

# ANALISA PERFORMA KERJA STERILIZER OF CRUDE PALM OIL

## Analysis of the Work Performance of the Sterilizer of Crude Palm Oil

Abdul Latif Mubarak\*, A. Sofwan, Putra Bismantolo

Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu, Jl. W.R. Supratman Kandang Limun, Bengkulu.

Email : abdulatifmubarak32@gmail.com

### ABSTRACT

*Boiling is one of the main factors that determine the success of the palm oil production process. Palm oil processing mills obtain Crude Palm Oil (CPO) through a boiling process at the sterilizer station to separate loose fruit and empty fruit, which will then be pressed into CPO. Boiling at the sterilizer station used is saturated steam with a pressure of 1.5-3 bar which is injected from the back pressure vessel (BPV). The selected boiling system is always adjusted to the ability to provide steam at the boiler station that produces steam. In this case, the supply of steam is considered sufficient, so that the boiling system used is the Triple Peak system, and the boiling time is  $\pm 90$  minutes.*

**Keywords:** Sterilizer, pressure, triple peak

## 1. PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini berkembang sangat pesat dan tentunya hal ini perlu diimbangi dengan kualitas sumber daya manusia yang berkualitas dan profesional. Salah satu upaya peningkatan sumber daya manusia dalam perguruan tinggi adalah melalui kerja praktek yang merupakan sarana penting pengembangan diri dan persiapan menuju dunia kerja setelah selesai pada masa perkuliahan. Kegiatan kerja praktek ini dapat memberikan kontribusi positif bagi mahasiswa untuk belajar dan mengaplikasikan teori-teori yang telah dipelajari pada saat kuliah.

PT. Agro Muko MM-POM, Muko-Muko, Bengkulu merupakan tempat pengolahan kelapa sawit yang menghasilkan dua produk berupa minyak mentah dan *karnel*. PT. Agro Muko MM-POM merupakan perusahaan yang cukup besar serta terdapat proses kegiatan pabrik sesuai bidang industri. minyak dan *kernel* dapat menggerakkan ekonomi daerah dengan kontribusi pada penyerapan tenaga lokal yang cukup banyak serta mampu menumbuhkan industri penunjang seperti perkebunan kelapa sawit.

Proses pengolahan yang dilakukan pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS) merupakan proses yang kontinyu. Dimana hasil dari suatu proses akan dilanjutkan dan terjadi perubahan kualitas hasil proses, dimana untuk mendapatkan hasil proses ini diperlukan proses pengolahan yang baik untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan keinginan perusahaan. Bahan baku yang berupa Tandan Buah Segar (TBS) yang akan diproses dan diolah menjadi minyak kelapa sawit dan inti sawit. Untuk mendapatkan hasil minyak kelapa sawit dan inti sawit yang optimal tergantung dari mutu bahan baku yang sesuai standar, proses pengolahan yang sesuai Standar Operasional Prosedur (SOP) dan keadaan peralatan yang diperlukan dalam proses pengolahan [1].

Dalam proses pembuatan minyak kelapa sawit yang krusial berlangsung dalam *sterilizer*. *Sterilizer* adalah suatu bejana yang fungsinya merebus Tandan Buah Segar (TBS) dengan menggunakan uap bertekanan dan bertemperatur tinggi dalam waktu tertentu. Uap tersebut berupa uap kering yang berasal dari *boiler* yang kemudian diteruskan ke *Back Pressure Vessel* (BPV). BPV berfungsi mengatur manajemen *steam* (tekanan) yang masuk ke dalam *sterilizer* guna menghindari pemborosan *steam*. Dalam proses perebusan temperatur bejana antara 140°C-145°C dan bertekanan antara 2,5- 3 kg/cm<sup>2</sup>. Dalam proses perebusan Tandan Buah Segar (TBS) dilakukan dengan 3 tahap atau lebih dikenal dengan sebutan *Triple Peak Sterilization* (TPK). Tujuan Kerja praktik ini akan membahas tentang proses pengolahan buah kelapa sawit proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) dan karnel di PKS PT. Agro Muko MM-POM. Oleh karena itu, dilakukan analisa performa kerja pada *sterilizer*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Proses Produksi PT. Agro Muko MM-POM

PT. Agro Muko MM-POM memiliki beberapa stasiun pengolahan untuk mengelola kelapa sawit menjadi minyak dan *kernel*, dimana proses pertama buah masuk ke pabrik dilakukan penimbangan, kemudian dibawa ke sortasi untuk proses pemilihan antara buah matang dan muda, Setelahnya buah kelapa sawit ditampung di lori pada stasiun *loading ramp*. kemudian dibawa ke *sterilizer* distasiun ini dilakukan proses perebusan untuk mengurangi kadar air pada buah sawit, setelah melalui proses perebusan lori yang berisi buah sawit dibawa ke stasiun *threaser* untuk memisahkan brondolan dan tandan kosong setelah brondolan terpisah brondolan

dibawa ke stasiun *digester* dimana bertujuan untuk memecahkan *nut* dan menghasilkan *recovery* minyak yang maksimal dan dipress pada *screw press* untuk mengeluarkan minyak dasar semaksimal mungkin dari *mesocarp* buah yang telah diaduk. Nantinya hasil *press* akan terbagi menjadi dua yaitu cairan berupa minyak kotor, padatan berupa *fiber* dan *nut*.

Minyak kotor dan *fiber* dibawa ke stasiun klarifikasi untuk dilakukan proses pemurnian minyak pada *Sand Trap Tank* dengan cara pengendapan kemudian minyak akan disaring pada *vibrating screen* dimana *crude oil* berupa lumpur-lumpur serta kotoran yang lolos dari *sand trap tank*. Minyak yang telah disaring akan ditampung di *Crude Oil Tank*. Pada *tank* ini minyak diendapkan lagi dari kotoran yang tidak lolos dari *vibrating screen*. Minyak kemudian di alirkan ke *carifier settling Tank* (CST). Pada *carifier settling Tank* ampas yang masih ada kandungan minyak dipisahkan dibawa ke *Sludge tank* dan dialirkan *decanter* untuk diproses lagi kemudian ditampung di *fat pit tank* dan di endapkan kemudian endapan nya dibuang dialirkan ke kolam limbah sedangkan minyak yang masih ada dipompa ke storage tank, Minyak yang telah bersih ditampung di *oil tank* akan dipompa kedalam *vacuum dryer* untuk mengurangi kadar air kemudian minyak akan ditampung pada *stroge tank*.

Untuk *nut* dan *fiber* dipisahkan dibawa ke *cake breaker conveyor* guna mengurangi gumpalan *fiber* dan dibawa ke *Depericarper* untuk memisahkan *nut* dan *fiber*. Untuk *fiber* akan dibawa ke *shell hopper* sebagai bahan bakar *boiler* sedangkan *nut* yang telah dipisahkan dibawa ke *nut polish drum* untuk dibersihkan dan ditampung di *nut silo* untuk mengurangi kadar air agar mudah dipecahkan, kemudian *nut* dibawa ke *ripple mill* untuk memecahkan *nut* dan dibawa ke *light tenera dry sperator* untuk memisahkan antara cangkang dan *kernel*, setelahnya *nut* di saring di *kernel grading drum* untuk memisahkan kotoran, *nut* di saring lagi pada *hydrocyclone* dan dibawa ke *clay bath* untuk dipisahkan antara *kernel* yang dibawa ke *kernel silo* dilakukan proses pengeringan inti *kernel* kemudian ditampung di *kernel stroge* dan cangkang dibawa ke *shell hopper* dijadikan sebagai bahan bakar *boiler*.

## 2.2 Fungsi Sterilizer

Pada dasarnya, keberhasilan dalam proses perebusan ini akan mendukung kemudahan-kemudahan dalam proses selanjutnya, baik di stasiun *Threshing, Press, Digester* dan lain-lain. Adapun fungsi dari *Sterilizer* adalah untuk melakukan proses Sterilisasi buah TBS sebelum di proses menjadi minyak. Proses sterilisasi TBS bertujuan diantaranya untuk yaitu :

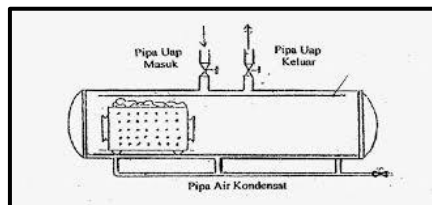
1. Menghentikan Aktifitas Enzim
2. Melepaskan Buah dari Tandannya
3. Menurunkan Kadar Air
4. Pemecahan *Emulsi*
5. Melepaskan serat dan biji
6. Membantu proses pelepasan inti dari cangkang

## 2.3 Jenis-Jenis Sterilizer

Adapun jenis *Sterilize* dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut:

### 1. *Sterilizer Horizontal*

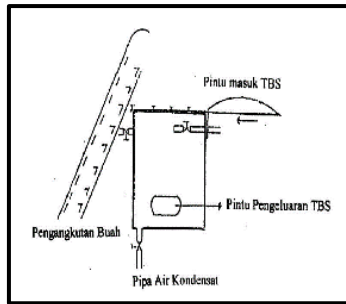
*Sterilizer* konvensional adalah *sterilizer* yang masih menggunakan lori dan biasanya disebut juga *sterilizer horizontal*. Hingga kini, *sterilizer* jenis ini masih banyak digunakan walaupun keberadaan sudah mulai digantikan dengan jenis *sterilizer* lainnya seperti *vertical* maupun *spherical*. Dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *sterilizer horizontal*

### 2. *Sterilizer Vertical*

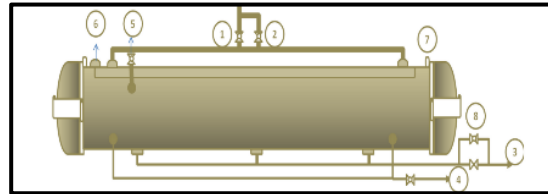
Perebusan jenis *Vertical Sterilizer* ini di desain untuk tekanan kerja uap 3.5 bar berkapasitas 25 ton TBS per Cycle perebusan dengan pintu charge atas dan discharge bawah jenis clutch door system buka tutup dan lock ring menggunakan hydraulic power pack. Dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3 Sterilizer vertical untuk parking

## 2.4 Komponen-komponen Sterilizer

Secara umum komponen-komponen utama dari Sterilizer dapat dilihat pada Gambar 4

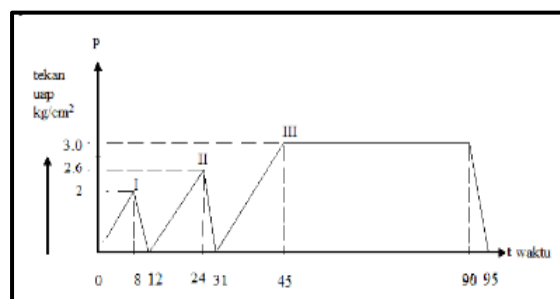


Gambar 4. Sterilizer Horizontal

1. Main steam inlet ini memiliki fungsi sebagai supply steam dari BPV (*back pressure vessel*)
2. *Auxiliary steam inlet* ini berfungsi sebagai secondary supply steam (pembantu supply steam dari main steam inlet)
3. *Kondensat c/w straine* memiliki fungsi untuk pembuangan kondensat hasil perebusan
4. *Deaerasi* berfungsi untuk buang udara agar proses perebusan optimal
5. *Exhaust* berfungsi untuk membuang steam yang di lewatkan melalui *blow down silencer*
6. *Safety valve* berfungsi sebagai pengaman bejana tekan dari tekanan yg melebihi tekanan ijin
7. *Pressure gauge* berfungsi untuk mengetahui tekanan yg ada didalam bejana
8. *By-pass condensate* ini berbentuk orifice dengang diameter 10 mm – 15 mm, yang berfungsi membuang kondensat selama proses perebusan berlangsung yang di bypass dengang tujuan agar kondensate terbuang secara kontinu.

## 2.5 Sistem Kerja Perebusan

Sebenarnya sistem kerja perebusan di tentukan mengikuti dengan jenis perebusan yang ditetapkan. Untuk jenis *strilizer horizontal* dengan menggunakan lori akan menggunakan tekanan sampai tripple peak. Mengapa di perlukan hingga tripple peak, karena buah akan benar matang sampai ke lapisan bawah apabila tekanan mencapai 3 bar. Proses ini digambarkan sebagai berikut :



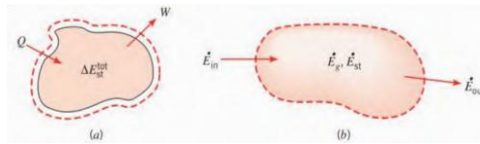
Gambar 5. Sistem Perebusan Triple Peak

Dimana pada awal tekanan uap Puncak I masuk sebesar  $2 \text{ kg/cm}^2$  selama  $\pm 8$  menit, kemudian pembuangan uap dari  $2 - 0 \text{ kg/cm}^2$ , buang air kondensat selama  $\pm 4$  menit, setelah itu uap dinaikan pada Puncak II dari  $0 - 2.6 \text{ kg/cm}^2$  selama  $\pm 12$  menit, kemudian dilakukan pembuangan uap dari  $2,6 - 0 \text{ kg/cm}^2$  pembuang air kondensat selama  $\pm 7$  menit, setelah itu pada Puncak III tekanan dinaikan dari  $0 - 3 \text{ kg/cm}^2$  selama  $\pm 14$  menit, setelah puncak III selesai dilakukan penahanan waktu perebusan selama  $\pm 45$  menit, lalu

dilakukan pembuangan uap dari 3 - 0 kg/cm<sup>2</sup>, buang air kondensat selama ± 5 menit dan pintu sterilizer bisa dibuka untuk melanjutkan ke proses selanjutnya [5].

### 2.5.1 Kestimbangan Energi Sistem Umum

Dalam hukum Termodinamika I, energi dapat masuk dan keluar volume atur karena perpindahan panas melalui batas sistem. Hukum pertama termodinamika membahas total energi, yang terdiri dari kinetik dan energi potensial yang dikenal sebagai energi mekanik dan energi internal. energi internal dapat dibagi lagi menjadi energi panas.



**Gambar 6.** Konservasi Energi: (a) untuk sistem tertutup selama interval waktu dan (b) untuk *control volume*

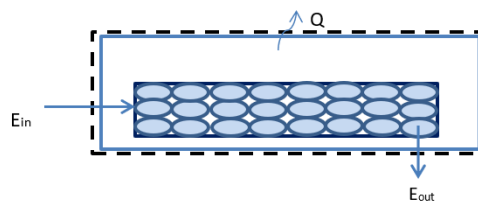
Peningkatan jumlah energi yang tersimpan dalam volume atur harus sama dengan jumlah energi yang masuk volume atur, dikurangi jumlah energi yang keluar dari volume atur. Konservasi energi pada hukum pertama termodinamika dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\Delta E_{st} = E_{in} - E_{out} + E_g \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan :

- $\Delta E_{st}$  = Perubahan Energi yang tersimpan dalam sistem (Joule)
- $E_{in}$  = Energi input (Joule)
- $E_{out}$  = Energi output (Joule)
- $E_g$  = Energi bangkitan (Joule)

### 2.5.2 Kestimbangan Energi Sistem Sterilizer 3 Puncak



**Gambar 7.** Kestimbangan Energi pada *sterilizer*

Kekekalan energi pada hukum I termodinamika dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$E_{in} - E_{out} = E_g + E_{st} \dots \dots \dots (2.2) \quad \text{dengan :}$$

- $E_{in}$  = Energi input (Joule)
- $E_{out}$  = Energi output (Joule)
- $E_g$  = Energi bangkitan (Joule)
- $E_{st}$  = Energi yang tersimpan dalam sistem diwujudkan sebagai perubahan energi dalam (ΔU) (Joule)

Dari gambar 7 dapat diketahui bahwa ada energi masuk sistem berupa uap yang diinjeksikan ke dalam *sterilizer* yang nantinya akan diserap oleh kelapa sawit. Sedangkan untuk energi yang keluar berupa *heat loss* yang melalui dinding *sterilizer* dan energi yang dibawa oleh kondensat. Di dalam sistem tersebut tidak ada energi bangkitan ( $E_g = 0$ ). Sehingga persamaan kestimbangan energi sebagai berikut :

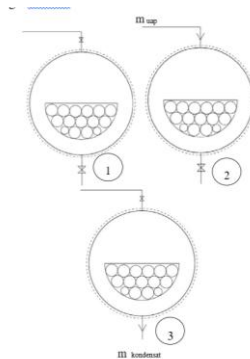
$$\Delta U = E_{in} - E_{out} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\Delta U = E_{uap} - (E_{kondensat} + Q_{loss}) \dots \dots \dots (2.4)$$

dengan :

- $\Delta U$  = Perubahan energi dalam (Joule)
- $E_{in}$  = Energi *thermal* masuk sistem (Joule)
- $E_{out}$  = Energi *thermal* keluar sistem (Joule)
- $Q_{loss}$  = Panas yang hilang melalui dinding *sterilizer* (Joule)
- $E_{uap}$  = Energi uap yang masuk *sterilizer* (Joule)
- $E_{kondensat}$  = Energi yang dibawa oleh kondensat (Joule)

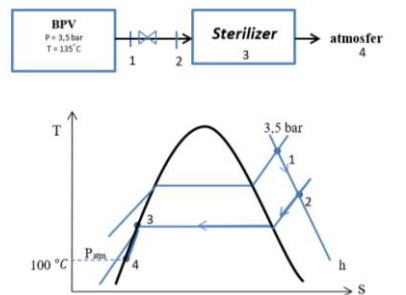
Untuk energi yang tersimpan dalam sistem tiap tahap proses rebusan sebagai berikut :



**Gambar 8.** Diagram Sistem Tiap Tahap Rebusan

### 2.5.3 Proses Aliran Uap pada Sterilizer

Uap yang keluar dari *Back Pressure Vessel* (1) berupa uap panas lanjut yang kemudian diinjeksikan ke dalam *sterilizer* melewati katup *high Pressure reduce* sehingga berada pada kondisi uap jenuh (2). Uap dipertahankan di dalam *sterilizer* dalam rentang waktu tertentu sehingga terjadi perubahan fasa (3). Tahap selanjutnya adalah pengeluaran kondensat dan uap sisa ke atmosfer dengan cara membuka katup kondensat (4) sehingga tekanan dan temperatur turun.

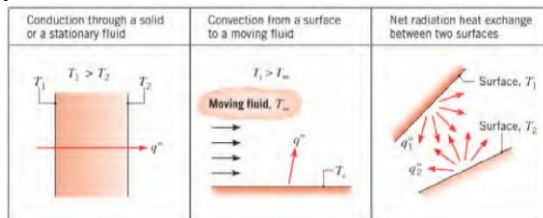


**Gambar 9.** Diagram T-s proses aliran uap

### 2.5.4 Dasar Perpindahan Panas

Perpindahan panas didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu tempat ke tempat lainnya yang disebabkan perbedaan temperatur. Bila dalam suatu sistem terdapat gradien temperatur atau apabila dua sistem yang temperaturnya berbeda disinggungkan maka akan terjadi perpindahan energi yang disebut panas (*heat*). Energi ini tidak dapat diukur atau diamati secara langsung tetapi arah perpindahan dan pengaruhnya dapat diamati dan diukur.

Terdapat tiga proses perpindahan panas yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan panas ini tidak hanya membahas bagaimana energi itu berpindah dari suatu bagian ke bagian lainnya tetapi juga membahas laju perpindahan energi pada suatu kondisi tertentu. Gambar 10 menunjukkan arah dan proses perpindahan panas yang terjadi dalam suatu sistem.



**Gambar 10.** Perpindahan Panas konduksi, konveksi dan radiasi

Konduksi adalah perpindahan panas tanpa disertai perpindahan bagian-bagian zat perantaranya, dimana energi panas dipindahkan dari satu molekul ke molekul lain dari benda tersebut<sup>[7]</sup>.

### 2.6 Kebutuhan Tekanan Uap Pada Sterilizer

Pada dasarnya kebutuhan uap pada saat perebusan di asumsikan dengan tekanan yang diberikan dalam satu kali perebusan. Dimana tekanan awal yang di suplai dari boiler berkisar 20 bar. Namun tidak sepenuhnya tekanan dimasukkan ke sterilizer karna jika tekanan yang diberikan besar pada saat perebusan maka akan menyebabkan presentase hilangnya kandungan minyak dalam tandan buah segar semakin besar [6]. Tekanan

uap yang dibutuhkan sterilizer untuk merebus tandan buah segar (TBS) dalam satu kali perebusan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_s = M \times C_p \times \Delta t \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

M= Massa aliran FFB ( 30 Ton FFB / Jam )  
 $\Delta t$  = Beda temperatur kerja (130°C–27 °C =103 °C )  
 $C_p$  = Panas jenis rata-rata TBS ( KKal/Kg . °C )

Untuk mengetahui tekanan uap yang diberikan dapat dirumuskan :

$$Q_u = \mu \times L_h \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$\mu$  = Massa aliran uap yang dibutuhkan oleh sterilizer ( Kg / jam )  
 $L_h$  = Panas latent pada temperatur 130°C  
 Panas yang dibutuhkan Sterilizer = Panas yang diberikan oleh steam

$$Q(st) = Q_u \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$Q_u$  = Tekanan yang diberikan

### 2.7 Nilai Kalor Bahan Bakar

Nilai kalor bahan bakar adalah energi kalor yang dilepaskan bahan bakar pada waktu terjadinya oksidasi unsur-unsur kimia yang ada pada bahan bakar tersebut. Nilai kalor bahan bakar ada 2 jenis, yaitu:

#### 1. Nilai Kalor Atas (HHV)

Nilai kalor atas (*High Heating Value*) yaitu banyaknya panas yang diperoleh dari pembakaran sempurna satu kilogram (1 kg) bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap air pada bahan bakar tersebut, dimana HHV ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus “Dulong dan Petit”, untuk mengetahui nilai kalor atas ( HHV ) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$HHV=33950C+144200H_2\frac{O_2}{8}+1400S \dots\dots\dots(2.8)$$

#### 2. Nilai Kalor Bawah (LHV)

Nilai kalor bawah (*Low Heating Value*) adalah banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna dari satu kilogram (1 kg) bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi uap air pada bahan bakar tersebut. Perbandingan bahan bakar cangkang dan serabut 1 : 3 untuk mengetahui nilai kalor atas ( HHV ) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$LHV=HHV-2400x9x H_2\dots\dots\dots(2.9)$$

#### 3. Perhitungan Potensi Energi Dari Fiber

Dimana potensi energi merupakan ketersediaan energi pada bahan bakar yang digunakan yang terdapat pada *fiber*. Untuk mengetahui energi yang dapat dihasilkan dari *fiber* maka digunakan persamaan :

$$Q_f=M \times LHV\dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

$Q_f$  = Energi yang tersedia dari *fiber* (kkal)  
 $M$  = Massa *Fiber* (kg)  
 $LHV$  = *Low Heating Value* ( 2751,82 kkal/ kg )

### 2.8 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar merupakan jumlah bahan bakar yang masuk kedalam boiler, untuk mencari nilai tersebut dibutuhkan nilai *Low Heating Value* ( LHV ) dan jumlah kebutuhan uap, Selanjutnya yaitu membagi jumlah kebutuhan uap dengan nilai kalor bahan bakar ( LHV ) maka didapatkan konsumsi bahan bakar<sup>[8]</sup>. Adapun rumus konsumsi bahan bakar adalah :

$$m = \frac{Q}{LHV} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

$m$  = Laju aliran masa bakar  
 $Q$  = kebutuhan panas boiler  
 $LHV$  = *Low Heating Value*

## 3. METODOLOGI

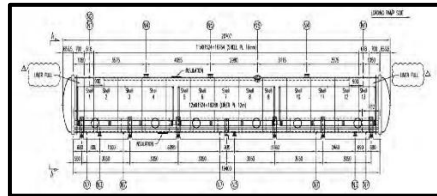
### 3.1 Metode Pengambilan Data

Objek yang diamati di PT. Agro Muko MM-POM adalah *Sterilizer tipe horizontal* dengan sistem perebusan *threepeal peak*, sebagai salah satu bagian dari alat produksi kelapa sawit yang cukup penting dan merupakan

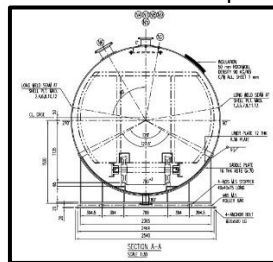
salah satu peralatan produksi untuk perebusan awal bahan baku sebelum masuk ke dalam housing crank. *Sterilizer* dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 12. *Sterilizer tipe horizontal*



Gambar 13. *Sterilizer tampak depan*



Gambar 14. *Sterilizer tampak samping*

Tabel 3 Data nozzle and connections

N7	5	3/8"	150#	SOCKET	TELL TAIL NOZZLE
N6	1	8"	150#	SO-RF	STEAM EXHAUST
N5	1	6"	150#	SO-RF	RELIEF VALVE
N4	2	6"	150#	SO-RF	STEAM INLET
N3	3	4"	150#	SO-RF	CONDENSATE OUTLET
N2	1	1/2"	3000#	SOCKET	TEMP./PRESS REC.
N1	2	1/2"	3000#	SOCKET	PRESSURE GAUGE
MARK	QTY	SIZE	RATING	TYPE	SERVICES

**NOZZLE AND CONNECTIONS**

Sumber : PT. Agro Muko MM-POM. Muko-Muko, Bengkulu

Tipe : *Quick Actuating Pressure Door*

Jumlah : 4 buah  
 Kapasitas : 8 Lori/Unit  
 Design Press : 350 kPa  
 Temperatur maksimal : 148 °C  
 Tekanan maksimal : 525 kPa  
 Empty Weight : 4600 KG  
 Volume : 4, 24 KL  
 Tahun Pembuatan : 2005

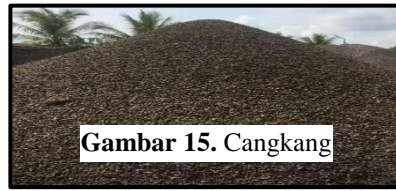
### 3.2 Bahan Bakar Boiler

Pada dasarnya agar kualitas uap yang dihasilkan dari ketel uap sesuai dengan yang diinginkan atau dibutuhkan maka dibutuhkan sejumlah panas untuk menguapkan air tersebut, dimana panas tersebut diperoleh dari pembakaran bahan bakar di ruang bakar ketel. Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna di dalam ketel maka diperlukan beberapa syarat seperti perbandingan pemakaian bahan bakar harus sesuai (cangkang dan *fiber*), udara yang dipakai harus mencukupi, waktu yang diperlukan untuk proses pembakaran harus cukup, panas yang cukup untuk memulai pembakaran, kerapatan yang cukup untuk merambatkan nyala api, dan dalam hal ini bahan bakar yang digunakan adalah cangkang dan *fiber*. Adapun alasan mengapa digunakan cangkang dan *fiber* sebagai bahan bakar adalah;

1. Cangkang dan *fiber* merupakan limbah dari pabrik kelapa sawit yang bisa digunakan.
2. Nilai kalor bahan bakar memenuhi persyaratan untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan.
3. Sisa pembakaran bahan bakar dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman kelapa sawit.
4. Harga lebih ekonomis

#### 3.2.1 Cangkang

Cangkang adalah sejenis bahan bakar padat yang berwarna hitam berbentuk seperti batok kelapa dan agak bulat, terdapat pada bagian dalam pada buah kelapa sawit yang diselubungi oleh serabut. Dapat dilihat pada Gambar 15



### 3.2.2 Fiber (Serabut)

Fiber adalah bahan bakar yang digunakan untuk boiler teksturnya padat lalu terdiri dari helai yang bebentuk seperti rambut, apabila telah mengalami proses pengolahan berwarna coklat muda, serabut ini terdapat dibagian kedua dari buah kelapa sawit setelah kulit buah kelapa sawit, didalam serabut dan daging buah sawitlah minyak CPO terkandung berbagai unsur kimia antara lain Carbon 53,30 %, Hidrogen (H<sub>2</sub>) 6,39 %, Nitrogen (N<sub>2</sub>) 0,82 %, Oksigen (O<sub>2</sub>) 39,41 %. Gambar fiber dapat dilihat pada Gambar 16



Serabut dan cangkang merupakan hasil pengolahan dari bahan dasar buah kelapa sawit segar yang memiliki beberapa unsur kandungan Dapat dilihat pada Tabel 3.2

**Tabel 4** Data kandungan *Fres Fruit Bunch* ( FFB )

Kandungan Dalam FFB	Persentase (%)	Massa ( Kg )	Panas jenis Cp ( Kkal/Kg . °C )	m . Cp (Kkal/Jam . °C )
- Air	12	3.600	1.00	3.600
- Cangkang	6	1.800	0.45	810
- Inti	5	1.500	0.38	570
- Minyak	22	6.600	0.35	2.310
- Lumpur	22	6.600	0.53	3.498
- Serabut	11	3.300	0.43	1.419
- Tandan kosong	22	6.600	0.40	2.640
	100	30.000		14.847

Sumber : Nasution (2014)

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Studi Kasus

Pada studi kasus yang akan di lakukan yaitu analisa performa kerja *sterilizer* (perebusan) tipe *horizontal* dengan menggunakan tekanan uap yang masuk sama dengan uap yang dibutuhkan dalam sekali perebusan.

### 4.2 Hasil Pengumpulan Data

Adapun hasil pengumpulan data selama kerja praktek dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 5** Data Hasil Pengamatan

No	Data Yang Diperoleh	
1	Suhu awal <i>sterilizer</i>	27 °C
2	Suhu setelah <i>sterilizer</i> bekerja	130 °C
3	Hasil serabut pada 1 ton buah kelapa sawit	120 kg
4	Kapasitas <i>sterilizer</i>	30 ton/unit

### 4.3 Pengolahan Data

Adapun pengolahan data yang dilakukan yaitu :

#### 4.3.1 Perhitungan Kebutuhan Uap

Panas yang dibutuhkan sterilizer untuk merebus tandan buah segar (TBS) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = M.Cp \times \Delta T$$



Dimana diketahui :

$Q$  = Total energi yang dibutuhkan ( kkal/kg)

$\Delta T$  = Beda temperatur kerja ( $130^{\circ}\text{C}-27^{\circ}\text{C}=103^{\circ}\text{C}$ )

$m.C_p$  = Total .Panas jenis TBS ( Kkal/jam .  $^{\circ}\text{C}$ )

Maka :

$$\begin{aligned} Q &= m.C_p \times \Delta T \\ &= 14.847 \times 103^{\circ}\text{C} \\ &= 1.529.241 \text{ Kkal/Kg.}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Dan panas laten dapat diperoleh dari persamaan :

$$Q_u = m \times h_{fg}$$

Dimana diketahui :

$Q_u$  = Panas Laten (kkal/kg)

$m$  = Massa air FFB ( 3.600 kg )

$h_{fg}$  =Evap(Evap temperatur  $130^{\circ}\text{C}=2173,1 \text{ kJ/kg}$ )

Maka :

$$\begin{aligned} Q_u &= 3.600 \times 2173,1 \\ &= 1.871.569 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

Uap yang dibutuhkan dapat di asumsikan

$$M_u = Q + Q_u$$

Dimana :

$M_u$  = Uap yang dibutuhkan (kkal/kg)

$Q_u$  = Panas Laten (kkal/kg)

$Q$  = Total energi yang dibutuhkan (kkal/kg)

Maka :

$$\begin{aligned} M_u &= 1.529.241 + 1.871.569 \\ &= 3.400.890 \text{ kkal/30 ton TBS} \end{aligned}$$

#### 4.3.2 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan uap yang dihasilkan maka digunakan persamaan :

$$m = \frac{Q}{LHV}$$

Dimana :

$m$  = Laju aliran masa bakar (kg)

$Q$  = kebutuhan panas boiler (kkal/kg)

$LHV$  = *Low Heating Value* ( 11465,92 KJ/kg)

Maka :

$$\begin{aligned} m &= \frac{3.400.890 \text{ kkal/30 ton TBS}}{11465,92 \text{ kJ/kg}} \\ &= \frac{3.400.890 \text{ kkal/30 ton TBS}}{2751,82 \text{ kkal/ kg}} \\ &= 1235,87 \text{ kg/30 ton TBS} \end{aligned}$$

#### 4.3.3 Perhitungan Potensi Energi Dari Fiber

Pada analisa yang dilakukan dimana dalam 1 ton buah kelapa sawit menghasilkan 120 kg *fiber* sedangkan *sterilizer* berkapasitas 30 ton/jam maka total *fiber* yang dihasilkan sebanyak 3.600 kg/jam. Untuk mengetahui energi yang dapat dihasilkan dari 3.600 kg *fiber* maka digunakan persamaan :

$$Q_f = M \times LHV$$

Dimana :

$Q_f$  = Energi yang tersedia dari *fiber* (kkal)

$M$  = Massa *Fiber* (kg)

$LHV$  = *Low Heating Value* ( 2751,82 kkal/ kg )

$$\begin{aligned} \text{Maka : } Q &= 3.600 \text{ Kg} \times 2751,82 \text{ kkal/kg} \\ &= 9.906.552 \text{ Kkal/30 ton TBS} \end{aligned}$$

#### 4.4 Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam proses perebusan

Dalam proses perebusan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan agar mendapatkan hasil yang baik dan optimal, adalah sebagai berikut :

##### 4.4.1 Pembuangan Udara (Dearasi)

Selama proses perebusan, tahapan pembuangan udara harus semaksimal mungkin di keluarkan dari sistem perebusan dan digantikan oleh uap air sebagai media perebusan. Media gas udara merupakan penghantar panas yang lambat untuk proses perebusan dan dapat menghambat penghantaran panas masuk ke dalam TBS. Pembuangan udara ini dilakukan dengan memasukkan uap dari bagian atas sterilizer (perebusan) dan mengeluarkannya dari bagian bawah sterilizer (pipa condensate).

#### 4.4.2 Pembuangan Air Kondensat

Uap air yang terkontaminasi dengan TBS dan berada di dasar rebusan ini merupakan penghambat dalam proses perebusan. Air yang terdapat dalam rebusan akan menyerap panas yang diberikan sehingga jumlah air akan bertambah. Pertambahan air yang tidak diimbangi dengan pembuangan air condensate akan memperlambat pencapaian tekanan puncak. Supaya air tersebut dapat dibuang, maka dapat di pasang pipa *by pass* pada pipa condensate, karena diperkirakan 11% dari TBS yang diolah adalah air condensate. Hal ini akan berpengaruh pada perebusan buah yang kering akan lebih mudah diproses di screw press. Atau dapat juga dilakukan dengan memprogram waktu rebusan dengan menambahkan waktu *venting* pada tiap peaknya.

#### 4.4.3 Waktu Perebusan

Perebusan membutuhkan waktu penetrasi uap masuk kebagian tandan yang paling dalam. Pada suhu 100°C membutuhkan waktu 25-30 menit penetrasi uap hingga bagian dalam untuk tandan dengan berat 3-6 kg, sedangkan untuk tandan yang beratnya 15 kg membutuhkan waktu 50 menit. Penetrasi uap akan semakin cepat terjadi jika tekanan uap semakin tinggi.

#### 4.4.4 Kegagalan Pada Sterilizer Horizontal

Kegagalan adalah suatu kegiatan yang ditujukan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan yang bersifat spesifik dari peralatan utama, peralatan pendukung, dan perlengkapan instalasi pabrik. Jenis *Failure Analysis* pada material dapat berupa patahan, retakan, atau korosi. (Labsystematic. 2015)

Kegagalan tersebut bisa berasal dari tahap perancangan, pembuatan, perakitan, atau pengoperasian yang tidak sesuai dengan desain. Dengan demikian diperlukan analisa kerusakan yang komprehensif yang bisa dimanfaatkan sebagai umpan balik dalam perbaikan desain, material, perlakuan panas, dan sebagainya terhadap sistem atau komponen.

Secara umum kualitas produk atau sistem yang baik dalam merespons tuntutan pelanggan yang tinggi meliputi : tingkat keamanan penggunaan yang lebih tinggi, memperbaiki tingkat kehandalan, unjuk kerja yang lebih baik, efisiensi yang lebih besar, pemeliharaan yang lebih mudah, *life cycle cost* yang lebih rendah, dan mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan.

Kegagalan yang terjadi dapat mengakibatkan kematian, luka pada orang, kerusakan pada hak milik, tidak beroperasinya pabrik, rugi dalam berproduksi, masalah ekologi berupa terkontaminasinya lingkungan. Kegagalan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 6

**Tabel 6 Hasil Pengamatan Kegagalan**

Fungsi Mesin	Komponen	Efek Potensi Dari kegagalan	Penyebab Kegagalan	Mengatasinya
<i>Sterilizer</i> digunakan untuk merebus TBS dengan menggunakan uap basah	<i>Packing</i> pintu pebusan	Kebocoran uap pada saat perebusan dibagian pintu rebusan	Tekanan uap berlebih, spesifikasi kurang cermat	<i>Housekeeping, purchase order</i>
	<i>Bearing</i>	Pintu rebusan jadi keras pada saat buka tutup	Peemasangan kurang cermat, spesifikasi kurang cermat, kurang <i>grease</i>	<i>Housekeeping, purchase order, Pengecekan grease</i>
	<i>Butterfly Valve</i>	<i>Valve</i> tidak mampu mengatur aliran fluida dengan benar	Masa usia pakai <i>part</i> tidak cermat, Kurang pengecekan <i>part</i>	Jadwal penggantian <i>part, control chart</i>
	Pipa Kondensat	Kebocoran pada aliran pipa kondensat	Ketahanan Material pipa mulai melemah	Lakukan pengelasan pada pipa yang bocor
	<i>Plat Body</i>	Terjadi kebocoran uap	Korosi oleh air kondensat	Lakukan penambalan <i>Polyurathane</i>
	<i>Gasket Sheet Filler</i>	Terjadi kebocoran uap	Masa usia pakai <i>part</i> tidak cermat, Kurang pengecekan <i>part</i>	Jadwal penggantian <i>part, control chart</i>

#### 4.5 PEMBAHASAN

Pada pembahasan laporan ini yang membahas tentang performa kerja *sterilizer* diantaranya kebutuhan uap pada mesin *Sterilizer* yang berkapasitas 30 ton /jam, serta kebutuhan bahan bakar untuk memenuhi uap yang dibutuhkan dari bahan bakar serabut sawit di PT. Agro Muko MM-POM, Mukomuko. Dimana mesin *Sterilizer* ini sebagai mesin perebus tandan buah segar untuk mengurangi kadar air.

Pada kerja praktek ini dalam pengambilan data menggunakan metode observasi, studi pustaka bertanya kepada operator proses yang ada pada stasiun *Sterilizer*. Untuk data input yang digunakan yaitu data kandungan Fresh Fruit Bunch (FFB), panas jenis rata-rata, beda temperatur kerja, nilai hambatan pada sterilizer dianggap tidak ada, data kandungan komposisi bahan bakar serabut dan cangkang kelapa sawit.

Kebutuhan uap untuk masing-masing perebusan pada setiap pabrik pengolahan kelapa sawit berbeda. Dari hasil pengolahan data yang dilakukan didapatkan hasil total energi yang dibutuhkan sebesar 1.529.241 Kkal/Kg.<sup>o</sup>C kemudian panas yang diberikan sebesar 1.871.569 kkal/kg dan didapatkan nilai kebutuhan uap untuk mesin *Sterilizer* sekitar 3.400.890 kkal/30 ton TBS.

Pada perhitungan kebutuhan bahan bakar, diketahui nilai *Low Heat Value* ( LHV ) sebesar 2751,82 kkal/ kg yang digunakan untuk menghitung nilai laju aliran masa bahan bakar dan diperoleh hasil sebesar 1235,87 Kkal/30 ton TBS. Dari produksi 30 ton kelapa sawit menghasilkan 3600 kg fiber dan didapatkan nilai energi yang tersedia dari fiber adalah 9.906.552 Kkal/30 ton TBS. Kemudian dari perolehan nilai laju aliran massa bahan bakar dibandingkan dengan perolehan nilai ketersediaan energi dari fiber mendapat kesimpulan bahwa ketersediaan energi dari fiber dapat memenuhi konsumsi bahan bakar boiler dan cukup untuk memenuhi kebutuhan uap pada mesin *sterilizer*. Panas yang dihasilkan fiber jumlahnya lebih kecil dari yang dihasilkan oleh cangkang, apabila cangkang dibakar akan mengeluarkan panas yang besar akan tetapi jika dilakukan pencampuran cangkang dalam jumlah lebih banyak dari fiber maka akan menghambat proses pembakaran akibat penumpukan arang dan api kurang menyala sempurna sehingga panas yang dihasilkan lebih rendah.

#### 5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pengamatan langsung yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Prinsip kerja dari *Sterilizer Horizontal* pada stasiun perebusan adalah merebus dengan sistem triple peak (tiga puncak). Proses pengangkutan TBS dari loading ramp ke ketel rebusan dilakukan dengan transportasi lory. Dengan waktu perebusan berkisar 90-95 menit dan target yang harus dicapai di stasiun ini adalah tekanannya 2.8-3.0 kg/cm<sup>2</sup> dengan suhu 130-135° C. Menurut standar PKS kehilangan minyak (*oil losses*) di air kondensat sebesar 0,8 – 1,0%, jika kehilangan minyak terlalu tinggi akan mempengaruhi mutu minyak kelapa sawit. Dan bila suhu dan tekanan tidak mencapai target , maka akan mengakibatkan kualitas perebusan TBS yang tidak baik, untuk mencegah hal tersebut perlu memperhatikan kestabilan dalam proses kerja *sterilizer horizontal*.
2. Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan sistem kerja perebusan kelapa sawit (*sterilizer*) yang dilakukan menggunakan sistem tiga puncak. Hasil analisis yang dilakukan didapatkan nilai kebutuhan uap pada stasiun *sterilizer* sebesar 3.400.890 kkal/30 ton TBS. Untuk memenuhi kebutuhan uap sebesar 3.400.890 kkal/30 ton TBS menghabiskan bahan bakar fiber sebanyak 1235,87 kg/30 ton TBS dan jika dibandingkan dengan nilai kalori pada bahan bakar fiber yang tersedia sebesar 9.906.552 Kkal/30 ton TBS maka bahan bakar bisa memenuhi kebutuhan uapnya.
3. Dari proses identifikasi maka didapat komponen kritis yang memiliki potensi kegagalan yaitu bearing, butterfly valve, packing pintu, pipa kondensat, plat body, dan gasket sheet filler. Dari hasil pengamatan maka dapat diketahui peluang kegagalan dari komponen dan juga mesin, semakin tinggi peluang kegagalan yang didapat maka akan memperburuk kinerja mesin.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. SIHOMBING, "ALAT DAN PROSES PENGOLAHAN KELAPA SAWIT DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XIII PABRIK KELAPA SAWIT GUNUNG MELIAU," 2017.
- [2] Riska Nita Natassya, Refni Yulia, Livia Ersi. 2011. Industri Pengolahan Kelapa Sawit PT. Agro Muko *Palm Oil Mill* Desa Teruntung, Kecamatan Teras Terunjam, Kabupaten Mukomuko. Provinsi Bengkulu Tahun 1994-2011. Progam Studi Pendidikan Sejarah, STKIP PGRI : Sumatra Barat
- [3] Muko-Muko Palm Oil Mill Production Log For Fiscal. Provinsi Bengkulu. Tahun 2021 Periode 1
- [4] J. Gajah and M. Kandis, "Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang," vol. XII, no. 10, pp. 159–169, 2018.

- [5] Sinaga Pandapotan Rodo. 2009. "Analisa Kebutuhan Uap Pada Stasiun Perebusan (*Sterilizer*) Untuk Pabrik Kelapa Sawit Kapasitas 30 Ton Tbs/Jam". Skripsi Agribisnis Perkebunan, Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan : Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian
- [6] Sitepu Tekad. 2011. "Analisa Kebutuhan Uap Pada *Sterilizer* Pabrik Kelapa Sawit Dengan Lama Perebusan 90 Menit". Volume 11 (8), 1-31
- [7] Hidayati Dian. 2016. ANALISIS TERMAL PADA *STERILIZER CRUDE PALM OIL* DI PT BOMA BISMA INDRA. Surabaya. Progra Studi Tknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh November
- [8] Ginanjar Taufiq, Junaidi, Lubis Suryani Gita M. Simanjuntak Yohanes. 2019. "Analisa Kebutuhan Bahan Bakar Boiler Dengan Melakukan Uji Kalori Pada Pabrik Kelapa Sawit PT. Sentosa Prima Agro". Pontianak. Program Studi Teknik Mesin Tanjung Pura