

# STUDI PERHITUNGAN *HEAT EXCHANGER* TIPE *DOUBLE PIPE* PADA PROSES PEMBUATAN SABUN MANDI PADAT DENGAN TAMBAHAN SARI *CUCUMBER* DAN KAPASITAS 6300 TON/TAHUN

Novia Damayanti , Nanik Hendrawati, S.T., M.S.

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia  
[noviadamayanti32@gmail.com](mailto:noviadamayanti32@gmail.com), [[nanik.hendrawati@polinema.ac.id](mailto:nanik.hendrawati@polinema.ac.id)]

## ABSTRAK

Kebutuhan sabun mandi di era pandemi mengalami kenaikan yang signifikan. Peningkatan kapasitas produksi ataupun pembangunan pabrik baru diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri. Salah satu hal yang perlu dilakukan dalam perancangan pabrik sabun adalah perhitungan *Heat Exchanger*. Dalam pembuatan sabun menggunakan proses trigliserida dibutuhkan pemanasan awal bahan. Hal ini bertujuan untuk meringankan beban reaktor dan memudahkan proses saponifikasi terjadi didalam reaktor saat proses reaksi berlangsung. Selain itu, pemanas yang digunakan harus di desain terlebih dahulu agar layak digunakan dan dapat mengurangi biaya pemeliharaan di masa depan. Desain alat ini akan didasarkan pada studi literatur dan perhitungan manual menggunakan *Ms. Excel*. Proses pemanasan dilakukan dengan suhu bahan masuk *Heat Exchanger* sebesar 30°C hingga suhu keluar dari *Heat Exchanger* yang akan masuk ke dalam *Continuous stirred-tank reactors (CSTR)* menjadi 70°C. Dari perhitungan menggunakan *Ms. Excel* didapatkan dimensi pipa dengan panjang hairpin 12 ft, nilai luas perpindahan panas sebesar 20,880 ft<sup>2</sup>, serta nilai *Foulling Factor (Rd)* hitung sebesar 0,002 dan nilai *Foulling Factor (Rd)* pembanding sebesar 0,002, sehingga dari hasil perhitungan tersebut spesifikasi *Heat Exchanger* sudah memenuhi syarat dilihat dari nilai *Foulling Factor (Rd)* hitung sama dengan *Foulling Factor (Rd)* ketentuan atau pembanding, yang mana *Heat Exchanger* dalam keadaan baik dan layak operasi.

**Kata kunci** : desain, heat exchanger, sabun padat

## ABSTRACT

*The need for bath soap in the pandemic era has increased significantly. An increase in production capacity or the construction of a new factory is needed to meet the needs of the domestic market. One of the things that need to be done in the design of a soap factory is the calculation of Heat Exchanger. In making soap using the triglyceride process, preheating of the ingredients is required. This aims to lighten the load on the reactor and facilitate the saponification process that occurs in the reactor during the reaction process. In addition, the heater used must be designed in advance so that it is suitable for use and can reduce maintenance costs in the future. The design of this tool will be based on literature studies and manual calculations using Ms. Excel. The heating process is carried out with the Heat Exchanger inlet temperature of 30°C until the exit temperature of the Heat Exchanger which will enter the Continuous stirred-tank reactors (CSTR) becomes 70°C. From calculations using Ms. Excel obtained pipe dimensions with a hairpin length of 12 ft, a heat transfer area value of 20.880 ft<sup>2</sup>, and a calculated Foulling Factor (Rd) value of 0.002 and a comparative Foulling Factor (Rd) value of 0.002, so that from the calculation results, the Heat Exchanger specification has met the requirements. Judging from the Foulling Factor (Rd) value, the calculation is the same as the Foulling Factor (Rd) provision or comparison, in which the Heat Exchanger is in good condition and suitable for operation.*

**Keywords**: design, heat exchanger, solid soap

## 1. PENDAHULUAN

Populasi pertumbuhan penduduk di Indonesia sendiri merupakan yang terbesar ke-4 di dunia, oleh karena itu kebutuhan hidup masyarakat juga semakin meningkat. Salah satunya kebutuhan sabun mandi. Dalam masa pandemi seperti ini akan banyak terjadi penularan virus corona (*covid – 19*) jika tidak dicegah dan dibasmi. Salah satu cara untuk menghilangkan kuman dan virus dari tubuh kita yaitu dengan mandi setelah melakukan aktivitas diluar rumah guna mengantisipasi penyebaran virus. Terdapat beberapa macam proses pembuatan sabun padat namun, proses saponifikasi trigliserida menjadi proses yang banyak dipilih karena bahan baku dari proses ini lebih mudah diperoleh. Proses saponifikasi trigliserida yaitu mereaksikan trigliserida dengan basa alkali pada kondisi suhu 90°C dan tekanan 1 atm[1]. Maka, diperlukan pemanasan awal basa alkali (NaOH) sebelum masuk ke dalam reaktor, agar proses saponifikasi trigliserida terjadi secara sempurna dan lebih maksimal. Alat penukar panas yang sering digunakan dalam industri adalah *Heat Exchanger*.

*Heat Exchanger* merupakan alat untuk memindahkan kalor antara 2 fluida, dapat berguna sebagai pemanas maupun pendingin[2]. Penggunaan *Heat Exchanger* dilakukan agar dapat mengatasi beberapa permasalahan seperti faktor gesekan, pola aliran fluida kerja, laju perpindahan kalor, fektivitas perpindahan kalor, dan jenis *Heat Exchanger*[3]. *Double Pipe Heat Exchanger* biasanya digunakan dalam aplikasi-aplikasi yang tidak membutuhkan permukaan perpindahan panas yang besar, selain itu *Double Pipe Heat Exchanger* ini sederhana dan cukup murah dibandingkan dengan tipe yang lain [4].

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan perhitungan desain *Heat Exchanger (HE)* tipe double pipe untuk pemanasan, seperti terjadinya penurunan tekanan , sehingga panas yang ditransfer oleh *HE* tidak maksimal yang dapat menimbulkan indikasi pada kerusakan alat dan memperbesar biaya listrik dan *maintenance* [5]. Studi perhitungan desain *Heat Exchanger (HE)* lainnya dilakukan oleh (N. W. T. Kartika Sari,dkk) pada praktikum pembuatan sabun cair cuci tangan yang bermanfaat untuk mempermudah proses saponifikasi, sehingga dapat meminimalisir kegagalan operasional maupun mekanikal [6]. Selain itu, dengan pemanasan menggunakan (*Double Pipe Heat Exchanger*) *DPHE* memberikan pengaruh terhadap pH, dan kadar air. Semakin tinggi suhu maka pH sabun akan menurun. Selain itu, kadar air akan menurun seiring dengan kenaikan suhu, karena proses hidrolisis pada minyak dipercepat oleh pemanasan yang artinya akan semakin baik karena kandungan air berkurang seiring waktu pemanasan pada sabun [7]. Kenaikan suhu operasi akan meningkatkan konversi reaksi dari reaktan sampai terbentuk produk [8]. Berdasarkan uraian di atas, perancangan *Heat Exchanger (HE)* sangat penting dilakukan untuk memaksimalkan kinerja alat serta proses reaksi saponifikasi pada perancangan pabrik sabun, sehingga pada pra perancangan pabrik Sabun Padat dengan tambahan *Cucumber* kapasitas 6300 Ton/ Tahun juga perlu melakukan perancangan desain *HE* dengan melibatkan data dari perhitungan neraca panas .

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

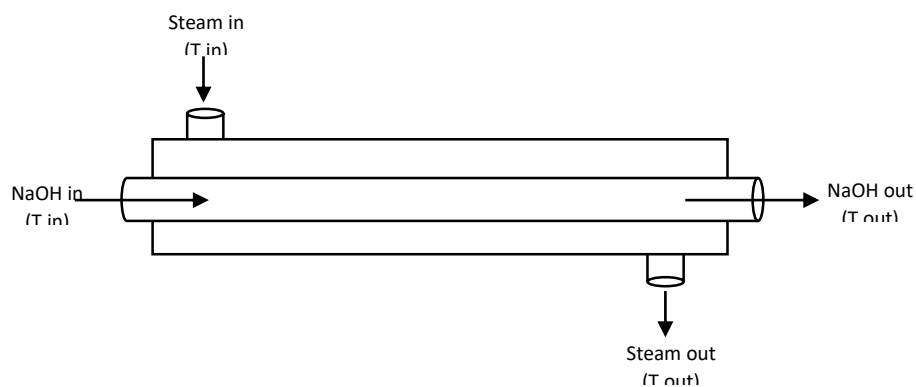
Adapun tahapan metodologi penelitian sebagai berikut :

### 2.1. Pengumpulan Data

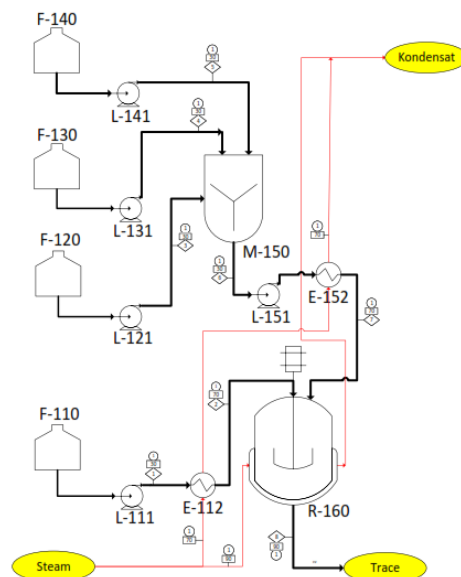
Untuk melakukan perhitungan desain alat penukar panas atau *Heat Exchanger* ada beberapa data yang harus diketahui atau dibutuhkan yaitu laju alir (*flow rate*), tekanan operasi, temperatur masuk alat, dan temperatur keluar alat. Semua data yang dibutuhkan

dapat diambil dari data perhitungan neraca panas yang telah dihitung sebelumnya. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan sebagai berikut :

- a. Studi Literatur  
Menggunakan acuan data dari jurnal, *text book*, yang membahas *heat exchanger* dengan mengutamakan dasar perhitungan perancangan alat tersebut.
- b. Perhitungan Menggunakan Aplikasi Microsoft Excel  
Untuk memudahkan dalam menghitung data-data yang diperlukan maka, digunakan aplikasi *MS. Excel* . Data tersebut antara lain laju alir fluida panas dan dingin, temperatur fluida keluar dan masuk, perbedaan temoeratur rata-rata ( $\Delta T_{LMTD}$ ) , serta tekanan operasi.



**Gambar 1.** Skema gambar aliran fluida NaOH dan aliran *steam* masuk dan keluar alat *Heat Exchanger*



**Gambar 2.** *Flowsheet* dari liquid yang masuk *DPHE* dan dilanjutkan masuk ke dalam reaktor

- Keterangan :
- F-110 -> tangki NaOH
  - F-120 -> Tangki penampung minyak sawit
  - F-130 -> Tangki penampung minyak kelapa
  - F-140 -> Tangki penampung minyak zaitun

- E-112 -> Alat penukar panas (*heat exchanger*) campuran NaOH  
 E-152 -> *Pre-heater* campuran minyak  
 M-150 -> *Mixer* trigliserida  
 R- 160 -> *CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor)*

## 2.2. Perhitungan Data

Terdapat 3 faktor yang mempengaruhi *Heat Exchanger (HE)* dalam menerima panas, yaitu *overall heat exchanger coefficient* ( $U_D$  /Koefisien perpindahan panas keseluruhan), luas perpindahan panas ( $A$ ), dan perbedaan temperatur rata-rata ( $\Delta T_{LMTD}$ ).

Perbedaan temperatur rata-rata dalam perhitungan alat penukar panas dinyatakan sebagai  $\Delta T_{LMTD}$ . Maka hubungan antara besaran, yaitu :

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (1)$$

Dimana:

- $Q$  = Kalor yang dilepaskan/diterima (W)  
 $U$  = Koefisien perpindahan panas ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )  
 $A$  = Luas permukaan perpindahan panas ( $m^2$ )  
 $\Delta T_{LMTD}$  = Selisih temperatur rata-rata ( $^\circ C$ )

Nilai  $A$  (luas permukaan kalor) dapat dihitung dengan mencari data  $\Delta T_{LMTD}$  terlebih dahulu dengan rumus :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad (2)$$

Dimana,  $\Delta t_1 = T_1 - t_2$  ;  $\Delta t_2 = T_2 - t_1$

Keterangan :

- $T_1$  = Suhu fluida panas masuk ( $^\circ C$ )  
 $T_2$  = Suhu fluida panas keluar ( $^\circ C$ )  
 $t_1$  = Suhu fluida dingin masuk ( $^\circ C$ )  
 $t_2$  = Suhu fluida dingin keluar ( $^\circ C$ )

Selanjutnya, setelah menentukan nilai  $\Delta T_{LMTD}$  dapat dilanjutkan ke perhitungan luas permukaan perpindahan panas ( $A$ ) dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}} \quad (3)$$

Keterangan :

- $A$  = Luas permukaan perpindahan panas ( $m^2$ )  
 $Q$  = Kalor yang dilepaskan/diterima (W)  
 $U_D$  = Koefisien perpindahan kalor menyeluruh desain ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )  
 $\Delta T_{LMTD}$  = Selisih temperatur rata-rata ( $^\circ C$ )

## 2.3. Perhitungan Desain Alat Perpindahan Panas

Data yang digunakan untuk menghitung *pre-heater* menggunakan data yang telah diperoleh dari perhitungan pada sub bab pengumpulan data di atas. Dari data perhitungan yang telah diperoleh untuk penentuan alat penukar panas didapatkan nilai  $A$  sebesar 2,900  $ft^2$  yang artinya kurang dari 120  $ft^2$ , maka perhitungan *pre-heater* dapat dilanjutkan menggunakan cara perhitungan alat penukar panas jenis *Double Pipe Heat Exchanger*.

Selanjutnya perhitungan dapat dilanjutkan dengan mencari nilai  $Nre$ , koefisien perpindahan panas dari nilai trial ukuran *Double Pipe Heat Exchanger* dan dimensi pipa, serta faktor panas yang ditunjukkan pada Tabel 1, berikut :

**Tabel 1.** Data *trial* spesifikasi *heat exchanger*

Data Trial		
Panjang Pipa	12	ft
Ukuran Pipa	2 x 1 ¼	
Anulus	1,19	in <sup>2</sup>
de	0,915	in
de'	0,4	in
Dimensi Pipa	1 ¼	in
dop	1,66	in
dip	1,38	In
a''	0,0435	ft <sup>2</sup>
ap	1,5	in <sup>2</sup>

Dari data *trial* dan perhitungan di atas maka perhitungan dilanjutkan sebagai berikut :

➤ Fluida Dingin

$$Gap = \frac{m}{ap} \quad (4)$$

$$Nre = \frac{Gap \times dip}{\mu \times 2,42} \quad (5)$$

Koefisien perpindahan panas = btu/lb. ft<sup>2</sup> .F

➤ Fluida Panas

$$Gan = \frac{m}{aan} \quad (6)$$

$$Nre = \frac{Gan \times der}{\mu \times 2,42} \quad (7)$$

Koefisien perpindahan panas = (Figure 24, Kern)

➤ Perhitungan Panjang pipa baru:

$$L_{pipe} = \frac{A}{a''} \quad (8)$$

$$\Sigma \text{hairpin} = \frac{L_{hitung}}{L_{trial}} \quad (9)$$

$$L_{baru} = \Sigma \text{hairpin} \times \text{Panjang pipa tersedia} \quad (10)$$

➤ Perhitungan Pressure Drop:

$$f_{\text{fluida dingin}} = 0,0035 + \frac{0,264}{Nre^{0,42}} \quad (11)$$

$$f_{\text{fluida panas}} = 0,0035 + \frac{0,264}{Nre^{0,42}} \quad (12)$$

maka,

$$\Delta P_a = \frac{\Delta Fa \times \rho}{144} \quad (13)$$

$$\Delta P_p = \frac{\Delta Fp \times \rho}{144} \quad (14)$$

Dihasilkan nilai pressure drop berikut diatas dengan *fouling factor* sebesar 0,002 yang artinya masih dapat diterima dan sesuai dengan syarat perhitungan yaitu  $R_d \text{ hitung} = R_d \text{ ditentukan sama dengan } 0,002$ .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil

Dari perhitungan dengan langkah-langkah tersebut di atas, didapatkan data perhitungan spesifikasi dan dimensi alat *Heat Exchanger* yang disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3, sebagai berikut :

**Tabel 2.** Data perhitungan spesifikasi alat *heat exchanger*

Data Perhitungan			
	Hot	Cold	
T	145	145	°C
t1	86	70	°C
Laju Alir Massa	694,75	694,75	lb/jam
Q	48889,6	48889,6	Btu/jam
$\Delta T_{lmtd}$	168,632	168,632	°C
$U_D$	100	100	w/m <sup>2</sup> . °C
A	2,900	2,900	ft <sup>2</sup>
Gap	6463,655	6669	
		5,89	
Nre	15666,04	126,8	
F	0,01	0,038	

**Tabel 3.** Data hasil perhitungan desain alat *heat exchanger*

No	Dimensi	Anulus	Pipa
1	IPS (Nominal Pipe Size)	2 in	1 ¼ in
2	No. Sch (Nomor Schedule)	40	40
3	OD (Outside Diameter)	0,915 in	1,66 in
4	ID (Inside Diameter)	0,4 in	1,38 in
5	a' (Flow Area)	0,01042ft <sup>2</sup>	0,435 ft <sup>2</sup>
6	$\Delta P$ (Pressure Drop)	0,009 psi	0,0453 psi
7	Jumlah Hairpin	2	
8	Lenght Hairpin	12 ft	
9	L baru	48 ft	
10	A (Area Surface)	20,880 ft <sup>2</sup>	
11	$U_c$ (Clean Overall Coef.)	12,482	
12	$U_d$ (Design Overall Coef.)	12,178	
13	$R_d$ (Fouling Factor)	0,002	

#### 3.2. Pembahasan

Dengan dilakukannya design *Heat Exchanger (HE)* untuk pemanasan awal, berpengaruh pada suhu NaOH yang mana berdampak pada keberhasilan proses saponifikasi. Menurut hasil pengaruh dari pemanasan awal untuk memaksimalkan suhu dengan menggunakan DPHE memberikan pengaruh terhadap Ph, dan kadar air. Semakin tinggi suhu maka pH

sabun akan menurun, dengan suhu 90° C menghasilkan pH sekitar  $\pm 9$  dengan rata-rata pH standar 10,92 yang berarti sudah memenuhi standar. Selain itu, pengaruh terhadap kadar air kandungan sabun, kadar air menurun seiring dengan kenaikan suhu, hal tersebut dikarenakan proses hidrolisis pada minyak dipercepat oleh pemanasan yang artinya akan semakin baik karena kandungan air pada sabun tidak akan melebihi batas maksimal yaitu 60% [7]. Juga, desain *heat exchanger* sangat diperlukan agar alat tersebut dapat beroperasi dengan layak dan dapat mengurangi beban reaktor, sehingga jika peralatan-peralatan tersebut beroperasi dengan baik dan benar dapat mengurangi nilai dari biaya perawatan alat dan juga meningkatkan nilai deviasi alat di masa depan.

Dalam pemilihan tipe *heat exchanger* didasarkan pada perhitungan nilai luas penampang perpindahan panas (A), jika nilai  $A < 120 \text{ ft}^2$  maka artinya tipe *heat exchanger* yang digunakan adalah jenis *Double Pipe*, begitupun sebaliknya jika nilai  $A > 120 \text{ ft}^2$  maka tipe *heat exchanger* yang digunakan atau dipilih adalah tipe shell and tube. Dari data hasil perhitungan atau dimensi untuk desain alat *heat exchanger* di atas di hitung dengan manual menggunakan *Ms.Excel*, model atau tipe *heat exchanger* yang dipilih adalah tipe *Double Pipe*, karena perhitungan nilai luas perpindahan panas (A) yaitu  $20,880 \text{ ft}^2$  yang artinya kurang dari  $120 \text{ ft}^2$ . Untuk penentuan aliran fluida, didasarkan pada laju massa bahan, yaitu dengan ketentuan bahan/ fluida yang memiliki laju massa paling besar akan di alirkan melalui pipa, sebaliknya bahan/fluida dengan laju massa lebih kecil akan dialirkan melalui anulus. Dalam kasus perancangan ini, memiliki 2 fluida yang akan dialirkan yaitu *setam* dan larutan NaOH, karena laju massa NaOH lebih besar dari pada laju massa *steam* maka larutan NaOH dialirkan melalui pipa, dan *steam* dialirkan melalui anulus. Dalam pemilihan bahan yang masuk ke dalam pipa dan anulus didasarkan pada ketentuan dimana fluida dengan laju massa lebih besar dialirkan ke dalam pipa, dan fluida dengan laju massa lebih kecil dialirkan ke dalam anulus [9].

Dalam *pressure drop* alat *heat exchanger* dibutuhkan beberapa data *trial* dan perhitungan. Data yang dibutuhkan dan perlu dicek adalah penentuan nilai *trial* ukuran *double pipe*, perhitungan nilai *clean overall coefficient* ( $U_c$ ), *design overall coefficient* ( $U_d$ ), dan juga *fouling factor* ( $R_d$ ). Hal pertama yang harus diperhatikan adalah *trial* ukuran DPHE, untuk penentuan *trial* ukuran pada desain ini sudah benar. Dibuktikan dengan sesuainya nilai *pressure drop* ( $\Delta P$ ). Pada perhitungan desain ini didapatkan *pressure drop* ( $\Delta P$ ) dalam anulus dan pipa secara berturut-turut adalah 0,009 psi dan 0,0453 psi dimana jumlah tersebut sudah memenuhi syarat yaitu  $< 10$  psi untuk fluida berupa liquid.

Hasil dari perhitungan nilai *clean overall coefficient* ( $U_c$ ) dan *Design Overall Coefficient* ( $U_d$ ) sudah sesuai dengan ketentuan dimana nilai  $U_c$  harus lebih besar dari nilai  $U_d$ , hal ini dikarenakan perpindahan panas saat *heat exchanger* dalam keadaan bersih lebih baik [10]. Nilai dari perhitungan *clean overall coefficient* ( $U_c$ ) dan *Design Overall Coefficient* ( $U_d$ ) secara berturut-turut yaitu  $12,482 \text{ Btu/jam.ft}^2.F$  dan  $12,178 \text{ Btu/jam.ft}^2.F$ .

*Fouling factor* ( $R_d$ ) biasanya terjadi karena adanya kotoran di dalam *heat exchanger* yang berasal dari fluida yang mengalir, ataupun kerak [11]. Pengotoran pada alat *heat exchanger* dapat menyebabkan menurunnya laju perpindahan panas [12]. Pada desain alat ini didapatkan perhitungan *fouling factor*  $0,002 \text{ Btu/jam.ft}^2.F$  artinya dapat diterima. Dan hal tersebut menunjukkan bahwa *heat exchanger* layak dioperasikan tanpa adanya

hambatan pada permukaan *heat exchanger* sehingga dapat digunakan untuk pemanasan awal NaOH sebelum masuk *Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)*.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dapat disimpulkan dari hasil perhitungan desain alat penukar panas (*Heat Exchanger*) bahwa spesifikasi *Heat Exchanger* didapat pada IPS (*Nominal Pipe Size*) anulus sebesar 2 in dan pipa 1 ¼ in dengan Schedule No.40, nilai OD 0,915 in pada anulus dan 1,66 in pada pipa dengan nilai ID anulus 0,4 in dan pipa 1,38 in. Nilai  $a'$  anulus sebesar 0,01042 ft<sup>2</sup> pada pipa 0,435 ft<sup>2</sup>. Nilai jumlah hairpin, L bari, dan A secara berturut-turut yaitu 2;48 ft; 20,880 ft<sup>2</sup>. Dengan nilai parameter  $U_c, U_d, R_d$  (*Fouling Factor*), dan *Pressure Drop* ( $\Delta P$ ) masih dalam batas yang diperbolehkan. Untuk nilai *Fouling Factor* dapat dipengaruhi oleh laju alir massa bahan yang mengalir pada anulus pipa, dan temperatur. Jika terjadi ketidaksesuaian desain pada alat *Heat Exchanger* dapat dilakukan pengecekan kembali pada nilai trial ukuran DPHE serta pada perhitungan jumlah hairpin.

#### REFERENSI

- [1] L. Spitz, "Soap Manufacturing Technology: Second Edition," *Soap Manuf. Technol. Second Ed.*, hal. 1–299, 2016.
- [2] A. D. Cappenberg, "Analisa Kinerja Alat Penukar Kalor Jenis Pipa Ganda," *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, hal. 69–82, 2016, doi: 10.52447/jktm.v1i2.459.
- [3] M. Mufid, A. R. Hakim, dan B. Widiono, "Pengaruh Pitch Turbulator Terhadap Ntu Pada Double Pipe Heat Exchanger," *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 3, no. 1, hal. 27, 2019, doi: 10.33795/jtkl.v3i1.101.
- [4] M. Ma'a, "Karakteristik Perpindahan Panas pada Double Pipe Heat Exchanger, Perbandingan Aliran Paralel dan Counter Flow," *Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 1, no. 2, hal. 161–168, 2013.
- [5] Sugar et al., *Analisa Perpindahan Kalor pada Heat Exchanger*, vol. 2, no. 1. 2013.
- [6] N. W. T. Kartika Sari, G. P. Ganda Putra, dan L. P. Wrasiasi, "Pengaruh Suhu Pemanasan Dan Konsentrasi Carbopol Terhadap Karakteristik Sabun Cair Cuci Tangan," *J. Rekayasa Dan Manaj. Agroindustri*, vol. 7, no. 3, hal. 429, 2019, doi: 10.24843/jrma.2019.v07.i03.p10.
- [7] M. F. Samosir dan N. A. Agustina, "Pengaruh Suhu Pemanasan Terhadap Kualitas Sabun Berbahan Minyak Jelantah dan Ekstrak Buah Pinang (*Areca catechu L*)," *J. Teknol. Kim. dan Ind.*, vol. 6, no. 78, hal. 108–116, 2021.
- [8] L. Surya dan A. Sonya, "Studi Perhitungan Heat Exchanger Sebelum CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*) Pada Proses Pembuatan Sabun Mandi Cair," *J. Teknol. Separasi*, vol. 7, no. 2, hal. 133–138, 2021, doi: 10.33795/distilat.v7i2.195.
- [9] M. Safitri, "Rancang Bangun Heat Exchanger Jenis Shell and Concentric Tube Posisi Vertikal pada Produksi Teh Kemasan," Surabaya, 2018.
- [10] I. E. Rahayu dan M. R. Izzah, S N dan Hidayat, "Analisis Kinerja Heat Exchanger Pada Preheater Cdu V Di Kilang Ru V Balikpapan," *J. Tek. Kim.*, vol. 1, no. 1, hal. 1–9, 2021, doi: 10.46964/jjmsi.v1i1.614.
- [11] W. Ayu, "Perhitungan Nilai  $R_d$  (*Fouling Factor*) dan  $\Delta P$  (*Pressure Drop*) Design dari Heat Exchanger EA 201 Pabrik Urea Departemen Produksi 1," *J. Teknol. Kim. dan Ind.*, 2014, [Daring]. Tersedia pada: <http://wahyu-ayuuu.blogspot.com/2014/09/perhitungan-nilai-rd-fouling-factor-dan.html>.



- [12] M. R. Zain dan A. Mustain, "Evaluasi Efisiensi Heat Exchanger (HE - 4000) dengan Metode Kern," *J. Teknol. Separasi*, vol. 6, no. 2, hal. 415–421, 2020, doi: 10.33795/distilat.v6i2.133.