

STUDI PERHITUNGAN *HEAT EXCHANGER* SEBELUM CSTR (*CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR*) PADA PROSES PEMBUATAN SABUN MANDI CAIR

Lifia Surya Hanafia dan Ade Sonya Suryandari

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
lifiasurya7@gmail.com, [ade.sonya@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu penghasil Minyak Sawit terbesar di Dunia. Karena itu, pemanfaatan minyak sawit bisa digunakan dalam berbagai hal salah satunya yaitu pembuatan sabun mandi cair. Sabun adalah salah satu produk yang penting dalam kehidupan manusia saat ini. Karakteristik dari sabun mandi cair sendiri bisa berbeda-beda sesuai dengan komposisi bahan dan proses pembuatannya. Dalam proses pembuatan sabun, terdapat pemanasan awal pada CPO (*Crude Palm Oil*) terlebih dahulu menggunakan *heat exchanger*. Tujuan dari perhitungan ini dilakukan untuk menentukan spesifikasi yang baik pada alat *heat exchanger* sebelum masuk *Continuous Strried Tank Reactor* (CSTR). Dimana, proses pemanasan dilakukan terlebih dahulu agar mempermudah proses saponifikasi di dalam reaktor. Proses pemanasan tersebut dilakukan untuk menaikkan suhu bahan baku berupa CPO (*Crude Palm Oil*) mencapai 90°C. Dari perhitungan yang telah dilakukan secara manual, didapatkan hasil dimensi pipa panjang *hairpin* 12 ft, luas permukaan kalor (A) 24,2198 ft², *Design Overall Coefficient* (UD) 7,7920, dan *Fouling Factor* (Rd) 2,0179 sehingga hasil dari perhitungan belum sesuai dengan ketentuan nilai *Fouling Factor* (Rd) yang kemungkinan disebabkan adanya masalah pada suhu dan laju alir massa.

Kata kunci: sabun mandi cair, *heat exchanger*, *Shell and Tube*

ABSTRACT

Indonesia is one of the largest producers of Palm Oil in the world. Therefore, the use of palm oil can be used in various ways, one of which is making liquid bath soap. Soap is one of the most important products in human life today. The characteristics of the liquid bath soap itself can vary according to the composition of the ingredients and the manufacturing process. In the soap-making process, there is preheating of CPO (*Crude Palm Oil*) first using a *heat exchanger*. The purpose of this calculation is to determine the good specifications of the *heat exchanger* before entering the *Continuous Strried Tank Reactor* (CSTR). Where, the heating process is carried out first in order to facilitate the saponification process in the reactor. The heating process is carried out to increase the temperature of the raw material in the form of CPO (*Crude Palm Oil*) to 90 ° C. From the calculations that have been done manually, the results of the length of *hairpin* pipe dimensions are 12 ft, the heat surface area (A) is 24.2198 ft², the *Design Overall Coefficient* (UD) is 7.7920, and the *Fouling Factor* (Rd) is 2.0179. the calculation is not in accordance with the fixed value of the *Fouling Factor* (Rd) which may cause problems with temperature and mass flow rate.

Keywords: Shower gel, *Heat Exchanger*, *Shell and Tube*.

1. PENDAHULUAN

Sabun adalah salah satu produk yang penting dalam kehidupan manusia untuk membersihkan diri. Produk sabun mandi telah dikembangkan menjadi kebutuhan utama pada masyarakat. Sabun digunakan untuk mengobati penyakit seperti penyakit kulit yang disebabkan oleh jamur dan bakteri. Dengan begitu, sabun bisa digunakan untuk membersihkan tubuh yang mungkin bisa mengurangi terserangnya penyakit [1]. Namun, sebelum adanya produk sabun, bahan pembuatan sabun sudah mengalami beberapa proses. Proses pembuatan sabun cair ini, menggunakan bahan utama yaitu berupa *Crude Palm Oil* (CPO), CPO terlebih dahulu melakukan pemanasan awal sebelum memasuki reaktor. Hal ini dilakukan agar saat CPO yang masuk di reaktor bisa mengalami proses saponifikasi dengan baik.

Pengertian dari penukar panas salah satu alat yang digunakan untuk perpindahan panas, bisanya bisa bekerja sebagai pemanas ataupun pendingin [2]. Penggunaan *Heat Exchanger* dilakukan agar bisa mengatasi beberapa permasalahan seperti faktor gesekan, pola aliran fluida kerja, laju perpindahan kalor efektifitas perpindahan kalor, dan jenis *Heat Exchanger* [3]. Alat penukar panas yang paling banyak digunakan yaitu *shell and tube Heat Exchanger*. Alat ini terdiri dari sheel silinder pada bagian luarnya dan terdapat banyak tube di bagian dalamnya. *Temperature* yang berada didalam *tube* berbeda dengan *temperature* di luar tube, sehingga terjadi perpindahan panas aliran fluida di dalam *tube* dengan fluida di luar *tube* [4].

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan spesifikasi *heat exchanger* untuk memanaskan bahan utama *Crude Palm Oil* (CPO) sebelum memasuki reaktor. Perhitungan spesifikasi pre-heater sebelum *reactor* dilakukan dengan mengambil data dari perhitungan neraca panas sebelumnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Perancangan Alat Penukar panas tipe *Shell and Tube*

Sebelum mendesain alat penukar panas, membutuhkan data berupa laju aliran (*flow rate*), temperatur masuk, temperatur keluar dan tekanan operasi. Biasanya perbedaan temperatur rata-rata dinyatakan sebagai ΔT_{lmtd} . Hubungan antara besaran yaitu:

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

Sebelum menghitung luas permukaan kalor (A), maka menentukan nilai dari Δt *LMTD* terlebih dahulu [5]

$$\Delta T_{lmtd} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad \Delta t_1 = T_1 - t_2 ; \Delta t_2 = T_2 - t_1 \quad (2)$$

$$T_1 = \text{shell-side inlet temperatur } (^{\circ}\text{C})$$

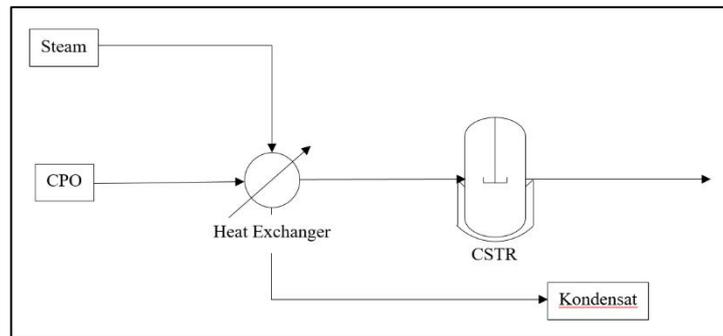
$$T_2 = \text{shell-side outlet temperatur } (^{\circ}\text{C})$$

$$t_1 = \text{tube-side inlet temperature } (^{\circ}\text{C})$$

$$t_2 = \text{tube-side outlet temperature } (^{\circ}\text{C})$$

lalu selanjutnya yaitu menghitung luas permukaan perpindahan panas menggunakan rumus (3)

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T_{lmtd}} \quad (3)$$



Gambar 1. Skema gambar aliran fluida CPO dan aliran *steam* menuju *Heat Exchanger*

2.2. Penentuan Desain Alat Perpindahan Panas

Pada perhitungan *Pre-heater*, membutuhkan data dari *temperature* fluida dingin dan fluida panas, *mass rate*, nilai kalor. Data yang didapatkan yaitu:

$$t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{cold})$$

$$t_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{cold})$$

$$T_1 = 145 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{hot})$$

$$T_2 = 145 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{hot})$$

$$\text{Mass rate} = 39,27369 \text{ Kg/jam}$$

$$Q = 392,67088 \text{ kJ/jam}$$

Dengan data diatas, dihasilkan perhitungan seperti berikut ini

$$\Delta T_{lmtd} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = 93,5795 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$UD = 500 \text{ w/m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}$$

(4)

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T_{lmtd}} = 8,85431 \text{ m}^2 = 24,21988 \text{ ft}^2$$

Dari hasil perhitungan penentuan jenis *heat exchanger*, dikarenakan nilai A kurang dari 120 ft^2 maka memakai jenis *Double pipe Heat Exchanger*. Selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *Nre*, faktor panas, dan koefisien perpindahan panas dari *trial* ukuran DPHE dan dimensi pipa. Dengan perhitungan sebagai berikut:

Dengan memakai *trial* ukuran pipa $2 \times 1 \frac{1}{4}$

$$\text{Anulus} = 1,19 \text{ in}^2$$

$$De = 0,915 \text{ in}$$

$$de' = 0,4 \text{ in}$$

dan nilai dimensi pipa memakai ukuran $1 \frac{1}{4}$

$$dop = 1,66 \text{ in}$$

$$dip = 1,38 \text{ in}$$

$$a'' = 0,345 \text{ ft}$$

$$ap = 1,5 \text{ in}^2$$

dari data diatas, dihasilkan perhitungan seperti berikut ini

- fluida dingin

$$\text{Gan} = \frac{m}{aan} = 10477,244$$

$$\text{Nre} = \frac{\text{Gan} \times de}{\mu \times 2,42} = 507,8766$$

Faktor panas ditentukan dari *figure 24* [6] didapatkan nilai 2,4

Koefisien perpindahan panas = 6,8697

- Fluida panas

$$G_{an} = \frac{m}{a_{an}} = 389,42$$

$$N_{re} = \frac{G_{an} \times d_e}{\mu \times 2,42} = 1432,5$$

Koefisien perpindahan panas = 1500 btu/lb.ft².f

Selanjutnya menghitung $\Sigma hairpin$

$$L_{pipe} = 12 \text{ ft}$$

$$1 \text{ hairpin} = 24 \text{ ft}$$

$$\Sigma hairpin = 2,92510 = 3 \text{ (pembulatan)}$$

$$L_{pipe \text{ baru}} = 1 \text{ hairpin} \times \Sigma hairpin = 72 \text{ ft}$$

- Pehitungan *Pressure Drop*

$$f_{\text{fluida dingin}} = 0,0035 + \frac{0,264}{N_{re \text{ fluida dingin}}^{0,42}} = 0,02278$$

$$f_{\text{fluida panas}} = 0,0035 + \frac{0,264}{N_{re \text{ fluida panas}}^{0,42}} = 0,016008$$

perhitungan densitas fluida dengan nilai *specific gravity* = 1

$$\rho_{\text{fluida dingin}} = \text{specific gravity} \times 62,427961 = 1 \times 62,427961 = 62,427961 \text{ g/cm}^3$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari langkah-langkah perhitungan di atas, didapatkan nilai dimensi yang sudah di ringkas di dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2. Data hasil perhitungan *Heat Exchanger* sebelum *CSTR*

Dimensi	Anulus	Pipa
IPS	2 in	1 ¼ in
Sch. No	40	40
OD	0,915 in	1,66 in
ID	0,4 in	1,38
a'	0,0104 ft ²	0,345 ft ²
ΔPa	37325,0603 psi	0,4376 psi
Panjang <i>hairpin</i>	12 ft	
A	24,21988 ft ²	
Uc	6,8384	
Ud	6,7920	
Rd	2,0179	

Perhitungan *heat exchanger* dilakukan secara manual dengan menggunakan MS Excel. Dalam penentuan jenis pipa yang digunakan, harus menghitung terlebih dahulu nilai luas permukaan (A), jika nilai A dibawah 120 ft² bisa menggunakan jenis *Double Pipe Heat Exchanger* (DPHE) sedangkan untuk nilai A diatas 120 ft² menggunakan jenis *Shell and Tube Heat Exchanger* (STHE). Dari hasil perhitungan juga didapatkan nilai ΔPa sebesar pada anulus (fluida dingin) didapatkan nilai sebesar 37325,0603 psi dan pada pipa (fluida panas) didapatkan nilai sebesar 0,4376 psi dan nilai Rd sebesar 2,0179. Dari referensi buku Kern, D.Q. [6], ketetapan nilai *fouling factor Steam Condensate*, yaitu 0,0002-0,00067.

Nilai *fouling factor* dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti jenis fluida, temperature, jenis material tube kecepatan aliran serta lamanya reaksi. Semakin lama *Heat Exchanger* digunakan, dapat menyebabkan pengotoran pada bagian dalam *Heat Exchanger*. Pengotoran ini dapat menyebabkan laju perpindahan panas pada *Heat Exchanger* bisa berkurang [7]. Dari hasil perhitungan diatas, nilai *fouling factor* pada *heat exchanger* lebih besar dari nilai *fouling factor* ketetapan. Sehingga dapat diperkirakan bahwa *Heat Exchanger* dalam kondisi kotor dan belum layak dioperasikan serta belum sesuai standar *design* yang sudah ada. Sama halnya dengan ketetapan nilai *fouling factor*, *pressure drop* juga memiliki batasan yang sudah ditetapkan agar tidak melebihi batas maksimum yang ada. Dari hasil nilai di atas, untuk fluida dingin sudah melebihi batas ketentuan sedangkan untuk fluida panas tidak melebihi nilai maksimum *pressure drop*. Sehingga, nilai dari alat penukar panas belum layak digunakan, karena salah satu nilai dari *pressure drop* diatas mencapai batas maksimum. Suhu dan laju aliran massa mempengaruhi nilai *fouling factor* dari fluida yang mengalir di *shell* ataupun *tube*. Karena itu jika suhu dan laju aliran massa fluida tidak sesuai dengan *heat Exchanger* maka diperlukan perubahan agar tidak merusak alat *Heat Exchanger* tersebut. Salah satu penyebab nilai *fouling factor* tinggi yaitu jika fluida yang mengalir di *shell* maupun *tube* mengandung kotoran (*impurities*) dapat menyebabkan terganggunya jalan perpindahan panas. Nilai faktor pengotor pada proses perpindahan panas yang berpengaruh dilihat dari kadar *impurities* umpan yang masuk *shell*. Jika suhu fluida semakin tinggi maka semakin tinggi juga faktor pengotornya, sebaliknya jika suhu fluida semakin rendah maka semakin kecil nilai faktor pengotornya. Nilai *fouling factor* berpengaruh terhadap *pressure drop*, jika semakin tinggi nilai *fouling factor* maka nilai *pressure drop* juga akan semakin tinggi.

Hairpin Heat Exchanger merupakan salah satu alat yang digunakan untuk proses perpindahan panas yang penggunaannya cukup ekonomis dan mudah dalam perawatannya. *Hairpin Heat Exchanger* cocok untuk digunakan pada *temperature* yang tinggi dan juga mudah dalam pengaplikasian dengan tekanan tinggi [8]. Sedangkan untuk menentukan panjang *hairpin* bisa menggunakan nilai 12, 15, dan 20. Agar nilai panjang pipa sesuai dengan kebutuhan, dilakukan *trial* terlebih dahulu. Perhitungan *heat exchanger* sebelum reaktor ini, dirancang untuk memanaskan bahan utama *Crude Palm Oil* (CPO) agar suhunya bisa naik menjadi 90°C. dengan adanya *heat exchanger* sebelum reaktor ini, diharapkan bisa mempermudah proses saponifikasi di reaktor.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan manual di atas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan dari spesifikasi *Heat Exchanger* didapatkan pada IPS anulus 2 in dan pipa 1 ¼ in dengan Sch. No 40 nilai OD anulus 0,915 in, pipa 1,66 in. Nilai ID anulus 0,4 in, pipa 1,38 in. Nilai *a'* anulus 0,0104 ft², pipa 0,345 ft². Nilai ΔPa anulus 37325,0603 psi, pipa 0,4376 psi. nilai panjang *hairpin*, A, Uc, Ud dan Rd secara turut menurut pada anulus yaitu 12 ft; 24,21988 ft²; 6,8384; 6,7920; dan 2,0179. Hasil perhitungan penentuan spesifikasi *Heat Exchanger* yang telah dilakukan belum sesuai dengan ketetapan nilai *Fouling factor* yang sudah ada. Hal ini kemungkinan dikarenakan adanya masalah pada suhu dan laju alir massa yang dapat mempengaruhi nilai *fouling factor* dari fluida yang mengalir *shell* ataupun *tube*.

REFERENSI

- [1] 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.
- [2] Wicaksono, C., Wijanarko, E., Simanullang, O, H., Tahad, A., 2017., *Perancangan ECO Heat Exchanger Type 1-2 Shell and Tube dan Pengaruh jumlah Baffle terhadap Transfer Panas*, Jurnal Chemurgy., Vol. 01, No. 1, Juni, 27-30.
- [3] Mufid, M., Hakim A. Rahman., Widiono, Bambang., 2019., *Pengaruh Pitch Turbulator Terhadap NTU Pada Double Pipe Heat Exchanger*, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 3, No. 1, 27-33.
- [4] Putra, I., 2017., *studi erhtiungan Heat Exchanger type Shell and Tube Dehumidifier Biogas Limbah Sawit untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biogas*, Jurnal Polimesin., Vol. 15, No. 2, Agustus, 42-49.
- [5] Nitsche, M., Gbadamosi, R.O., 2015, *Heat Exchanger Design Guide*, Inc., USA., Page 280.
- [6] Kern, D.Q., 1965., *Process Heat Transfer*, Inc., Japan., Vol. 250, No. 5, 462-463.
- [7] Zain, M. Rais., Mustain, A., 2020., *Evaluasi Efisiensi Heat Exchanger (HE-4000) dengan Metode Kern.*, Vol, 6, No. 2, 451-421.
- [8] Shalihuddin, A. Arif., Hadi, A. Teguh., Dewi, P. Prima., 2016., *Experimental Study of Heat Transfer Characteristics in The Hair-Pin Heat Exchanger.*, Portal Journals UPN "Veteran" Yogyakarta., No. C6, 1693-4393.