Kajian Pengaruh Tekanan Kerja *Steam* pada Mesin *Steam Heater* terhadap Kadar Air Kernel di Pabrik Kelapa Sawit

Lia Laila¹, Saddam Alamsyah¹

¹Teknologi Pengolahan Sawit, Institut Teknologi Sains Bandung
Jl. Ganesha Boulevard, Lot-A1 CBD Kota Deltamas, Cikarang Pusat, Bekasi
Email: lia.laila131@gmail.com

Abstrak

Pabrik Kelapa Sawit Bumi Palma merupakan sebuah pabrik yang memproduksi *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Palm Kernel* (PK). Kernel yang dihasilkan industri sawit mengalami peningkatan permintaan dari berbagai sektor industri sebagai bahan baku pembuatan produk sabun, oleokimia, minyak nabati, dan lain-lain. Salah satu parameter keberhasilan kernel sesuai SOP (Standar Operasional Prosedur) PT SMART Tbk yaitu memiliki nilai kadar air (*moisture*) sebesar (6-7)%. *Moisture* kernel produksi dipengaruhi mesin *steam heater*. Mesin *steam heater* berfungsi untuk proses pengeringan kernel dengan bantuan uap (*steam*) yang diubah menjadi udara panas bertemperatur (80-100)°C. Salah satu persoalan yang sering terjadi pada proses pengeringan ini adalah tidak tercapainya kualitas kadar air (*moisture*) kernel yang sesuai nilai standar parameter. Jika nilainya kurang dari 6% akan mengakibatkan kerugian untuk perusahaan karena kernel yang terlalu kering mengurangi tonase timbangan, sedangkan jika nilainya lebih dari 7% maka kernel lebih mudah berjamur selama penyimpanan sebelum kernel diolah menjadi minyak kernel. Penyimpanan kernel dengan kadar air tinggi sebelum didistribusikan memengaruhi produksi minyak kernel di tahap pengeringan (*kernel dryer*) pada pengolahan minyak kernel. Proses pengeringan kernel dipengaruhi oleh jumlah *steam* yang masuk, tekanan kerja *steam* dan temperatur *steam* di mesin *steam heater*. Oleh karena itu, diperlukan penentuan pengaturan tekanan kerja *steam* di mesin *steam heater* yang tepat melalui bukaan *valve inlet steam* dari *Back Pressure Vessel* (BPV). Metode yang dilakukan yaitu (1) mengumpulkan data terkait (2) menghitung efisiensi mesin *steam heater* (3) melakukan pengaturan penyaluran input *steam* ke mesin *steam heater* (4) membandingkan *moisture* kernel produksi sebelum dan sesudah dilakukan pengaturan penyaluran input *steam* ke mesin *steam heater*. Dari hasil pengkajian menyatakan bahwa pengaturan bukaan *valve* yang tepat untuk menghasilkan *moisture* kernel yang sesuai standar yakni berada di tekanan kerja *steam* (2,8-3,0) bar. Kadar air *kernel* yang sesuai standar meningkat dari 50% menjadi 56,5%.

Kata kunci: Kernel, mesin *steam heater*, *moisture* kernel, tekanan kerja *steam*, efisiensi mesin

1 Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara pengekspor *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia. CPO diolah dari Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang tersebar di Indonesia. Selain menghasilkan CPO, PKS juga menghasilkan *kernel* atau inti sawit. *Kernel* selanjutnya diolah menjadi *Palm Kernel Oil* (PKO) atau minyak *kernel*. PKO berguna sebagai bagian dari penghasil produk industri sawit berupa *oleofood* dan *oleochemical*.

Kualitas *kernel* yang baik menjadi tolok ukur untuk menghasilkan kualitas PKO yang baik atau sesuai standar. *Kernel* yang dihasilkan dari proses pengolahan memiliki beberapa nilai parameter keberhasilan yaitu kadar air (6-7)%, kotoran (5-6)%, dan *kernel* pecah $\leq 15\%$ (SOP PT SMART, 2013).

Salah satu permasalahan yang dihadapi PKS adalah masih adanya parameter kualitas *kernel* yang tidak sesuai nilai standarnya, yaitu kadar air (*moisture*) *kernel*. Jika nilainya kurang dari 6% dapat mengakibatkan kerugian untuk perusahaan karena *kernel* yang terlalu kering mengurangi tonase timbangan, sedangkan jika nilainya lebih dari 7% maka *kernel* lebih mudah berjamur selama penyimpanan sebelum *kernel* diolah menjadi minyak *kernel*.

Proses pengeringan *kernel* dipengaruhi oleh jumlah *steam* yang masuk, tekanan kerja *steam* dan temperatur *steam* di mesin *steam heater*. Mesin *steam heater* adalah mesin yang berprinsip kerja penukar panas dan memiliki kumparan pemanas (*heating coils*) yang akan mengkonversi *steam* menjadi udara panas untuk diteruskan melalui *fan heater* ke *kernel drier* dalam proses pengeringan *kernel*.

Mesin *steam heater* memiliki pengaruh terhadap keberhasilan *kernel* produksi yang dihasilkan agar kadar air sesuai parameter standar. Untuk mencapai parameter tersebut dibutuhkan laju panas pengeringan yang tepat sesuai dengan standar pembagian uap yang dihasilkan dari boiler ke *Back Pressure Vessel* (BPV) dan selanjutnya diteruskan ke mesin *steam heater* di stasiun *nut* dan *kernel*. Mesin *steam heater* menerima input uap sesuai pembagian uap yang sudah ditentukan berdasarkan efisiensi kerja pabrikasi mesin, namun berjalan seiringnya waktu mesin *steam heater* ini mengalami penurunan efisiensi kerja dan laju *heat transfer*

dari uap tidak maksimal lagi dengan dihambat adanya faktor-faktor yang memengaruhi laju *heat transfer*. Oleh karena itu, perlu adanya kajian pengaturan penyesuaian input uap dari BPV ke mesin *steam heater* berdasarkan perhitungan efisiensi kerja mesin. Pengaturan input uap ini akan berpengaruh pada tekanan kerja *steam* pada mesin *steam heater*. Tekanan kerja *steam* yang tepat diharapkan dapat menghasilkan *kernel* produksi yang memenuhi SOP, khususnya standard parameter keberhasilan pada kadar air *kernel*.

1.2. Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa efisiensi mesin *steam heater* yang ada di PKS?
2. Bagaimana hubungan antara tekanan kerja *steam* mesin *steam heater* terhadap kadar air *kernel*?
3. Apa saja faktor yang dapat mempengaruhi laju perpindahan panas pada mesin *steam heater*?

1.3. Batasan Masalah

Data pada penelitian ini diambil dari stasiun *nut* dan *kernel* pada mesin *steam heater* PKS Bumi Palma PT SMART Tbk.

2 Tinjauan Pustaka

Penelitian sebelumnya menganalisis kinerja *heat exchanger shell and tube* pada sistem COG booster di *Integrated Steel Mill* Krakatau (Sudrajat, 2017) dan melakukan perancangan *heater* sebagai elemen pemanas untuk mengubah kualitas uap refrigeran pada alat uji pengukuran koefisien perpindahan kalor evaporasi dengan refrigeran R-134a (Luthfi, Santosa, & Thoharudin, 2017).

2.1. Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu atau teori yang menjelaskan tentang keberjalanan suatu energi dalam (energi panas) yang dikarenakan adanya perbedaan temperatur (Moran, Shapiro, Munson, & DeWitt, 2003). Secara umum, terdapat 3 (tiga) jenis perpindahan panas yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.2. Penukar Panas (*Heat Exchanger*)

Penukar panas (*heat exchanger*) adalah suatu alat yang dimana terjadi aliran perpindahan panas diantara dua fluida atau lebih pada temperatur yang berbeda (Sudrajat, 2017), dimana kedua fluida tersebut mengalir didalam sistem. Fluida yang bertemperatur lebih tinggi akan mengalirkan panas ke fluida yang bertemperatur lebih rendah. *Heat exchanger* dibagi menjadi 3 (tiga) jenis berdasarkan fungsional dan arah aliran fluidanya yaitu *parallel flow*, *counter flow*, dan *shell and tube*.

2.2.1. *Shell and Tube*

Shell and tube merupakan jenis *heat exchanger* yang umum untuk pembangkit listrik dan aplikasi industri besar. *Shell and tube* memiliki konsep kerja yaitu terdapat satu *body* mesin tertutup (*shell*) dengan banyak tabung didalamnya, serta aliran fluidanya menjadi satu melewati *shell* tersebut, terdapat pula siku/sekat (*baffles*) yang biasanya dipasang untuk meningkat koefisien konveksi sisi *shell* dengan menginduksi turbulensi dan kecepatan *cross-flow*.

2.2.2. Perhitungan Efisiensi Kerja Mesin Steam Heater

Beberapa perhitungan yang dilakukan dalam kajian penelitian ini mengenai efisiensi kerja mesin *steam heater* tipe *shell and tube* diantaranya sebagai berikut:

- a. Perhitungan kebutuhan panas fluida (*steam* dan udara) mesin *steam heater*

$$Q = m \times c \times \Delta T = m_f \times \rho_f \times c_{p,f} \times \Delta T \quad (1)$$

dimana:

Q = Kebutuhan panas fluida (kJ/s)
m_f = Laju aliran fluida (m³/jam)
ρ_f = Massa jenis fluida (kg/m³) = 1,2 kg/m³
c_{p,f} = Kalor jenis fluida (kJ/kg°C)
ΔT = Perbedaan temperatur fluida (°C)

- b. Perhitungan laju aliran fluida

$$\dot{m}_f = \frac{Q}{h_{fg}} \quad (2)$$

dimana:

ṁ_f = Laju aliran massa fluida (kg/s)
Q = Kebutuhan panas fluida (kJ/s)
h_{fg} = Entalpi penguapan fluida (kJ/kg)

- c. Perhitungan laju perpindahan panas aktual

$$Q_{akt} = C_c \times (T_{h2} - T_{h1}) \quad (3)$$

Atau

$$Q_{akt} = C_h \times (T_{c2} - T_{c1}) \quad (4)$$

dimana:

Q_{akt} = Laju perpindahan panas aktual (W)
C_c = Laju kapasitas panas udara (W/°C)
C_h = Laju kapasitas panas *steam* (W/°C)
T_{h1} = Temperatur *steam* masuk mesin *steam heater* (°C)
T_{h2} = Temperatur *steam* keluar mesin *steam heater* (°C)
T_{c1} = Temperatur udara masuk mesin *steam heater* (°C)
T_{c2} = Temperatur udara keluar mesin *steam heater* (°C)

- d. Perhitungan laju perpindahan panas maksimal

$$Q_{maks} = C_{min} \times (T_{h1} - T_{c1}) \quad (5)$$

dimana:

Q_{maks} = Laju perpindahan panas aktual (W)
C_{min} = Laju kapasitas panas udara (W/°C)
T_{h1} = Temperatur *steam* masuk mesin *steam heater* (°C)
T_{c1} = Temperatur udara masuk mesin *steam heater* (°C)

- e. Perhitungan laju kapasitas panas

$$C_h = \dot{m}_h \times C_{p,h} \quad (6)$$

atau

$$C_c = \dot{m}_c \times C_{p,c} \quad (7)$$

dimana:

C_h = Laju kapasitas panas *steam* (W/°C)
C_c = Laju kapasitas panas udara (W/°C)
ṁ_h = Laju aliran massa *steam* (kg/s)
ṁ_c = Laju aliran massa udara (kg/s)

- f. Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{Q_{akt}}{Q_{max}} \times 100\% \quad (8)$$

dimana:

η = Efisiensi mesin *steam heater* (%)

3 Metode Penelitian

3.1. Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi masalah dan melakukan tinjauan pustaka untuk menentukan landasan teori yang mendukung penelitian ini.
2. Mengumpulkan data penelitian meliputi data tekanan kerja *steam* mesin *steam heater*; temperatur *steam*; dan *moisture* kernel.
3. Menghitung nilai efisiensi kerja mesin *steam heater*
4. Melakukan pengaturan penyaluran input *steam* dari BPV yang didistribusikan ke mesin *steam heater* sesuai perhitungan efisiensi kerja.
5. Membandingkan kadar air hasil kernel produksi sebelum dan sesudah pengaturan penyaluran input *steam* sesuai perhitungan efisiensi kerja mesin *steam heater*.
6. Menganalisis data.
7. Menarik kesimpulan.

3.2. Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mesin *steam heater* digunakan sebagai objek penelitian.
- b. *Thermolaser* digunakan untuk mengukur temperatur fluida (*steam* dan udara) di mesin *steam heater*.
- c. *Pressure gauge* digunakan untuk mengukur tekanan kerja *steam* mesin *steam heater*.
- d. *Temperature gauge* digunakan untuk mengukur temperatur udara panas ke *kernel drier*.
- e. Laporan harian laboratorium pabrik digunakan untuk mengetahui nilai *moisture kernel* produksi harian.

4 Pembahasan

Mesin *steam heater* yang ada di Pabrik Kelapa Sawit Bumi Palma terdiri dari mesin *steam heater* atas dan mesin *steam heater* bawah. Mesin *steam heater* atas memberikan panas berupa udara panas untuk mengeringkan kernel yang masuk ke bagian *deck* atas *kernel drier*, sedangkan mesin *steam heater* bawah mengalirkan udara panas masuk ke bagian *deck* bawah *kernel drier*. Arah pergerakan *kernel* masuk dari *conveyor kernel inlet* yang berada di *deck* atas kemudian diberi udara panas melalui mesin *steam heater* atas, selanjutnya *kernel* menuju *deck* bawah yang dibawa melalui *conveyor* untuk menuju keluar *kernel drier*.

4.1. Hasil Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan pada Bulan Maret-April 2019 di PKS Bumi Palma. Data diambil setiap hari kerja. Jenis data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer meliputi data temperatur dan tekanan kerja mesin *steam heater*, sedangkan data sekunder yang diperoleh dari arsip pabrik berupa kadar air *kernel* produksi. Data pada Bulan Maret 2019 menyatakan data sebelum dilakukan pengaturan penyaluran input *steam* dari BPV ke mesin *steam heater*. Data pada Bulan April 2019 menyatakan data setelah dilakukan pengaturan penyaluran input *steam* dari BPV ke mesin *steam heater*. Pengaturan ini akan berpengaruh pada tekanan kerja dan temperatur kerja mesin *steam heater*.

Beberapa data yang diperoleh dari pengukuran langsung diantaranya adalah:

1. Temperatur udara yang masuk ke mesin *steam heater* berkisar 30°C, baik mesin *steam heater* atas maupun mesin *steam heater* bawah.
2. Temperatur udara keluar mesin *steam heater* atas berkisar pada 83°C dan dari mesin *steam heater* bawah berkisar pada 93°C. Temperatur udara ini merupakan temperatur udara masuk ke *kernel drier* untuk mengeringkan *kernel* produksi.
3. Temperatur *steam* rata-rata dari BPV yang masuk pada Bulan Maret 2019 ke mesin *steam heater* berkisar pada 118°C (2,6 bar) dan 119-120°C (2,8 dan 3 bar).
4. Temperatur *steam* rata-rata dari BPV yang masuk pada Bulan April 2019 ke mesin *steam heater* berkisar pada 117°C (2,6 bar) dan 118-119°C (2,8 dan 3 bar).
5. Temperatur *steam* yang keluar dari mesin *steam heater* mengalami kenaikan rata-rata sekitar 0,2 – 1,1°C.
6. Tekanan kerja mesin *steam heater* pada Bulan Maret 2019 adalah berkisar 2,4-3,0 bar untuk mesin *steam heater* atas dan 2,6-3,0 bar untuk mesin *steam heater* bawah.
7. Tekanan kerja mesin *steam heater* pada Bulan April 2019 adalah berkisar 2,6-3,0 bar untuk mesin *steam heater* atas dan 2,5-3,0 bar untuk mesin *steam heater* bawah.

4.2. Perhitungan Efisiensi Kerja Mesin *Steam Heater*

Perhitungan efisiensi kerja mesin *steam heater* dipengaruhi oleh perhitungan kebutuhan panas yang dibedakan berdasarkan fasa fluida (*steam* atau udara) yang menuju ke mesin *steam heater*

Research Paper Vol 2, No 2, Tahun 2020

serta laju panas aktual dan laju panas maksimal. Perhitungan kebutuhan panas dihitung berdasarkan aktual data nilai temperatur dan tekanan kerja *steam* di mesin *steam heater* sesuai data di pabrik.

Parameter yang diketahui untuk menghitung efisiensi kerja mesin *steam heater* diantaranya adalah:

- Laju aliran udara ($\dot{m}_c$)= 20.000 m³/jam
- Laju aliran *steam* ($\dot{m}_h$)= 10.333 m³/jam
- Entalpi penguapan *steam* mesin *steam heater* atas (h_{fg})= 2174,42 kJ/kg
- Entalpi penguapan *steam* mesin *steam heater* bawah (h_{fg})= 2170,90 kJ/kg
- Massa jenis udara (ρ_u)= 1,2 kg/m³
- Kalor jenis udara ($C_{p,c}$)= 1,0035 kJ/kg°C
- Massa jenis *steam* (ρ_s)= 0,6 kg/m³
- Kalor jenis *steam* ($C_{p,h}$)= 1,86 kJ/kg°C
- Temperatur udara masuk mesin *steam heater* atas (T_{c1})= 30°C
- Temperatur udara keluar mesin *steam heater* atas (T_{c2})= 83°C
- Temperatur *steam* masuk mesin *steam heater* atas (T_{h1})= 113,9°C
- Temperatur *steam* keluar mesin *steam heater* atas (T_{h2})= 119,4°C
- Temperatur udara masuk mesin *steam heater* bawah (T_{c1})= 30°C
- Temperatur udara keluar mesin *steam heater* bawah (T_{c2})= 93°C
- Temperatur *steam* masuk mesin *steam heater* bawah (T_{h1})= 115,1°C
- Temperatur *steam* keluar mesin *steam heater* bawah (T_{h2})= 119,6°C

a). Perhitungan kebutuhan panas udara mesin *steam heater* atas:

$$Q = m \times c \times \Delta T = \dot{m}_f \times \rho_u \times c_{p,c} \times \Delta T = 351,22 \text{ kJ/s}$$

b). Perhitungan laju aliran udara mesin *steam heater* atas

$$\dot{m}_c = \frac{Q}{h_{fg}} = 0,161 \text{ kg/s}$$

c). Perhitungan kebutuhan panas *steam* mesin *steam heater* atas

$$Q = m \times c \times \Delta T = \dot{m}_f \times \rho_u \times c_{p,h} \times \Delta T = 17,61 \text{ kJ/s}$$

d). Perhitungan laju aliran *steam* mesin *steam heater* atas

$$\dot{m}_h = \frac{Q}{h_{fg}} = 0,008 \text{ kg/s}$$

e). Perhitungan laju kapasitas panas *steam*

$$C_h = \dot{m}_h \times C_{p,h} = 0,014 \text{ kW/°C}$$

f). Perhitungan laju kapasitas panas udara

$$C_c = \dot{m}_c \times C_{p,c} = 0,162 \text{ kW/°C}$$

g). Perhitungan laju kapasitas maksimum ($C_{\min}$ = nilai terkecil diantara C_h dan C_c)

$$Q_{maks} = C_{\min} \times (T_{h1} - T_{c1}) = 1,18 \text{ kW}$$

h). Perhitungan laju kapasitas aktual

$$Q_{akt} = C_c \times (T_{h2} - T_{h1}) = 0,89 \text{ kW}$$

i). Perhitungan efisiensi kerja mesin *steam heater* atas

$$\eta = \frac{Q_{akt}}{Q_{maks}} \times 100\% = 75,42\%$$

j). Perhitungan kebutuhan panas udara mesin *steam heater* bawah

$$Q = m \times c \times \Delta T = \dot{m}_f \times \rho_u \times c_{p,c} \times \Delta T = 421,47 \text{ kJ/s}$$

k). Perhitungan laju aliran udara mesin *steam heater* bawah

$$\dot{m}_c = \frac{Q}{h_{fg}} = 0,194 \text{ kg/s}$$

l). Perhitungan kebutuhan panas *steam* mesin *steam heater* bawah

$$Q = m \times c \times \Delta T = \dot{m}_f \times \rho_s \times c_{p,h} \times \Delta T = 14,41 \text{ kJ/s}$$

m). Perhitungan laju aliran *steam* mesin *steam heater* bawah

$$\dot{m}_h = \frac{Q}{h_{fg}} = 0,007 \text{ kg/s}$$

n). Perhitungan laju kapasitas panas *steam*

$$C_h = \dot{m}_h \times C_{p,h} = 0,013 \text{ kW/°C}$$

o). Perhitungan laju kapasitas panas udara

$$C_c = \dot{m}_c \times C_{p,c} = 0,195 \text{ kW/°C}$$

p). Perhitungan laju kapasitas maksimum ($C_{\min}$ = nilai terkecil diantara C_h dan C_c)

$$Q_{maks} = C_{\min} \times (T_{h1} - T_{c1}) = 1,12 \text{ kW}$$

q). Perhitungan laju kapasitas aktual

$$Q_{akt} = C_c \times (T_{h2} - T_{h1}) = 0,87 \text{ kW}$$

r). Perhitungan efisiensi kerja mesin *steam heater* bawah

$$\eta = \frac{Q_{akt}}{Q_{maks}} \times 100\% = 77,67\%$$

Nilai efisiensi kerja mesin *steam heater* dinyatakan sebagai performa mesin *steam heater* dalam mendistribusikan panas yang berasal dari input *steam* pada mesin *steam heater* untuk mengkonversi *steam* tersebut menjadi udara panas yang bertujuan

mengeringkan kernel di kernel *dryer*. Efisiensi kerja mesin steam *heater* dihitung berdasarkan kebutuhan panas (Q_{aktual}) dan kebutuhan *steam* aktual dalam keadaan ideal atau terhadap nilai kebutuhan panas maksimal (Q_{maksimal}).

Dari hasil perhitungan didapat bahwa efisiensi kerja mesin *steam heater* (atas dan bawah) memiliki nilai persentase yang berbeda yaitu 75,42% untuk mesin *steam heater* atas dan 77,67% untuk mesin *steam heater* bawah. Perbedaan tersebut ditentukan dari perbedaan tekanan kerja *steam* pada masing-masing mesin *heater* karena dari data aktual peninjauan *pressure gauge* yang diperoleh di pabrik, mesin *heater* bawah memiliki nilai tekanan kerja yang lebih besar daripada mesin *heater* atas.

Ditinjau dari perbedaan masing-masing nilai efisiensi kerja mesin tersebut pula, mesin steam *heater* bawah lebih efisien daripada mesin steam *heater* atas dalam melakukan kerja untuk mengkonversi *steam* menjadi udara panas yang bertujuan dalam proses pengeringan kernel di kernel *drier*. Hal tersebut pula dapat dilihat dari tekanan kerja *steam*, karena tekanan kerja *steam* memengaruhi perhitungan nilai efisiensi. Pada mesin *steam heater* bawah memiliki nilai tekanan kerja *steam* rata-rata 2,85 bar, sedangkan pada mesin steam *heater* atas 2,7 bar.

4.3. Faktor Pengaruh Laju Perpindahan Panas (*Heat Transfer*)

Faktor yang mempengaruhi laju perpindahan panas (*heat transfer*) di mesin *steam heater* dipengaruhi oleh 2 (dua) faktor yaitu:

1. Lapisan penghambat, merupakan lapisan-lapisan solid yang ada di jalur *heating coils* mesin *steam heater*. Lapisan penghambat ditunjukkan sesuai Gambar 1.

Gambar 1. Lapisan Penghambat Coils Mesin Steam Heater

2. Minimnya pengoperasian *steam trap* yang mengakibatkan masih adanya kondensat yang tertinggal didalam *heating coils*, sehingga efek yang ditimbulkan dapat menyebabkan *steam* basah, temperatur udara panas yang dikeluarkan dari mesin *steam heater* rendah, dan menyebabkan kerusakan di jalur *heating coils* mesin *steam heater* maupun pada rangkaian *steam trap* tersebut.

4.4. Hubungan Tekanan Kerja Steam terhadap Kadar Air Kernel Produksi

Tekanan kerja *steam* merupakan suatu faktor nilai data yang menentukan performa atau efisiensi kerja mesin *steam heater* untuk menghantarkan panas yang berasal dari *steam* agar dikonversikan *steam* tersebut menjadi udara panas untuk didistribusikan atau dialirkan ke kernel *drier* guna mengeringkan kernel (mengurangi kadar air kernel).

Kadar air kernel produksi pada Bulan Maret 2019 ditunjukkan pada Tabel 1 dan kadar air kernel produksi pada bulan April 2019 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Kadar Air Kernel Produksi Maret 2019

Tanggal	Mesin Steam Heater Atas (Bar)	Mesin Steam Heater Bawah (Bar)	Kadar Air Kernel Produksi (%)
1	2,6	2,6	8,703
2	2,4	2,7	7,428
4	2,4	2,8	6,886
5	2,4	2,4	7,199
6	2,8	3	5,926
8	2,7	3	6,613
9	2,5	2,5	7,285
11	2,6	2,8	6,298
12	2,8	2,8	6,47
13	2,5	2,7	7,043
14	2,6	3	5,361
15	2,6	2,8	5,87
16	2,8	3	6,656
18	2,8	3	6,888
19	2,5	3	6,08
20	2,8	2,8	6,272
21	2,6	2,8	6,81
22	2,8	2,8	6,491
23	2,8	2,8	6,512
25	3	3	6,55
26	2,8	3	6,681
27	2,4	2,6	8,133
28	2,4	2,6	7,371
29	2,6	2,6	8,453
30	2,6	2,6	7,747
31	2,4	2,5	7,236

Research Paper Vol 2, No 2, Tahun 2020

Pada Tabel 1, terlihat bahwa kadar air kernel produksi berkisar antara (5,361 - 8,703) %. Dari 26 data tersebut terdapat 13 data (ditandai warna merah) yang sudah sesuai dengan parameter standar keberhasilan kadar air kernel produksi yaitu pada rentang (6-7)%. Artinya, 50% data sesuai dengan standar.

Pada tabel 2 yaitu kadar air kernel produksi di bulan April 2019 menunjukkan bahwa kadar air kernel produksi berkisar antara (5,368 - 8,419)%. Dari 23 data tersebut terdapat 13 data (ditandai warna merah) yang sudah sesuai dengan parameter standar keberhasilan kadar air kernel produksi yaitu pada rentang (6-7)%. Artinya, 56,5% data sesuai dengan standar.

Tekanan kerja *steam* yang relatif lebih tinggi menghasilkan kadar air *kernel* produksi yang cenderung lebih rendah. Dari tabel tersebut terlihat bahwa pengaturan bukaan *valve* yang tepat untuk menghasilkan kadar air *kernel* yang sesuai standar yakni berada di tekanan kerja *steam* (2,8-3,0) bar.

Tabel 2. Kadar Air Kernel Produksi April 2019

Tanggal	Mesin Steam Heater Atas (Bar)	Mesin Steam Heater Bawah (Bar)	Moisture Kernel Produksi (%)
1	2,6	2,6	7,799
2	2,6	2,5	7,688
4	2,8	2,6	7,101
5	3	3	6,806
7	2,8	2,5	7,631
8	2,8	2,8	6,557
9	2,9	2,8	6,56
10	2,5	2,6	7,315
11	2,8	2,8	6,875
12	2,8	3	6,893
13	2,8	2,8	6,638
15	2,8	2,8	5,699
16	2,7	2,9	6,782
18	2,8	2,8	5,368
20	2,8	2,9	6,693
22	2,9	2,8	6,673
23	2,6	2,6	7,625
24	2,6	2,6	7,617
25	3	3	6,735
26	2,6	3	6,644
27	2,8	2,6	8,419
29	2,8	3	6,924
30	3	3	7

5 Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa: (1) Efisiensi kerja mesin *steam heater* di PKS Bumi Palma memiliki nilai 75,42% untuk mesin *steam heater* atas dan 77,67% untuk mesin *steam heater* bawah. (2) Hubungan antara tekanan kerja *steam* mesin *steam heater* terhadap kadar air *kernel* sebelum dilakukan pengaturan penyaluran input *steam* dari BPV ke mesin *steam heater* (periode Maret 2019) memiliki persentase kadar air *kernel* yang sesuai nilai standarnya sebesar 50%, sementara hubungan tekanan kerja *steam* terhadap *moisture* kernel setelah dilakukan pengaturan penyaluran input *steam* dari BPV ke mesin *steam heater* (periode April 2019) memiliki persentase *moisture* kernel yang sesuai nilai standarnya sebesar 56,5% yang artinya terdapat peningkatan nilai kadar air *kernel* produksi yang sesuai standar sebesar 6,5%. (3) Faktor-faktor yang memengaruhi laju *heat transfer* di mesin *steam heater* terdiri dari: adanya lapisan penghambat berupa lapisan kondensat, lapisan kerak, dan debu; dan minimnya pengoperasian *steam trap* di rangkaian mesin *steam heater* sehingga dapat mengakibatkan masih adanya kondensat yang tertinggal didalam *coils*.

5.2. Saran

Dari penelitian ini dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut: (1) Distribusi *steam* dari *boiler* ke masing-masing mesin *heater* yang ditinjau mengenai tekanan kerja *steam* disarankan berada di jangkauan nilai tekanan kerja *steam* sebesar 2,7-3,0 bar tujuannya agar nilai efisiensi kerja mesin *steam heater* terjaga sesuai hasil perhitungan serta parameter kernel produksi berupa *moisture* kernel juga tercapai sesuai nilai standarnya yakni 6-7%. (2) Pengoperasian/penggunaan *steam trap* harus selalu diperhatikan dan dilakukan sesuai instruksi kerja guna mencegah adanya kondensat di jalur *coils* yang efeknya dapat memengaruhi penurunan laju *heat transfer* pada mesin *steam heater*. (3) Hubungan tekanan kerja *steam* terhadap kadar air kernel produksi sebaiknya dibandingkan melalui tekanan kerja yang diatur pada *valve inlet* BPV ke stasiun *nut* dan kernel terkhusus lagi yang menuju ke mesin *steam heater*.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam penelitian ini, khususnya PT Smart Tbk Pabrik Kelapa Sawit Bumi Palma.

Referensi

- SMART. (2013). *Standar Operasional Prosedur*. Jakarta: PT. SMART Tbk.
- Sudrajat, J. (2017). Analisis Kinerja Heat Exchanger Shell & Tube Pada Sistem Cog Booster Di Integrated Steel Mill Krakatau. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(3), 174.
- Luthfi, Arif Burhanudin; Santosa, T. H. A. T. (2017). Perancangan Heater Sebagai Elemen Pemanas Untuk Mengubah Kualitas Uap Refrigeran Pada Alat Uji Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Evaporasi Dengan Refrigeran R-134a. *Jurnal Teknik Mesin*, 1–8.
- Moran, Michael J.; Shapiro, Howard N.; Munson, Bruce R.; DeWitt, D. P. (2003). *Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer*. New York: John Wiley & Sons, Inc.