# ANALISA LAJU PERPINDAHAN PANAS *LOCOOLER* TIPE *SHELL AND TUBE* ALIRAN BERLAWANAN ARAH PADA KM PANTOKRATOR

## *ANALYZE THE RATE OF HEAT TRANSFER LO COOLER TYPE SHELL AND TUBE COUNTER FLOW AT KM PANTOKRATOR*

**Mika Patayang[1*], Shanty[2]**

*[1,2]Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Samarinda, Jl. Batu Cermin Sempaja Ujung Samarinda*

**Email: patayangmika_nautika@yahoo.co.id*

| Diterima 03-09-2017 | Diperbaiki 03-10-2017 | Disetujui 10-10-2017 |
|---|---|---|

**ABSTRAK**

Penukar kalor sangat banyak digunakan dalam dunia industri, salah satu contoh digunakan pada industri perkapalan. Agar mesin utama pada kapal bekerja pada temperatur kerjanya dibutuhkan sebuah media pendingin dimana media pendingin berfungsi untuk menyerap panas yang dihasilkan akibat proses pembakaran yang terjadi pada mesin utama, agar tidak terjadi *over heating* yang dapat mengakibatkan kerusakan bahkan membahayakan keselamatan dalam pelayaran dan oleh karena itu temperatur dari media pendingin harus dijaga. Dalam penelitian "*Analisa Perpindahan Panas LO Cooler tipe Shell and Tube Aliran berlawanan arah pada KM Pantokrator*" yang dilakukam pada *LO Cooler* tipe *shell and tube* aliran berlawanan arah di KM Pantokrataor dimana hal ini adalah minyak pelumas SAE 30 merupakan pendingin atau pelumas yang di gunakan untuk mendinginkan mesin induk sebagai media yang didinginkan dan air laut sebagai media pendingin. Dari penelitian diperoleh data temperatur minyak pelumas dan air laut masuk dan keluar *LO Cooler* sebesar $T_{H\ OUT}$ = $60^0$C, $T_{H\ IN}$ = $60^0$C dan $T_{C\ IN}$ = $30^0$, $T_{H\ OUT}$ = $38^0$C dimensi dari *LO Cooler*diameter luar *shell*: 0,8064 m, diameter dalam *shell*: 0.7680 m, diameter *tube*: 0,01 m, jumlah *tube*: 300 buah, Panjang *tube*: 1,8 m, tekanan oli: 3 kg/cm$^2$, sedangkan dari hasil perhitungan diperoleh diperoleh rata-rata temperatur logaritma ($T_{TLMTD}$) = 78 $^0$C dan besarnya perpindahan panas q = 6395,9402 KW.
**Kata Kunci**: *LO Cooler*, *shell and tube*, temperatur, perpindahan panas, media pendingin.

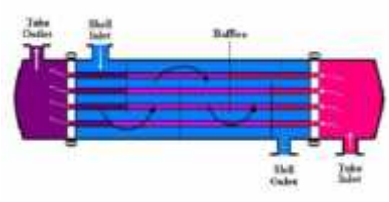
***ABSTRACT***

*The heat exchanger is widely used in the industrial world, and used in the shipping industry. In order for the main engine on the ship to work on the working temperature required a cooling medium where the cooling medium serves to absorb the heat generated by the combustion process that occurs on the main machine, in order to avoid over heating that can lead to damage and even dangerous for safety in the voyage and therefore of the cooling medium should be on guard. In the study "Heat Transfer Analysis LO Cooler Shell and Tube type Counter flow on KM Pantokrator" which is applied to LO Cooler shell and tube type the opposite direction in KM Pantokrator where it is SAE 30 lubricating oil is a refrigerant or lubricant that is used for cooling the main engine as a refrigerated medium and seawater as a cooling medium. From the research, the temperature data of lubricant oil and seawater enter and exit LO Cooler is $T_H$ OUT = 600 $^0$C, $T_H$ IN = 600 $^0$C and $T_C$ IN = 300 $^0$C, $T_H$ OUT = 380 $^0$C dimension from LO Cooler Outside diameter of shell: 0,8064 m, shell: 0.7680 m, tube diameter: 0.01 m, tube number: 300 pieces, tube length: 1.8 m, oil pressure: 3 kg / cm2, while from the calculation result obtained average logarithm temperature (TTLMTD) = 78$^0$ C and the magnitude of heat transfer q = 6395,9402 KW.*
***Keywords**: LO Cooler, shell and tube, temperature, heat transfer, cooling medium.*

## PENDAHULUAN

Alat penukar kalor adalah alat yang difungsikan untuk melakukan perpindahan sejumlah kalor atau panas dari suatu fluida ke fluida yang lainnya. Tujuan perpindahan panas ini di dalam proses produksi adalah untuk

memanaskan ataupun mendinginkan suatu fluida hingga mencapai temperatur tertentu yang diinginkan ataupun juga bertujuan untuk mengubah keadaan (fase) fluida dari satu fase ke fase yang lainnya. Pada alat penukar kalor ini perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi ataupun radiasi tergantung dari tipe dan konstruksi alat tersebut. Gambar alat penikar kalor dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat penukar kalor

Menurut [1]−[3] bahwa sistem pendinginan pada motor diesel dilakukan agar motor disel dapat bekerja pada temperatur kerja.

Menurut [4] bahwa panas diserap secara konduksi dari metal disekeliling silinder, katup, dari kepala silinder menuju cairan pendingin, sehingga temperatur pendingin akan naik, sehingga untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka kapasitas pendinginan harus memadai dalam kondisi kerja yang baik, ada pun media pendingin yang sering digunakan adalah minyak, air tawar dan air laut dimana ketiga temperatur media pendingin tersebut harus tetap di jaga agar terjadi proses perpindahan panas dengan baik dan juga penggunanan alat perpindahan panas harus di perhatikan sehingga temperatur kerja dari motor diesel dapat diwujudkan.

Pada penelitian ini dimana akan dilakukan analisa perpindahan panas pada *LO Cooler*. *LO Cooler* berfungsi sebagai tempat perpindahan panas antara minyak yang mendinginkan bagian mesin diesel sehinnga minyak menjadi panas selanjutnya panas dari minyak akan di serap oleh air laut di *LO Cooler*. Berdasarkan fungsinya alat penukar kalor yang dipergunakan dalam industri terbagi atas:

a. *Cooler*;
b. *Boiler*;
c. *Condensor*;
d. *Evaporator*;
e. *Chiller*.

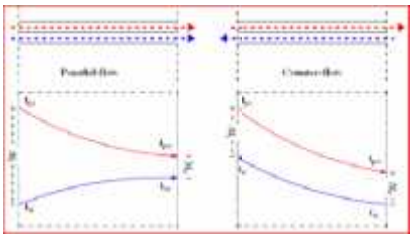
Adapun bentuk dari alat penukar kalor yang umum digunakan adalah:

a. Alat penukar kalor*shell and tube*;
b. Alat penukar kalor*coil in box*;
c. Alat penukar kalor*double pipe*;
d. Alat penukar kalor *tube flow*;
e. Alat penukar kalor*air fin exchanger*.

Menurut arah aliran fluida yang mengalir, alat penukar kalor dapat dikelompokkan atas:

a. Penukar kalor aliran berpapasan(*counter current*);
b. Penukar kalor aliran searah(*co current*);
*c*. Penukar kalor aliran silang (*cross current*).

Gambar arah aliran alat penukar kalor *counter* dan *co current* dapat dilaihat pada Gambar 2.



*Gambar 2. Aliran alat penukar kalor*

Berdasarkan banyaknya fluida yang digunakan, alat penukar kalor dibagi atas:

a. Dua macam fluida (umumnya);
b. Tiga macam fluida (digunakan dalam proses-proses kimiawi, misalnya pada sistem pemisahan udara).

Sedangkan berdasarkan mekanisme perpindahan panasnya, alat penukar kalor dibagi atas:

a. Konveksi satu fasa (dapat terjadi dengan konveksi paksa atau alamiah);
b. Konveksi dua fasa (dapat terjadi dengan konveksi paksa atau alamiah);
c. Kombinasi perpindahan kalor konveksi dan radiasi.

Prinsip kerja dari alat penukar kalor tipe *shell and tube* ini yaitu dengan menukar kalor yang akan dibuang dari fluida panas tanpa adanya kontak langsung dengan fluida dingin yang akan menerima panas tersebut. Dimana fluida yang mengalir di dalam tube dengan temperatur tinggi akan memberikan sebagian kalornya kepada fluida di dalam shell yang temperaturnya lebih rendah, dapat juga terjadi sebaliknya.

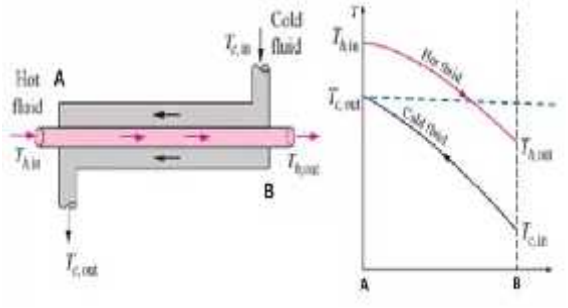
*Standard Tubular Exchanger Manufacture* (TEMA) mengklasifikasikan penukar kalor jenis *shell and tube* dalam tiga kelas, yaitu:

a. Kelas "R"
   Dirancang untuk dioperasikan pada kondisi yang relatif berat, biasanya digunakan dalam industri minyak.
b. Kelas "B"
   Dirancang untuk dioperasikan pada kondisi yang sedang, biasanya digunakan untuk proses-proses kimia.
c. Kelas "C"
   Dirancang untuk dioperasikan pada kondisi ringan, biasanya digunakan untuk jasa pelayanan umum.

Standar TEMA juga mengklasifikasikan alat penukar kalor menurut tipe *stasionary head*, *shell* dan *rear bend* kedalam tiga kode huruf, yaitu:

a. Huruf pertama: A, B, C, N dan D
   Menunjukkan tipe ujung muka (*stasionary head*);
b. Huruf kedua: E, F, G, H, J, K dan X

Salah satu jenis alat penukar kalor yaitu arah alirannya berlawanan arah dimana penukar panas jenis ini, kedua fluida (panas dan dingin) masuk dan keluar pada sisi yang berlawanan.Temperatur fluida dingin yang keluar dari penukar panas lebih tinggi dibandingkan temperatur fluida panas yang keluar dari penukar kalor, sehingga dianggap lebih baik dari aliransearah.Gambar profil temperatur alat penukar kalor aliran berlawanan dapat dilihat pada Gambar 3.




Gambar 3. Profil temperatur alat penukar kalor aliran berlawanan

Untuk menghitung besarnya panas yang berpindah dapat menggunakan Pers. (1).

$$q = LU\pi D_i \Delta T_{lmtd} \text{……..Pers(1)}$$

dimana:
*L* adalah panjang pipa (m);
*q* adalah laju perpindahan panas (W);
*U* adalah koefisien perpindahan secara menyeluruh ($W/m^2.K$);
*D* adalah diameter pipa (m);
$\Delta T_{lmtd}$ adalah rata-rata logaritmik dari perbedaan suhu antara aliran panas dan dingin di setiap akhir *exchanger*.

Untuk menghitung koefisien perpindahan panas menyeluruh digunakan Pers. (2).

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i}+\frac{1}{h_o}} \text{.....Pers. (2)}$$

dimana:
$h_i$adalah koefisien perpindahan panas untuk fluida air laut;
$h_o$adalah koefisien perpindahan panas untuk oli.

Untuk menentukan nilai koefisien perpindahan panas (*h*) dapat menggunakan Pers. (3).

$$h = Nu_D . \frac{k}{D} \text{…….....Pers. (3)}$$

Penentuan nilai *Nussel Number* ($N_{UD}$) dapat menggunakan Pers. (4) untuk aliran turbulen, dan (5) untuk aliran laminar.

$$Nu_D = 0{,}023\ Re_D^{4/5}\ Pr^{0.4} \text{…..Pers. (4)}$$

$$Nu_D = h_o D_h / k \text{……Pers. (5)}$$

dengan:
*k* adalah konduktifitas termal (W/m K );
$\mu$ adalah viskositas kg/s m.

Nilai *Reynold Number* ($Re_D$) dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (6), dan (7).

$$Re_D = 4m_c / \pi D \mu \text{…..…..Pers. (6)}$$
$$Re_D = 4m_h /\pi (D_o - D_i)\mu \text{…....Pers. (7)}$$

Penentuan nilai $\Delta T_{lmtd}$ dapat digunakan Pers. (8).

$$\Delta T_{lmtd} = (\Delta T_2 - \Delta T_1) / \ln \left(\frac{\Delta T2}{\Delta T1}\right) \text{….Pers. (8)}$$

Adapun penentuan nilai $\Delta T_2$, dan $\Delta T_1$, untuk aliran berlawanan arah dapat digunakan Pers. (9), dan (10).

$$\Delta T_2 = T_{hi} - T_{co} \text{.....Pers. (9)}$$
$$\Delta T_1 = T_{ho} - T_{ci} \text{ …....Pers. (10)}$$

## METODOLOGI

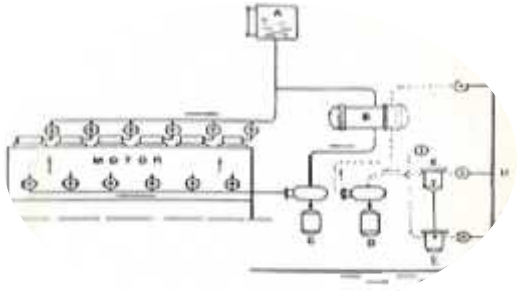
### Parameter yang diamati/diukur

Menurut [5] bahwa performansi HE ditinjau dari beberapa parameter, berupa:

a. Laju aliran massa air laut dan minyak pelumas (m);
b. Temperatur minyak pelumas Tout dan Tin;
c. Temperatur airt laut Tout dan Tin;
d. Koefesien perpindahan panas keseluruhan (U);
e. *Pressure drop* (ΔP);
f. Diameter luar *tube* (do);
g. Diameter dalam *tube* (di);
h. Jumlah *tube* (Nt);
i. Diameter *shell* (Ds);
j. *Tube of passes* (Np).

### Objek Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan diatas Kapal KM Pantokrator dibagian kamar mesin pada *LO Cooler*. Gambar 4 menunjukkan bagian yang menjadi objek penelitian.



Gambar 4. Objek penelitian

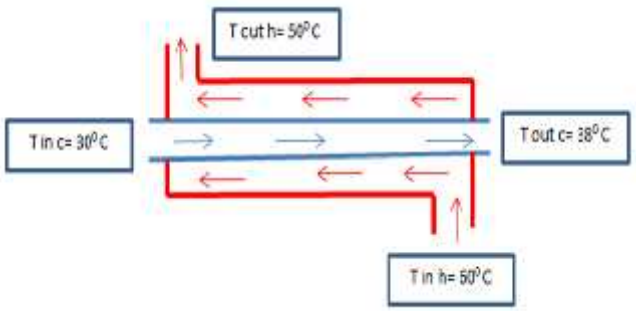
Pada penelitian ini dimana dilakukan dikamar mesin kapal KM Pantokrator tepatnya pada alat *LO Cooler* dimana akan dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter yang adapada (parameter yang diukur), dan setelah data semua terkumpul maka akan dilakukan pengolahan data dimana akan dilakukan perhitungan laju perpindahan panas dari minyak pelumas ke air laut dan jika itu sudah dapat diketahui kita dapat melakukan analisa terhadap *LO Cooler* sehingga mesin utama dapat beroperasi pada temperatur kerja yang telah ditentukan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian diperoleh data penelitian seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil penelitian

| NO | JAGA | PUKUL | T Oli ($T^0C$) | | T Air Laut ($T^0C$) | | Kapasitas(ton/jam) | | ΔT | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | In | Out | In | Out | Air Laut | Oli | ΔT2 | ΔT1 |
| 1 | 12:00-16:00 | 12:00-13:00 | | | | | | | | |
| 2 | | 13:00-14:00 | | | | | | | | |
| 3 | | 14:00-15:00 | 62 | 51 | 30 | 36 | 60100 | 11000 | 26 | 21 |
| 4 | | 15:00-16:00 | 61 | 50 | 30 | 36 | 60100 | 11100 | 25 | 20 |
| 5 | 16:00-20:00 | 16:00-17:00 | 60 | 50 | 29 | 37 | 60100 | 11000 | 23 | 21 |
| 6 | | 17:00-18:00 | 61 | 51 | 29 | 36 | 60200 | 11000 | 25 | 22 |
| 7 | | 18:00-19:00 | 60 | 50 | 30 | 36 | 60200 | 11100 | 24 | 20 |
| 8 | | 19:00-20:00 | 60 | 51 | 29 | 36 | 6000 | 11000 | 24 | 22 |
| 9 | 20:00-24:00 | 20:00-21:00 | 60 | 50 | 30 | 38 | 60100 | 11000 | 22 | 20 |
| 10 | | 21:00-22:00 | 62 | 50 | 30 | 38 | 60100 | 11000 | 24 | 20 |
| 11 | | 22:00-23:00 | 61 | 50 | 30 | 36 | 60000 | 11100 | 25 | 20 |
| 12 | | 23:00-24:00 | 62 | 50 | 30 | 37 | 60100 | 11100 | 25 | 20 |
| 13 | 24:00-04:00 | 24:00-01:00 | 60 | 50 | 30 | 38 | 60000 | 11000 | 22 | 20 |
| 14 | | 01:00-02:00 | 63 | 50 | 30 | 37 | 60000 | 11000 | 26 | 20 |
| 15 | | 02:00-03:00 | 63 | 50 | 30 | 36 | 60100 | 11000 | 27 | 20 |
| 16 | | 03:00-04:00 | 62 | 50 | 29 | 36 | 60100 | 11000 | 26 | 21 |
| 17 | 04:00-08:00 | 04:00-05:00 | 61 | 50 | 30 | 36 | 60100 | 11000 | 25 | 20 |
| 18 | | 05:00-06:00 | 61 | 52 | 29 | 36 | 60100 | 11100 | 25 | 23 |
| 19 | | 06:00-07:00 | 62 | 50 | 30 | 36 | 60000 | 11000 | 26 | 20 |
| 20 | | 07:00-08:00 | 60 | 52 | 29 | 36 | 60200 | 11100 | 24 | 23 |
| 21 | 08:00-12:00 | 08:00-09:00 | 60 | 50 | 30 | 38 | 60200 | 11100 | 22 | 20 |
| 22 | | 09:00-10:00 | 60 | 53 | 30 | 36 | 60200 | 11000 | 24 | 23 |
| 23 | | 10:00-11:00 | 60 | 52 | 30 | 36 | 60000 | 11000 | 24 | 22 |
| 24 | | 11:00-12:00 | 60 | 52 | 30 | 36 | 60100 | 11000 | 24 | 22 |




Gambar 5. Skema aliran *LO Cooler*

**Perhitungan Bagian *Tube***

Menghitung $\Delta T_{lmtd}$:

$\Delta T_{lmtd} = (\Delta T_2 - \Delta T_1) / \ln (\frac{\Delta T2}{\Delta T1})$

Untuk aliran berlawanan arah

$\Delta T_2 = T_{hi} - T_{co} = 60 - 38 = 22^o$

$\Delta T_1 = T_{ho} - T_{ci} = 50 - 30 = 20^oC$

$\Delta T_{lmtd} = (22 - 20) / \ln(\frac{22}{20})$

$= (2) / \ln (1.11)$

$= 2 / 0.0953 = 20{,}984\ ^oC$

Menghitung *Reynold Number* untuk media pendingin (air laut):

$Re_D = 4m_c / \pi D \mu$

$= 4(0{,}0556) / (3{,}14)\ (0{,}01)(695x10^{-6})$

$= 0{,}2226 / 21{,}823\ x10^{-6}$

$= 0{,}0102002 \times 10^6 = 10200{,}247$

(aliran turbulen)

Menghitung *Nussel Number* untuk media pendingin (air laut):

$Nu_D = 0{,}023\ Re_D^{4/5}\ Pr^{0.4}$

$= 0{,}023\ (10200{,}247)^{4/5}(4{,}62)^{0.4}$

$= 68{,}3083$

Menghitung koefisien perpindahan panas untuk media pendingin($h_i$):

$h = Nu_D . \frac{k}{D}$

$= 68{,}3083\ (\ 0{,}628/0.01)$

$= 4289{,}7612\ W/m^2K$

**Perhitungan Bagian *Shell***

Menghitung *Reynold Number* untuk media yang didinginkan (oli):

$Re_D = 4m_h / \pi\ (D_o - D_i)\mu$

$= 4\ (3{,}0555\ ) / 3{,}14\ (\ 0{,}8064 - 0{,}7680\ )\ 12{,}8x10^{-2}$

$= 12{,}2222 / 1{,}008 \times 10^{-2}$

$= 7{,}9188 \times 10^2$

$= 791{,}888$

(aliran laminar)

Menghitung koefisien perpindahan panas untuk oli:

$h_o = N_{Ui}\ k / D_h$

$D_O/D_i = 0{,}7680 / 0{,}8064 = 0{,}9523$, sehingga:

$N_{Ui} = 4{,}86$ (dari tabel)

$D_h = D_O - D_i = (0{,}08046 - 0{,}0768) = 0{,}0384$

$h_o = 4{,}86\ (0{,}1424)/0{,}0384 = 18{,}0225\ W/m^2\ K$

Menghitung total laju perpindahan panas yang terjadi:

$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}}$

$U = \frac{1}{\frac{1}{4289{,}7612} + \frac{1}{18{,}0225}}$

$= 1 / (2{,}331.10^{-4} + 0{,}0554)$

$= 1 / (0{,}05563)$

$= 17{,}9759\ W/m^2\ K$

Menghitung banyaknya panas yang berpindah:

$q = LU\pi\ D_i\ \Delta T_{lmtd}$

$= 1{,}8\ (17{,}9759)\ (3{,}14)(0{,}01)(20{,}9841)$

$= 21{,}3198$ W untuk 1 *tube*

Karena jumlah *tube* 300 buah, maka total perpindahan panas dapat dihitung dengan:

$W_T = 300 \times q$

$= 300 \times 21{,}3198$ W

$= 6395{,}9402$ W

Perpindahan panas yang terjadi di *LO Cooler* pada KM Pantokrator dimana panas yang dihasilkan akibat pembakaran yang terjadi di *main engine* diserap oleh minyak pelumas dan panas dari minyak pelumas berpindah ke air laut secara konduksi dan konveksi dan besarnya panas yang berpindah masih dalam besaran yangdirekomendasikan oleh *log book* pada kapal.

**KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian proses perpindahan panas yang terjadi pada *LO Cooler* pada KM Pantokrator dapat disimpulkan bahwa Besarnya rata-rata perpindahan panas yang terjadi dari minyak pelumas (oli) ke media pendingin (air laut) pada KM Pantokrator sebesar 6872,428 W

**SARAN**

Agar temperatur minyak pelumas selalu berada pada temperatur kerja maka perawatan dari *LO Cooler* perlu diperhatikan dan juga laju aliran massa dari media pendingin dalam hal ini air laut juga harus selalu dikontrol.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih terhadap pihak KM Pantokrator yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan juga kepada manajemen Politeknik Negeri Samarinda yang

telah mendukung dalam dana sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan lancar.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] I. Bizzy dkk., "Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube* Dengan Program *Heat Transfer*," vol. 13, no. 1, hal. 67–77, 2013.

[2] Ekadewi Anggraini Handoyo, "Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas *Shell-and-Tube Heat Exchanger*," *J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, hal. 86–90, 2000.

[3] I. Syaichurrozi, A. Metta, dan A. Imanuddin, "Kajian Performa Alat Penukar Panas *Plate and Frame*: Pengaruh Laju Alir Massa, Temperatur Umpan dan Arah Aliran Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh *Study of Plate and Frame Heat Exchanger Performance*: The Effects of Mass Flow Rate, Inlet Te," vol. XI, no. 2, 2014.

[4] W. Trisnadidkk., "Analisa Laju Perpindahan Panas *Counter Flow Heat Exchanger* skala laboratorium dengan aliran berulir," 2015.

[5] R. Veriyawan, T. R. Biyanto, dan G. Nugroho, "Optimasi Desain *Heat Exchanger Shell-And- Tube* Menggunakan Metode *Particle Swarm*," vol. 3, no. 2, 2014.