

ANALISIS EFISIENSI *HEATER* PADA PENGOLAHAN *STEAM* UNIT 7 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

Yunira Ayu Saputri¹, Khalimatus Sa'diyah¹, Erwan Yulianto²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia

²PT POMI, Jl. Surabaya-Situbondo KM. 141, Bhinor, Paiton, Probolinggo, Indonesia
yuniraayus@gmail.com, [khalimatus22@gmail.com]

ABSTRAK

Prinsip kerja industri pembangkit listrik tenaga uap secara umum adalah pembakaran batu bara pada *boiler* untuk memanaskan air dan mengubah air menjadi uap panas (*superheated steam*). Uap panas tersebut digunakan menggerakkan turbin dan menghasilkan tenaga listrik dari kumparan medan magnet di generator. *Heater* adalah salah satu alat penukar kalor yang banyak digunakan di industri pembangkit listrik yang berfungsi sebagai pemanas air umpan sebelum masuk ke *boiler*. Pada salah satu industri pembangkit listrik tenaga uap di Jawa Timur menggunakan dua tipe *heater* yaitu *Low Pressure Heater* (LPH) dan *High Pressure Heater* (HPH). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perhitungan neraca massa dan efisiensi kerja alat *heater* di unit 7 pada salah satu industri pembangkit listrik tenaga uap di Jawa Timur. Terdapat 11 *heater* yang digunakan pada unit 7 yaitu HPH pada *heater* 8A, 8B, 7A, 7B, 6A dan 6B, dan LPH pada *heater* 4, 3, 2, 1A dan 1B. Dari hasil perhitungan neraca massa di unit 7 didapatkan nilai neraca massa yang *balance* dimana tidak ada komponen massa yang terbuang. Sedangkan pada hasil perhitungan efisiensi *heater*, didapatkan nilai efisiensi pada HPH berkisar antara 88,16% - 92,91% sedangkan nilai efisiensi LPH berkisar antara 76,48% - 87,36%, dengan batas nilai efisiensi minimal adalah 80%. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa *heater* pada pembangkit listrik tenaga uap tersebut bekerja dengan efektif untuk mentransfer panas sehingga proses bekerja dengan baik.

Kata kunci: *Heat Exchanger, Heater, Low Pressure Heater, High Pressure Heater*

ABSTRACT

The working principle of the steam power industry in general is burning coal in a boiler to heat water and convert the water into superheated steam. The hot steam is used to drive the turbine and generate electricity from the magnetic field coils in the generator. Heater is a heat exchanger that is widely used in the power generation industry which functions as a feed water heater before it enters the boiler. In one industrial steam power plant in East Java, two types of heaters are used, namely Low Pressure Heater (LPH) and High Pressure Heater (HPH). This study aims to evaluate the calculation of the mass balance and work efficiency of the heater in unit 7 in the one of a steam power plant in East Java. There are 11 heaters used in unit 7, namely HPH on heaters 8A, 8B, 7A, 7B, 6A and 6B, and LPH on heaters 4, 3, 2, 1A and 1B. From the results of the mass balance calculation in unit 7, we get a balanced mass balance value where no energy is wasted. While the results of the heater efficiency calculation, the efficiency values for the HPH ranged from 88.16% - 92.91% while the efficiency values for the LPH ranged from 76.48% - 87.36%, with a minimum efficiency value limit of 80. %. From the calculation results it can be concluded that the heater at the steam power plant works effectively to transfer heat so that the process works well.

Keywords: *Heat Exchanger, Heater, Low Pressure Heater, High Pressure Heater*

1. PENDAHULUAN

Corresponding author: Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno-Hatta No.9, Malang, Indonesia
E-mail: khalimatus22@gmail.com

Diterima: 19 Agustus 2021
Disetujui: 25 Agustus 2021



Alat penukar kalor atau *heat exchanger* adalah suatu alat dimana di dalamnya terjadi aliran perpindahan panas diantara dua *fluida* atau lebih pada *temperature* yang berbeda [1]. Biasanya, medium pemanas memakai uap panas (*superheated steam*) sebagai pemanas, dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Alat penukar kalor sangat luas diaplikasikan dalam dunia industri seperti industri gas alam, refrigerasi, kilang minyak, pupuk, alat berat, pabrik kimia maupun petrokimia, pembangkit listrik dan lain-lain [2]. Pada salah satu industri pembangkit listrik unit 7 di Jawa Timur, *heater* dimanfaatkan sebagai alat pemanas air sebelum memasuki *boiler* [3].

Industri tersebut memanfaatkan pembakaran batu bara pada *boiler* untuk memanaskan air dan mengubah air menjadi uap yang sangat panas (*superheated steam*) yang digunakan untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan tenaga listrik dari kumparan medan magnet di generator. Pada industri tersebut dibagi menjadi dua jenis *heater*, yaitu *High Pressure Heater* (HPH) dan *Low Pressure Heater* (LPH). HPH adalah pemanas air pengisi bertekanan tinggi yang dipasang setelah *Boiler Feed Pump* (BFP), media panasnya adalah uap yang diambil dari turbin uap [4], sedangkan LPH adalah suatu alat yang digunakan untuk memanaskan air umpan pengisi *boiler* dengan memanfaatkan uap ekstraksi turbin sebelum dikondensasikan di kondensor [5].

Prinsip kerja dari LPH adalah air kondensat dialirkan di dalam pipa dan uap panas mengalir di luar pipa, prinsip kerja dari HPH sama dengan LPH, perbedaan kedua *heater* itu terdapat pada tekanan operasi dan suhu air pengisi serta sumber uap ekstraksi. Pada industri tersebut menggunakan sebelas *heater* yaitu HPH 8A, 8B, 7A, 7B, 6A, 6B dan LPH 4, 3, 2, 1A dan 1B. Jenis *heater* yang digunakan adalah *Shell and Tube Heat Exchanger*, tipe ini melibatkan *tube* sebagai komponen utamanya [6]. Sebagai salah satu komponen utama, *heater* memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga suhu air pengisi yang masuk ke dalam *boiler*, maka semakin baik nilai efisiensi dari *heater* akan meningkatkan efisiensi dari *boiler* sehingga dapat menghemat biaya operasional harian dari PLTU [7].

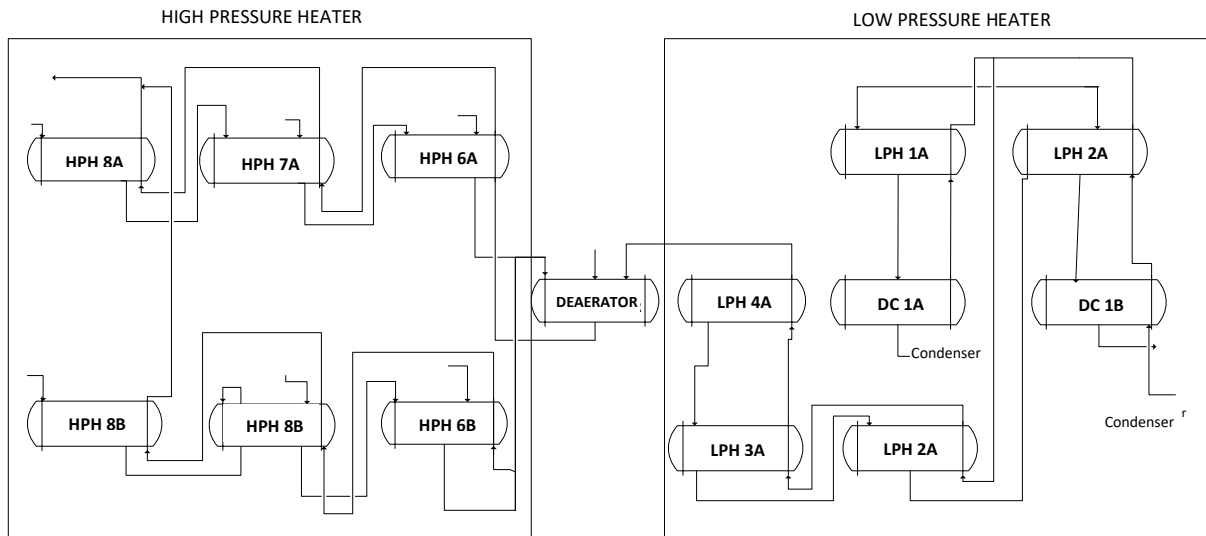
Berdasarkan data penelitian Shanahan (2020) tentang Analisis perpindahan panas dan efisiensi HPH, menyatakan bahwa perhitungan Analisis efisiensi *heater* tertinggi sebesar 69.392 % dan yang terendah sebesar 64.023 %. Nilai efisiensi tersebut tergolong rendah dibawah batas toleransi yaitu 80% [8]. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perhitungan neraca massa dan efisiensi kerja alat *heater* di unit 7 pada salah satu industri pembangkit listrik tenaga uap di Jawa Timur. Evaluasi *heater* di pembangkit listrik tenaga uap di Jawa Timur dilakukan dengan menghitung neraca massa dan menghitung efisiensi *heater*. Perhitungan neraca massa bertujuan untuk mengetahui komposisi zat yang terdapat dalam aliran, sedangkan perhitungan efisiensi *heater* digunakan untuk mengetahui efisiensi kinerja pada alat [9].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan di penelitian ini adalah metode perhitungan di mana hasilnya nanti akan menggambarkan performa efisiensi dari alat *heater* yang digunakan pada proses di industri pembangkit listrik unit 7 di Jawa Timur. Terdapat beberapa perhitungan yang harus dilakukan untuk mencari nilai efisiensi, perhitungan dilakukan dengan menggunakan data dari *Cycle Overview* di industri pembangkit listrik unit 7, langkah langkah perhitungan sebagai berikut :

- 1) Menghitung neraca massa
- 2) Menghitung properti *fluida*
- 3) Menghitung *heat balance*
- 4) Menghitung LMTD
- 5) Menghitung *caloric temperature*
- 6) Mencatat data *tube*
- 7) Mencari dan melengkapi data *shell*
- 8) Menghitung UD koreksi
- 9) Menghitung evaluasi perpindahan panas
- 10) Menghitung *Clean Overall Coefficient* (Uc)
- 11) Menghitung *Dirt Factor* (Rd)
- 12) Menghitung *Pressure Drop* (ΔP)
- 13) Menghitung Efisiensi

Berikut ini adalah rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung efisiensi *heater* pada PLTU unit 7 pengolahan steam di Jawa Timur :



Gambar 1. Blok Diagram Feed Water Heater Unit 7

➤ **Menghitung Neraca Massa**

$$\left(\begin{array}{c} \text{Massa masuk} \\ \text{(dalam suatu proses)} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Massa masuk keluar} \\ \text{suatu proses} \end{array} \right) + (\text{Massa terakumulasi}) \quad (1)$$

Jika akumulasi 0, misalnya pada proses *steady state*, maka neraca massa menjadi:

$$\text{Input} = \text{Output} \quad (2)$$

➤ **Mencari Properti Fluida**

- Mencari Tav

$$T_{av \text{ cold fluid}} \text{ (K)} = \left(\frac{\text{cold fluida in} + \text{cold fluida out}}{2} \right) + 273,15 \quad (3)$$

$$T_{av \text{ hot fluid}} \text{ (K)} = \left(\frac{\text{hot fluida in} + \text{hot fluida out}}{2} \right) + 273,15 \quad (4)$$

- Mencari Cp, K dan μ

$K_{\text{cold fluid}}$ = Konduktivitas fluida dingin (Interpolasi Tabel *Thermal Conductivity of Liquid Water*) (W/mK)

$K_{\text{hot fluid}}$ = Konduktivitas fluida panas (Interpolasi Tabel *Thermal Conductivities of Gases & Vapors*) (W/mK)

$Cp_{\text{Cold fluid}}$ = Panas Spesifik fluida dingin (Tabel *Specific Heats of Liquids*) (J/kgK)

$Cp_{\text{hot fluid}}$ = Panas Spesifik fluida panas (Tabel *Specific Heats of Gases at 1 atm*) (J/kgK)

- Mencari μ (viskositas)

$\mu_{\text{cold fluid}}$ = Viskositas fluida dingin (Ns/m²)

$$\mu_{hot\ fluid} = \text{Viskositas fluida panas (Ns/m}^2\text{)}$$

➤ **Heat Balance (Untuk Mendapatkan Massa Fluida dan Q)**

$$Q_{hot\ fluid} = Q_{cold\ fluid} \quad (5)$$

$$Q_{hot\ fluid} = m \cdot Cp \cdot \Delta T \quad (6)$$

$$Q_{cold\ fluid} = m \cdot Cp \cdot \Delta T \quad (7)$$

$$m_{cold\ fluid} = \frac{Q_{cold\ fluid}}{Cp_{cold\ fluid} \times (T1_{cold\ fluid} - T2_{cold\ fluid})} \quad (8)$$

Keterangan :

$$Q = \text{k calor (J)} \quad Cp = \text{k calor jenis (J/kg}^\circ\text{K)}$$

$$m = \text{massa (kg)} \quad T = \text{suhu (}^\circ\text{K)}$$

➤ **LMTD**

$$\Delta LMTD = \frac{T1 - T2}{2,3 \times \text{Log}(T1 - T2)} \quad (9)$$

$$R = \frac{T1_{in} - T2_{out}}{t2_{out} - t1_{in}} \quad (10)$$

$$\Delta T = \Delta LMTD \times Ft \quad (11)$$

$$S = \frac{t2_{out} - t1_{in}}{T1_{in} - t1_{in}} \quad (12)$$

Keterangan :

$$LMTD = \text{Log Mean Temperature Difference (}^\circ\text{K)} \quad T = \text{Suhu fluida panas (}^\circ\text{K)}$$

$$R \text{ dan } S = \text{Temperature group dimensionless} \quad t = \text{Suhu fluida dingin (}^\circ\text{K)}$$

$$F_t = \text{Factor temperature dimensionless}$$

➤ **Caloric Temperature**

$$\text{range temp oil} = t2 - t1 \quad (13)$$

$$\Delta tc / \Delta th = \text{Diff } T2 - \text{Diff } T1 \quad (14)$$

$$Tc = \frac{T1_{hot\ fluid} + T2_{hot\ fluid}}{2} \quad (15)$$

$$tc = \frac{T1_{cold\ fluid} + T2_{cold\ fluid}}{2} \quad (16)$$

Keterangan :

$$Tc = \text{Temperature caloric fluida panas (}^\circ\text{K)}$$

$$tc = \text{Temperature caloric fluida dingin (}^\circ\text{K)}$$

➤ **Mencari Diameter Shell dan Melengkapi data Shell yang diketahui**

$$A = \frac{Q_{hot\ fluid}}{UD - \Delta LMTD} \quad (17)$$

$$Nt = \frac{A}{(a'' \times L)} \quad (18)$$

Keterangan :

$$A = \text{Area transfer panas (m}^2\text{)} \quad L = \text{Panjang tube (m)}$$

$$Q = \text{Kalor (J/kg}^\circ\text{K)} \quad Nt = \text{Number of tubes}$$

$$a'' = \text{luas permukaan tube (m}^2\text{/m)}$$

$$LMTD = \text{Log Mean Temperature Difference (}^\circ\text{K)}$$

➤ **Menghitung UD Koreksi**

$$UD \text{ Koreksi} = \frac{Nt}{Nt \text{ Standart}} \times UD \quad (19)$$

Keterangan :

$$UD = \text{Koefisien Design Overall (J/hm}^\circ\text{K)}$$

➤ **Evaluasi Perpindahan Panas**

• *Shell*

$$A_s = \frac{IDS \times C \times B}{n' \times Pt \times 144} \quad (20)$$

$$G_s = \frac{m_{hot}}{A_s} \quad (21)$$

$$Nre = \frac{G_s \times ds}{\mu_{cold} \times 2,42} \quad (22)$$

Keterangan :

- G_s = Kecepatan aliran massa (kg/m^2) Nre = Bilangan Reynold
 ds = diameter *shell* (m) m = massa (kg)
 n = jumlah pipa dalam tabung ID = Diameter dalam *shell* (m)
 C = Jarak antar *tube* (m) B = Jarak *Baffle* (m)
 Pt = *Tube pinch* (m)
 A_s = Luas permukaan perpindahan kalor total (m^2)

• *Tube*

1. Menghitung Nre

$$A_p = \frac{Nt \times a'}{n \times 144} \quad (23)$$

$$G_p = \frac{m_{cold}}{A_p} \quad (24)$$

$$Nre = \frac{G_p \times Di}{cp_{cold} \times 2,242} \quad (25)$$

2. Menghitung Koefisien Perpindahan Panas

$$h_i/\phi_t = J_h \times \frac{K_{cold}}{0,13883} \quad (26)$$

$$h_{io}/\phi_t = h_i/\phi_t \times \frac{0,115}{0,13883} \quad (27)$$

$$tw = tc \times \frac{h_o}{\left(\frac{h_{io}}{\phi_t} + J_h\right)} \times (tc - Tc) \quad (28)$$

$$\phi_t = \left(\frac{\mu_{cold}}{\mu_w}\right)^{0,14} \quad (29)$$

$$h_i = \frac{h_i}{\phi_t} \times \phi_t \quad (30)$$

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi_t} \times \phi_t \quad (31)$$

Keterangan :

- N = jumlah *tube passes* G_p = *Mass Velocity* ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$)
 m = massa (kg) Di = *Inside diameter* (m)
 a' = *internal area* h_i = *Inside film coefficient*
 h_o = *Outside film coefficient* tw = *temperature dinding tube* ($^{\circ}\text{K}$)

➤ **Menghitung Clean Overall Coefficient (U_c)**

$$U_c = \frac{h_o \times h_{io}}{h_o + h_{io}} \quad (32)$$

Keterangan :

- U_c = *Clean Overall Coefficient* ($\text{J}/\text{m}^2\text{s}^{\circ}\text{K}$)

➤ **Menghitung *Dirt Factor* (Rd)**

$$Rd = \left(\frac{Uc + Ud \text{ Koreksi}}{Uc \times Ud \text{ Koreksi}} \right) - \frac{0,1}{0,01} \quad (33)$$

Keterangan :

Rd = *Fouling Factor* (m²s⁰K/J)

➤ **Menghitung *Pressure Drop* (ΔP)**

• *Shell*

1. Menghitung Nre

$$Nre = \frac{Gp \times Di}{cp_{cold} \times 2,242} \quad (34)$$

$$Gs = \frac{m_{hot}}{As} \quad (35)$$

2. menghitung harga N+1

$$N + 1 = \frac{12 \times L}{B} \quad (36)$$

3. mencari ΔP karena panjang *shell*

$$\Delta Ps = \frac{F \times (Gs^2) \times IDS \times (N+1)}{5,22 \times (10^{10}) \times De \times S \times \phi s} \quad (37)$$

Keterangan :

ΔPs = *Total Pressure drop* (psi)

F = *Friction factor*

Gs = *Mass velocity* (kg/m²s)

s = *Specific gravity*

N + 1 = jumlah lintasan aliran melalui *baffle*

• *Tube*

1. Menghitung Nre

$$Nre = \frac{Gp \times Di}{cp_{cold} \times 2,242} \quad (38)$$

$$Gp = \frac{m_{cold}}{AP} \quad (39)$$

2. Mencari Δp karena panjang *tube*

$$\Delta Pt = \frac{F \times (Gs^2) \times IDS \times (N+1)}{5,22 \times (10^{10}) \times De \times S \times \phi s} \quad (40)$$

3. Mencari ΔP karena *tube passes*

$$\Delta Pn = 4 \times \frac{n}{s} \times v^2 / 2g \quad (41)$$

4. Menghitung ΔP total

$$\Delta P \text{ total} = \Delta Pt + \Delta Pn \quad (42)$$

Keterangan :

ΔPt = *Total pressure drop tube* (psi)

F = *friction factor*

Gt = *Mass velocity* (kg/m²s)

s = *specific gravity*

D = *Inside diameter* (m)

n = jumlah *pass tube*

V = *velocity head*

➤ **Menghitung Efisiensi**

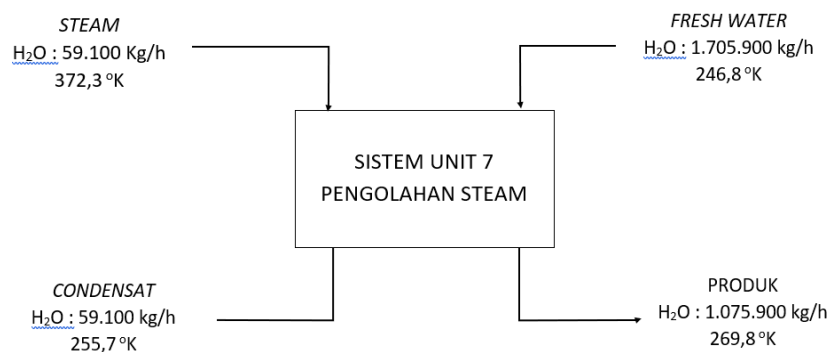
• $Q_{water} = m_{hot \ fluid} \times Cp_{hot \ fluid} \times \Delta T_{hot \ fluid} \quad (43)$

- $Q_{steam} = m_{cold\ fluid} \times C_{p\ cold\ fluid} \times \Delta T_{cold\ fluid}$ (44)
- $Losses = \frac{Q_{steam} - Q_{water}}{Q_{steam}}$ (45)
- $Q_{losses} = Losses \times (Q_{water} - Q_{steam})$ (46)
- $Q_{Transfer} = Q_{losses} - (Q_{water} - Q_{steam})$ (47)
- Efisiensi = $\frac{Q_{Transfer}}{(Q_{water} - Q_{steam})} \times 100\%$ (48)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Evaluasi Neraca Massa Unit 7

PLTU merupakan suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang mengkonversikan energi kimia menjadi energi listrik dengan menggunakan uap air sebagai *fluida* kerjanya, yaitu dengan memanfaatkan energi kinetik uap untuk menggerakkan turbin. Untuk mengetahui efisiensi *heater* maka dilakukan perhitungan neraca massa (*mass balance*) terlebih dahulu, perhitungan neraca massa digunakan untuk mengetahui komposisi komponen yang terdapat dalam aliran dan kapasitas dari peralatan proses yang digunakan [11]. Dari hasil perhitungan di dapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 1. Blok diagram sistem unit 7 pengolahan steam

Tabel 1. Tabel Hasil Perhitungan Neraca Massa Unit 7

Komponen	Massa Masuk				Massa Keluar			
	Fresh Water		Steam		Produk		Condensat	
	m (kg/jam)	xm	m (kg/jam)	xm	m (kg/jam)	xm	m (kg/jam)	xm
H ₂ O	1.075.900	1	59.100	1	1.075.900	1	59.100	1
Total	1.135.000				1.135.000			

Keterangan :

m : laju alir massa (kg/jam) xm : fraksi massa

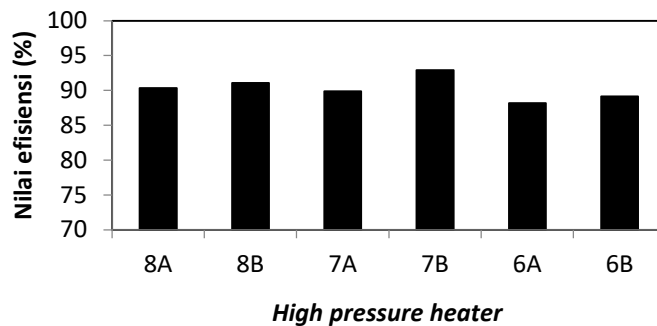
Dari hasil perhitungan neraca massa di salah satu PLTU unit 7 di Jawa Timur dengan menggunakan basis 1 jam operasi dan melalui sistem *steady state*, didapatkan hasil laju alir massa masuk sebesar 1.135.000 kg/jam dan laju alir massa keluar sebesar 1.135.000 kg/jam. Hasil tersebut telah sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa nilai akumulasi 0 pada keadaan *steady state*, sehingga nilai neraca massa masuk sama dengan nilai neraca massa keluar. Anggaria [12] melakukan penelitian dengan basis 1 jam operasi didapatkan nilai laju alir massa masuk sebesar 1.217.490 kg/jam dan laju alir massa keluar sebesar 1.217.419 kg/jam. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut, proses

yang berlangsung di PLTU Unit 7 sudah termasuk baik karena didapatkan hasil neraca massa yang *balance* sehingga menunjukkan bahwa tidak ada massa yang terbuang selama proses berlangsung.

Neraca massa merupakan perincian banyaknya bahan-bahan yang masuk, keluar dan menumpuk dalam suatu alat permroses. Perhitungan ini diperlukan untuk pembuatan neraca energi, perhitungan rancangan alat dan evaluasi kinerja suatu alat. Neraca massa pada suatu proses digunakan untuk mengontrol bahan yang masuk dan keluar, menghitung kapasitas dari peralatan yang digunakan serta untuk mengetahui efisiensi dari suatu proses [10].

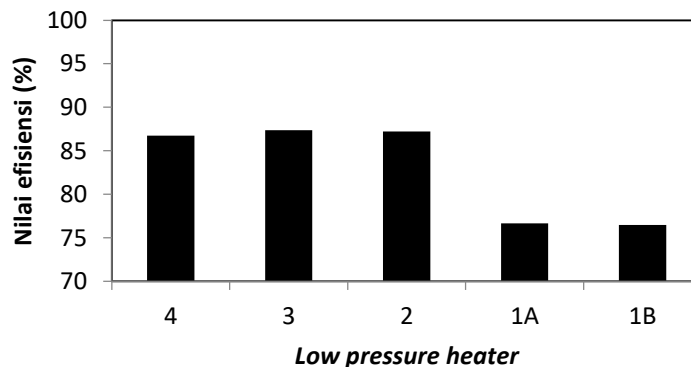
3.2 Evaluasi Perhitungan Efisiensi Heater Unit 7

Hasil perhitungan efisiensi pada High Pressure Heater (HPH) dan Low Pressure Heater (LPH) yang ada di PLTU Unit 7 di Jawa Timur didapatkan hasil sebagai berikut sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik hubungan antara HPH dan nilai efisiensi heater

Berdasarkan Gambar 3 didapatkan nilai efisiensi pada HPH berkisar antara 88,1662%-92,9069%. Nilai efisiensi heater di PLTU unit 7 masih dalam batas toleransi sehingga masih layak untuk di operasikan, batas nilai efisiensi yang ditoleransi pada alat heater minimal adalah 80% [14]. Semakin baik nilai efisiensi dari HPH akan meningkatkan efisiensi dari boiler sehingga dapat mengemat biaya operasional dari PLTU [15]. Perpindahan panas yang tidak merata dan *pressure drop* yang berbeda dapat menyebabkan perbedaan nilai efisiensi pada HPH [16].



Gambar 4. Grafik hubungan antara LPH dan nilai efisiensi heater

Berdasarkan Gambar 4 didapatkan nilai efisiensi LPH berkisar antara 76,4823%-87,3586%. Nilai efisiensi LPH pada PLTU Unit 7 masih dalam batas toleransi sehingga

masih tergolong cukup baik untuk dioperasikan. Semakin besar nilai efisiensinya maka kemampuan mentransfer panas ini akan semakin baik karena nilai laju perpindahan panas aktualnya mendekati jumlah energi panas yang dapat dipindahkan [15]. Nilai efisiensi yang berbeda-beda dapat disebabkan perpindahan panas yang tidak merata dan *pressure drop* yang berbeda [16].

Dapat dilihat dari kedua grafik efisiensi LPH dan HPH, nilai efisiensi HPH lebih tinggi dari LPH dikarenakan LPH hanya sebagai pemanfaatan panas sisa yang bertujuan untuk mendukung kinerja HPH agar pemanasannya lebih efisien dengan mekanisme kerja LPH yaitu menaikkan suhu *feed water heater* dengan memanfaatkan panas sisa dari proses [17]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Budiman [18], didapatkan hasil efisiensi efektif tertinggi pada (HPH) sebesar 69.392 % dan yang terendah sebesar 64.023 % pada (LPH). Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Budiman, penelitian yang dilakukan di PLTU unit 7 Jawa Timur memiliki nilai efisiensi yang lebih besar. Nilai efisiensi yang tinggi menunjukkan bahwa alat *heater* bekerja secara maksimal sehingga pertukaran panas antara *fluida* pemanas dan *fluida* dingin berjalan dengan maksimal. Penyerapan panas yang kurang maksimal antara *fluida* pemanas (*High Diesel Oil*) dengan *fluida* dingin (*Naphtha*) terjadi karena adanya kotoran dan deposit yang menempel pada *tube* [19].

Faktor lain yang menyebabkan efektifitas *heater* menurun dikarenakan semakin lama *heater* digunakan akan menyebabkan terjadinya *fouling* (pengotoran) di bagian dalam *heater*. Semakin besar *fouling* yang terjadi akan menyebabkan terjadi penurunan kinerja heat exchanger seperti besarnya laju perpindahan panas aktual dan efektivitas. Dari hasil penelitian dapat diketahui *heater* di salah satu PLTU unit 7 di Jawa Timur masih layak dan efisien untuk digunakan [20].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Hasil perhitungan neraca massa di salah satu PLTU unit 7 di Jawa Timur dengan menggunakan basis 1 jam operasi dan melalui sistem *steady state*, di dapatkan hasil nilai neraca massa di unit 7 *balance* yaitu nilai laju alir massa masuk 1.135.000 kg/jam dan laju alir massa keluar 1.135.000 kg/jam. Seimbangnya jumlah neraca massa masuk dan neraca massa keluar menunjukkan bahwa selama proses berlangsung tidak ada massa yang terbuang dan proses berjalan dengan baik.

Hasil perhitungan nilai efisiensi *heater* yang didapat pada unit tersebut masih dalam batas toleransi yaitu 80%, untuk nilai efisiensi HPH berkisar antara 88,1662%-92,9069% sedangkan nilai efisiensi LPH berkisar antara 76,4823%-87,3586%. *Heater* pada industri tersebut bekerja secara maksimal sehingga pertukaran panas antara *fluida* pemanas dan *fluida* dingin berjalan dengan baik.

4.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya, pengambilan data sebaiknya disertai dengan gambar alat di lapangan dan harus lebih memahami proses yang terjadi dengan baik dan benar.

REFERENSI

- [1] Denny, Serfirah, S., 2015, *Analisis Perpindahan Panas Performa Low Pressure Heater*

- PLTU Unit III Di PT.PJB UP Gresik*, Vol. 05, No. 1, 273–279.
- [2] Studies, E., 2017, *Analisis Efisiensi Efektifitas High Pressure Heater (HPH) Tipe Vertikal U Shape Di Pembangkit Lisrik Tenaga Uap Amurang Unit 1*, Vol. 7, No. 1, 623–633.
- [3] Sahid, B.P., 2016, *Heat Rate Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton Baru (Unit 9) Berdasarkan Performance Test Tiap Bulan Dengan Beban 100%*, *Jurnal Teknik Energi*, Vol. 12, No. 2, 30–36.
- [4] Gahana, D., 2019, *Analisis Kinerja High Pressure Heater (Hph) Tipe Shell and Tube Heat Exchanger*, *Journal of Science and Application Technology*, Vol. 2, No. 1, 23–33.
- [5] Sutowo, C., 2012, *Analisis Heat Exchanger Jenis Sheel and Tube Dengan Sistem Single Pass*, *Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta*, Vol. 1, No. 2, 1-9.
- [6] Riska, Simanjuntak, Y.M. dan Taufiqurrahman, M., 2019, *Studi Nilai Efisiensi Termal Penggunaan Feed Water Heater*, *Jurnal Universitas Tanjung Pura*, Vol. 1, No. 1, 1-8
- [7] Barun, A. dan Rukmana, E., 2015, *Analisis Performansi Pada Heat Exchanger Jenis Shell And Tube Tipe BEM Dengan Menggunakan Perubahan Laju Aliran Massa Fluida Panas (Mh)*, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 1, No. 2, 1–7.
- [8] Shanahan, R., 2020, *Studi Literatur Tentang Efektivitas Alat Penukar Panas Shell and Tube 1-1 Sistem Fluida Gliserin – Metanol Dengan Aliran Counter Current*, *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, Vol. 6, No. 2, hal. 164–170.
- [9] Geankoplis, C.J., 2003 *Unit Operation*, Vol. 4, hal. 952.
- [10] Kern D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company.
- [11] Munawaroh, S.I., Azizah, N., 2020, *Perhitungan Neraca Massa Dan Neraca Energi Evaporator Pada Unit Kilang Ppsdm Migas Cepu*, *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, Vol. 7, No. 1, 13–19.
- [12] Anggari, V.S., 2019, *pehitungan neraca massa, neraca panas dan efisiensi pada heat exchanger*, *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, Vol. 3, No. 1, 1-7.
- [13] Muhammad, A. dkk., 2019, *Analisis Rugi-Rugi Energi Listrik Pada Jaringan Distribusi (JTM) Di PT. PLN (Persero) Area Gorontalo*, *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, Vol. 7, No. 3, 295–302.
- [14] Herbirowo, S. dan Ismail, I., 2018, *Analisis Kerusakan Material pada High Pressure Heater Terhadap Sumbatan Produk Korosi di Pembangkit Tenaga Uap*, *Nasional Sains dan Teknologi*, Vol. 1, No. 1, 1–5.
- [15] Kartawijaya, H., 2018, *Evaluasi Kinerja Heat Exchanger 11E-25 Pada Preheating Section*, *Teknik Kimia*, Vol. 5, No. 1, 12-17.
- [16] Laila, L. dan Alamsyah, S., 2020, *Kajian Pengaruh Tekanan Kerja Steam pada Mesin Steam Heater Terhadap Kadar Air Kernel di Pabrik Kelapa Sawit*, Vol. 2, No. 2, 1–8.
- [17] Unit, P., 2018, *Kata kunci : Turbin, Boiler, HPH, LPH, Condenser, Penurunan Performansi, efficiency*, Vol. 1, No. 3, 1-6.
- [18] Budiman, A., Syarief, A. dan Isworo, H., 2014, *Analisis Perpindahan Panas dan Efisiensi Efektif High Pressure Heater (HPH) di PLTU Asam-Asam*, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*, Vol. 03, No. 2, 76–82.
- [19] Muchammad., 2017, *Analisis Penurunan Performa Heat Exchanger Stabilizer Reboiler 011e120 di PT. Pertamina Refinery Unit IV Cilacap*, *J. Arika*, Vol. 13, No. 2, 72–77.
- [20] Johan Siburian, I Nyoman Suprpta Winaya, K.A., 2019, *Pengaruh Pemeliharaan Air Heater Terhadap Efisiensi Boiler PLTU Unit 4 UP Muara Karang Johan Siburian*, Vol. 8, No. 4, 726–732.