

# **EFEKTIVITAS COOLER 703E02 PADA SECTION 703 SEBAGAI PENDINGIN METHYL ESTER DI PT. ECOGREEN OLEOCHEMICALS BATAM PLANT**

Aditia Fian Nugraha<sup>1</sup>, Abdul Chalim<sup>1</sup>, dan Anderson Lie<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

<sup>2</sup>PT.Ecogreen Oleochemicals Batam Plant, Jl. Raya Pelabuhan, Kabil, Kecamatan Nongsa, Kepulauan Riau 29435, Indonesia

adhitt256@gmail.com ; anderson.lie@ecogreenoleo.com; [chalim.polinema@gmail.com]

## **ABSTRAK**

*Shell and Tube Heat Exchanger 703E02* digunakan sebagai pendingin untuk campuran Methyl Ester-Gliserin agar mempermudah proses pemisahan pada *separator*. Alat pendingin beroperasi secara kontinu, sehingga perlu dilakukan perhitungan efektivitas untuk mengetahui seberapa baik alat melakukan pertukaran panas, dan sebagai evaluasi perlu atau tidaknya dilakukan *maintenance* pada alat. Metode perhitungan yang dilakukan berdasarkan data yang didapatkan pada *plant*, dengan melakukan pengukuran suhu fluida secara manual menggunakan *Thermogun* pada suhu masuk dan keluaran fluida dingin, sedang untuk fluida panas digunakan data dari indikator temperatur yang sudah terpasang pada jalur. *Flowrate* pada pendingin tidak diketahui dan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan perpindahan panas. Untuk spesifikasi bahan yang digunakan didapat melalui perpustakaan *Process Engineering*. Dari hasil perhitungan yang didapatkan efektivitas alat yang didapatkan sebesar 0,4450 dengan NTU 0,7288. NTU menjadi tolok ukur besarnya perpindahan panas yang dilepas oleh alat sehingga dengan hasil tersebut energi yang dilepas kecil dan efektivitas alat rendah. Perlu dilakukan pengecekan secara berkala dan *maintenance* agar berjalan dengan baik.

**Kata kunci:** Efektivitas, Shell and Tube, NTU

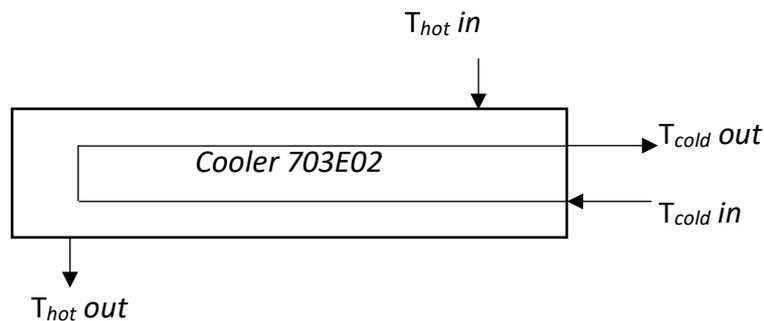
## **ABSTRACT**

Shell and Tube Heat Exchanger 703E02 is used as a Methyl Ester-Glycerin mixture cooler to ease the separation process in the separator. The cooler operates continuously, so it is necessary to calculate the effectiveness to figure out how good the cooler performs heat exchange, and as an evaluation of whether or not maintenance is needed on the cooler. The calculation method is carried out based on the data obtained at the plant, by measuring the fluid temperature manually using a Thermogun at the inlet and outlet temperatures of cold fluids, while for the hot fluid, data from installed temperature indicator is used. The flowrate on the cold fluid is unknown and calculations are carried out using the heat transfer equation. For the specifications of the materials used are obtained through the Process Engineering library. From the calculation results, the effectiveness of the cooler obtained is 0.4450 with NTU 0.7288, NTU becomes a benchmark for the amount of heat transfer released by the tool so that with this result the energy released is small and the cooler effectiveness is low. It needs to be checked regularly and maintained to run properly.

**Keywords:** *Effectiveness, Shell and Tube Heat Exchanger, Number Transfer Unit*

## 1. PENDAHULUAN

PT. Ecogreen Oleochemicals Batam pada plant EOB-3 Methyl Ester menghasilkan produk utama berupa Methyl Ester yang dibagi dalam beberapa section dari 701-708. Section utama adalah section 703 yaitu pada proses Trans-Esterifikasi. Untuk menghasilkan Methyl Ester dengan konversi yang tinggi, produk harus dipisahkan ke dalam separator dari produk samping yang dihasilkan [1]. Sebelum masuk separator, produk akan melewati *Shell and Tube Heat Exchanger 703E02 1-2 shell tube pass* terlebih dahulu. *Heat Exchanger* merupakan alat yang berfungsi untuk melakukan perpindahan panas antara dua fluida dengan suhu yang berbeda. *Heat Exchanger* bekerja dengan cara menjaga kedua fluida tersebut tidak tercampur satu sama lain [2]. Dalam pengaplikasiannya di bidang industri, *Heat Exchanger* dapat digunakan sebagai pendingin (*Cooler*) dengan media pendingin yang digunakan berupa air pendingin (*Cooling Water*), sebagai pemanas (*Heater*) fluida yang akan digunakan dalam proses, sebagai pengkondensasian bahan uap (*Condenser*) yang telah diolah dengan air pendingin (*Cooling Water*) sebagai media pendinginnya dan pemanas ulang yang akan memanaskan ulang suatu hasil dari sebuah kolom dengan media pemanasnya berupa *steam (Reboiler)* [3]. Konsep perpindahan panas dalam *Heat Exchanger* terjadi dikarenakan adanya perbedaan suhu dari fluida yang digunakan, dengan adanya perbedaan tersebut, kedua suhu dapat berpindah satu sama lain. Perpindahan panas terjadi secara konveksi, konduksi dan radiasi secara umumnya [4].



**Gambar 1.** Skema Perpindahan panas dalam Heat Exchanger 1-2

Dalam proses perpindahan panas fluida panas dan dingin akan masuk masing-masing ke dalam bagian pipa (*Tube*) untuk fluida pemanasnya dan pada bagian shell untuk fluida pendinginnya [5]. *Heat Exchanger 703E02* bertujuan untuk menurunkan suhu dari 65°C hingga mencapai 55°C. Fluida pendingin yang digunakan adalah *Cooling water* dengan suhu masukan 28°C. Dengan menurunnya suhu akan memudahkan pemisahan dua fase Methyl Ester (fase bawah dan atas) dengan produk sampingnya. Dalam penggunaannya di industri, *heat exchanger* perlu dipertimbangkan dalam beberapa aspek agar penggunaannya bisa fleksibel, antara lain: dari segi penyusunan alatnya yang kokoh, *maintenance* alat, dan komponen yang ada terpisah sehingga memudahkan pembersihan berkala [6]. *Shell and tube heat exchanger* adalah pilihan tepat karena sudah sesuai dengan aspek tersebut, sehingga banyak dan paling umum untuk digunakan [7]. Proses produksi Methyl Ester dilakukan secara kontinu dan dijalankan secara otomatis melalui DCS (*Distributed Control System*), sehingga hanya bisa dilakukan pada saat *Shut-down* produksi.

Dengan adanya kondisi tersebut, perlu dilakukan perhitungan efektivitas alat untuk mengetahui seberapa baik alat melakukan perpindahan panas. Mengingat *Heat Exchanger* 703E02 merupakan salah satu alat penting proses yang mempengaruhi hasil dari Methyl Ester. Dengan perhitungan tersebut, dapat digunakan oleh industri sebagai bahan evaluasi yang menentukan perlu atau tidaknya dilakukan *maintenance* pada alat.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Metode Penelitian

Perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui efektivitas *Shell and Tube Heat Exchanger* 703E02 tipe 1-2 pada *section* 703 Trans-Esterifikasi pembentukan Methyl Ester yang sudah lama tidak dilakukan pengecekan dan *maintenance* pada alat. Metode perhitungan yang dilakukan berdasarkan data yang didapatkan pada *plant*, dengan melakukan pengukuran suhu fluida secara manual menggunakan *Thermogun* pada suhu masuk dan keluaran fluida. *Flowrate* pada pendingin tidak diketahui dan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan perpindahan panas, untuk spesifikasi bahan yang digunakan didapat melalui perpustakaan *Process Engineering*.

### 2.2. Alat dan Bahan

#### 2.2.1 Alat

*Shell and Tube Heat Exchanger* tipe 1-2 703E02 *section* 703 Trans-Esterifikasi dan *Thermogun*.

#### 2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah Methyl Ester (C6, C8, C10, C12, dan C14) sebagai fluida pemanas dan *Cooling Water* sebagai fluida pendingin.

### 2.3. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam tabel meliputi data kondisi operasi *Shell and Tube Heat Exchanger* tipe 1-2 703E02.

**Tabel 1.** Kondisi Operasi

Data Proses	
T1 (Suhu fluida panas masuk)	338,15 K
T2 (Suhu fluida panas keluar)	328,15 K
t1 (Suhu fluida dingin masuk)	301,15 K
t2 (Suhu fluida dingin keluar)	318,15 K
M hot (Flowrate)	30807 Kg/h
Cp hot	2,177 Kj/Kg.K
Cp cold	4,1 Kj/Kg.K

### 2.4. Perhitungan

Dalam melakukan perhitungan Efektivitas *Shell and Tube Heat Exchanger* tipe 1-2 703E02, dilakukan dalam beberapa tahapan penyelesaian menggunakan metode perhitungan dari buku Cengel [8].

#### 1. Neraca Panas (*Heat Balance*)

Dalam menghitung neraca panas menggunakan persamaan umum yaitu:

$$Q_h = Q_c \quad (1)$$

Dimana:

$Q_h$  = Panas yang dipindahkan oleh fluida pemanas

$Q_c$  = Panas yang diserap oleh fluida pendingin

Nilai panas  $Q$  dirumuskan dengan menggunakan persamaan:

$$Q = M \times C_p \times (T_i - T_o) \quad (2)$$

Dimana:

$M$  = Massa/laju alir fluida

$C_p$  = Kalor jenis fluida

$T_i$  = Temperature *Inlet* Fluida

$T_o$  = Temperatur *Outlet* fluida

## 2. Perhitungan Log Mean Temperature Difference (LMTD)

LMTD merupakan perhitungan beda suhu rata-rata logarithmic, perhitungan LMTD dengan jenis aliran *Counter-Current* menggunakan persamaan:

$$\Delta LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left( \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (3)$$

Dimana:

$\Delta T_1$  = Selisih suhu fluida panas masuk dengan fluida dingin keluar

$\Delta T_2$  = Selisih suhu fluida dingin masuk dengan fluida panas keluar

## 3. Perhitungan U

$U$  merupakan koefisien perpindahan panas total, dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$U = \frac{Q}{A_s \times \Delta T_{lm}} \quad (4)$$

Dimana:

$A_s$  = Heat Transfer Surface Area

## 4. Perhitungan NTU

NTU (*Number Transfer Unit*) adalah satuan yang digunakan sebagai tolok ukur suatu pertukaran panas fluida dalam *Heat Exchanger*, dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$NTU = \frac{U \times A_s}{C_{min}} \quad (5)$$

Dimana:

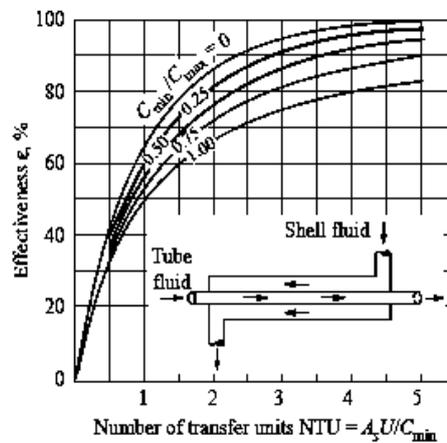
$C_{min}$  = Specific Heat Capacity paling kecil, diperoleh dengan membandingkan  $C_c$  dan  $C_h$ , yang paling kecil digunakan sebagai  $C_{min}$

## 5. Perhitungan Efektivitas

Perhitungan efektivitas *Shell and Tube Heat Exchanger* tipe 1-2 dilakukan dengan persamaan:

$$\varepsilon = 2 \left\{ 1 + c + \sqrt{1 + c^2} \frac{1 + \exp[-NTU\sqrt{1+c^2}]}{1 - \exp[-NTU\sqrt{1+c^2}]} \right\}^{-1} \quad (6)$$

Dalam hubungannya dengan nilai NTU, efektivitas dapat dicari dengan menggunakan grafik berdasarkan jumlah *pass* dari *tube Heat Exchanger*:



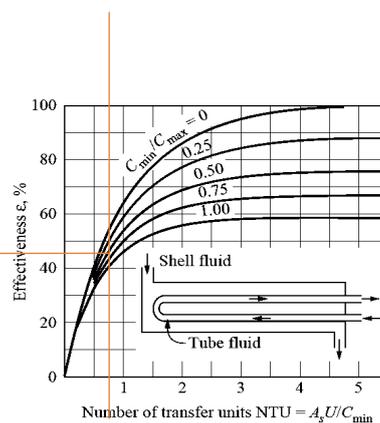
Gambar 2. Grafik perbandingan nilai NTU dan efektivitas

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada perhitungan yang dilakukan dalam penelitian didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil perhitungan Efektivitas

$\Delta LMTD$	23,3252	K
A	89,3722	$m^2$
U	396,9117	$W/m^2.K$
NTU	0,7288	
$\epsilon$	0,4450	



(c) One-shell pass and 2, 4, 6, ... tube passes

Gambar 3. Grafik hasil perbandingan NTU dengan Efektivitas

Proses pendinginan menggunakan Shell and Tube Heat Exchanger adalah cara yang cukup efektif untuk menurunkan suhu suatu fluida yang keluar dari peralatan industry, dalam penggunaan nya tidak menimbulkan kebisingan dan tidak membutuhkan tempat yang besar, penempatan Shell and Tube Heat Exchanger dapat disesuaikan dengan keadaan ruangan yang tersedia. Penggunaan Heat exchanger sebagai pendingin beroperasi dengan cara melakukan sirkulasi air yaitu fluida yang memiliki suhu lebih tinggi melepas panas ke fluida dingin.[9].

Pada penelitian ini fluida yang digunakan adalah air sebagai fluida dingin dan *Crude Methyl Ester* sebagai fluida panas. Untuk tipe *cooler* yang digunakan adalah *Shell and Tube Heat Exchanger 1 Shell 2 Pass*. Untuk suhu masuk dari fluida panas (*Crude Methyl Ester*) adalah 65°C dan suhu keluarannya adalah 55°C. Untuk suhu masuk dari fluida dingin (Air) adalah 28°C dan suhu keluarannya adalah 45°C. Untuk jumlah tubenya adalah 280 tube. Untuk OD 1 in, ID  $\frac{3}{4}$  in dan BWG 14.

Perhitungan nilai efektivitas ini menggunakan metode pendekatan nilai efektivitas dengan nilai NTU. Fluida yang mengalir di dalam tube merupakan air pendingin dengan laju alir 11871,05294 Kg/h. Sedangkan untuk fluida panas mengalir di dalam shell dengan laju alir 30807 kg/h. Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat hubungan antara NTU dan efektivitas. Menurut penelitian oleh Abdul Chalim, dkk (2002) [10], nilai NTU dan efektivitas berhubungan satu sama lain, hal tersebut dikarenakan *Number Transfer Unit* menyatakan banyaknya jumlah energi panas yang di transfer kan dari alat. Oleh karena itu, dengan banyaknya panas yang di transfer kan alat semakin besar efektivitas dari alat penukar panas. Untuk hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai NTU sebesar 0,7288 dengan efektivitas alat sebesar 0,4450. Efektivitas didapatkan hasil yang kecil, dimana dalam penggunaannya, energi yang di transfer tidak maksimal dikarenakan penggunaan alat yang digunakan secara terus menerus sehingga banyak kotoran yang tertinggal dan menghambat perpindahan panas yang terjadi.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil perhitungan efektivitas telah dihitung sesuai dengan buku *Cengel, Heat Transfer : A practical Approach 2002*. Didapatkan nilai NTU sebesar 0,7288 dengan efektivitas sebesar 0,4450 atau 44,5%. Nilai efektivitas alat kecil, dikarenakan tidak dapat mengetahui flow actual dari alat dan perlu nya maintenance untuk membersihkan alat yang menghambat proses perpindahan panas. Saran terhadap industri yang dapat diberikan adalah Sebaiknya pada *Cooler* diberikan flow meter dan *temperature indicator* sehingga dapat mempermudah data yang diinginkan, perlu dilakukan maintenance dan pembersihan secara berkala.

#### REFERENSI

- [1] Muhammad Yusuf Ritonga, Doni Hermanto Sihombing, dan Allen Rianto Sihotang, "Pemanfaatan Abu Kulit Buah Kelapa Sebagai Katalis Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Sawit Menjadi Metil Ester," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 4, hal. 17–24, 2013.
- [2] R. A. Rifaldy, "Analisis Perpindahan Panas pada Multipass *Shell and Tube Heat Exchanger* Berdasarkan Number of Transfer Unit ( NTU )," Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2017.
- [3] L. N. Pratiwi, Indah Hana, "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger 11E-25 pada *Preheating Section Crude Distilling Unit I* di PT Pertamina (Persero) *Refinery Unit IV Cilacap*," Bandung: Politeknik Negeri Bandung, 2013.
- [4] I. M. Mara, M. Z. Hidayatulloh, dan Mirmanto, "Analisa perpindahan panas alat penukar kalor tipe shell and tube pada ball mill di PT. Amman Mineral Nusa Tenggara," *Din. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, hal. 2502–1729, 2016.
- [5] A. Husen, M. I. Akbar, dan N. Choliz, "Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Dingin Terhadap Efektivitas *Shell and Tube Heat Exchanger*," *Bina Tek.*, vol. 16, no. 1, hal. 1, Jul

- 2020.
- [6] Gusdiantoro, "Analisis Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor *Shell and Tube* pada Pipa Tembaga dengan *Tube* Susunan Bujur Sangkar Skala Laboratorium," Medan: Universitas Medan Area, 2016.
  - [7] N. Afandi, "Simulasi Performansi *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube* dengan *Helical Baffle* dan *Disk and Doughnut Baffle*," *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, hal. 61–68, 2018.
  - [8] Y. A. C. & Y. Cengel, *Heat Transfer: A Practical Approach with EES CD*. 2002.
  - [9] C. Sutowo, "Analisa *Heat Exchanger* Jenis *Sheel and Tube* dengan Sistem *Single Pass*," *Tek. Mesin, Univ. Muhammadiyah Jakarta*, vol. 1, hal. 1–9, 2012.
  - [10] A. Chalim dan M. A. Indra, "Evaluasi Kinerja *Heat Exchanger Shell and Tube 1 – 1* Untuk Sistem Fluida Blending Propilen Glikol – Etanol dan Air," *Semin. Nas. Rekayasa Proses Ind. Kim.*, vol. 5, no. 1, 2021.