

# **ANALISIS KEBUTUHAN UAP PADA STERILIZER PABRIK KELAPA SAWIT DENGAN LAMA PEREBUSAN 90 MENIT**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**CHANDRA SIMANUNGKALIT  
198130117**



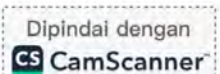
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 3/2/25



Access From (repository.uma.ac.id)3/2/25

## HALAMAN JUDUL

# ANALISIS KEBUTUHAN UAP PADA SERILIZER PABRIK KELAPA SAWIT DENGAN LAMA PEREBUSAN 90 MENIT

## SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area**

**Oleh:**

**CHANDRA SIMANUNGKALIT  
198130117**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 3/2/25

Dipindai dengan  
CamScanner

Access From (repository.uma.ac.id)3/2/25

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisis Kebutuhan Uap Pada Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit Dengan Lama Perebusan 90 Menit

Nama Mahasiswa : Chandra Simanungkalit

NIM : 198130117

Fakultas : Teknik Mesin

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing

(Dr.Eng.Supriatno, S.T.,M.T)  
Pembimbing

  
  
(Dr. Eng. Supriatno, S.T.,M.T)  
Dekan

  
  
(Dr. Iswandi, S.T.,M.T.)  
Ka. Prodi

Tanggal Lulus: 18 Agustus 2024

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 18 Agustus 2024



Chandra Simanungkalit

198130117





## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

### TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS


Sebagai sevitak akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Chandra Simanungkalit  
NPM : 198130117  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive- free right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: ANALISIS KEBUTUHAN UAP PADA STERILIZER PABRIK KELAPA SAWIT DENGAN LAMA PEREBUSAN 90 MENIT.

beserta perangkat yang ada (jika di perlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini buat dengan sebenarnya.

Di buat di : Medan  
Pada tanggal : 18 Agustus 2024  
Yang menyatakan

  
(Chandra Simanungkalit)  
198130117

## ABSTRAK

Pada pengolahan kelapa sawit Salah satu proses adalah perebusan yang menggunakan peralatan mesin *Sterilizer*, dimana *Sterilizer* adalah bejana uap yang digunakan untuk merebus TBS dengan tekanan uap sesuai dengan standart tekanan kerja yang diizinkan, begitu juga dalam Perebusan Tanda Kelapa Sawit dalam *sterilizer* mempunyai faktor faktor atau *variable* dalam perebusan yaitu Kapasitas Perebusan (Q), Tekanan Perebusan (*Peak pressure*), Temperatur Air masuk (T.in) dan Waktu perebusan (t). untuk mengeahui optimalitas dalam proses perebusan dilakukan penelitian dan pengambilan data operasional *Sterilizer* di industri Pabrik Kelapa Sawit didapat data data atau *variable* dalam perebusan. Perhitungan penelitian ini menggunakan Metode kuantitatif Dari perhitungan data penelitian didapat tekanan kerja perebusan akan mempengaruhi kebutuhan uap dalam proses dimana pada *sterilizer* 1 tekanan Peak 1 membutuhkan Uap sebesar 366.880,988 kkal/jam, Peak 2 membutuhkan Uap sebesar 337.610,064 kkal/jam Dan pada Peak 3 membutuhkan Uap sebesar 140.677,941 kkal/jam. Total uap yang di butuhkan sebesar 845.168,941 kkal/jam. Pada *sterilizer* 2 tekanan peak 1 membutuhkan uap sebesar 377.309,91 kkal/jam, peak 2 membutuhkan uap sebesar 197.827,795 kkal/jam dan peak 3 membutuhkan uap sebesar 122.432,868 kkal/jam. total uap yang dibutuhkan sebesar 697.570,573 kkal/jam. Pada *sterilizer* 3 peak 1 membutuh kan uap sebesar 369.382,945 kka;/jam, peak 2 membutuhkan uap sebesar 205.297,838 kkal.jam dan peak 3 membutuhkan uap sebesar 47.165,543 kkal/jam. Total uap yang dibutuhkan sebesar 621.846,326 kkal/jam. Pada *sterilizer* 4 peak 1 membutuh kan uap sebesar 282.722,47kkal/jam, paek 2 membutuhkan uap sebesar 253.919,492 kkal/jam dan peak 3 membutuhkan uap sebesar 56.113,736 kkal/jam. Total uap yang dibutuhkan sebesar 592.755,698 kkal/jam.

**Kata kunci :** *Sterilizer, Variasi Tekanan Uap, Peak Pressure*



## ABSTRACT

*In palm oil processing, one of the processes is boiling which uses sterilizer machine equipment, where the sterilizer is a steam vessel used to boil FFB with steam pressure in accordance with the permitted working pressure standards, likewise in boiling palm oil in the sterilizer there are factors or variables. in boiling, namely Boiling Capacity (Q), Boiling Pressure (Peak pressure), Inlet Water Temperature (T.in) and Boiling Time (t). To find out the optimality in the boiling process, research was carried out and data on Sterilizer operations in the Palm Oil Factory industry was obtained to obtain data or variables in boiling. The calculations for this research use quantitative methods. From the research data calculations, it is found that the working pressure of boiling will influence the steam requirements in the process, where in sterilizer 1, Peak 1 pressure requires steam of 366,880,988 kcal/hour, Peak 2 requires steam of 337,610,064 kcal/hour. Peak 3 requires steam of 140,677,941 kcal/hour. The total steam required is 845,168.941 kcal/hour. In sterilizer 2, peak pressure 1 requires steam of 377,309.91 kcal/hour, peak 2 requires steam of 197,827.795 kcal/hour and peak 3 requires steam of 122,432.868 kcal/hour. The total steam required is 697,570.573 kcal/hour. O'clock. In sterilizer 3, peak 1 requires steam of 369,382,945 kcal/hour, peak 2 requires steam of 205,297,838 kcal/hour and peak 3 requires steam of 47,165,543 kcal hour. The total steam required is 621,846.326 kcal/hour. In sterilizer 4, peak 1 requires steam of 282,722.47 kcal/hour, peak 2 requires steam of 253,919,492 kcal/hour and peak 3 requires steam of 56,113,736 kcal/hour. The total steam required is 592,755,698 kcal/hour.*

*Keywords: Sterilizer, Steam Pressure Variation, Peak Pressure*

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Duri Pada Tanggal 22 Oktober 1999 dari ayah D. Simanungkalit dan ibu T. Silaban. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Tahun 2018 penulis lulus dari SMAN 1 Duri dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan, penulis menjadi mahasiswa selama perkuliahan pada tahun ajaran 2019 sampai tahun ajaran 2023. Penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PKS Pagar Merbau di Lubuk Pakam.

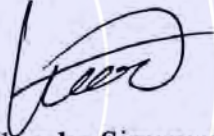




## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Analisis Kebutuhan Uap Pada Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit Dengan Lama Perebusan 90 Menit. Terima kasih penulis sampaikan kepada Dr.Eng. Supriatno, ST., MT. selaku pembimbing serta Dr. Iswandi, S.T., M.T. yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada ayah, ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya, ungkapan terimakasih juga disampaikan kepada saudara kandung saya dan teman-teman yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi/tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi/tesis ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan Pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Medan, 18 Agustus 2024  
Penulis,

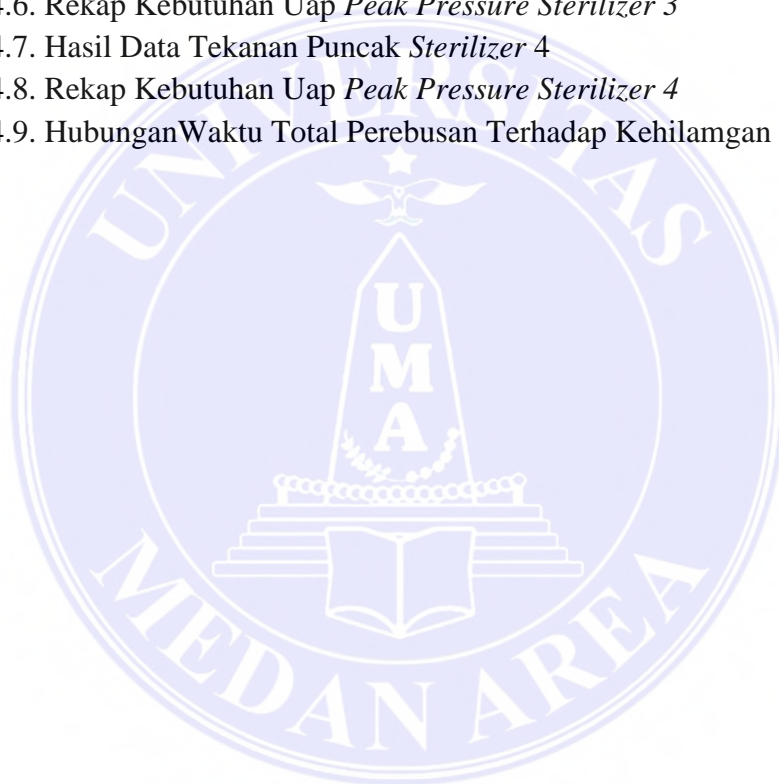
  
Chandra Simanungkalit  
198130117

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN SEMINAR HASIL.....	ii
HALAMAN PERYATAAN .....	iii
HALAMAN PERYATAAN PERSUTUJUAN PUBLIKASI .....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR RIWAT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR NOTASI .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Hipotesis Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Penelitian Terdahulu.....	4
2.2. Tujuan Perebusan.....	6
2.3. Sistem Perebusan .....	8
2.4. Lama Perebusan.....	10
2.5. Kandungan Tandan Buah Segar .....	11
2.6. Kecepatan Aliran Kalor Dan Kebutuhan Uap .....	12
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>14</b>
3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	14
3.2. Bahan Dan Alat.....	15
3.3. Metode Penelitian .....	19
3.4. Populasi Dan Sampel .....	20
3.5. Prosedur Kerja .....	20
3.5.1. Diagram Alir Penelitian.....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1. Perhitungan Steam Perebusan Dalam Waktu 90 Menit.....	23
4.1.1. Perhitungan Steam Pada Sterilizer 1 .....	24
4.1.2. Perhitungan Steam Pada Sterilizer 2.....	29
4.1.3. Perhitungan Steam Pada Sterilizer 3.....	34
4.1.4. Perhitungan Steam Pada Sterilizer 4.....	39
4.2. Waktu Rebusan Terhadap Kehilangan Minyak.....	43
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>46</b>
5.1. Simpulan .....	46
5.2. Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR TABEL

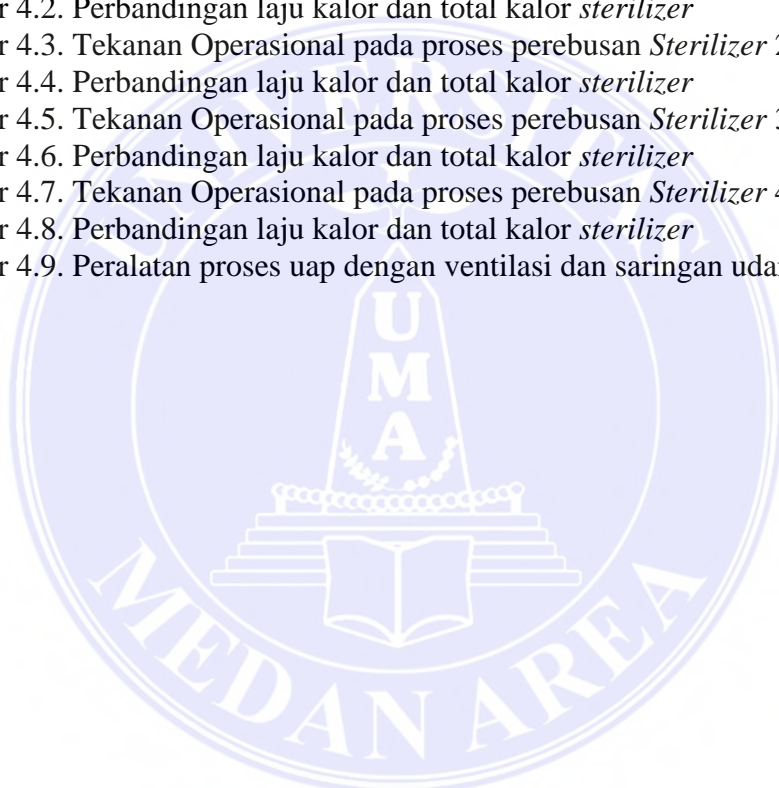
Tabel 2.1. Kandungan Tandan Buah Sawit	12
Tabel 3.1. Jadwal Waktu Dan Kegiatan Penelitian	15
Tabel 3.2. spesifikasi <i>sterilizer</i>	19
Tabel 4.1. Hasil Data Tekanan Puncak <i>Sterilizer 1</i>	25
Tabel 4.2. Rekap Kebutuhan Uap Pada <i>Peak Pressure Sterilizer 1</i>	28
Tabel 4.3. Hasil Data Tekanan Puncak <i>Sterilizer 2</i>	30
Tabel 4.4. Rekap Kebutuhan Uap Pada <i>Peak Pressure Sterilizer 2</i>	33
Tabel 4.5. Hasil Data Tekanan Puncak <i>Sterilizer 3</i>	35
Tabel 4.6. Rekap Kebutuhan Uap <i>Peak Pressure Sterilizer 3</i>	38
Tabel 4.7. Hasil Data Tekanan Puncak <i>Sterilizer 4</i>	40
Tabel 4.8. Rekap Kebutuhan Uap <i>Peak Pressure Sterilizer 4</i>	43
Tabel 4.9. Hubungan Waktu Total Perebusan Terhadap Kehilangan Minyak	45





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. sistem perebusan <i>single peak</i>	9
Gambar 2.2. sistem perebusan <i>doble peak</i>	10
Gambar 2.3. sistem perebusan <i>triple peak</i>	11
Gambar 3.1. Tandan Buah Segar	16
Gambar 3.2. Meteran	17
Gambar 3.3. Termometer	17
Gambar 3.4. Alat pengukur tekanan	18
Gambar 3.5. Alat ukur waktu ( <i>stopwatch</i> )	18
Gambar 3.6. Perebusan ( <i>Sterilizer</i> )	19
Gambar 4.1. Tekanan Operasional pada proses perebusan <i>Sterilizer 1</i>	25
Gambar 4.2. Perbandingan laju kalor dan total kalor <i>sterilizer</i>	29
Gambar 4.3. Tekanan Operasional pada proses perebusan <i>Sterilizer 2</i>	30
Gambar 4.4. Perbandingan laju kalor dan total kalor <i>sterilizer</i>	34
Gambar 4.5. Tekanan Operasional pada proses perebusan <i>Sterilizer 3</i>	35
Gambar 4.6. Perbandingan laju kalor dan total kalor <i>sterilizer</i>	39
Gambar 4.7. Tekanan Operasional pada proses perebusan <i>Sterilizer 4</i>	40
Gambar 4.8. Perbandingan laju kalor dan total kalor <i>sterilizer</i>	44
Gambar 4.9. Peralatan proses uap dengan ventilasi dan saringan udara <i>otomatis</i>	46



## DAFTAR NOTASI

$q$  = Aliran kalor

$k$  = Konduktifitas termal untuk uap air (jenuh)

$S$  = Faktor bentuk konduksi

$L$  = Panjang silinder sterilizer (m)

$r_o$  = jari – jari luar *sterilizer* (m)

$r_i$  = jari-jari dalam silinder (m)

$m_u$  = masa aliran uap (kg/jam)

$Q^{tot}$  = panas yang diperlukan untuk proses perebusan (Kkal/jam)

$h^g$  = entalphy uap masuk *sterilizer* (Kkal/kg)

$h_x$  = entalphy kondensate keluar *sterilizer* (Kkal/kg)

$\Delta T$  = Selisih temperatur ( $^{\circ}C$ )

Kpa = Satuan tekanan udara

Mpa = Tekanan

$h_1$  = Entalpi tekanan masuk pompa (kj/kg)

$h_2$  = Entalpi tekanan keluar pompa (kj/kg)

$h_3$  = Entalpi tekanan keluar boiler (kj/kg)

$h_4$  = Entalpi tekanan kondesor (kj/kg)

$p_1$  = Temperatur air umpan

$p_2$  = Tekanan keluar pompa

$wt$  = Daya turbin (kj/kg)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan Perkembangan zaman teknologi sudah berkembang pesat dengan adanya kecanggihan zaman. Bahkan sudah berbeda jauh dengan teknologi zaman sebelumnya. Untuk itu manusia mengembangkan kemampuannya untuk menciptakan hal-hal canggih di era zaman sekarang. Seperti dari kecanggihan teknologi sekarang ini alat-alat yang dapat memenuhi kriteria seperti kuat, ringan, murah dan ramah lingkungan. Namun, penggunaan alat tersebut dalam beberapa hal membuktikan bahwa elemen dapat lebih efektif penggunaannya.

Proses produksi di pabrik kelapa sawit (PKS) dimulai dengan mengolah bahan baku sampai menjadi produk, yang bahan bakunya adalah tandan buah segar (TBS) kelapa sawit. Proses pengolahan TBS kelapa sawit di setiap pabrik pada umumnya bertujuan untuk memperoleh minyak dengan kualitas yang baik, tingkat keasaman yang rendah dan minyak yang mudah dipecahkan. Proses tersebut cukup panjang dan memerlukan kontrol yang cermat, dimulai dari pengangkutan hasil sampai dihasilkan minyak sawit dan hasil sampingan lainnya seperti inti sawit atau kernel. Perlakuan selama proses pengolahan TBS yang dilakukan dalam sebuah pabrik merupakan sebuah vaktor yang menentukan keberhasilan pabrik tersebut untuk memperoleh rendemen yang tinggi dengan kadar asam lemak bebas yang rendah. Untuk tujuan tersebut maka perlu diperhatikan hal-hal



seperti mutu buah sawit yang dipanen dari kebun, kondisi semua alat, mutu dan jumlah bahan pengolahan

Faktor yang mempengaruhi kesempurnaan proses perebusan adalah kondisi buah dan sistem perebusannya. Apabila dalam perebusan tidak memperhatikan tekanan, waktu dan temperatur perebusan maka kehilangan minyak akan semakin besar. Tekanan dan waktu perebusan pada *sterilizer* sangat berpengaruh untuk mengurangi kehilangan minyak dalam air buangan tersebut. *Sterilizer* merupakan suatu bejana bertekanan yang berfungsi untuk memasak atau merebus buah dengan media uap (*steam*) sebagai media pemanas yang berasal dari sisa pembuangan turbin uap.

Turbin uap disebut juga boiler yang di dalamnya terjadi perpindahan panas untuk mengubah fasa cair menjadi fasa uap. *Steam boiler* dialirkan dari sistem pemipaan ke *sterilizer* oleh karena steam berupa fluida gas, maka untuk mentransportasikannya butuh tekanan. Tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan sehingga steam dapat sampai ke *sterilizer* untuk digunakan pada saat perebusan. Dalam proses perebusan, TBS dipanaskan dengan uap pada temperatur sekitar 133 derajat celcius dan tekanan 2,5-3,0 kg/cm kuadrat selama 80-90 menit.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kebutuhan uap pada *sterilizer* pabrik kelapa sawit dengan lama perebusan 90 menit?
2. Bagaimana pengaruh waktu rebusan terhadap TBS

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis kebutuhan uap pada *sterilizer* pabrik kelapa sawit dengan lama perebusan 90 menit.
2. Menghitung kehilangan minyak yang terbawak kondensat dan pengaruh waktu perebusan

### 1.4 Hipotesis Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah perhitungan kebutuhan pada *sterilizer* pabrik kelapa sawit dengan lama perebusan 90 menit. dan pengaruh waktu rebusan terhadap TBS di stasiun *sterilizer* PT Paluta Inti Sawit yang berada di Desa Siancimun, Kecamatan Halongonan Timur, Kabupaten Padang Lawas Utara, Provinsi Sumatera Utara.

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Memahami cara kerja *sterilizer* sebagai alat perebusan selama proses pembuatan minyak kelapa sawit.
2. Memperoleh pengetahuan dan keterampilan keteknikan, serta teknologi baru yang diperoleh di industri dan belum pernah didapatkan sebelumnya di lembaga pendidikan.
3. Menerapkan ilmu yang diperoleh di pendidikan dengan industri.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

Untuk menyempurnakan teori dalam menilai penelitian yang dilakukan, penulis menggunakan penelitian terdahulu sebagai salah satu sumber dalam melakukan penelitian. Penelitian sebelumnya sangat penting untuk menjadi referensi untuk penelitian yang akan dilakukan, penelitian semacam ini telah dilakukan sebelumnya. Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi landasan penelitian ini di antara lain:

1. Idad (2020) yang berjudul Stasiun Perebusan (*Sterilizer*) Sterilisasi merupakan proses perebusan terhadap TBS. TBS yang telah berada di dalam dipanaskan dengan menggunakan uap jenuh (*saturated steam*) pada tekanan dan suhu tinggi di dalam ketel rebusan yang disebut *sterilizer*. Proses perebusan buah merupakan faktor yang paling vital dalam pengolahan TBS karena sangat menentukan hasil olah pada tahapan proses selanjutnya, baik losses (kerugian) yang timbul dan juga kualitas produksinya. Dengan bantuan conveyor maka buah dibawa ke *sterilizer* untuk dilakukan proses perebusan. Dalam proses *sterilizer* buah kelapa sawit akan direbus selama 90 menit berada di dalam *sterilizer* dan diberikan uap basah (*steam*) dengan tekanan sampai 2,8-3,0 kg/cm dengan temperatur mencapai 130°C.



2. Wahyudi, Murhabab, Mahmuddin Marbun, Bambang Tripoli (2022) yang berjudul “Analisis Kebutuhan Steam Di Stasiun *Sterilizer* Dengan Sistem Perebusan 90 Menit”

Ada beberapa tipe pada stasiun *sterilizer*, tipe-tipe ini dikelompokkan berdasarkan jumlah tabung dan kapasitas produksi pabrik.

a. Stasiun *sterilizer* 4 tabung: tipe 4 tabung ini biasanya didesain pada pabrik berkapasitas 60 hingga 80 ton/jam.

b. Stasiun *sterilizer* 3 tabung: tipe 3 tabung ini biasanya didesain pada pabrik berkapasitas 45 ton/jam.

c. Stasiun *sterilizer* 2 tabung: tipe 2 tabung ini biasanya didesain pada pabrik berkapasitas 30 ton/jam. Stasiun *sterilizer* juga memiliki kapasitas yang berbeda tiap- tipe nya. Kapasitas stasiun *sterilizer* merupakan kemampuan *sterilizer* dalam menyiapkan TBS yang sudah direbus dalam satuan waktu (ton/jam) yang dihitung dengan rumus:  $SxNxC$ .

Fungsi: menonaktifkan enzim lipase yang akan menyebabkan naiknya ALB, memudahkan buah lepas dari tankos, melunakkan daging buah, mengurangi kadar air, melelehkan lapisan lilin pada buah dan merupakan pengeringan pendahuluan terhadap inti biji mudah lepas dari cangkangnya.

Spesifikasi alat:

- a. Bentuk: silinder *vertikal*
- b. Panjang 2723 cm
- c. Diameter dalam 208 cm
- d. Diameter luar 281cm
- e. Tekanan 2,8-3 kg/cm<sup>2</sup>

Fungsi: saluran pembuangan uap bekas, berjumlah 4 unit dengan maksimal. *Air pressure* 800 kpa. Fungsi: tempat masuknya uap rebusan, sejumlah 4 unit. Volume 0,8 L dengan maksimal *suplay pressure* 0,8 mpa.

## 2.2. Tujuan Perebusan

Keberhasilan dalam proses perebusan mendukung kemudahan-kemudahan dalam proses selanjutnya, baik di stasiun *Threshing*, *Press*, *Digester* dan lain-lain. Fungsi dari *Sterilizer* untuk melakukan proses perebusan buah TBS sebelum diproses menjadi minyak, dengan tujuan adalah:

a. Menghentikan aktifitas enzim Buah yang dipanen mengandung enzim lipase dan oksidase yang tetap bekerja di dalam buah sebelum enzim tersebut dihentikan. Enzim Lipase bertindak sebagai katalisator dalam pembentukan asam lemak bebas (ALB) sedangkan enzim oksidasi berperan dalam pembentukan peroksida yang kemudian berubah menjadi gugus *aldehyde* dan *kation*. Senyawa tersebut bila teroksidasi akan terbentuk asam lemak bebas. Jadi asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak sawit merupakan hasil kerja enzim lipase dan oksidase. Aktifitas enzim semakin tinggi apabila buah TBS mengalami kememaran (luka). Enzim umumnya tidak aktif lagi bila dipanaskan sampai suhu  $>50^{\circ}\text{C}$ . Maka perebusan dengan suhu  $>120^{\circ}\text{C}$  sekaligus menghentikan kegiatan enzim.

b. Melepaskan Buah dari Tandannya Minyak dan inti sawit terdapat dalam buahnya, dan untuk mempermudah proses ekstraksi minyak, buah perlu dipisahkandari tandannya. Pelepasan buah dari tandannya karena adanya *hidrolisapektin* yang terjadi dipangkal buah. Jadi *Hidrolisa* pektin ini telah terjadi secara alam di lapangan yang menyebabkan buah membrondol. *Hidrolisa* pektin dapat terjadi pula didalam *Sterilizer*, dengan adanya reaksi yang dipercepat oleh pemanasan.

Panas dan uap didalam *sterilizer* akan meresap ke dalam buah karena adanya tekanan. *Hidrolisa* pektin dalam tangkai tidak seluruhnya menyebabkan pelepasan buah, oleh karena itu perlu dilakukan proses perontokan buah didalam mesin *Tressing*.

c. Menurunkan Kadar Air. Proses *Sterilisasi* buah dapat menyebabkan penurunan kadar air buah dan inti, yaitu dengan cara penguapan baik dari dalam saat direbus maupun saat sebelum dimasukkan ke *Tressing*. Interaksi penurunan kadar air dan panas dalam buah akan menyebabkan minyak sawit dari antara sel dapat bersatu dan mempunyai viskositas yang rendah sehingga mudah dikeluarkan dalam proses pengempaan (proses ekstraksi minyak).

d. Melunakkan Buah Sawit. Perikarp (kulit buah) yang mendapatkan perlakuan panas dan tekanan akan menunjukkan sifat, dimana serat yang mudah lepas antara serat yang satu dengan yang lain. Hal ini akan mempermudah proses didalam *Digester* dan *Depericarper/Polishing*. Karena adanya panas dan tekanan tersebut maka air yang terkandung dalam inti akan menguap lewat mata biji sehingga proses pemecahan biji lebih mudah dalam *Rippel Mill*.

e. Melepaskan serat dan biji. Perebusan buah yang tidak sempurna dapat menimbulkan kesulitan pelepasan serat dari biji dalam *polishing* drum, yang menyebabkan pemecahan biji lebih sulit dalam alat pemecah biji. Penetrasi uap yang cukup baik akan membantu proses pemisahan serat dan biji, yang dipercepat oleh proses *hidrolisis*.

f. Membantu proses pelepasan inti dari cangkang. Perebusan yang sempurna akan menurunkan kadar air biji hingga 15%. Kadar biji yang turun hingga 15% akan menyebabkan inti menyusut sedangkan tempurung biji tetap, maka terjadi inti yang

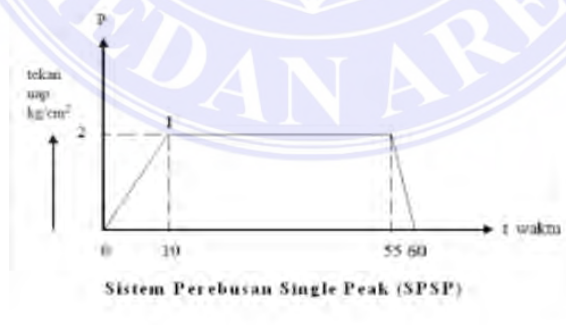
lejang dari cangkang. Hal ini akan membantu proses fermentasi didalam Nut Silo, sehingga pemecahan biji dapat berlangsung dengan baik, demikian juga pemisahan inti dan cangkang dalam proses pemisahan kering atau basah dapat menghasilkan inti yang mengandung kotoran yang lebih kecil.

### 2.3. Sistem Perebusan

Sistem perebusan yang dipilih harus sesuai dengan kemampuan *boiler* memproduksi uap, dengan sasaran bahwa tujuan perebusan dapat tercapai. Sistem perebusan yang lazim dikenal di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) adalah *single peak*, *double peak*, *triple peak*. Sistem perebusan *triple peak* banyak digunakan, selain berfungsi sebagai tindakan fisika juga dapat terjadi proses mekanik yaitu adanya guncangan yang disebabkan oleh perubahan tekanan yang cepat.

#### a. Sterilizer Single Peak

Proses perebusan yang dilakukan hanya satu tahap. Uap masuk sesuai dengan waktu yang ditentukan, sampai tercapai tekanan konstan dan kemudian turun, dan uap dibuang dari ruang perebusan.



Gambar 2.1. sistem perebusan *single peak*

Sistem Perebusan *Single Peak* adalah

sebagai berikut :

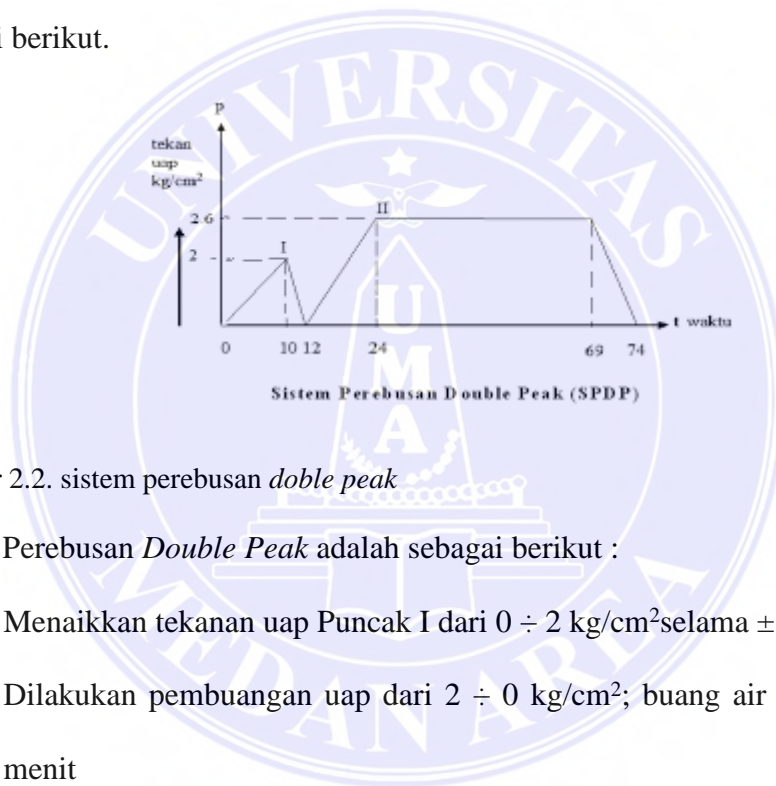
1. Menaikkan tekanan uap Puncak I dari  $0 \div 2 \text{ kg/cm}^2$  selama  $\pm 10$  menit



2. Dilakukan penahanan waktu perebusan selama  $\pm 45$  menit
3. Dilakukan pembuangan uap dari  $2 \div 0$  kg/cm<sup>2</sup>; buang air kondensat  $\pm 5$  menit
4. Selesai

b. *Sterilizer Double Peak*

Proses perebusan dilakukan dengan dua tahap pemasukan uap, demikian juga dengandua tahap pembuangan kondensat (uap air). Proses ini digambarkan sebagai berikut.



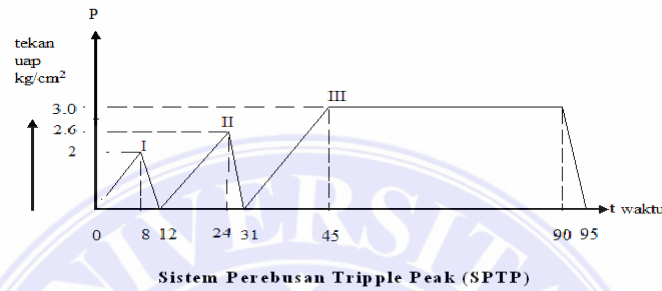
Gambar 2.2. sistem perebusan *double peak*

Sistem Perebusan *Double Peak* adalah sebagai berikut :

1. Menaikkan tekanan uap Puncak I dari  $0 \div 2$  kg/cm<sup>2</sup>selama  $\pm 10$  menit
2. Dilakukan pembuangan uap dari  $2 \div 0$  kg/cm<sup>2</sup>; buang air kondensat  $\pm 2$  menit
3. Menaikkan tekanan uap Puncak II dari  $0 \div 2.6$  kg/cm<sup>2</sup>selama  $\pm 12$  menit
4. Dilakukan penahanan waktu perebusan selama  $\pm 45$  menit
5. Dilakukan pembuangan uap dari  $2.6 \div 0$  kg/cm<sup>2</sup>; buang air kondensat  $\pm 5$  menit
6. Selesai

c. *Sterilizer Tripple Peak*

Proses perebusan dilakukan dengan tiga tahap pemasukan uap, demikian juga dengan tiga tahap pembuangan kondensat (uap air). Proses ini digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.3. sistem perebusan *triple peak*

Sistem Perebusan *Tripple Peak* adalah sebagai berikut :

1. Menaikkan tekanan uap Puncak I dari 0 ÷ 2 kg/cm<sup>2</sup> selama ± 8 menit
2. Dilakukan pembuangan uap dari 2 ÷ 0 kg/cm<sup>2</sup> ; buang air kondensat ±4 menit.
3. Menaikkan tekanan uap Puncak II dari 0 ÷ 2.6 kg/cm<sup>2</sup> selama ± 12menit
4. Dilakukan pembuangan uap dari 2.6 ÷ 0 kg/cm<sup>2</sup>; buang air kondensat ± 7 menit
5. . Menaikkan tekanan uap Puncak III dari 0 ÷ 3 kg/cm<sup>2</sup> selama ± 14 menit
6. Dilakukan penahanan waktu perebusan selama ± 45 menit
7. Dilakukan pembuangan uap dari 3 ÷ 0 kg/cm<sup>2</sup>; buang air kondensat ± 5 menit
8. Selesai

2.4. Lama Perebusan

Perebusan membutuhkan waktu penetrasi uap hingga ke bagian tandan yang paling dalam. Untuk tandan yang beratnya 3 - 6 kg dengan suhu uap 100 °C membutuhkan waktu 25-30 menit untuk mencapai temperatur 100 °C pada bagian dalam buah. Sedangkan untuk tandan yang beratnya 17 kg membutuhkan waktu penetrasi 50 menit. Hubungan waktu perebusan dengan efisiensi ekstraksi minyak adalah sebagai berikut :

- a. Semakin lama perebusan buah maka jumlah buah yang terpipih semakin tinggi, atau persentase tandan yang tidak terpipih semakin rendah.
- b. Semakin lama perebusan buah maka biji semakin masak dan menghasilkan biji yang lebih mudah pecah dan sifat leang.
- c. Semakin lama perebusan buah maka kehilangan minyak dalam air kondensat semakin tinggi.
- d. Semakin lama perebusan buah maka kandungan minyak dalam tandan kosong semakin tinggi yaitu terjadinya penyerapan minyak oleh tandan kosong akibat terdapatnya rongga – rongga kosong.
- e. Semakin lama perebusan buah maka mutu minyak sawit akan semakin menurun.

## 2.5. Kandungan Tandan Buah Segar

Tandan buah sawit yang akan direbus mempunyai kandungan pada tabel berikut.

Tabel 2.1. Kandungan Tandan Buah Sawit

Kandungan	Presentase (%)	Massa, m (kg/jam)	Panas jenis, cp (kkal/kg)	M, Cp (kkal/kg°C)
Air	12	3600	1,00	3600
Cangkang	6	1800	0,45	810
Inti	5	1500	0,38	570

Lumpur	22	6600	0,53	2310
Minyak	22	6600	0,35	3498
Serabut	11	3300	0,43	1416
Tandan Kosong	22	6600	0,40	2640
Jumlah	100	30000	3,54	14.847

2.6. Kecepatan Aliran Kalor dan Kebutuhan Uap

Dalam sistem dua dimensi, dimana hanya dua batas suhu, dapat didefinisikan faktor bentuk konduksi S sehingga dapat diperoleh rumus mencari aliran kalor sebagai berikut:

$$q = k.S.\Delta T \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

q = Aliran Kalor

k = konduktifitas termal untuk uap air (jenuh) = 0,0206 W/m.°C

S = faktor bentuk konduksi

ΔT = Selisih temperatur (°C) yaitu selisih temperatur uap masuk sterilizer dengan temperatur udara standart (*atmosfer*).

Nilai S untuk beberapa bentuk geometri dapat ditentukan, dimana faktor bentuk yang digunakan adalah silinder bolong dengan panjang L yaitu:

$$S = \frac{2\pi L}{\ln(r_o/r_i)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

S = Faktor bentuk konduksi

L = Panjang Silinder Sterilizer (m)

r<sub>o</sub> = jari – jari luar sterilizer (m)

r<sub>i</sub> = jari-jari dalam silinder (m)



Kebutuhan uap dihitung berdasarkan besarnya panas yang diperlukan pada sterilizer.

$$m_u \frac{Q^{\text{tot}}}{h^g - h_x} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

$m_u$  = masa aliran uap (kg/jam)

$Q^{\text{tot}}$  = panas yang diperlukan untuk proses perebusan (Kkal/jam)

$h^g$  = entalphy uap masuk sterilizer (Kkal/kg)

$h_x$  = entalphy kondensate keluar sterilizer (Kkal/kg)

(Sitepu, 2011)



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan 12 Februari 2024 sampai dengan 12 Maret 2024. Penelitian ini akan dilaksanakan di PKS PT. Paluta Inti Sawit Desa Siancimun, Kec. Halongonan Timur, Kab. Padang Lawas Utara, Provinsi Sumatera Utara.

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir

Aktivitas	2023			2024		
	Mei	Nov	Des	Feb-Maret	Ags	Sep
Pengajuan Judul						
Penulisan Proposal						
Seminar Proposal						
Proses Penelitian						
Pengolahan Data						
Penyelesaian Laporan						
Seminar Hasil Evaluasi dan						

Persiapan  
Sidang  
Sidang Sarjana

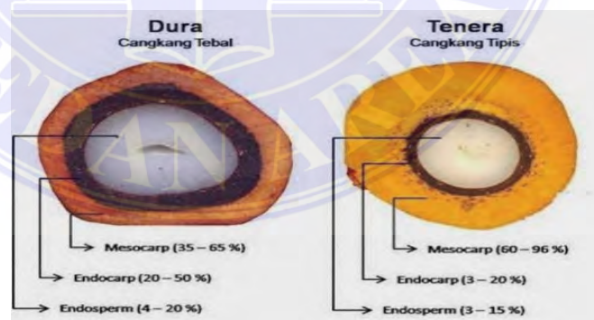
### 3.2. Bahan dan Alat

Bahan dan Peralatan yang digunakan dalam analisis ini ialah sebagai berikut:

#### A. Bahan

##### 1. TBS

Tandan buah segar(TBS) adalah bahan baku utama dalam pengolahan minyak kelapa sawit menjadi CPO,dimana pada pabrik PKS Paluta Inti Sawit mengolah kelapa sawit jenis Dura dan Tenera.



Gambar 3.1. Tandan Buah Segar

##### 2. Air

Dimana air yang masuk digunakan pada perebusan sterilizer ini sudah memiliki tekanan/steam dan mendidih.

## B. Alat

### 1. Meteran

Meteran ini digunakan untuk mengetahui dan mengukur semua spesifikasi bagian dari perebusan (sterilizer) yang ada di pabrik.



Gambar 3.2. Meteran

### 2. Termometer

Termometer digunakan untuk mengukur suhu pada proses selesai perebusan buah kelapa sawit (TBS) dimana kematangan dan suhu buah berkisar 90-95°C.



Gambar 3.3. Termometer

### 3. Alat pengukur tekanan (*pressure gauge*)



*Pressure Gauge* digunakan untuk mengukur tingkat tekanan dalam suatu cairan atau gas.



Gambar 3.4. Alat pengukur tekanan

4. Alat ukur waktu (*stopwatch*)

Digunakan untuk mengetahui atau mengukur waktu lama proses perebusan yang dibutuhkan.



Gambar 3.5. Alat ukur waktu (*stopwatch*)

5. Sterilizer

Sterilizer adalah suatu bejana yang berfungsi merebus tandan buah segar(TBS) dengan menggunakan uap bertekanan dan bertemperatur tinggi dalam waktu tertentu.



Gambar 3.6. Perebusan (*Sterilizer*)

Tabel 3.2. Spesifikasi Sterilizer

Data	Spesifikasi
Sistem perebusan	Batch Processing System
Model Perebusan	Vertikal
Type	Tripel Peak
Kapasitas Produksi Pengolahan	42 ton
Tekanan Kerja Maksimal	3,0 bar
Suhu Perebusan	-
Temperatur Awal masuk steam ke perebusan	83 °C
Tekanan dari turbin ke sterilizer	3 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatur keluar air kondensate	89 °C
Kapasitas perebusan	21 Ton
Waktu untuk merebus TBS	90 Menit
Tinggi Sterilizer	7200 mm
Diameter dalam sterilizer	2846 mm
Diameter luar sterilizer	2858 mm
Tebal plat sterilizer	6 mm

### 3.3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang di gunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan beberapa metode pencarian data, antara lain:

1. Studi Literatur, merupakan metode penelitian dengan cara membaca berbagai kepustakaan untuk mengetahui dan mendapatkan teori tentang data yang terkait dengan masalah yang akan dibahas.
2. Observasi lapangan, merupakan, metode penelitian yang dilakukan secara langsung pada objek penelitian yang dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung pada objek yang akan diteliti, guna mendapatkan data yang dibutuhkan.
3. Pengumpulan data, merupakan metode yang dilakukan untuk mengumpulkan sejumlah data-data dengan mencatat data (dokumen), mengambil foto/video berhubungan dengan masalah yang diteliti. Jenis penelitian yang digunakan penulis pada penyusunan skripsi ini adalah metode penelitian eksperimental yaitu melakukan trial pengujian sampel TBS sterilizer dari 4 alat perebusan dengan tekanan yang berbeda.

### 3.4. Populasi dan Sampel

#### 3.4.1 Populasi penelitian

Populasi penelitian analisis ini terdiri dari 4 *Sterilizer* yang sedang beroperasi merebus TBS. Populasi ini mencakup berbagai Steam yang masuk, dan *oil losses* yang terbawa oleh kondensat

#### 3.4.2 Sampel penelitian

Untuk membatasi penelitian, akan diambil sampel dari populasi diatas. Sampel penelitian ini terdiri dari 4 *Sterilizer* dengan Steam yang berbeda. Sampel ini akan mencakup berbagai Steam.

#### 3.4.3 Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel akan dilakukan dengan cara mengambil hasil perebusan dari 4 *Sterilizer* dengan Steam yang berbeda. Setiap TBS rebusan akan diteliti di lab untuk mendapatkan hasil seberapa banyaknya minyak yang ikut terbuang pada kondensat dan tingkat kematangan TBS yang sempurna.

### 3.5. Prosedur Kerja

Proses penelitian kebutuhan uap pada *sterilizer*

Langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilakukan sebagai berikut:

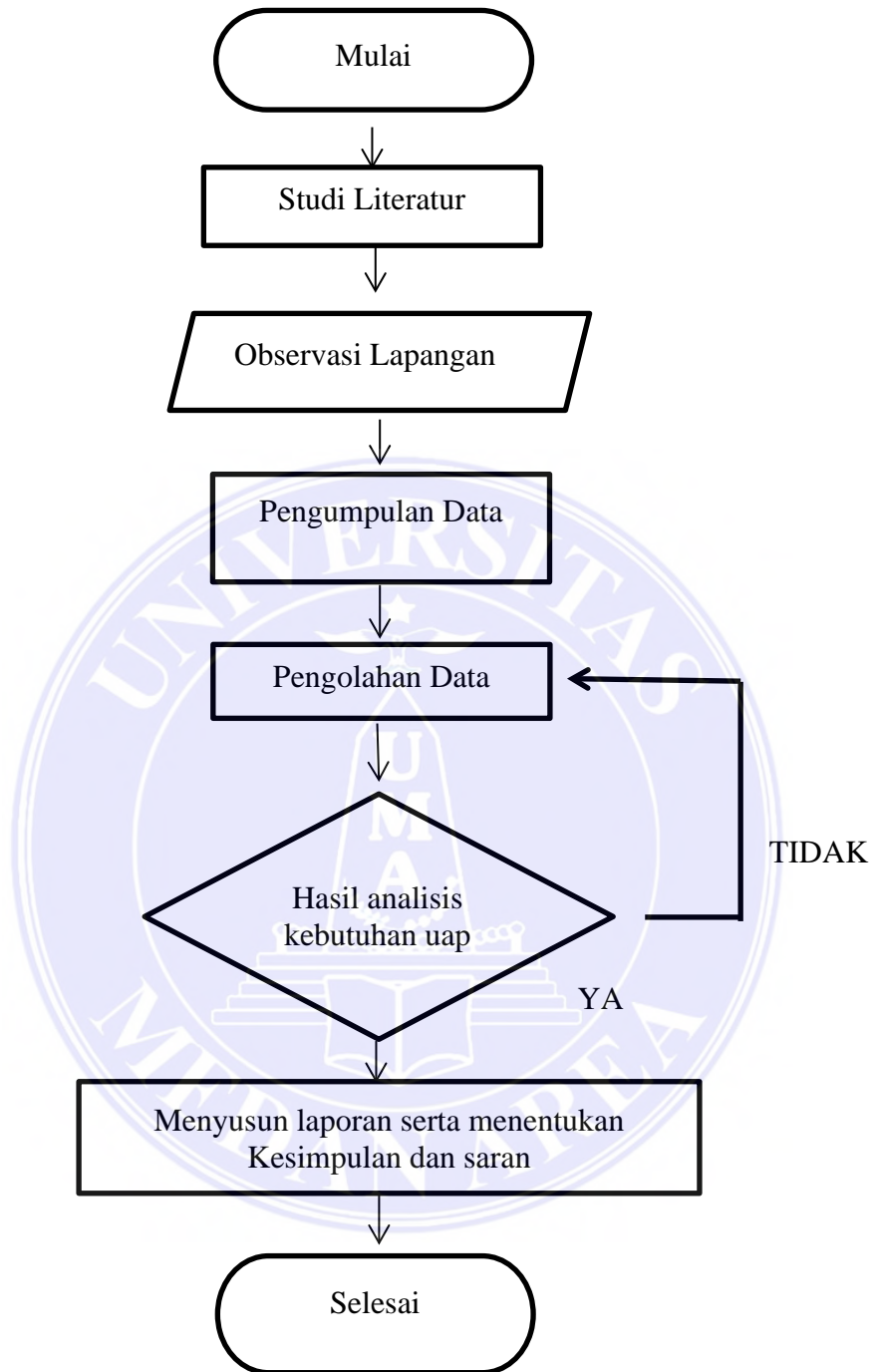
1. Melakukan pemanasan suhu 40°C-60°C pada *sterilizer* sebelum TBS di masukkan
2. Buka pintu *sterilizer* bagian atas untuk melakukan pengisian TBS dengan kapasitas 21 ton dan setelah pengisian pasti kan pintu tertutup dengan baik
3. Setelah itu melakukan, pemasukan steam dengan menggunakan kerja *triple peak* dan pada setiap *peak* memiliki tekanan steam yang berbeda



4. Perhatikan pada setiap step-step perebusan dimonitor dilakukan dengan baik dengan lama perebusan 90 menit
5. Tekanan steam di monitor kerja perebusan maksimum 3.0 bar
6. Setelah selesai melakukan perebusan TBS diperiksa apakah buah sudah matang dengan sempurna hingga kebagian dalam buah .



### 3.5.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.7. Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan pengujian pada *sterilizer* dan perhitungan, pembahasan yang dilakukan pada uraian pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sesuai tujuannya adalah sebagai berikut:

1. Perebusan tandan kelapa sawit dalam *sterilizer* mempunyai faktor – faktor atau *variable* dalam perebusan yaitu kapasitas perebusan (Q), Tekanan perebusan (*peak pressure*), Temperatur Air masuk (T.in) dan Waktu perebusan (t).
2. Berdasarkan hasil pengolahan analisis, jumlah uap yang dibutuhkan dalam sekali perebusan pada *Sterilizer* 1 sebesar 845.168,993 kkal/jam pada *Sterilizer* 2 membutuhkan uap sebesar 697.570,573 kkal/jam pada *Sterilizer* 3 dalam sekali perebusan membutuhkan uap sebesar 621.846,326 kkal/jam dan pada *Sterilizer* 4 dalam sekali perebusan membutuhkan uap sebesar 592.755,698 kkal/jam
3. waktu perebusan lah yang menjadi kunci keberhasilan pada stasiun perebusan jika terlalu lama dalam waktu perebusan mengakibatkan TBS terlalu masak/lembek dan berdampak besar Pula Kehilangan Minyak yang terbawa oleh kondensat dan mengakibatkan kan pabrik mengalami kerugian yang cukup besar

## 5.2 Saran

1. Sebaiknya pihak perusahaan lebih memperhatikan perawatan *sterilizer* yang mulai mengalami kerusakan yang disebabkan bantingan buah yang masuk dan SDM harus memiliki wawasan bukan cuman tau mengoperasikan
2. Perusahaan harus memperhatikan perlengkapan karyawan untuk memakai alat perlindungan diri (APD) di area pabrik, guna mencegah terjadinya kecelakaan dan sakit akibat kerja hingga memberikan perlindungan pada sumber-sumber produksi sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja.
3. Karena keterbatasan analisis saran penulis untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih mendalam mengenai analisis perhitungan steam yang terjadi pada proses perebusan, untuk membutuhkan tekanan bar yang lebih spesifik yang berada di dalam stasiun perebusan. Dan menghasilkan hasil perebusan yang lebih sempurna yang terjadi pada saat proses perebusan berlangsung.



## DAFTAR PUSTAKA

- Hasibuan, pinayung.,2015,proses perebusan tipe vertikal untuk mendapatkan nilai efisiensi, jambi.
- Hikmawan, O., Angelina, R., 2019, pengaruh variasi waktu dan tekanan terhadap kehilangan minyak pada air kondensat di unit *sterilizer* pabrik kelapa sawit. *Jurnal teknik dan teknologi*. 14 (28):33-39.
- ir. c. K. ir.Jac. *Stolk,Elemen Mesin*, 21st ed. Ciracas, Jakarta 13740, 1981. Available: [www.erlangga.co.id](http://www.erlangga.co.id)
- M. A. P. Idad Syaeful Haq, "Kajian Penyebab Kerusakan *DoorPacking* pada Tabung *Sterilizer* Menggunakan Metode *Root Cause Analysis(RCA)* di Sungai Kupang Mill," *Jurnal Vokasi Teknologi Industri*, 2020.
- N. H. Sari, Ed., *Material teknik*. Yogyakarta: cv budi utama, 2018.
- Renta, 2015, analisis optimalisasi pengadaan tandan buah segar (TBS) sebagai bahan baku produksi *crudepalm oil* dan *palm karnel* di PMKS sei kandang PT.Asiatric persada-AMS Group. *Jurnal MIX*. 5(3)
- Sitepu, T., 2011, analisa kebutuhan uap pada *sterilizer* pabrik kelapa sawit dengan lama perebusan 90 menit. *Jurnal dinamis*. 11(8):27
- Wahyudi.A.,dkk, 2022, analisa kebutuhan *steam* di stasiun *sterilizer* dengan sistim perebusan 90 menit di PT.ASN (Agro Sinergi Nusantara). *Jurnal mahasiswa mesin UTU*. 1(1):99
- Situmeang, R. (2018). Pengaruh Waktu Perebusan Terhadap Kadar Minyak Sawit Dalam Air Rebusan Pada Kondensat Di Pt. Perkebunan Nusantara IV (Persero) Unit Kebun Pabatu Tebing Tinggi. Universitas Sumatra Utara Medan.
- Ilhamsyah Nugraha, 2022, Pengaruh Lama Waktu Penaikan Setiap Puncak Kehilangan Minyak (*Oil Losses*) Pada Air Rebusan Di Pt. PKS Adolina Sumatra Utara

## LAMPIRAN

Tanggal	Tekanan Puncak			Temperatur c°			Tempertur Kondensat			Waktu		
	Peak 1	Peak 2	Peak 3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	3 Feb	1,5	2,3	2,7	83,1	105,3	122,5	88	90	91	15	17
5 Feb	1,7	2,4	2,8	87,2	108,2	127,4	89	90	93	16	18	56
6 Feb	1,5	2,5	2,8	83,5	115,5	126,2	87	89	92	17	18	55
7 Feb	1,4	2,3	2,7	81,7	106,8	123,8	84	88	91	15	17	59
8 Feb	1,4	2,2	2,7	81,7	105,2	122,7	86	90	91	16	17	57
9 Feb	1,5	2,2	2,7	83,5	102,7	121,7	87	90	91	16	16	58
10 Feb	1,5	2,4	2,7	82,3	106,1	119,8	88	90	91	16	18	56
12 Feb	1,8	2,3	2,6	88,2	104,2	123,1	91	92	94	18	18	54
13 Feb	1,6	2,3	2,6	85,3	103,9	118,4	86	90	91	17	19	54
14 Feb	1,3	2,2	2,6	78,5	107,9	121,5	85	89	91	15	18	57
15 Feb	1,3	2,3	2,7	80,4	105,2	126,3	87	90	92	15	18	57
16 Feb	1,5	2,4	2,7	82,8	106,3	126,4	88	90	93	16	18	56
17 Feb	1,7	2,5	2,8	86,6	108,3	129,2	90	91	94	17	19	54
19 Feb	1,4	2,3	2,7	81,2	103,5	125,3	86	90	92	15	18	57
20 Feb	1,6	2,4	2,7	85,2	104,8	122,6	85	89	92	17	18	57
21 Feb	1,5	2,2	2,6	83,8	106,1	119,8	86	90	91	16	18	57
22 Feb	1,4	2,3	2,7	82,1	107,7	125,3	87	90	91	15	19	57
23 Feb	1,7	2,4	2,9	86,6	107,6	130,6	88	92	94	15	19	56
24 Feb	1,5	2,5	2,8	81,9	110,8	128,2	85	89	94	16	19	55
26 Feb	1,6	2,3	2,7	82,3	102,9	126,8	87	90	92	17	17	57
27 Feb	1,4	2,4	2,7	83,4	104,4	121,9	88	91	91	17	19	54
28 Feb	1,5	2,1	2,7	81,7	102,7	123,8	85	89	92	16	17	57
29 Feb	1,4	2,2	2,6	81,2	103,4	119,6	85	89	91	15	18	57
01 Mar	1,5	2,1	2,6	82,8	103,2	118,3	87	91	91	16	17	57
02 Mar	1,6	2,2	2,7	83,6	105,3	124,7	87	90	92	17	19	55
04 Mar	1,4	2,4	2,8	81,5	108,2	129,8	88	91	93	15	19	56
05 Mar	1,3	2,1	2,7	79,4	104,5	121,1	87	90	93	15	18	57
06 Mar	1,5	2,2	2,6	82,5	107,3	118,2	89	90	92	17	18	56
Jumlah	42	64,4	75,6	2.324	2.968	3.461	2436	2520	2576	448	504	1568
Rata-rata	1,5	2,3	2,7	83	106	123,6	87	90	92	16	18	56

Proses pengolahan data perebusan 1

Tanggal	Tekanan Puncak									Waktu		
	Peak 1	Peak 2	Peak 3	Temperatur c°			Tempertur Kondensat					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
3 Feb	1,7	2,5	2,9	88,1	115,4	131,4	92	94	95	12	14	64
5 Feb	1,7	2,4	2,9	87,2	114,1	136,2	91	93	97	13	15	62
6 Feb	1,5	2,5	2,9	87,5	117,5	135,3	91	93	96	14	15	61
7 Feb	1,6	2,4	2,8	88,7	115,8	132,8	90	92	95	12	14	64
8 Feb	1,8	2,5	2,9	90,7	118,7	131,4	90	92	95	13	14	63
9 Feb	1,7	2,5	2,9	88,5	122,1	130,7	91	93	95	13	13	64
10 Feb	1,7	2,4	2,8	88,3	118,4	128,8	92	93	96	13	15	62
12 Feb	1,8	2,6	2,9	88,2	125,2	132,1	91	94	97	15	15	60
13 Feb	1,6	2,6	2,9	87,3	123,2	127,4	90	92	96	14	16	60
14 Feb	1,6	2,5	2,9	88,5	117,5	130,5	89	92	95	12	15	63
15 Feb	1,9	2,6	2,9	90,4	122,2	135,3	93	94	96	12	15	63
16 Feb	1,5	2,4	2,8	82,8	113,5	135,4	92	94	97	13	15	62
17 Feb	1,7	2,5	2,9	86,6	118,3	135,2	91	93	97	14	16	60
19 Feb	1,8	2,5	2,8	87,2	116,2	134,3	91	93	96	12	15	63
20 Feb	1,6	2,4	2,8	86,2	113,8	131,9	90	92	96	14	15	61
21 Feb	1,8	2,5	2,9	85,4	120,1	127,8	90	93	96	13	15	62
22 Feb	1,8	2,5	2,8	86,8	117,7	134,3	91	93	96	12	16	62
23 Feb	1,7	2,6	2,9	86,6	115,6	133,6	92	94	97	12	16	62
24 Feb	1,8	2,5	2,9	89,4	118,6	137,2	90	92	97	13	16	62
26 Feb	1,6	2,5	2,9	88,3	119,4	135,7	91	93	96	14	14	62
27 Feb	1,4	2,4	2,9	85,4	117,4	130,2	92	94	95	14	16	60
28 Feb	1,9	2,6	2,9	91,7	120,7	132,6	90	92	96	13	14	63
29 Feb	1,8	2,5	2,9	90,2	118,4	128,6	90	92	95	12	15	63
01 Mar	1,8	2,5	2,9	89,2	117,2	136,3	91	93	95	13	14	63
02 Mar	1,6	2,6	2,9	87,6	118,3	133,7	91	93	96	14	16	60
04 Mar	1,7	2,6	2,9	88,5	120,2	137,8	92	94	97	12	16	62
05 Mar	1,8	2,5	2,9	90,1	116,5	131,3	93	95	97	12	15	63
06 Mar	1,7	2,4	2,8	88,6	112,3	136,2	91	92	96	14	15	61
Jumlah	47,6	70	80,5	2464	3304	3724	2548	2604	2688	364	420	1736
Rata-rata	1,7	2,5	2,9	88	118	133	91	93	96	13	15	62

## Proses pengolahan data perebusan 2

Tanggal	Tekanan Puncak									Waktu		
	Peak 1	Peak 2	Peak 3	Temperatur c°			Tempertur Kondensat					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
3 Feb	1,7	2,4	2,8	86,8	113,4	128,3	90	92	93	14	16	60
5 Feb	1,6	2,3	2,7	86,1	112,2	133,2	89	91	95	15	17	58
6 Feb	1,5	2,3	2,8	82,8	115,5	132,3	89	91	94	16	17	57
7 Feb	1,6	2,4	2,8	87,6	113,8	129,7	88	90	93	14	16	60
8 Feb	1,8	2,4	2,9	89,7	116,7	128,4	89	90	93	15	16	59
9 Feb	1,5	2,5	2,8	83,5	120,2	127,6	89	91	93	15	15	60
10 Feb	1,5	2,4	2,8	84,3	116,4	125,7	90	91	94	15	17	58
12 Feb	1,6	2,4	2,8	87,2	123,2	129,1	89	92	95	16	18	56
13 Feb	1,6	2,3	2,8	86,3	121,3	124,4	88	90	94	16	18	56
14 Feb	1,6	2,3	2,8	86,5	115,5	127,4	87	90	93	15	16	59
15 Feb	1,4	2,2	2,6	85,4	110,2	127,3	91	92	94	13	18	59
16 Feb	1,6	2,4	2,8	85,7	113,5	132,4	90	92	95	15	17	58
17 Feb	1,5	2,3	2,7	83,6	118,4	132,2	89	91	95	16	18	56
19 Feb	1,6	2,4	2,8	86,2	114,3	131,3	89	91	94	14	17	59
20 Feb	1,6	2,4	2,8	85,2	111,8	128,8	88	90	94	16	17	57
21 Feb	1,5	2,3	2,7	83,4	118,1	124,8	88	91	94	15	17	58
22 Feb	1,4	2,3	2,8	85,6	115,7	131,3	89	91	94	14	18	58
23 Feb	1,7	2,5	2,8	86,6	113,9	130,6	90	92	95	14	18	58
24 Feb	1,8	2,5	2,9	88,4	116,3	134,2	90	90	95	15	17	58
26 Feb	1,6	2,4	2,8	87,3	117,3	132,7	89	91	94	14	18	58
27 Feb	1,4	2,3	2,7	83,4	115,1	127,2	87	92	93	14	20	56
28 Feb	1,5	2,4	2,8	83,7	118,1	129,3	88	90	94	15	16	59
29 Feb	1,8	2,5	2,9	87,7	116,5	125,9	89	90	93	14	17	59
01 Mar	1,8	2,5	2,9	88,2	115,1	133,3	89	91	93	16	15	59
02 Mar	1,6	2,6	2,9	86,3	116,2	130,7	89	93	94	16	18	56
04 Mar	1,7	2,6	2,9	87,5	118,1	134,6	90	92	95	16	16	58
05 Mar	1,7	2,5	2,8	87,1	114,4	128,3	90	91	95	15	16	59
06 Mar	1,6	2,4	2,8	85,9	116,8	133,4	89	90	94	16	17	57
Jumlah	47,6	67,2	78,4	2408	3248	3634,4	2492	2548	2632	420	476	1624
Rata-rata	1,6	2,4	2,8	86	116	129,8	89	91	94	15	17	58

Proses pengolahan data perebusan 3



Tanggal	Tekanan Puncak									Waktu		
	Peak 1	Peak 2	Peak 3	Temperatur c°			Tempertur Kondensat					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
3 Feb	1,7	2,4	2,8	86,8	110,4	129,3	88	92	94	14	16	60
5 Feb	1,6	2,3	2,7	85,1	107,2	130,2	87	91	96	15	17	58
6 Feb	1,8	2,5	2,8	84,8	114,5	131,3	87	91	95	16	17	57
7 Feb	1,6	2,5	2,8	87,6	111,8	128,7	86	90	94	14	16	60
8 Feb	1,6	2,4	2,9	87,7	113,7	129,4	87	90	94	15	16	59
9 Feb	1,5	2,4	2,8	83,5	115,2	126,6	87	91	94	15	15	60
10 Feb	1,5	2,3	2,8	84,3	110,4	124,7	88	91	95	15	17	58
12 Feb	1,6	2,4	2,8	87,2	117,2	128,1	87	92	96	16	18	56
13 Feb	1,5	2,3	2,8	84,3	118,3	123,4	86	90	95	16	18	56
14 Feb	1,6	2,3	2,8	86,5	112,5	126,4	85	90	94	15	16	59
15 Feb	1,4	2,2	2,7	85,4	105,2	126,3	89	92	95	13	18	59
16 Feb	1,6	2,4	2,8	85,7	110,5	131,4	88	92	96	15	17	58
17 Feb	1,5	2,3	2,7	83,6	113,4	131,2	87	91	96	16	18	56
19 Feb	1,6	2,4	2,8	86,2	114,3	130,3	87	91	95	14	17	59
20 Feb	1,6	2,4	2,8	85,2	108,8	127,8	86	90	95	16	17	57
21 Feb	1,5	2,3	2,7	83,4	115,1	123,8	86	91	95	15	17	58
22 Feb	1,4	2,3	2,8	83,6	112,7	130,3	87	91	95	14	18	58
23 Feb	1,7	2,5	2,8	86,6	118,7	129,6	88	92	96	14	18	58
24 Feb	1,8	2,5	2,9	88,4	113,3	133,2	88	90	96	15	17	58
26 Feb	1,6	2,4	2,8	87,3	114,3	131,7	87	91	95	14	18	58
27 Feb	1,7	2,5	2,8	83,4	112,1	126,2	85	92	94	14	20	56
28 Feb	1,5	2,4	2,8	83,7	115,1	128,3	86	90	95	15	16	59
29 Feb	1,6	2,5	2,8	87,7	116,5	124,9	87	90	94	14	17	59
01 Mar	1,8	2,6	2,9	88,2	115,1	132,3	87	91	94	16	15	59
02 Mar	1,6	2,6	2,9	86,3	116,2	129,7	87	93	95	16	18	56
04 Mar	1,7	2,5	2,9	87,5	115,1	133,6	88	92	96	16	16	58
05 Mar	1,4	2,3	2,7	83,1	110,4	127,3	88	91	96	15	16	59
06 Mar	1,6	2,4	2,8	85,9	113,6	130,4	87	90	95	16	17	57
Jumlah	47,6	67,2	78,4	2399	3172,4	3606,4	2492	2548	2660	420	476	1624
Rata-rata	1,6	2,4	2,8	85,67	113,3	128,8	87	91	95	15	17	58

Proses pengolahan data perebusan 4