- $T_{h\ out}$ = suhu fluida panas yang keluar (K)
- $T_{c\ in}$ = suhu fluida dingin yang masuk (K)
- $T_{c\ out}$ = suhu fluida dingin yang keluar (K)
- ΔT = LMTD

Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk mengetahui perbandingan efektivitas spesifikasi alat penukar kalor pelat datar terhadap efektivitas operasional pada tanggal 23 Februari - 9 Maret 2020.

Kesimpulan

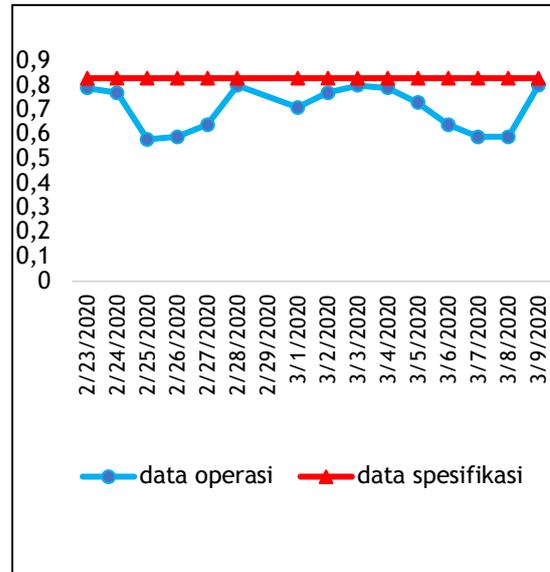
Hasil analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menampilkan grafik perbandingan efektivitas alat penukar kalor pelat datar UFX-42H antara data spesifikasi dan data operasional tanggal 23 Februari - 9 Maret 2020.

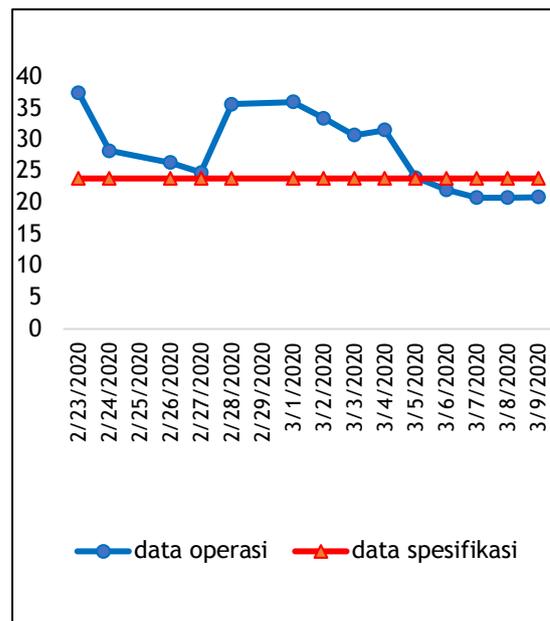
Titik merah adalah data spesifikasi dan titik biru adalah data operasional. Nilai efektivitas data spesifikasi adalah 0.83. Nilai efektivitas data operasional berada di bawah nilai efektivitas data spesifikasi. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan nilai perbedaan suhu fluida saat operasional. Pada grafik di tanggal 08/03/2020 mendapatkan nilai efektivitas terendah yaitu 0,59. Saat itu suhu masuk glikol pada Tabel 1, setelah dilakukan proses pemanasan adalah 105°C, berbeda 15°C di bawah suhu masuk glikol pada Tabel 2 data spesifikasi, sehingga menyebabkan suhu *eluata* yang keluar hanya

mencapai 95°C, berbeda berbeda 15°C di bawah suhu keluar *eluata* pada Tabel 2 data spesifikasi.



Gambar 3. Grafik perbandingan efektivitas alat penukar kalor UFX-42H antara data spesifikasi dan data operasional tanggal 23 Februari - 9 Maret 2020

Gambar 4 menampilkan grafik perbandingan *log mean temperature different* (LMTD) alat penukar kalor pelat datar UFX-42H antara data spesifikasi dan data operasional tanggal 23 Februari - 9 Maret 2020.



Gambar 4. Grafik perbandingan *log mean temperature different* (LMTD) alat penukar kalor UFX-42H antara data spesifikasi dan data operasional tanggal 23 Februari - 9 Maret 2020

Titik merah adalah data spesifikasi dan titik biru adalah data operasional. Nilai LMTD data spesifikasi adalah 23,91. Nilai LMTD data operasional menunjukkan ada yang di bawah dan di atas nilai LMTD data spesifikasi. Hal itu disebabkan karena perhitungan LMTD yang menggunakan nilai rerata logaritmik beda suhu fluida, di mana beda suhu fluida setiap harinya selalu berubah tergantung suhu masuk fluida.

Dari hasil perhitungan *log mean temperature different* (LMTD) alat penukar kalor pelat datar UFX-42H dapat dibuat grafik untuk membandingkan antara data spesifikasi dan data operasional tanggal 23 Februari - 9 Maret 2020. Hasil perhitungan *log mean temperature different* (LMTD) data spesifikasi sebesar 23,91. Hasil LMTD data operasional didapatkan nilai yang berbeda, tertinggi sebesar 37,55 pada tanggal 23 Februari 2020 dan terendah sebesar 22,16 pada tanggal 6 Maret 2020. Hasil perhitungan LMTD juga dapat berbeda karena tergantung temperatur masuk dan keluar fluida yang digunakan.

Perhitungan efektivitas alat penukar kalor pelat datar menggunakan metode LMTD dan NTU menghasilkan nilai yang tidak jauh berbeda, secara berturut-turut yaitu 0,83 dan 0,80. Hal tersebut menunjukkan bahwa kedua metode dapat digunakan untuk mencari nilai efektivitas tergantung dari data yang dimiliki.

Dalam hasil perhitungan di atas menunjukkan adanya perubahan nilai efektivitas dan LMTD alat penukar kalor pelat datar UFX-42H dari data spesifikasi yang menjadi acuan operasional di lapangan. Adanya kekurangan data untuk laju aliran massa fluida *real time* juga mempengaruhi perhitungan efektivitas. Hasil perhitungan LMTD yang tidak berbanding lurus dengan efektivitas dikarenakan beda temperatur setiap harinya berbeda. Namun, dalam proses elusi emas hanya diperlukan temperatur keluar *eluate* berkisar antara 100°C – 110°C sehingga kebocoran yang terjadi tidak mempengaruhi proses elusi emas di lapangan.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang sudah dilakukan dapat disimpulkan, bahwa hasil perhitungan efektivitas alat penukar kalor pelat datar UFX-42H didapatkan 0,83 untuk data spesifikasi dan 0,71 untuk rerata data operasional saat mengalami kebocoran.

Penurunan nilai efektivitas terjadi karena kebocoran yang ditemukan pada alat penukar kalor pelat datar UFX-42H dan pengaruh beda temperatur fluida yang masuk. Akibat yang didapat karena penurunan efektivitas pada alat penukar kalor pelat datar UFX-42H adalah penurunan kinerja *heat exchanger*. Namun dalam kondisi di lapangan tidak mempengaruhi, sebab temperatur *eluate* yang keluar masih dalam batas standar yang digunakan. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk menunjukkan nilai efektivitas yang mengalami penurunan.

Untuk Hasil perhitungan *log mean temperature different* (LMTD) alat penukar kalor pelat datar UFX-42H didapatkan 23,91 untuk data spesifikasi dan 28,1 untuk rerata data operasional saat mengalami kebocoran mengalami kenaikan dikarenakan beda temperatur fluida yang mengalami perpindahan panas lebih besar dari data spesifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Azari, N., dkk., 2019. Experimental Investigation of Heat Transfer in Compact Heat Exchanger using Water-Ethylene Glycol, 8(04), *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, hal. 666-669.
- Cengel, Y. A. dan Ghajar, A. J., 2015. *Heat and Mass Transfer. Fifth Edit.* New York: Mc Graw Hill Education.
- Egeten, H. S. F. dkk., 2014. Efektivitas Penukar Kalor Tipe Plate P41 73Tk, *Skripsi, Manado : Universitas Sam Ratulangi*.
- Ezgi, C., 2017. Basic Design Methods of Heat Exchanger, *IntechOpen*. doi: <http://dx.doi.org/10.5772/67888>.
- Keith, F. dan Prijono, A., 2018. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*. Edisi Ketiga. Jakarta: Penerbit Erlangga.

- Lathuef, S. A. dkk., 2016. Design and Thermal Analysis of A Plate Heat Exchanger, *International Journal of Academic Studies*, 2(5), hal. 303-308.
- Mota, F. A. S. dkk., 2015. Modeling and Design of Plate Heat Exchanger, *InTech*. doi: <http://dx.doi.org/10.5772/60885>.
- Picon-Nunez, M., dkk., 2018. Use of Heat Transfer Enhancement Techniques in the Design of Heat Exchangers, *IntechOpen*. doi: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.78953>.
- Salman, T., dkk., 2016. Performance Analysis of Corrugated Plate Heat Exchanger With Water As Working Fluid, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 05(04), hal. 56-62. doi: [10.15623/ijret.2016.0504012](http://dx.doi.org/10.15623/ijret.2016.0504012).
- Syah, H., 2013. Kajian Kinerja Penukar Panas Tipe Shell and Tube Satu Haluan dengan Pengontrolan Suhu Outlet, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 9, hal. 158-165. doi: <http://dx.doi.org/10.23955/rkl.v9i4.1228>.