

PERHITUNGAN DESAIN *PRE-HEATER* DALAM PERANCANGAN PABRIK *HANDSANITIZER* DAUN KELOR

Novia Jennis Ainurrohmah dan Profiyanti Hermien Suharti

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
noviajennis08@gmail.com, [profiyanti@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Daun kelor merupakan tumbuhan yang ada hampir di Indonesia. Salah satu kandungan daun kelor dapat dimanfaatkan sebagai antiseptik yang bisa membunuh bakteri. Kandungan tersebut berupa *flavonoid*. *Flavonoid* ini menjadi alasan pemanfaatan ekstrak daun kelor dalam pembuatan *handsanitizer*. *Handsanitizer* adalah cairan atau gel yang digunakan untuk mengurangi bakteri pada tangan atau bakteri patogen. Dalam pembuatan *handsanitizer* berbahan baku ekstrak daun kelor, terdapat tahap penyiapan bahan baku yang membutuhkan *pre-heater*. *Preheater* dibutuhkan dalam proses pemanasan *freshwater* untuk mengekstrak daun kelor dan menghasilkan ekstrak daun kelor yang akan melalui proses pemisahan. Tujuan dari dilakukannya perhitungan desain ini adalah untuk mendapatkan spesifikasi alat penular panas yang memenuhi kebutuhan untuk memanaskan *freshwater* sebelum masuk ke tangki ekstraksi. Dari perhitungan yang sudah dilakukan di dapatkan hasil dimensi pipa yaitu luas permukaan kalor (A) 16 ft², *design overall coefficient* 261,741 Btu/lb.ft² F, *Fouling Factor* 0,0032 J.ft².°F/Btu.

Kata kunci: *Double Pipe Heat Exchanger, Freshwater, Preheater*

ABSTRACT

Moringa leaves are plants that exist almost in Indonesia. One of the content of Moringa leaves can be used as an antiseptic that can kill bacteria. The content is in the form of flavonoids. These flavonoids are the reason for the use of Moringa leaf extract in the manufacture of hand sanitizer. Hand sanitizer is a liquid or gel that is used to reduce bacteria on hands or pathogenic bacteria. In the manufacture of hand sanitizer made from Moringa leaf extract, there is a stage of preparing raw materials that requires a pre-heater. Preheater is needed in the freshwater heating process to extract Moringa leaves and produce Moringa leaf extract which will go through the separation process. The purpose of carrying out this design calculation is to obtain a specification of a heat exchanger that meets the need to heat freshwater before entering the extraction tank. From the calculations that have been carried out, the results of the pipe dimensions are heat surface area (A) 16 ft², overall design coefficient 261.741 Btu/lb.ft² F, Fouling Factor 0.0032 J.ft².°F/Btu.

Keywords: *Double Pipe Heat Exchanger, Freshwater, Preheater*

1. PENDAHULUAN

Kebiasaan mencuci tangan menggunakan air bersih sulit untuk dilakukan sehingga diperlukan alternatif lain agar membersihkan tangan dapat dilakukan di mana saja. Salah satu alternatifnya adalah penggunaan *handsanitizer*. *Handsanitizer* umumnya mengandung etanol sebagai antiseptik. Menurut Jovie(2019), *handsanitizer* yang mengandung etanol sebesar 70% efektif dalam membunuh bakteri dan aman. Kosentrasi etanol 70% bisa

menyebabkan iritasi pada kulit menjadi kering, maka karena itu perlu di cari antiseptic berbahan alam efektif lebih aman dan mudah didapat contohnya daun kelor [1].

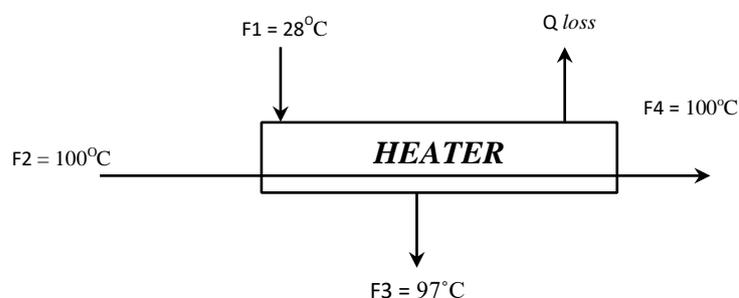
Pembuatan *handsanitizer* dari daun kelor membutuhkan beberapa tahapan proses, salah satunya adalah tahap penyiapan bahan baku. Tahap penyiapan bahan baku meliputi pengecilan daun kelor menggunakan *disk mill*. Setelah itu, daun kelor diumpungkan masuk ke tangki ekstraksi menggunakan *conveyor*. Di dalam tangki ekstraksi dilakukan penambahan *fresh water*, yang telah dipanaskan sebelumnya dengan *preheater*. Pemanasan ini bertujuan untuk mendapatkan *yield* yang lebih tinggi dalam proses ekstraksi. *Pre-heater* merupakan salah satu jenis alat penukar panas (*heat exchanger*) yang banyak digunakan dalam pemanasan.

Heat Exchanger (HE) adalah alat yang bertujuan untuk memindahkan energi (*thermal*) antara 2 atau lebih fluida, atau antara permukaan yang padat dan fluida, dengan suhu yang berbeda. Salah satu tipe HE adalah *Double Pipe Heat Exchanger* (DPHE), yang merupakan jenis dari HE yang digunakan untuk aplikasi fluida berkapasitas kecil. HE jenis ini mempunyai 2 pipa *concentric* dengan pipa bagian dalam yang polos atau ber-*fin*. Fluida 1 mengalir ke pipa bagian dalam dan fluida lainnya mengalir ke pipa *annulus* diantara pipa dalam kondisi *counter flow* [2]. HE tipe *Double Pipe Heat Exchanger* ini memiliki efektif dengan harga yang murah konstruksinya dan mudah dikerjakan [3].

Prinsip kerja dari DPHE adalah dua jenis fluida yang mempunyai suhu berbeda dialirkan ke bagian *annulus* dan *inner pipe* sehingga terjadi pertukaran kalor antara dua fluida. Fluida panas melepas kalor, sedangkan fluida dingin menyerap kalor dari fluida panas [4]. Untuk menghitung desain *pre-heater*, dalam perancangan pabrik *handsanitizer* berbahan daun kelor, membutuhkan data beberapa data yaitu suhu input T_{in} 28 °C, suhu output T_{out} 80 °C dan tekanan 1 atm. Perhitungan spesifikasi preheater didapatkan nilai ΔT_{LMTD} , U_d , dan nilai A. Kajian ini dilakukan untuk mendapatkan spesifikasi alat penukar panas yang memenuhi kebutuhan untuk memanaskan *fresh water* sebelum masuk ke tangki ekstraksi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Preheater yang digunakan dalam tahap penyiapan bahan baku utama di pabrik *handsanitizer* daun kelor melibatkan fluida dingin berupa *cooling water* dan fluida panas berupa *steam*. Perhitungan perancangan *Preheater* ini membutuhkan data-data kondisi operasi, meliputi laju alir, suhu *input*, suhu *output* serta tekanan untuk masing-masing fluida. Kondisi operasi ini digambarkan secara lengkap pada Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa kondisi operasi *preheater*

Keterangan:

F1 = *Fresh water* (fluida dingin)

F = *Steam* kondensat

F3 = *Fresh Water*

F2 = *Saturated steam* (fluida panas)

Tahapan menentukan desain alat penukar panas, adalah (1) menghitung energi yang dipertukarkan, (2) menghitung kebutuhan utilitas (*steam* atau air pendingin), (3) menentukan luas perpindahan panas HE, (4) menentukan spesifikasi dan jenis HE serta (5) menghitung *dirt factor* dan *pressure drop* untuk bagian *annulus* dan *inner pipe*.

2.1. Menghitung energi yang dipertukarkan

Energi yang dipertukarkan pada *pre-heater* dalam pembuatan *handsanitizer* daun kelor berasal dari fluida panas (*steam*) dan fluida dingin (air proses). Perhitungan energi yang dipertukarkan didasarkan pada data kondisi operasi untuk fluida dingin – air proses. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\Delta H = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (1)$$

Dengan : ΔH = energi yang dipertukarkan (kJ/jam)
 m = massa fluida dingin/fluida panas (kg/jam)
 C_p = kalor jenis benda (kJ/kg. °C)
 ΔT = perubahan suhu (°C)

Data kondisi operasi yang digunakan adalah :

t_1 = suhu fluida dingin masuk = 82,4°F
 t_2 = suhu fluida dingin keluar = 176°F
 m = massa fluida dingin = 950 kg/jam

Dengan demikian diperoleh:

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= m \cdot c_p \cdot \Delta T \\ \Delta H_1 &= 950 \times 3 \times 55 \\ \Delta H_1 &= 11927,25 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_2 &= m \cdot c_p \cdot \Delta T \\ \Delta H_2 &= 950 \times 4,185 \times 55 \\ \Delta H_2 &= 21866,2 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

$$Q \text{ kebutuhan steam} = \frac{\Delta H_1 - \Delta H_2}{0,9} \quad (2)$$

$$Q \text{ kebutuhan steam} = 229710 \text{ kJ/jam}$$

2.2. Menghitung kebutuhan utilitas

Utilitas yang dibutuhkan dalam *pre-heater* ini berupa *saturated steam* pada tekanan 1 atm, sehingga diperoleh suhu fluida panas masuk (T_1) = 97 °C dan suhu fluida panas keluar (T_2) = 97°C. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kebutuhan utilitas adalah:

$$\begin{aligned} Q \text{ steam} &= (m \times \lambda) \\ m &= \frac{Q \text{ kebutuhan steam}}{\lambda} \end{aligned} \quad (3)$$

Dengan demikian steam yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} Q \text{ kebutuhan steam} &= (m \times \lambda) \\ 229710 &= m \times 2129,67 \\ m &= 107,8617814 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Dengan demikian, Q kebutuhan steam 229710 kJ/jam, yang di konversi menjadi Q Kebutuhan Steam 217723,0173 Btu/jam.

2.3. Menentukan Luas Perpindahan Panas

Sebelum menghitung luas perpindahan panas dibutuhkan data suhu rata-rata yang dinyatakan sebagai ΔT_{LMTD} . Persamaan yang digunakan untuk menghitung ΔT_{LMTD} adalah :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad \Delta t_1 = T_1 - t_2 ; \Delta t_2 = T_2 - t_1 \quad (4)$$

Dengan : T_1 = suhu *input hot fluid* ($^{\circ}\text{F}$)
 T_2 = suhu *output hot fluid* ($^{\circ}\text{F}$)
 t_1 = suhu *input cold fluid* ($^{\circ}\text{F}$)
 t_2 = suhu *output cold fluid* ($^{\circ}\text{F}$)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung luas perpindahan panas HE adalah:

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{lmtd}} \quad (5)$$

Dengan : A = luas perpindahan panas (ft^2)
 Q_{hot} = energi yang di pertukarkan (Btu/lb)
 U_D = *design overall coefficients* (Btu/jam.ft 2 $^{\circ}\text{F}$)
 ΔT_{lmtd} = selisih suhu rata-rata ($^{\circ}\text{F}$)

Hasil perhitungan sebagai berikut:

$$A = \frac{Q_{hot}}{U_D \times \Delta T_{lmtd}} = \frac{231556,79}{216,741 \times 66,88} = 15,971 \text{ ft}^2$$

2.4. Menentukan spesifikasi alat penukar panas

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai luas perpindahan panas (A) sebesar $15,971 \text{ ft}^2$. Nilai A tersebut kurang dari 120 ft^2 , sehingga dipilih alat penukar panas tipe *double pipe heat exchanger* (DPHE). Untuk perhitungan awal dipilih DPHE dengan diameter *annulus* $2 \frac{1}{2}$ in dan diameter *inner pipe* $1 \frac{1}{4}$ in. Kern (1965), dalam Tabel 11, menunjukkan bahwa untuk ukuran pipa $1 \frac{1}{4}$ in memiliki luas permukaan $0,435 \text{ ft}^2$ tiap 1 in panjang pipa.

Dengan demikian untuk kebutuhan luas perpindahan panas $15,971 \text{ ft}^2$ dibutuhkan panjang DPHE sebesar:

$$L_{pipe} = \frac{15,971 \text{ ft}^2}{0,435 \text{ ft}^2/\text{ft}} = 36,72 \text{ ft}$$

Standar ukuran panjang dari DPHE adalah 12 ft, di mana satu rangkaian DPHE (yang disebut *hairpin*) terdiri dari dua pipa DPHE dengan panjang 24 ft. DPHE yang dibutuhkan $36,72 \text{ ft}$ dan ini dapat terpenuhi dengan dua buah *hairpin*. Total panjang dari dua buah *hairpin* menjadi 48 ft.

2.5. Menghitung *dirt factor* (Rd) dan *pressure drop* (ΔP)

Langkah perhitungan selanjutnya adalah (i) menghitung nilai *reynold's number* (N_{re}) dan koefisien perpindahan panas di bagian *annulus* dan *inner pipe*, (ii) menghitung koefisien perpindahan panas *overall* serta *dirt factor* (Rd).

Dengan trial ukuran pipa $2 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{4}$ seperti ditentukan sebelumnya, maka diperoleh :

$$\begin{aligned} A_{an} \text{ (flow area anulus)} &= 2,63 \text{ in}^2 \\ D_e \text{ (diameter ekuivalen anulus)} &= 2,02 \text{ in} \\ d_e' \text{ (diameter ekuivalen anulus)} &= 0,81 \text{ in} \\ d_{op} \text{ (diameter luar pipa)} &= 1,66 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{ip} \text{ (diameter dalam pipa)} &= 0,1065 \text{ ft}^2 \\ a'' \text{ (luas/satuan panjang)} &= 0,345 \text{ ft} \\ a_p \text{ (flow area pipa)} &= 0,00888889 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dengan data di atas didapatkan nilai N_{re} dan koefisien perpindahan panas untuk bagian *annulus* dan *inner pipe* adalah sebagai berikut.

1. Fluida dingin – di bagian *annulus*

$$\begin{aligned} \text{mass velocity : } Ga_p &= \frac{m}{a_p} & (6) \\ &= 278313,4548 \text{ lb/jam.ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{reynold's number : } N_{Re} &= \frac{Ga_p \times d_i}{\mu \times 2,42} & (7) \\ &= 23109,60778 \text{ lb/jam.ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{inside film coefficient: } h_i &= Jh \times \frac{k}{D} \times \left(\frac{Cp \mu}{k}\right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} & (8) \\ &= 1371,416988 \text{ Btu/jam.ft}^2.F \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{inside film tube side coefficient : } h_{io} &= h_i \times \frac{ID}{OD} & (9) \\ &= 1055,82585 \text{ Btu/jam.ft}^2.F \end{aligned}$$

2. Fluida panas – di bagian *pipe*

$$\text{mass velocity : } Ga_n = \frac{m}{a_{an}} = 1309,79467 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2 \quad (10)$$

$$\text{reynold's number : } N_{Re} = \frac{Ga_n \times d_e}{\mu \times 2,42} = 7540,57289 \text{ Btu/jam.ft} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{outside film coefficient : } h_o &= \frac{k}{De} \times \left(\frac{Cp \mu}{k}\right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} & (12) \\ &= 1500 \text{ Btu/jam.ft}^2.F \end{aligned}$$

Koefisien perpindahan panas *overall* (*clean overall coefficients* - U_c) untuk DPHE ini dapat dihitung berdasarkan data koefisien perpindahan panas pada *annulus* dan *inner pipe* yang diperoleh dari perhitungan di atas.

$$\begin{aligned} U_c &= \frac{h_o \times h_{io}}{h_o + h_{io}} & (13) \\ U_c &= \frac{1500 \times 1055,82}{1500 + 1055,82} = 619,65 \text{ Btu/jam.ft}^2 F \end{aligned}$$

Setelah U_c diketahui, *Dirt Factor* (R_d) dapat dihitung menggunakan nilai U_c dan U_D aktual. Nilai U_D aktual diperoleh ketika ukuran dan spesifikasi DPHE telah ditentukan. Perhitungan awal desain ini menggunakan spesifikasi DPHE 2 ½ in x 1 ¼ in, dengan panjang hairpin 48 ft. Dengan demikian luas perpindahan panas aktual dan U_D aktual dapat dihitung menggunakan persamaan – persamaan berikut.

$$\begin{aligned} A_{\text{aktual}} &= L \times a'' & (14) \\ &= 48 \text{ ft} \times 0,345 \text{ ft}^2/\text{f} = 16,65 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{D,\text{aktual}} &= \frac{Q_{\text{hot}}}{A_{\text{aktual}} \times \Delta T_{\text{LMTD}}} & (15) \\ &= \frac{231556,79}{16,56 \times 66,88} = 209,044 \text{ Btu/jam.ft}^2 F \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_d &= \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} & (16) \\ &= \frac{619,65 - 216,74}{619,65 \times 216,74} = 0,0032 \text{ ft}^2 \cdot \text{F-jam/Btu} \end{aligned}$$

Tahapan terakhir dalam desain alat penukar panas adalah memastikan *pressure drop* (ΔP) di bagian *annulus* dan *inner pipe* sesuai dengan nilai aman. *Pressure drop* di bagian *annulus* dan *inner pipe* dapat dihitung dengan persamaan - persamaan berikut:

1. Fluida dingin – di bagian *annulus*

Pressure drop di bagian *annulus* dihitung menggunakan N_{re} yang berbeda dari N_{re} yang digunakan ketika menghitung koefisien perpindahan panas. Untuk bagian *annulus* diperlukan diameter ekuivalen, yang merupakan selisih dari *inside diameter annulus* dengan *outside diameter inner pipe*. *Pre-heater* ini menggunakan DPHE dengan dimensi $2 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{4}$ in, sehingga diperoleh diameter ekuivalen (D_e') = 0,06775 ft. Dengan demikian diperoleh $N_{re}' = 30262,9525$ lb/jam.ft

$$\begin{aligned} \text{Friksi di annulus : } f_a &= 0,035 + \frac{0,264}{N_{re}'^{0,42}} \\ &= 0,035 + \frac{0,264}{30262,9525^{0,42}} = 0,00696 \end{aligned} \quad (17)$$

$$g = 4,18 \times 10^8 = 418000000 \text{ ft}^2/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Total friksi di annulus : } \Delta F_a &= \frac{4 \times f_a \times G a n^2}{2 \times g \times \rho \text{ fluida}^2 \times D_e} \\ &= \frac{4 \times 0,00696 \times 13019,74^2 \times 48}{2 \times 418000000 \times 62,5 \times 0,067} \\ &= 0,001028 \text{ Btu/jam.ft}^2 \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan fluida di annulus: } v &= \frac{G a n^2}{3600 \times \rho \text{ fluida}} \\ &= \frac{13019,74}{3600 \times 62,5} = 0,057 \text{ lb/jam.ft} \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \text{Velocity head di seluruh bagian hairpin : } F_t &= \frac{\text{total hairpin} \times v^2}{2 \times g} \\ &= \frac{1,928 \times 0,057^2}{2 \times 418000000} \\ &= 0,0008 \text{ ft}^2 \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \text{Total pressure drop di annulus : } \Delta P_a &= \frac{(\Delta F_a + F_t) \cdot \rho \text{ fluida}}{144} \\ &= \frac{(0,001028299714 + 0,00000008) \times 62,5}{144} \\ &= 0,004463 \text{ psi} \end{aligned} \quad (21)$$

2. Fluida panas – di bagian *pipe*

Perhitungan *pressure drop* di bagian *inner pipe* membutuhkan nilai N_{re} dari fluida yang terdapat di bagian *inner pipe*, yaitu *steam*.

$$\begin{aligned} \text{Friksi di inner pipe : } f_p &= 0,035 + \frac{0,264}{N_{re}^{0,42}} \\ &= 0,035 + \frac{0,264}{30262,95^{0,42}} \\ &= 0,006964345 \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \text{Total friksi di inner pipe : } \Delta F_p &= \frac{4 \times f_p \times G_p^2 \times L}{2 \times g \times \rho \text{ fluida}^2 \times D} \\ &= \frac{4 \times 0,00737 \times 278313,4548^2 \times 48}{2 \times 418000000 \times 62,5^2 \times 0,1605} \\ &= 0,3155 \text{ Btu/jam.ft}^2 \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \text{Total pressure drop di inner pipe : } \Delta P_p &= \frac{\Delta F_p \times \rho \text{ fluida}}{144} \\ &= \frac{0,3155 \times 62,5}{144} \\ &= 0,013696724 \text{ psi} \end{aligned} \quad (24)$$

Langkah-langkah perhitungan di atas dilakukan secara manual menggunakan MS Excel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan *pre-heater* dapat disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan *pre-heater*

Spesifikasi	<i>Pre-Heater</i>
Ukuran	2 ½ x 1 ¼ in
A	16 ft ²
L	144 ft
Annulus	
Nominal Pipe Size	2 ½ in
Flow area	2,63 in ²
Diameter Equivalen	2,02 in
Pressure drop	0,004463
Inner Pipe	
Nominal Pipe Size	1 ¼ in, Sch 80
Do	1,66 in
Di	1,278 in
Flow area	1,28 in ²
Pressure drop	0,013696724

Dimensi pipa yang digunakan dalam *pre-heater* dapat diketahui dengan terlebih dahulu menghitung ΔT_{LMTD} . Hasil ΔT_{LMTD} digunakan untuk menghitung nilai koefisien perpindahan panas *overall* (U_D) serta nilai luas perpindahan panas (A). Nilai luas perpindahan panas tersebut akan menentukan jenis *pre-heater* yang digunakan. Apabila nilai A kurang dari 120 ft² maka menggunakan alat penukar panas jenis *Double Pipe Heat Exchanger* (DPHE), sedangkan jika nilai A lebih dari 120 ft² menggunakan jenis *Shell and Tube Heat Exchanger* (STHE). Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa luas perpindahan panas yang diperoleh adalah sekitar 16 ft², sehingga dipilih menggunakan DPHE.

Hasil perhitungan kelayakan desain *pre-heater* dalam pabrik *hand sanitizer* daun kelor ini dapat dilihat dari parameter *fouling factor* dan *pressure drop* (ΔP). Perhitungan menunjukkan bahwa nilai sebesar 0,0032. Nilai R_d hasil perhitungan tidak memenuhi kriteria evaluasi kelayakan alat penukar panas, di mana desain alat penukar panas dapat diterima apabila nilai *dirt factor* 0,0015 sampai dengan 0,002 ft²-°F-jam/Btu [5]. *Fouling factor* ini menunjukkan nilai tahanan thermal yang terhambat karena adanya faktor pengotor di dalam alat *Heat Exchanger*. Nilai *fouling factor* dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu: jenis fluida, suhu fluida, jenis tube, dan kecepatan aliran. Waktu operasi DPHE mempengaruhi nilai faktor pengotornya. Lapisan pengotor akan bertambah dengan bertambahnya waktu operasi DPHE. Penambahan lapisan pengotor menyebabkan penambahan tahanan termal dan laju perpindahan panas pada DPHE menurun. Hal tersebut akan mempengaruhi kinerja pada *heat exchanger*, karena adanya endapan sehingga memberikan tahanan tambahan terhadap aliran panas [6]. Dengan demikian, nilai R_d dalam desain harus berada dalam nilai yang rendah sehingga pengotor yang timbul selama masa operasi masih dapat terakomodasi.

Parameter lain penentu kelayakan desain *pre-heater* dalam pabrik *hand sanitizer* ini adalah parameter *pressure drop* (ΔP). Selama fluida melewati HE, fluida akan mengalami penurunan tekanan (*pressure drop*). Secara umum, HE dapat diterima bila nilai *pressure drop* yang diijinkan untuk fluida gas dalam pipa dan annulus berkisar 1,5 – 2 psi, sedangkan untuk cairan sekitar 10 psi. *Pre-heater* dalam pabrik *hand sanitizer* ini melibatkan *steam* sebagai fluida panas di bagian *annulus* dan produk ekstrak sebagai fluida dingin di bagian *inner pipe*. Produk ekstrak berada dalam fase cair sehingga nilai *pressure drop* yang diijinkan untuk bagian *inner pipe* adalah 10 psi, dan bagian *annulus* maksimal adalah 2 psi [7].

Hasil perhitungan desain menunjukkan bahwa nilai *pressure drop* di bagian *annulus* sebesar 0,0004463 psi dan pada pipa 0,136967248 psi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kedua parameter sudah memenuhi ketentuan, di mana nilai *pressure drop* pada *annulus* di bawah 2 psi dan pada bagian *inner pipe* di bawah 10 psi. Dengan demikian, desain *pre-heater* yang dipilih, yaitu DPHE ukuran 2 ½ x 1 ¼ in, dapat digunakan dan layak pakai. Hal ini sesuai dengan hasil dari penelitian Sebayang (2019) yang menyatakan bahwa nilai *dirt factor* lebih tinggi sedikit dari *dirt factor* yang yang diijinkan masih dapat digunakan apabila nilai *pressure drop* di bagian *annulus* dan *inner pipe* masih memenuhi kriteria [8]. Dengan demikian, desain yang dipilih yaitu DPHE dengan dimensi 2 ½ x 1 ¼ in, panjang hairpin 48 ft dapat memenuhi kebutuhan *pre-heater* dalam pabrik *hand sanitizer* ini.

4. KESIMPULAN

Kajian perhitungan desain *pre-heater* dalam perancangan pabrik *handsanitizer* daun kelor menunjukkan bahwa luas perpindahan panas yang dibutuhkan adalah 16 ft². Dengan demikian jenis *pre-heater* yang dipilih adalah DPHE dengan ukuran 2 ½ x 1 ¼ in. Dimensi *pre-heater* tersebut menghasilkan nilai *fouling factor* sebesar 0,0032, *pressure drop* di bagian annulus adalah 0,004463 dan *pressure drop* di bagian *inner pipe* adalah 0,013696724 Hasil perhitungan tersebut dapat memenuhi kebutuhan *pre-heater* untuk memanaskan 950 Btu/jam fresh water dari suhu 28°F menjadi 97°F.

REFERENSI

- [1] Mien, D, J., and Sugiaty, R, J., 2021, *Pembuatan Handsanitizer Bahan Alam dan Gerakan Cuci Tangan Masyarakat Silian Minahasa Tenggara*, Jurnal Aplikasi Iptek untuk Masyarakat, Vol. 10, No. 1, 45-47.
- [2] Christian, E, A., Amalia, R., and Ghani, S, A., 2019., *Studi Eksperimen Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Performa Double Pipe Heat Exchanger*, Vol. 2, c5.1- c5.6.
- [3] Ma'm, M., 2015 *Distribusi Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Daerah Entrance Dan Fully Developed Perbandingan Empiris dan Eksperimen Pada Double Pipe Heat Exchanger*, jurnal elementer, Vol. 1, No.2
- [4] Anwar, A., Kennedy, K., 2019., *Kaji Eksperimental Pengaruh Diameter Selongsong Terhadap Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Pipa Ganda*, Jurnal Mekanikal Vol. 10, No.1.
- [5] Kern, D.Q., 1965., *Process Heat Transfer*, Inc., Japan., Vol. 250, No. 5, 462-463.
- [6] Sebayang, M., 2019., *Evaluasi Kinerja Heat Exchanger dengan Metode Fouling Faktor di Laboraturium Satuan Operasi PTKI Medan*, Jurnal Ready Star., Vol. 2, 11-15
- [7] Zain, M. Rais., Mustain, A., 2020., *Evaluasi Efisiensi Heat Exchanger (HE-4000) dengan Metode Kern.*, Vol, 6, No. 2, 451-421.
- [8] Widyasanti, A., Rahayu, A. Yanthy., and Zain, S., 2017., *Pembuatan SabunMandi*

Berbasis Virgin Coconut Oil (VCO) dengan Penambahan Minyak Melati (Jasminum Sambac) sebagai Essential Oil, Jurnal Teknotan, Vol. 11, No. 2, 1978-1067.