

**ANALISIS PENGARUH WAKTU, TEMPERATUR DAN
TEKANAN TERHADAP *OIL LOSSES* PADA AIR
KONDENSAT DI STASIUN *STERILIZER***

SKRIPSI

OLEH :

**BIL HANSEN SIHOMBING
188130145**



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

ANALISIS PENGARUH WAKTU, TEMPERATUR DAN TEKANAN TERHADAP *OIL LOSSES* PADA AIR KONDENSAT DI STASIUN STERILIZER

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



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

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI


Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Waktu, Temperatur dan Tekanan Terhadap
Oil Losses Pada Air Kondensat Di Stasiun *Sterilizer*

Nama Mahasiswa : Bil Hansen Sihombing

NIM : 188130145

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


(Jufrizal, S.T., M.T.)
Pembimbing I



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



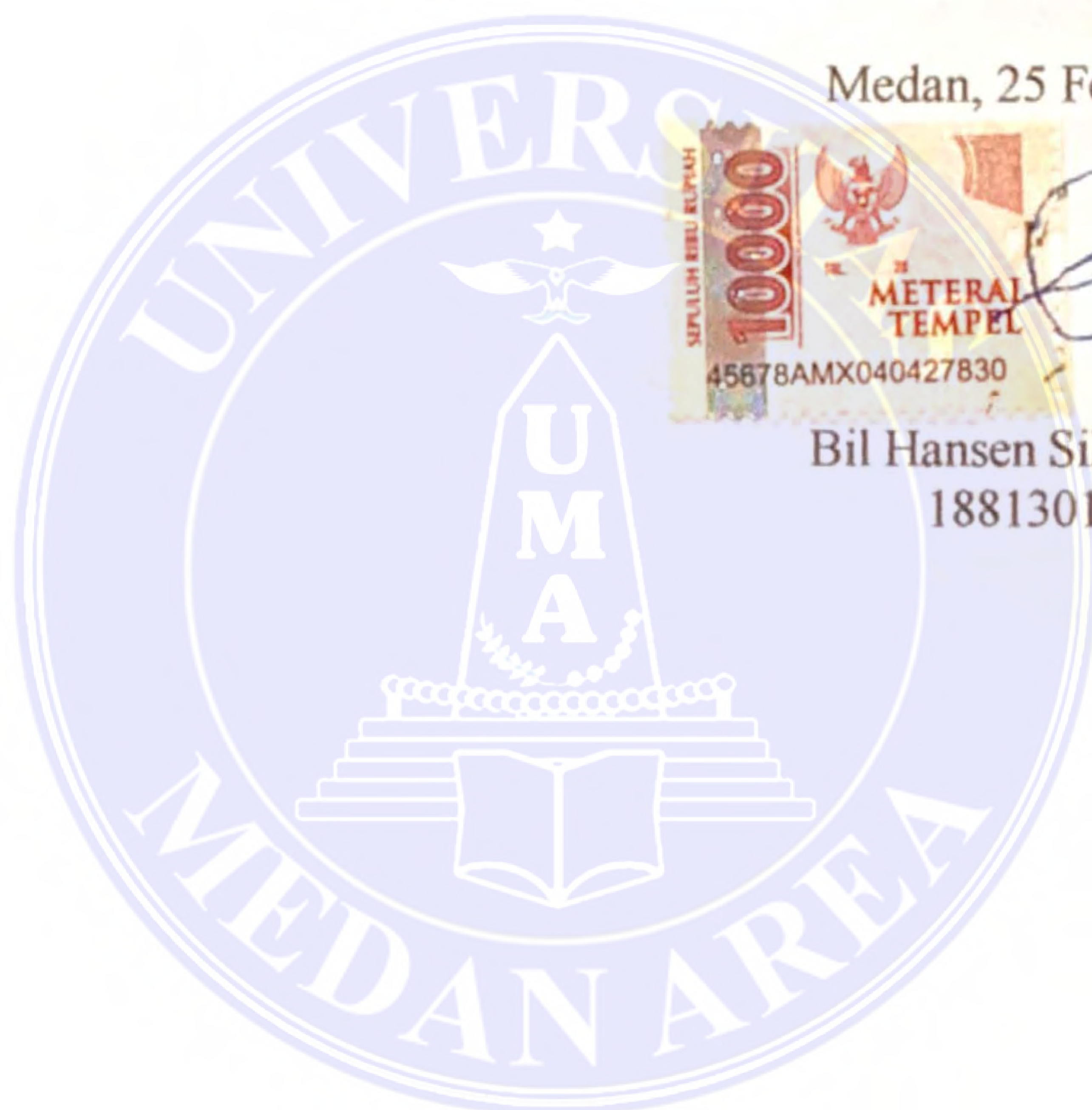
(Dr. Iswandi, S.T., M.T.)
Ka Prodi WDI

Tanggal Lulus: 18 September 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang 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, 25 Februari 2024



Bil Hansen Sihombing
188130145

Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bil Hansen Sihombing
NPM : 188130145
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 Non eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Pengaruh Waktu Temperatur Dan Tekanan Terhadap *Oil Losses* Pada Air Kondensat Di Stasiun *Sterilizer*.

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

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 25 Februari 2024
Yang menyatakan



(Bil Hansen Sihombing)

ABSTRAK

Crude Palm Oil (CPO) merupakan hasil pengolahan dari tandan buah segar (TBS) di pabrik kelapa sawit (PKS). Pengolahan buah kelapa sawit menjadi minyak kasar (CPO) terdiri dari beberapa proses pengolahan seperti : penimbangan, perebusan, penebahan, pelumatan, pengempaan dan pemurnian. Dalam setiap pengolahan buah kelapa sawit menginginkan supaya kehilangan minyak (*oil losses*) dapat ditekan sekecil mungkin. Hal ini akan dapat dicapai apabila proses pengolahan berjalan lancar dan ditunjang dengan cara kondisi pengoperasian yang tepat serta pemahaman terhadap sifat-sifat buah kelapa sawit. *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 dari boiler dialirkan melalui sistem pemipaan ke *sterilizer* oleh karena steam berupa fluida gas, maka untuk mentransportasikannya dibutuhkan tekanan. Tekanan steam diatur menggunakan kran dan di pantau dengan alat pemantau tekanan. Sehingga steam dapat sampai di *sterilizer* untuk digunakan pada saat perebusan. Dalam proses perebusan, TBS dipanaskan dengan uap pada temperatur sekitar 135⁰C dan tekanan 2,5-3,0 kg/cm² selama 80-90 menit. Setelah melakukan analisa maka data yang diperoleh yaitu, Semakin tinggi tekanan, maka *oil losses* akan semakin rendah. Semakin tinggi waktu, maka *oil losses* akan semakin tinggi. Tekanan dan waktu tidak signifikan berpengaruh terhadap *oil losses*, karena hanya 23,07% pengaruh tekanan dan waktu terhadap *oil losses*, selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Diantara tekanan dan waktu, yang lebih signifikan berpengaruh terhadap *oil losses* secara statistic adalah tekanan dibandingkan dengan waktu. Setelah menghitung persentase oil loses pada air kondensat sterilizer, maka oil loses terendah terdapat pada tekanan 2,5 kg/cm² dengan waktu 20 menit. Sedangkan oil loses tertinggi terdapat pada tekanan 2kg/cm² dengan waktu 10 menit.

Kata kunci : Oil losses, sterilizer, tekanan, air kondensat.

ABSTRACT

Crude Palm Oil (CPO) is the result of processing from fresh fruit bunches (FFB) at palm oil mills (POM). Processing palm oil fruit into crude oil (CPO) consists of several processing processes such as: weighing, boiling, threshing, pulverizing, pressing and refining. In every processing of palm oil fruit, it is hoped that oil losses can be reduced to as little as possible. The aim of my research is to analyze the effect of time, temperature and pressure on oil loss in condensate water at the sterilizer station, calculating the percentage of oil loss in condensate water at the sterilizer station. This research method is experimental, namely testing different sterilizer condensate water samples at different pressures, times and temperatures. Steam pressure is regulated using a tap and monitored with a pressure monitoring device. So that the steam can reach the sterilizer to be used during boiling. In the boiling process, FFB is heated with steam at a temperature of around (135°C) and a pressure of 2.5-3.0 (kg/cm²) for 80-90 minutes. After carrying out the analysis, the data obtained is, the higher the pressure, the lower the oil losses. The higher the time, the higher the oil losses. Pressure and time do not significantly influence oil losses, because only 23.07% of the influence of pressure and time on oil losses, the rest is influenced by other factors. Between pressure and time, what has a more significant effect on oil losses statistically is pressure compared to time. After calculating the percentage of oil loss in the sterilizer condensate water, the lowest oil loss was at a pressure of 2.5 kg/cm² with a time of 20 minutes. Meanwhile, the highest oil loss was at a pressure of 2 kg/cm² with a time of 10 minutes.

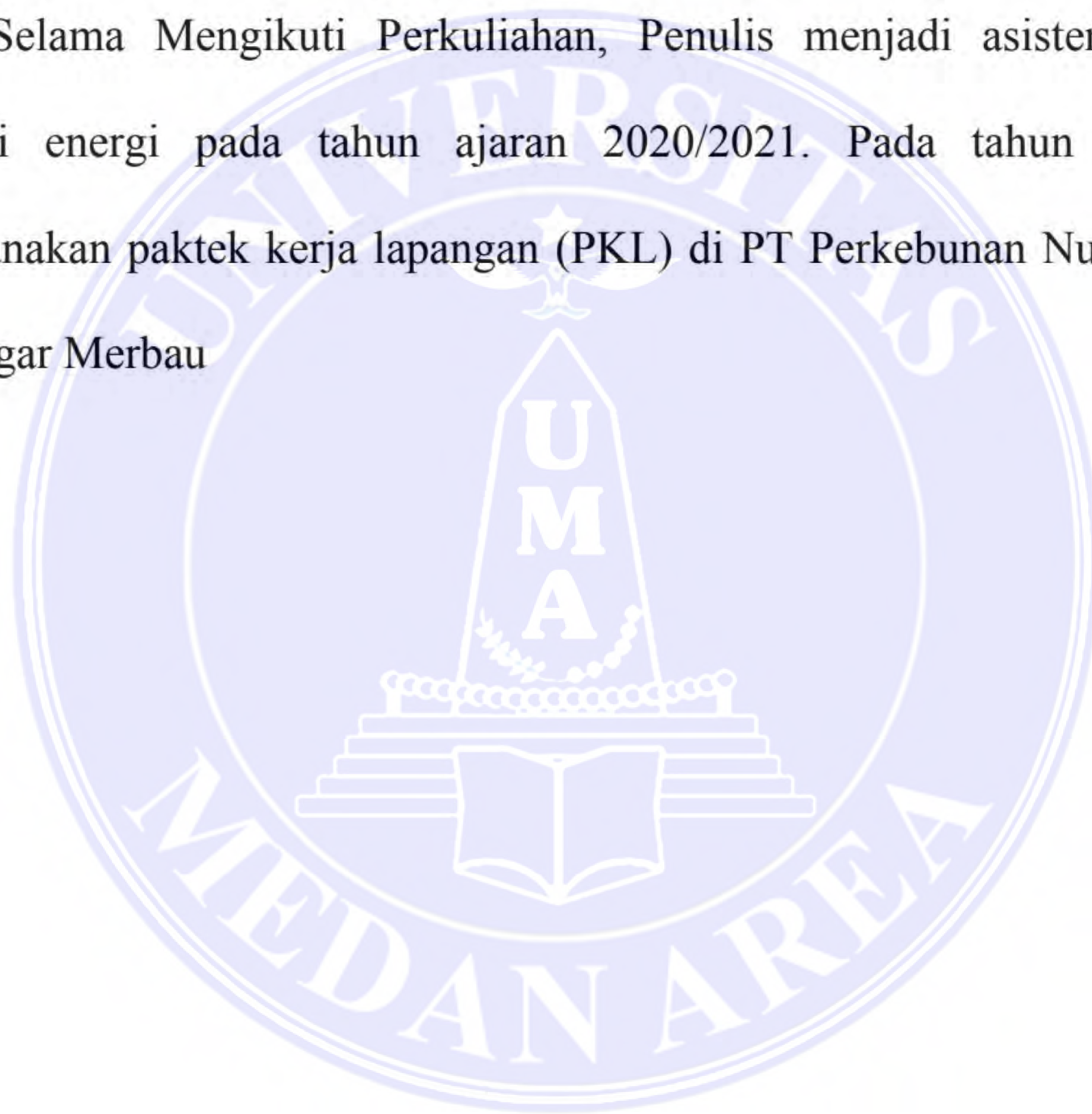
Keywords: Oil losses, sterilizer, pressure, condensate water

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Panabari Pada tanggal 22 Oktober 1999 dari ayah Samsul Basri Sihombing dan ibu Remilia Simanjuntak. Penulis merupakan anak kedua dari lima bersaudara.

Tahun 2018 Penulis lulus dari SMK Swasta Teruna Padangsidempuan dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Selama Mengikuti Perkuliahan, Penulis menjadi asisten mata kuliah konversi energi pada tahun ajaran 2020/2021. Pada tahun 2021 Penulis melaksanakan paktek kerja lapangan (PKL) di PT Perkebunan Nusantara II Unit PKS Pagar Merbau



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, kasih, semangat, dan kesehatan yang diberikan oleh-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “Analisis Pengaruh Waktu, Temperatur, Dan Tekanan Terhadap *Oil Losses* Pada Air Kondensat Di Stasiun *Sterillizer*”.

Terimakasih penulis sampaikan kepada Bapak Jufrizal S.T, M.T, selaku pembimbing yang telah memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Pujad Had'ad selaku Asisten Pengolahan PTPN II Unit PKS Pagar Merbau yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terimakasih juga disampaikan kepada ayah saya Samsul Basri Sihombing, ibu saya Remilia Simanjuntak, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis masih menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Penulis



Bil Hansen Sihombing

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
KARYA ILMIAH	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Sterilizer</i>	5
2.2 Temperatur.....	14
2.3 Tekanan	16
2.4 <i>Oil Losses</i>	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.2 Bahan dan Alat.....	19
3.3 Metode Peneltian	21
3.4 Populasi dan Sampel	25
3.5 Diagram Alir Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Hasil	27
4.2 Pembahasan	29
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41

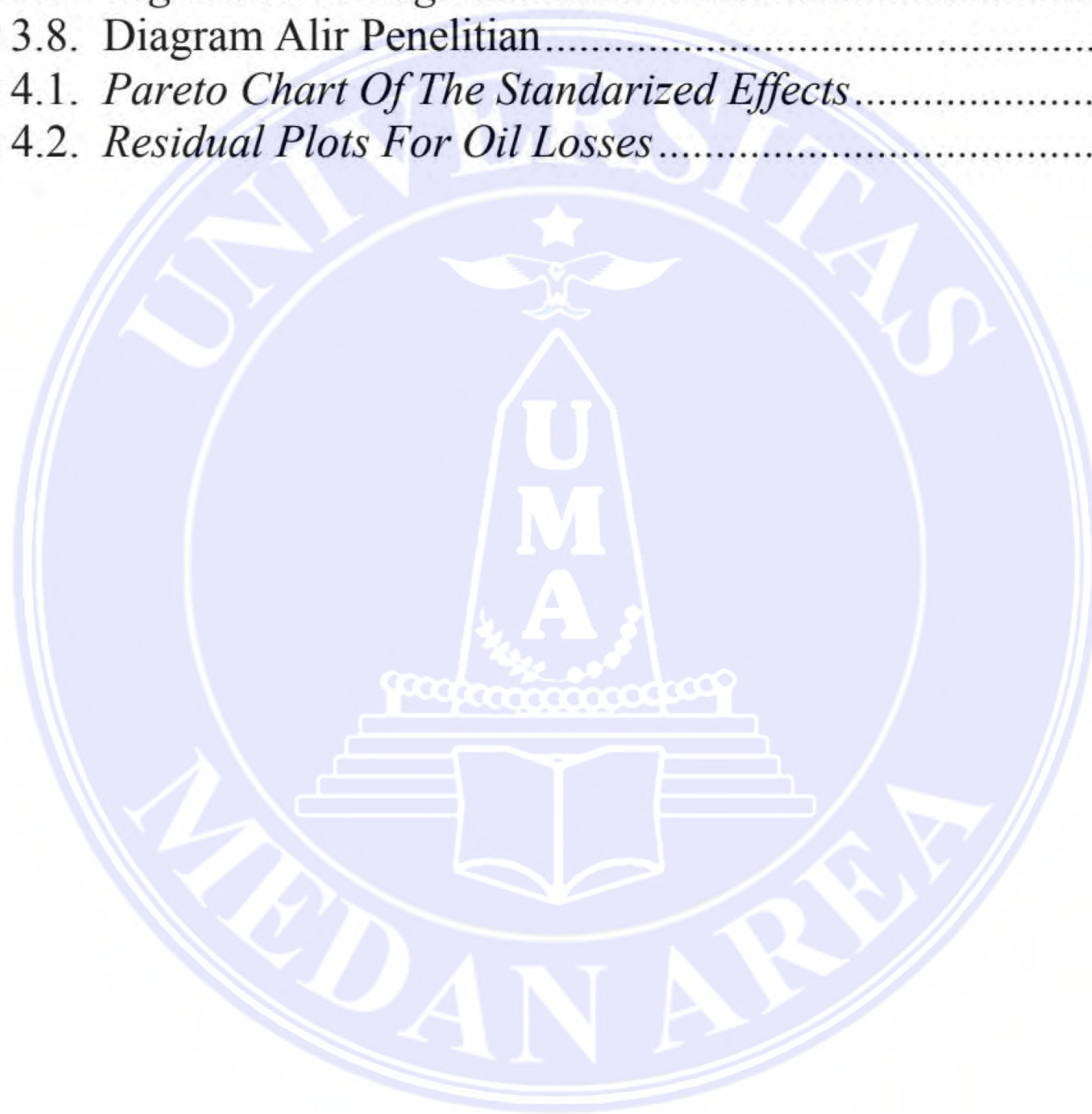
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Siklus Tekanan, Waktu dan Temperatur Perebusan Tiga Puncak	10
Tabel 2.2. Langkah Perebusan <i>Sterilizer (Triple Peak)</i>	14
Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir	18
Tabel 4.1. Kadar Minyak Yang Terikut Dalam Air Rebusan	27
Tabel 4.2. <i>Coefficients</i>	31
Tabel 4.3. <i>Model Summary</i>	32
Tabel 4.4. <i>Analysis of Variance</i>	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gambar <i>Sterilizer Horizontal</i>	6
Gambar 2.2. <i>Sterilizer Vertikal</i>	7
Gambar 2.3. Sistem Perebusan Satu Puncak (<i>Single Peak</i>)	12
Gambar 2.4. Sistem Perebusan Dua Puncak (<i>Double Peak</i>)	13
Gambar 2.5. Sistem Perebusan Tiga Puncak (<i>Triple Peak</i>)	13
Gambar 3.1. Sterilizer	18
Gambar 3.2. Tekanan Indikator	19
Gambar 3.3. Tabel Input Data Minitab	23
Gambar 3.4. Langkah Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda	23
Gambar 3.5. Input Variabel Y dan X ke Response dan Predictors	24
Gambar 3.6. <i>Regression Graphs</i>	24
Gambar 3.7. <i>Regression Storage</i>	25
Gambar 3.8. Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 4.1. <i>Pareto Chart Of The Standarized Effects</i>	36
Gambar 4.2. <i>Residual Plots For Oil Losses</i>	37



DAFTAR NOTASI

Kg = Massa (kilogram)

kPa = Tekanan (Kilo Pascal)

°C = Temperatur (Celcius)

% = Persentase

X1 = Oil Losses

X2 = Tekanan (kPa)

ΔT = Beda temperatur

Y = Rendemen

M = Laju alir massa (kg/jam)

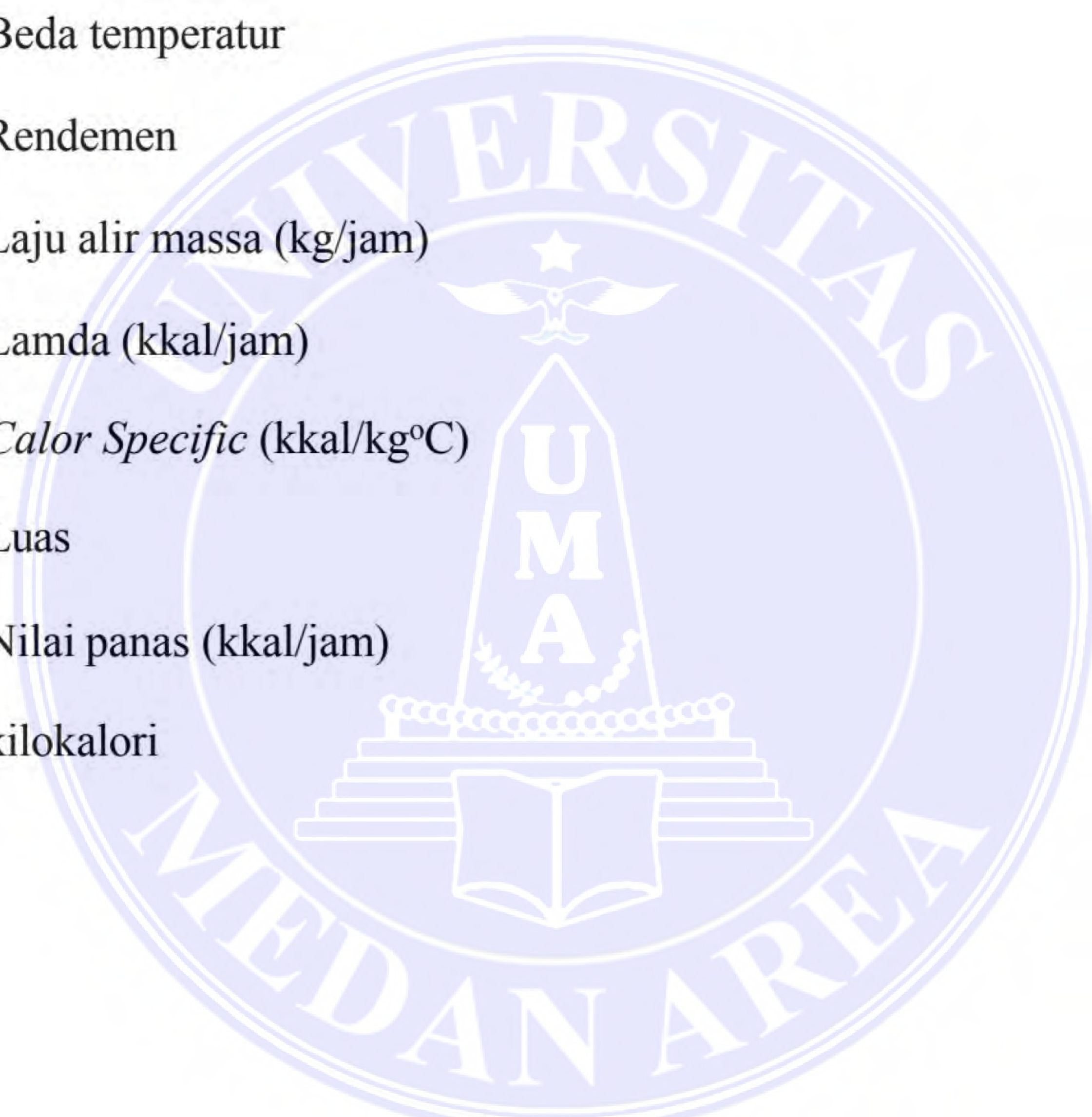
Λ = Lamda (kkal/jam)

Cp = *Calor Specific* (kkal/kg°C)

cm² = Luas

Q = Nilai panas (kkal/jam)

kkal = kilokalori



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Crude Palm Oil (CPO) merupakan hasil pengolahan dari tandan buah segar (TBS) di pabrik kelapa sawit (PKS). Pengolahan buah kelapa sawit menjadi minyak kasar (CPO) terdiri dari beberapa proses pengolahan seperti : penimbangan, perebusan, penebahan, pelumatan, pengempaan dan pemurnian. Dalam setiap pengolahan buah kelapa sawit menginginkan supaya kehilangan minyak (*oil losses*) dapat ditekan sekecil mungkin. Hal ini akan dapat dicapai apabila proses pengolahan berjalan lancar dan ditunjang dengan cara kondisi pengoperasian yang tepat serta pemahaman terhadap sifat-sifat buah kelapa sawit.

Pengolahan TBS di pabrik bertujuan untuk memperoleh minyak sawit yang berkuaitas baik. Proses tersebut berlangsung cukup panjang dan memerlukan penanganan yang cermat. Dimana tahap-tahap proses pengolahan TBS mempengaruhi proses pada tahap berikutnya. Salah satu tahap proses pertama pada pengolahan kelapa sawit adalah proses perebusan.

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 dari boiler dialirkan melalui sistem pemipaan ke *sterilizer* oleh karena steam berupa fluida gas, maka untuk mentransportasikannya dibutuhkan tekanan. Tekanan steam diatur menggunakan kran dan di pantau dengan alat pemantau

tekanan. Sehingga steam dapat sampai di *sterilizer* untuk digunakan pada saat perebusan. Dalam proses perebusan, TBS dipanaskan dengan uap pada temperatur sekitar 135⁰C dan tekanan 2,5-3,0 kg/cm² selama 80-90 menit (Hikmawan and Angelina 2019).

Menurut penelitian terdahulu bahwa adanya pengaruh waktu dan tekanan terhadap kehilangan minyak di air kondensat *sterilizer*. Variasi waktu dan tekanan pada proses perebusan sangat berpengaruh terhadap kehilangan minyak yang terdapat pada air kondensat. Jumlah kadar minyak terendah yang terikut dalam air kondensat sebesar 0,78% yaitu pada kondisi tekanan 2,7 kg/cm², sedangkan jumlah kadar air kondensat tertinggi sebesar 0,98% pada kondisi tekanan 2,82 kg/cm², waktu perebusan 105 menit, kondisi optimum yang diharapkan pada tekanan 2,8 kg/cm² dan waktu perebusan 90 menit dengan loses sebesar 0,82% {}. Berdasarkan ketentuan ISO 9000 pada pabrik kelapa sawit, toleransi kehilangan minyak dalam air rebusan adalah 0,7% dari kapasitas tandan buah segar perharinya (Simanullang and Teuku Andy Fadlly, S.T 2019).

Dari data tersebut maka dilakukan analisis pengaruh waktu, temperatur dan tekanan terhadap *oil loses* pada air kondensat di stasiun *sterilizer*. Untuk menghitung dan menganalisa persentase *oil loses* pada air kondensat dan pengaruh waktu, temperatur dan tekanan pada saat perebusan di stasiun *sterilizer* dengan metode experiment. Metode penelitian Eksperimen menurut Kerlinger adalah sebagai suatu penelitian ilmiah dimana peneliti memanipulasi dan mengontrol satu atau lebih variabel bebas dan melakukan pengamatan terhadap variabel-variabel terikat untuk menemukan variasi yang muncul bersamaan dengan manipulasi terhadap variabel bebas tersebut. Arboleda mendefinisikan eksperimen sebagai

suatu penelitian yang dengan sengaja peneliti melakukan manipulasi terhadap satu atau lebih variabel dengan suatu cara tertentu sehingga berpengaruh pada satu atau lebih variabel lain yang di ukur. Lebih lanjut dijelaskan, variabel yang dimanipulasi disebut variabel bebas dan variabel yang akan dilihat pengaruhnya disebut variabel terikat.

Sementara itu Isaac dan Michael menerangkan bahwa penelitian Eksperimen bertujuan untuk meneliti kemungkinan sebab akibat dengan mengenakan satu atau lebih kondisi perlakuan pada satu atau lebih kelompok eksperimen dan membandingkan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan. Pengertian yang hampir sama dengan itu diberikan oleh Rakhmat bahwa metode eksperimen bertujuan untuk meneliti hubungan sebab akibat dengan memanipulasikan satu atau lebih variabel pada satu atau lebih kelompok eksperimen dan membandingkan hasilnya dengan kelompok kontrol yang tidak mengalami manipulasi.

Sedangkan Robert Plutchik mengemukakan definisi eksperimen secara lebih singkat, adalah merupakan cara mengatur kondisi suatu eksperimen untuk mengidentifikasi variabel-variabel dan menentukan sebab akibat suatu kejadian $\{\}$. Terkait hal ini, persoalan penting yang perlu mendapat perhatian utama adalah kehilangan minyak (*oil loses*) pada air konsentrat di stasiun *sterilizer*. Kehilangan minyak (*oil loses*) dipengaruhi oleh waktu, temperatur dan tekanan. Pengaruh waktu pada perebusan bahwa semakin lama waktu perebusan, *oil loses* pada air kondensat akan semakin besar. Pengaruh tekanan dan temperatur terhadap *oil loses* bahwa semakin tinggi tekanan dan temperatur pada perebusan, maka minyak yang dihasilkan akan semakin tinggi.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun identifikasi dan rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh waktu, temperatur dan tekanan pada saat perebusan TBS di stasiun *sterilizer*?
2. Bagaimana besarnya persentase kehilangan minyak pada air kondensat di stasiun sterilizer?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh waktu, temperatur dan tekanan terhadap *oil loses* pada air kondensat di stasiun *sterilizer*.
2. Menghitung persentase kehilangan minyak pada air kondensat di stasiun *sterilizer*.

1.4. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian diatas, adapun hipotesis pada penelitian ini adalah :

H_a : Terdapat pengaruh yang signifikan antara X_1 dan X_2 secara bersama-sama terhadap Y

H_o : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara X_1 dan X_2 secara bersama-sama terhadap Y

Hipotesis dalam bentuk statistik, $H_a : R \neq 0$

$H_o : R = 0$

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Sterilizer*

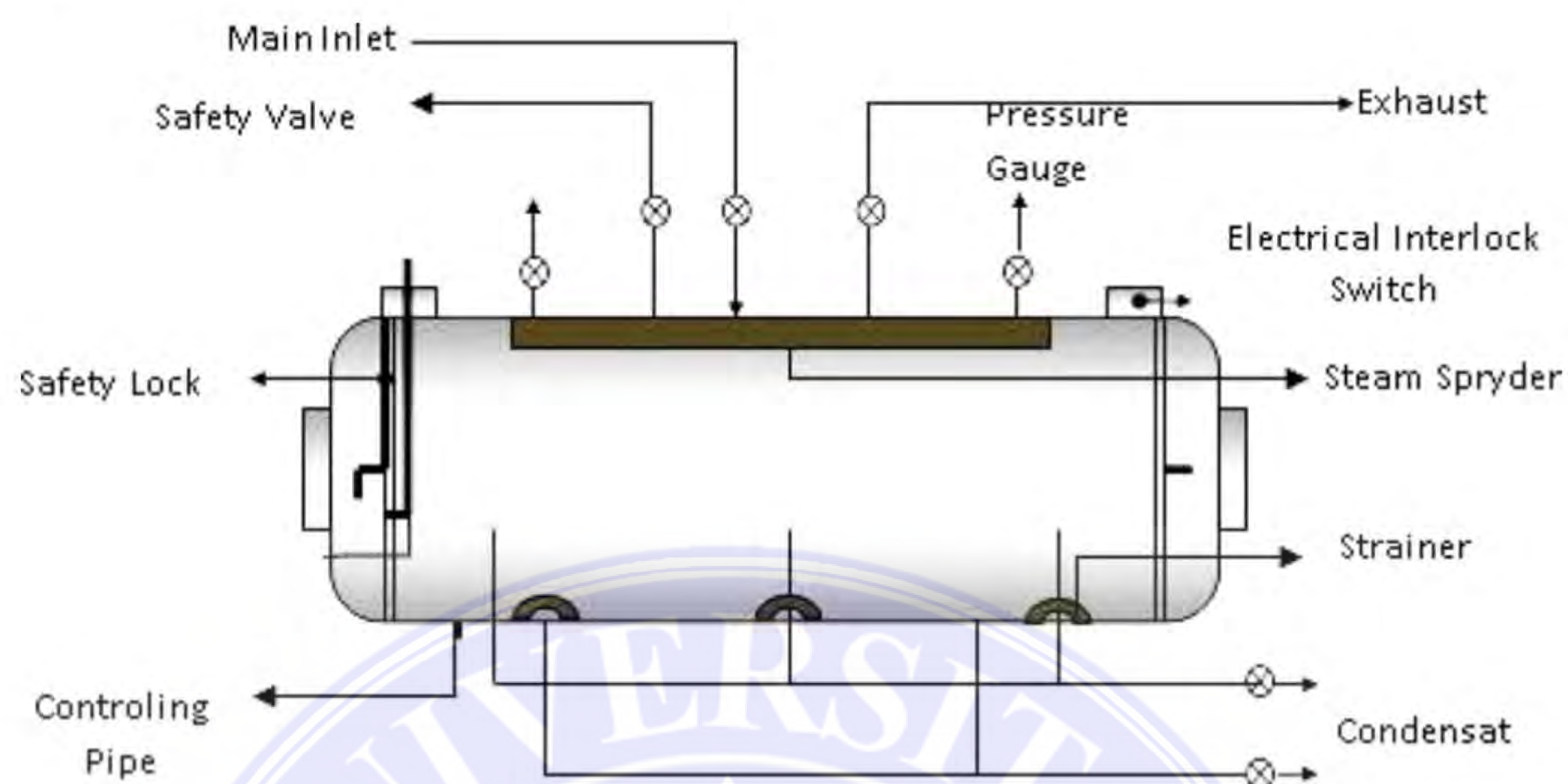
Sterilizer adalah bejana uap yang digunakan untuk merebus TBS. Untuk menjaga tekanan dalam perebusan agar tidak melebihi tekanan kerja yang diizinkan, maka alat perebus diberi katup pengaman (*safety vave*). Perebusan TBS menggunakan media pemanas yang merupakan uap basah sisa pembuangan turbin uap dengan tekanan sekitar 145°C (Masruroh and Mardesci 2021).

Perebusan atau sterilisasi dilakukan dalam *sterlizer* yang berupa bejana uap bertekanan. Biasanya *sterilizer* dirancang untuk dapat memuat 6-10 lori dengan tekanan uap 3 kg/cm². Lori adalah tempat buah direbus, yang dapat menampung buah 2,5-3,5 dan 5,0 ton. Lori-lori yang telah berisi buah TBS dikirim ke stasiun rebusan dengan cara ditarik menggunakan *capstand* yang digerakkan oleh motor listrik hingga memasuki *sterilizer*. Dalam proses perebusan TBS dipanaskan dengan uap temperatur sekitar 145°C selama 80-90 menit.

2.1.1. *Sterilizer Konvensional (Horizontal)*

Sterilizer horizontal masih banyak digunakan walaupun keberadaannya sudah mulai digantikan dengan jenis sterilizer lainnya. *Sterlizer* jenis ini dilengkapi dengan suatu rel *internal* dan tandan buah diisi dalam lori baja yang beroda dan chasis didorong kedalam *sterilizer* dengan hati-hati. Lori secara normal berisi 1,5 ton atau (terutama di pabrik yang lebih besar) 2,5 ton tandan bahkan saat ini sudah ada mencapai 15 ton per lori. *Sterilizer* ini dilengkapi dengan pintu yang dapat

berputar tunggal atau sebagai *alternatif* dengan satu pintu pada masing-masing ujungnya. Adapun sterilizer horizontal dapat dilihat pada gambar 2.1 sebagai berikut (Rachmad 2017) :

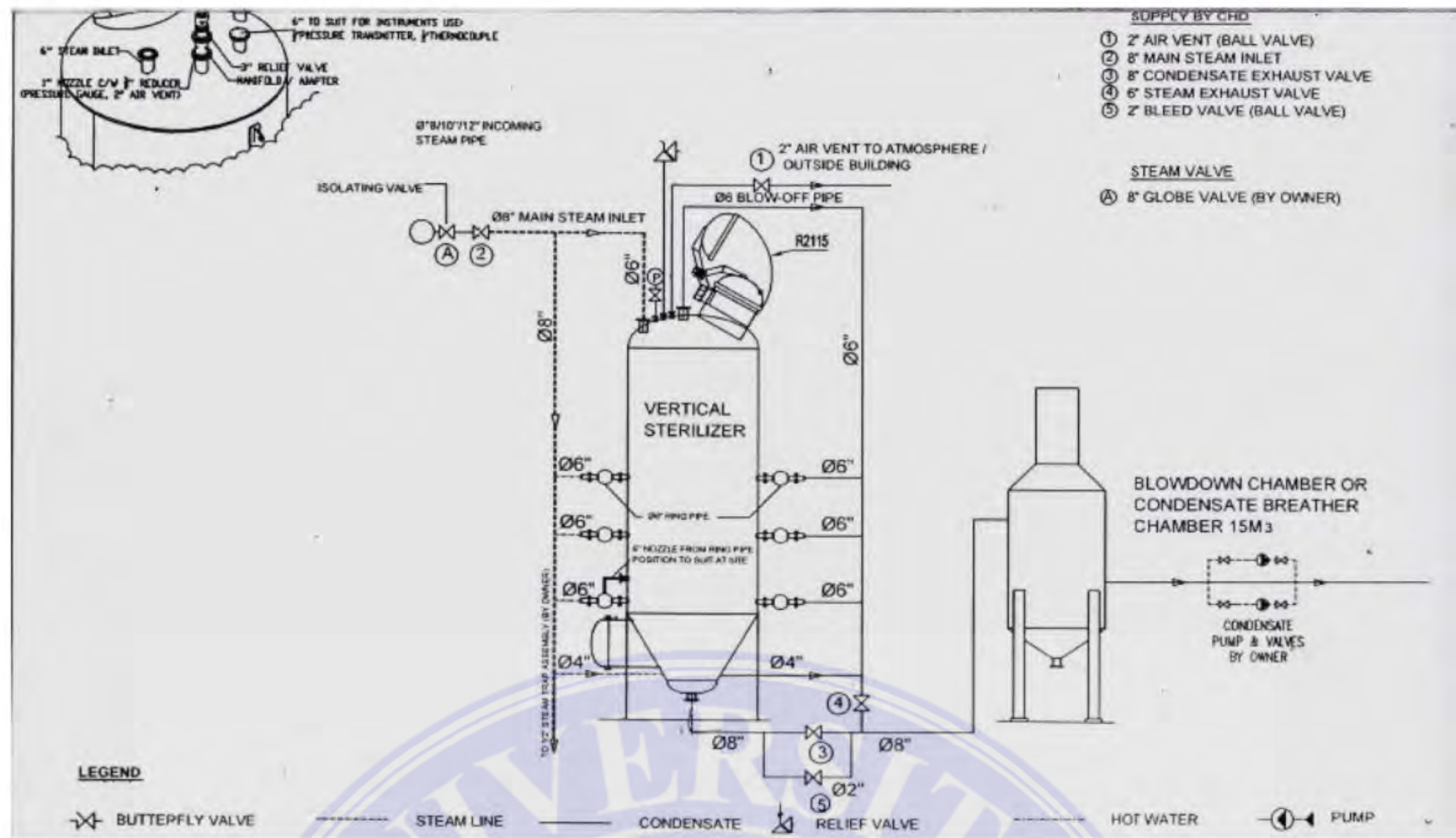


Gambar 2. 1. Gambar *sterilizer horizontal*

2.1.2. *Sterilizer Modern (Vertical)*

Sterilizer vertical adalah sistem sterilisasi dengan menggunakan *vessel* yang tegak atau dapat dikatakan *sterilizer konvensional* yang diberdirikan. Pada masa lampau, sistem *sterilisasi vertical* sempat digantikan dengan sistem *horizontal*. Pergantian ini dikarenakan sistem sterilisasi *vertical* memiliki kapasitas yang terbatas, sering terjadi tumpat pada saat pengeluaran TBS yang telah direbus dan juga banyak kehilangan minyak pada tandan kosong dan air kondensat. Namun, pada saat ini permasalahan tersebut sudah dapat diatasi. Sistem *vertical* sudah dapat digunakan untuk mengolah hingga kapasitas lebih dari 25 ton TBS untuk satu *sterilizer*, ketumpatan TBS pada saat pengeluaran juga dapat dihindari dengan menggunakan *auger/screw* dan kehilangan minyak dapat dihindari dengan adanya inovasi proses dimana minyak di kondensat dan tandan kosong dapat di kutip kembali dengan beberapa alat (Nasution, Hasibuan, and Yudianto 2018). Adapun

sterilizer vertical dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut. (Ivanemmoy 2013)



Gambar 2.2. *Sterilizer Vertikal*

2.1.3. Efisiensi Perebusan

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam proses perebusan yaitu :

1. Pembuangan Udara (*Dearasi*)

Selama proses perebusan, tahapan pembuangan udara harus semaksimal mungkin dikeluarkan dari sistem perebusan dan digantikan oleh uap air sebagai media perebusan. Pembuangan udara dilakukan dengan memasukkan uap dari bagian atas *sterilizer* dan mengeluarkannya dari bagian bawah *sterilizer* (pipa kondensat). Hal ini dilakukan karena berat jenis uap lebih ringan dari berat jenis udara.

Terdapat dua metode pembuangan udara yaitu metode *sweeping* dan metode difusi. Metode *sweeping* dilakukan pada awal proses perebusan yaitu saat memasukkan steam pertama kali bersamaan dengan pembukaan katup kondensat. Masuknya steam akan mendorong udara untuk keluar melalui lubang kondensat. Metode *difusi* yaitu pembuangan udara selama proses perebusan terutama di celah-

celah brondolan. Hal ini dikarenakan terjadi pencampuran udara saat kenaikan tekanan dan saat *condensing*, udara akan keluar bersamaan dengan steam.

2. Pembuangan Air Kondensat

Uap air yang terkontaminasi dengan TBS dan berada didasar 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 kondensat akan memperlambat pencapaian tekanan puncak. Supaya air tersebut dapat dibuang, maka akan dipasang pipa *by pass* pada pipa kondensat, karena perkiraan 13% dari TBS yang diolah adalah air kondensat.

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 semakin tinggi.

Terdapat hubungan waktu perebusan dengan efisiensi minyak adalah sebagai berikut :

- a. Semakin lama waktu perebusan buah, maka jumlah buah yang memberondol akan semakin tinggi atau persentasi buah yang tidak memberondol akan semakin kecil.
- b. Semakin lama waktu perebusan buah, maka kehilangan minyak dalam kondensat akan semakin tinggi.
- c. Semakin lama perebusan buah, maka nut akan semakin masak dan

menghasilkan nut yang lebih mudah pecah dan inti menjadi leang (berpisah) dari *shell*.

- d. Semakin lama perebusan buah, maka kandungan minyak dalam tanda kosong akan semakin tinggi, hal ini terjadi karena minyak yang ada pada *mesocarp* terserap oleh janjangan kosong.
- e. Semakin lama perebusan buah, maka mutu minyak CPO akan semakin menurun. Hal ini dapat diketahui dengan menurunnya nilai *deterioration of bleachability index (DOBI)*.

Tata cara yang harus dilakukan untuk memperoleh perebusan normal sebagai berikut (Rahardja and Sopyan 2013):

- a. 13 menit pemasukan uap pertama dari 0-2,3 kg/cm², termasuk menguras udara selama 2 menit.
- b. 2 menit pembuangan uap pertama sampai tekanan menjadi 0
- c. 12 menit pemasukan uap kedua kali sampai tekanan 2,5 kg/cm².
- d. 2 menit pembuangan uap kedua kali sampai tekanan menjadi 0.
- e. 13 menit pemasukan uap ketiga kali sampai tekanan 2,8 kg/cm².
- f. 43 menit tekanan uap ditahan pada 2,8 kg/cm².
- g. 5 menit pembuangan akhir uap sampai tekanan menjadi 0.

Dengan demikian dalam proses perebusan yang dilakukan dengan tekanan uap 2,8 kg/cm² dibutuhkan waktu minimal 90 menit untuk memperoleh hasil perebusan yang optimal. Adapun tabel 2.1 Siklus tekanan, waktu dan temperatur perebusan sistem tiga puncak sebagai berikut : (D.Siahaan 2002)

Tabel 2.1. Siklus Tekanan, Waktu dan Temperatur Perebusan Tiga Puncak

NO	Proses	P (kg/cm ²)	T (menit)	T (°C)
1	<i>Charging in / deaeration</i>	0	1 – 5	0
2	<i>Building up</i>	1 – 1,5	10 – 15	100
3	<i>Blow down</i>	0	6 – 8	0
4	<i>Building up</i>	2,5	10 – 15	120
5	<i>Blow down</i>	0	6 – 8	0
6	<i>Building up</i>	2,8 – 3	10 – 15	130
7	<i>Holding time</i>	2,8 – 3	30	130
8	<i>Blow down</i>	0	5	0
9	<i>De – charging</i>			

2.1.4. Fungsi dan Tujuan Proses Sterilisasi (Proses Perebusan *Sterilizer*) Adapun fungsi dan tujuan sterilisasi yaitu:

- a. Me-non-aktifkan *enzim-enzim lipase* yang dapat menyebabkan kenaikan FFA (*Free Fatty Acid*).
- b. Melunakkan brondolan untuk memudahkan pelepasan/pemisahan daging buah dan biji sawit (*nut*) di *Digester*.
- c. Memudahkan proses pemisahan molekul-molekul minyak dari daging buah (Stasiun Press) dan mempercepat proses pemurnian minyak (Stasiun Klarifikasi).
- d. Mengurangi kadar air inti sawit (*kernel*) sampai <20% sehingga meningkatkan efisiensi pemecahan biji sawit (*nut*).

2.1.5. Peralatan dan Fungsi

Peralatan dan fungsi komponen-komponen *sterilizer* sebagai berikut :

(Alwepo 2014)

- a. Unit sterilizer (*vessel*) yang dilengkapi 2 unit pintu berfungsi sebagai tempat merebus tandan buah segar (TBS).
- b. Pipa dan *valve inlet* berfungsi untuk memasukkan steam (uap) ke *sterilizer*.
- c. Pipa dan *valve condensate* berfungsi sebagai pembuangan steam hasil kondensasi yang selanjutnya ditampung pada *blowdown chamber* dan *condensate pit*.
- d. Pipa dan *exhaust valve* berfungsi sebagai pembuangan *steam eks* perebusan.
- e. *Programmable Logic Controller (PLC)* berfungsi mengatur dan mengontrol sistem perebusan yang dapat diatur secara manual maupun full otomatis. Biasanya dilengkapi *steam recorder chart*.
- f. *Safety valve* berfungsi sebagai katup pengaman saat tekanan dalam *sterilizer* berlebih (diatas tekanan kerja).
- g. *Cantilever rail bridge* berfungsi sebagai jembatan untuk masuk dan keluarnya lori buah.
- h. *Air compressor* berfungsi untuk mensuplai udara yang dipakai untuk mengaktifkan *pneumatic valve*.
- i. Alat-alat ukur (*gauge*) berfungsi untuk memonitor pengoperasian alat seperti *pressure gauge*.
- j. *Capstand, bollar* yang berfungsi untuk menarik lori buah masuk dan keluar *sterilizer*.

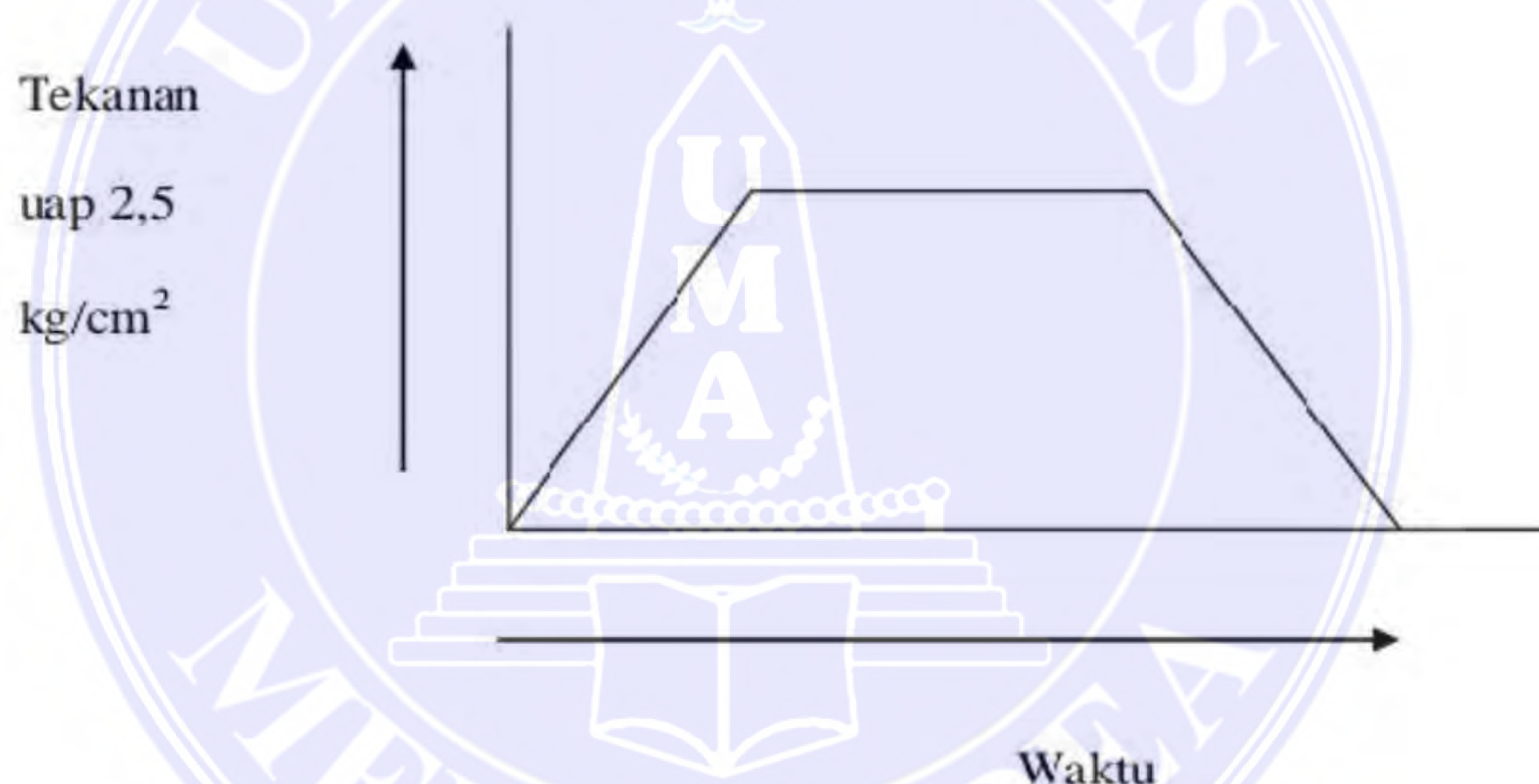
2.1.6. Sistem Perebusan

Sistem perebusan di *sterilizer* dibagi atas 3 metode sebagai berikut

(Hikmawan and Angelina 2019):

1. Sistem Perebusan Satu Puncak (*Single Peak*)

Adalah suatu sistem perebusan dimana jumlah puncak yang terbentuk selama proses ada satu puncak akibat dari tindakan pembuangan dan pemasukan uap yang tidak merubah bentuk pola perebusan satu siklus. Pada umumnya berlangsung pada tekanan uap 2,5 kg/cm² dengan suhu 125-130°C, selama 90 menit. Adapun sistem perebusan satu puncak (*single peak*) dapat dilihat pada gambar 2.3 sebagai berikut (Hikmawan and Angelina 2019) :

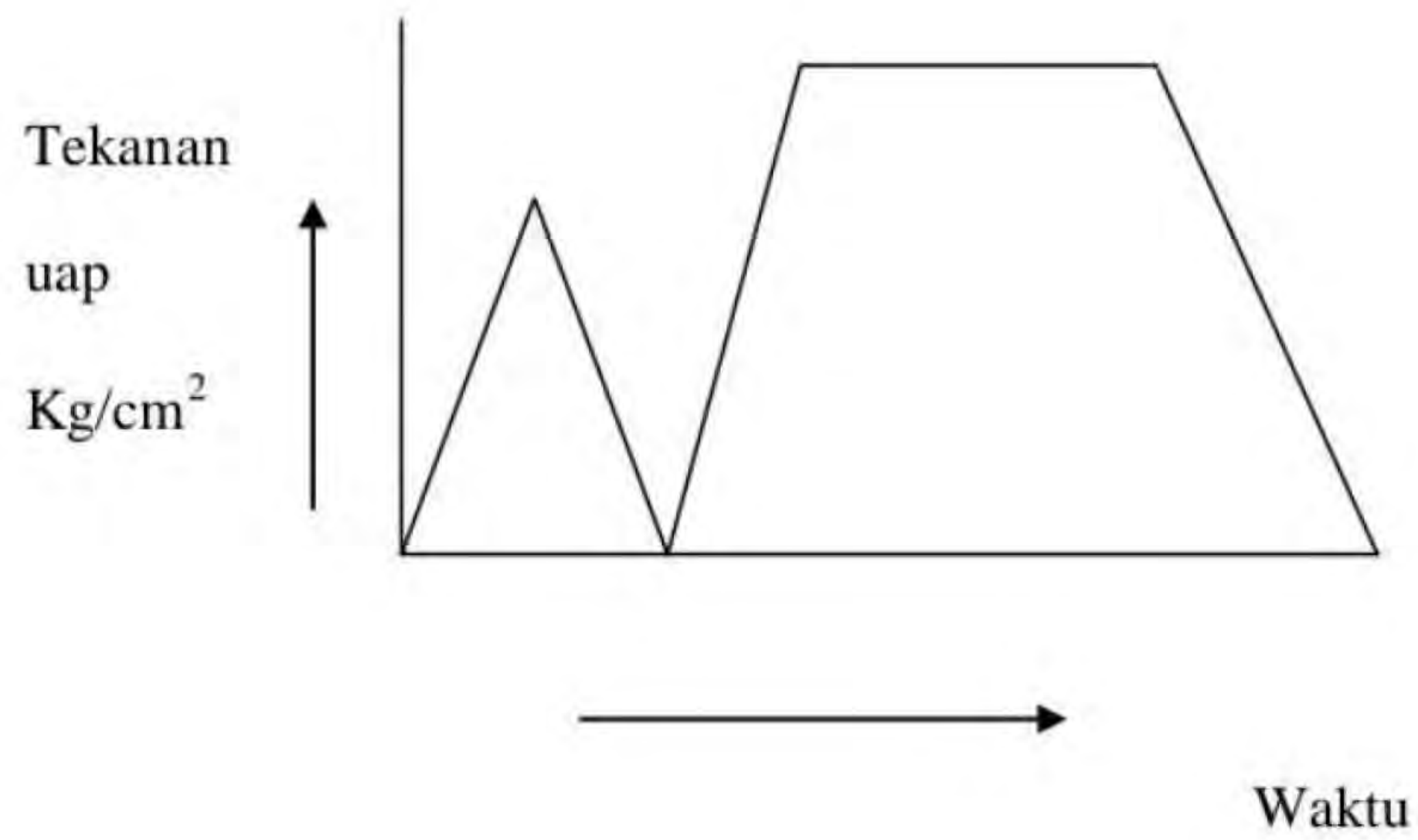


Gambar 2.3. Sistem Perebusan Satu Puncak (*Single Peak*)

2. Sistem Perebusan Dua Puncak (*Double Peak*)

Sistem perebusan dua puncak adalah suatu sistem perebusan dimana jumlah puncak yang terbentuk selama proses ada dua puncak akibat dari tindakan pembuangan dan pemasukan uap, kemudian dilanjutkan dengan pemasukan, penahanan dan pembuangan uap selama perebusan satu siklus. Pada umumnya proses berlangsung pada tekanan 2,5-2,7 kg/cm⁰ dengan suhu 125-130°C selama 90 menit. Adapun sistem perebusan dua puncak (*double peak*) dapat

dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut (Hikmawan and Angelina 2019):

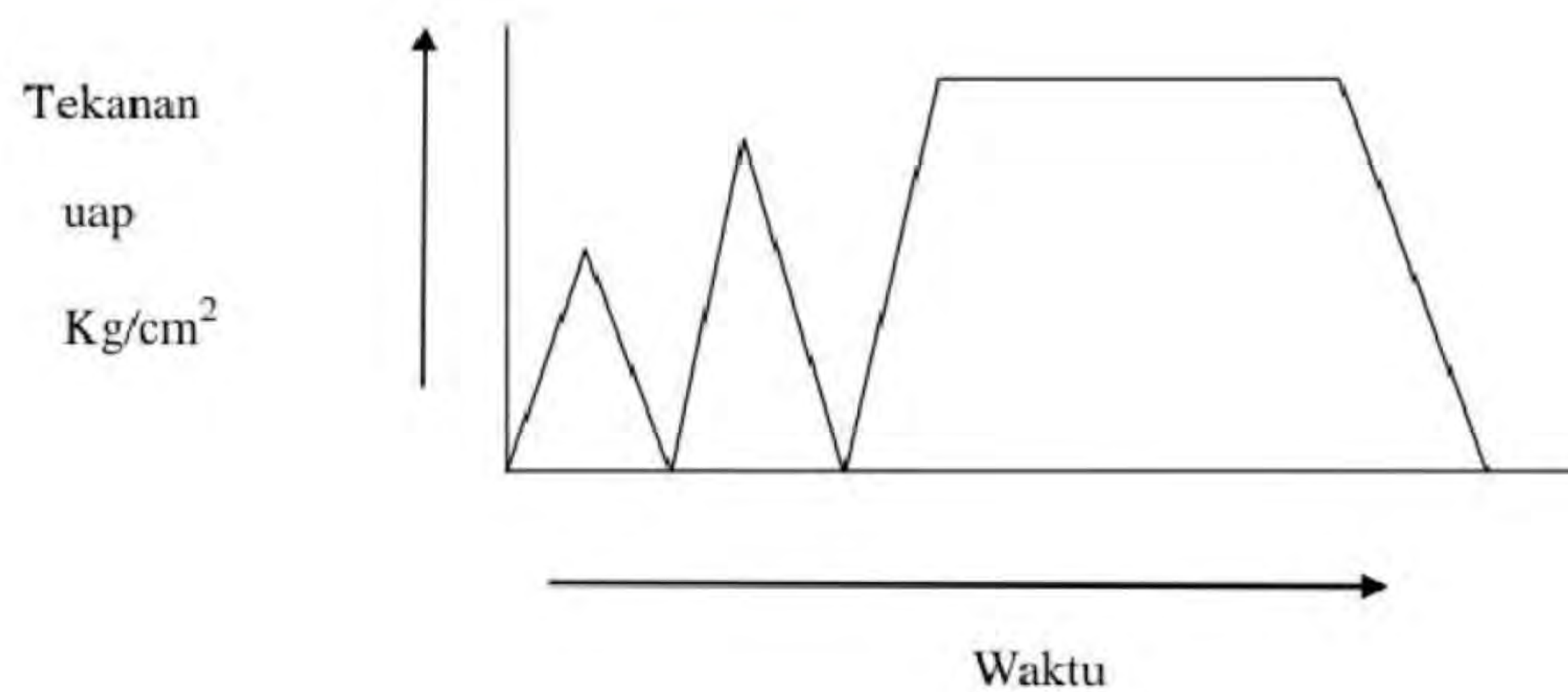


Gambar 2.4. Sistem Perebusan Dua Puncak (*Double Peak*)

3. Sistem Perebusan Tiga Puncak (*Triple Peak*)

Sistem perebusan tiga puncak adalah suatu sistem perebusan dimana jumlah puncak yang terbentuk selama proses tiga puncak akibat dari Tindakan pemasukan uap dan pembuangan uap, dilanjutkan dengan pemasukan uap, penahanan dan pembuangan uap selama proses berlangsung pada tekanan uap 2,5-3,0 kg/cm² dengan siklus perebusan 130°C selama 90 menit.

Adapun sistem perebusan tiga puncak (*triple peak*) dapat dilihat pada gambar 2.5 sebagai berikut (Hikmawan and Angelina 2019):



Gambar 2.5. Sistem Perebusan Tiga Puncak (*Triple Peak*)

Adapun tabel Langkah perebusan *sterilizer (triple peak)* dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2. Langkah Perebusan *Sterilizer (Triple Peak)*

Step	Durasi (menit)	Posisi valve		
		Inlet	Condesat	Exhaust
1	2	ON	ON	OFF
2	±5	ON	OFF	OFF
3	1	OFF	ON	OFF
4	1	OFF	OFF	ON
5	10-15	ON	OFF	OFF
6	2	OFF	ON	OFF
7	2	OFF	OFF	ON
8	18-24	ON	OFF	OFF
9	40-50	ON	OFF	OFF
10	1	ON	ON	OFF
11	4	OFF	ON	OFF
12	±2	OFF	ON	ON
Total waktu		±90 menit		

2.2. Temperatur

Steam (uap) yang digunakan bertemperatur 100-140°C, temperatur yang digunakan diatas titik didih air agar dapat mengubah fasa menjadi uap jenuh. Semakin tinggi temperatur uap maka pemasakan dari buah sawit semakin cepat. Misalnya pada temperatur 120°C uap yang dihasilkan merupakan uap jenuh yang akan memasak buah kelapa sawit. Tapi, pada temperatur ini pemasakan kelapa sawit kurang baik daripada temperatur 140°C yang sama-sama pada uap jenuh. Dikarenakan pada temperatur 120°C tekanan yang diberikan lebih rendah dari pada temperatur 140°C. Sehingga pemasakan akan membutuhkan waktu yang lebih lama.

Sterilizer sebagai tempat pemasakan buah sawit akan mempengaruhi hasil dari minyak sawit itu sendiri. Semakin tinggi temperatur *sterilizer*, pemasakan akan semakin cepat dan minyak yang dihasilkan lebih banyak. Ini dikarenakan viskositas

minyak di dalam buah sawit turun, jadi saat di press mudah terpisah dari buah. Tetapi uap yang digunakan adalah uap jenuh yang mengandung air yang sangat banyak, ini juga menyebabkan besarnya kandungan air didalam minyak yang dihasilkan.

Jumlah minyak yang didapatkan tergantung saat perebusan. Pada saat perebusan akan terjadi 3x kenaikan tekanan yang menyebabkan temperatur juga ikut naik 3x lipat dari pada awalnya. Temperatur yang terlalu tinggi akan menyebabkan kenaikan FFA (*free fatty acid*), kenaikan kadar air, dan kehilangan minyak (*oil loses*). Sebaliknya jika temperatur terlalu rendah kelapa sawit tidak akan masak, sehingga saat di *digester* buah tidak terlepas dari brondolannya dan saat dipress akan sulit.

Panas yang dibutuhkan *sterilizer* untuk merebus tandan buah segar (TBS) dapat dirumuskan sebagai berikut (Sulaiman and Randa 2018):

$$Q \text{ steam masuk} = Q \text{ steam keluar} + Q \text{ kondensat}$$

$$Q \text{ steam} = M \times C_p \times \Delta T \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Q \text{ kondensat} = (M \times \lambda) + (M \times C_p \times \Delta T)$$

Dimana :

- Q = Nilai panas (kkal/jam)
- M = Laju alir massa (kg/jam)
- λ = Lamda (kkal/jam)
- ΔT = Beda temperatur
- Cp = *Calor Specific* (kkal/kg°C)

Persen efesiensi dihitung melalui panas yang dibutuhkan dibandingkan dengan panas masuk.

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{\text{panas yang dibutuhkan}}{\text{panas masuk}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

2.3. Tekanan

Pengaruh tekanan terhadap kehilangan minyak bahwa semakin tinggi tekanan perebusan, maka minyak yang dihasilkan akan semakin tinggi. Karena tekanan dari steam didalam bejana *sterilizer* memberikan tekanan terhadap TBS dan memecah partikel-partikel dan mempermudah minyak lepas dari pericarp yang dapat menyebabkan minyak dapat meleleh dan terikut air kondensat.

Tekanan uap yang rendah (<2,8 kg/cm²) dan waktu rebus yang tidak cukup akan mengakibatkan : buah kurang masak, sebagian brondolan tidak lepas dari tandan yang mengakibatkan *loses* dalam tandan kosong bertambah dan juga pelumatan dalam *digester* tidak sempurna, kemudian ampas basah mengakibatkan pemakaian bahan bakar lebih boros pada proses pembakaran di ketel uap.

Sebaliknya, bila perebusan dilakukan terlalu lama, maka buah menjadi terlalu masak sehingga kantong minyak di *mesocarp* dengan sendirinya terlepas ke air kondensat, *loses* minyak dalam air kondensat dan janjangan kosong menjadi naik dan merusak mutu minyak (Hikmawan and Angelina 2019).

2.4. Oil Losses

Dalam pengolahan CPO terdapat beberapa masalah yang dapat menjadikan turunnya kualitas dan kuantitas CPO yang dihasilkan. Dalam hal kuantitas, permasalahan utama yang dialami oleh pabrik kelapa sawit adalah kehilangan minyak (*oil losses*).

Oil losses adalah persentase kehilangan minyak selama proses produksi.

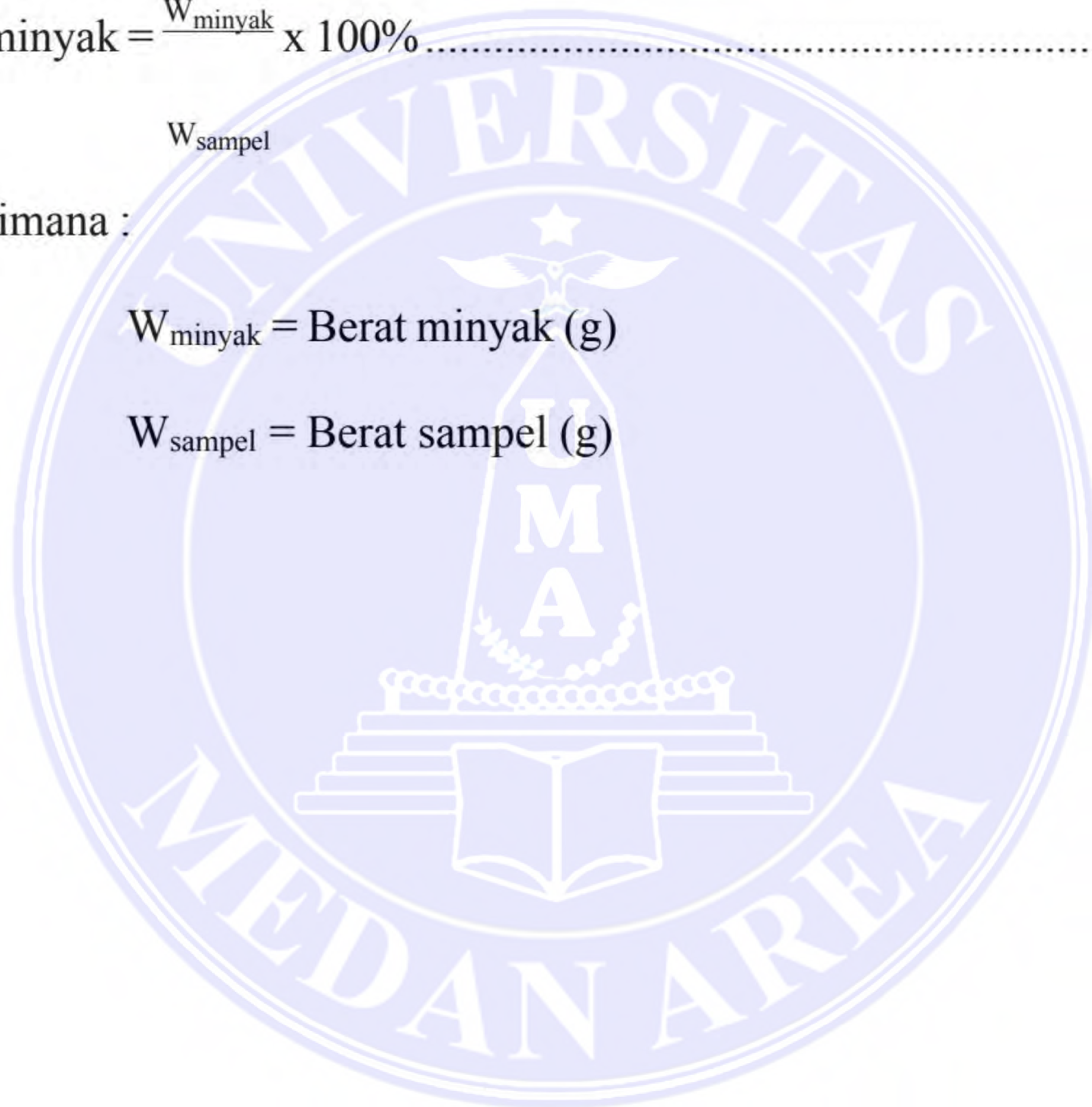
Perhitungan *oil losses* dengan menganalisis kandungan minyak dilihat dari pembuangan akhir (*drab*). Kandungan minyak semakin sedikit kandungan minyak mengindikasikan *oil losses* yang rendah. Terdapat beberapa sumber kehilangan minyak pada PKS antara lain: air kondensat hasil stasiun rebusan, tandan kosong pada stasiun penebah, *fiber* pada stasiun pengepressan dan minyak yang terikut oleh *sludge* pada stasiun pemurnian. Persentase *oil losses* dalam *sterilizer* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Indarti et al. 2022):

$$\% \text{ minyak} = \frac{W_{\text{minyak}}}{W_{\text{sampel}}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

W_{minyak} = Berat minyak (g)

W_{sampel} = Berat sampel (g)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat

Tempat dilaksanakannya penelitian adalah di PTPN II Unit PKS Pagar Merbau, Jl. Lubuk Pakam, Sumberejo, Kec. Pagar Merbau, Kab. Deli Serdang, Sumatra Utara 20551.

3.1.2. Waktu

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 2 bulan, yaitu dimulai dari bulan Februari 2023. Dengan detail jadwal tugas akhir seperti terlihat pada tabel

3.1. sebagai berikut :

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir

Aktifitas	2022-2023																2024															
	Sep				Okt				Nov				Des				Jan				Feb				Mar				Apr			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul	■																															
Penyelesaian Proposal					■																											
Seminar Proposal									■																							
Pengumpulan Data													■																			
Analisis Data													■																			
Penyelesaian Proposal																	■															
Seminar Hasil																					■											
Sidang Sarjana																									■							

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Alat

1. *Sterilizer*

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sterilizer merk TATUNG buatan Korea dengan 10.05 kW/Hp, 15.3 A, 380 V, 1445 rpm dan tipe FDFC. Adapun gambar *sterilizer* dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1. *Sterilizer*

2. Tekanan Indikator

Tekanan Indikator adalah alat yang dipasang pada bagian *inlet*, *outlet* dan *economizer outlet main line superhead* dan pada tempat yang perlu untuk pengukuran temperatur. *Pressure Gauge* digunakan untuk mengukur atau mengetahui seberapa tinggi temperatur uap secara langsung di dalam sterilizer. Adapun gambar tekanan *indicator* dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2. Tekanan Indikator

3.2.2 Bahan

1. Cawan Petridish
2. Timble
3. Soklet
4. Kondensor
5. Hot Plate
6. Oven
7. Desikator
8. Kertas Saring
9. Kapas
10. Timbangan Analitik
11. Labu Gelas
12. Air Kondensat Rebusan
13. N-Heksana

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini secara experiment, metode yang digunakan dapat dijabarkan sebagai berikut :

3.3.1 Sistematika Penelitian

Sistematika pada analisis pengaruh waktu, temperatur dan tekanan terhadap *oil loses* pada air kondensat di stasiun *sterilizer* sebagai berikut :

1. Studi Literatur untuk menyelesaikan masalah tersebut, maka dicari berbagai literatur mengenai pengaruh waktu, temperatur dan tekanan sehingga menyebabkan tingginya *oil loses* pada *sterilizer*.
2. Observasi lapangan guna mendapatkan data-data pengaruh waktu, temperatur dan tekanan pada air kondensat di *sterilizer*.
3. Menghitung *oil loses* di air kondensat *sterilizer*.
4. Melakukan perhitungan terhadap *oil loses* dengan variasi waktu, temperatur dan tekanan *sterilizer*.
5. Menganalisis dan membandingkan pengaruh waktu, temperatur dan tekanan terhadap *oil loses* di *sterilizer*.
6. Menarik kesimpulan.

3.3.2 Parameter Pengukuran

Parameter yang akan di ukur dalam analisis pengaruh waktu, temperatur dan tekanan terhadap *oil loses* pada air kondensat di stasiun *sterilizer* adalah sebagai berikut :

1. Tekanan kerja (kg/cm²)
2. Temperatur kerja (°C)
3. Air kondensat (%)

3.3.3 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan peralatan dan bahan.
2. Menyiapkan lembar *checklist* parameter yang akan diukur.
3. Memeriksa dan memastikan alat ukur dapat berfungsi dengan baik.

3.3.4 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Pengumpulan data primer adalah data yang diperoleh dari peninjauan langsung ke pabrik PTPN II Unit PKS Pagar Merbau. Data ini tidak tersedia dalam bentuk file-file, tetapi melalui wawancara langsung dengan pihak perusahaan.

2. Data Sekunder

Pada penelitian ini data sekunder diperoleh dari pihak perusahaan, dimana data sudah ada disimpan oleh perusahaan tersebut sebelumnya, diantaranya adalah spesifikasi *sterilizer*. Kemudian penulis melakukan studi ke perpustakaan atau internet untuk mempelajari buku-buku atau hal-hal yang berkaitan dengan stasiun *sterilizer*.

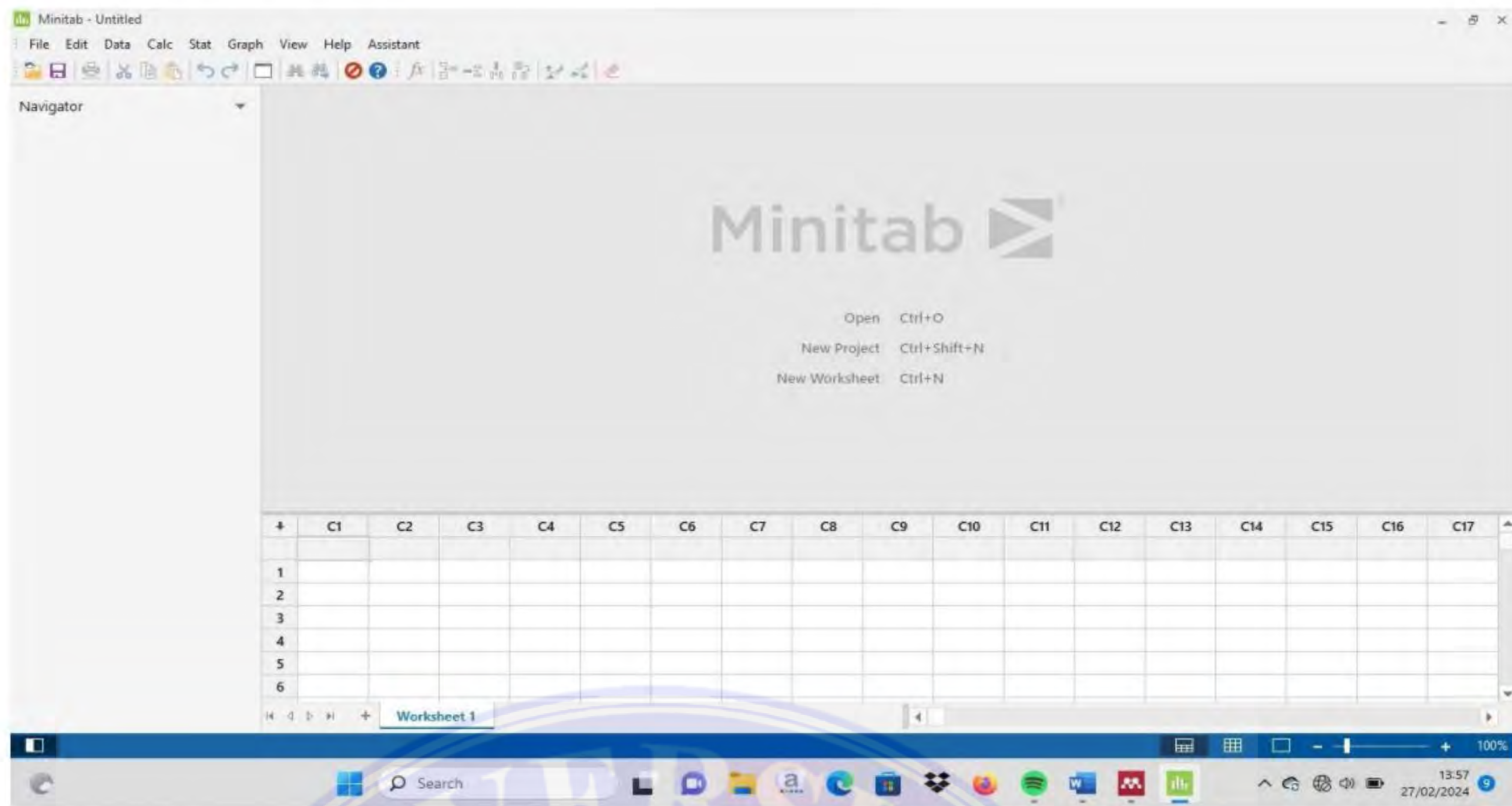
3. Analisis Data

Analisis data setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul adalah melakukan perhitungan terhadap parameter dengan menggunakan metode Regresi Linier Berganda dengan menggunakan software Minitab.

Berikut cara menggunakan software minitab regresi linier berganda :

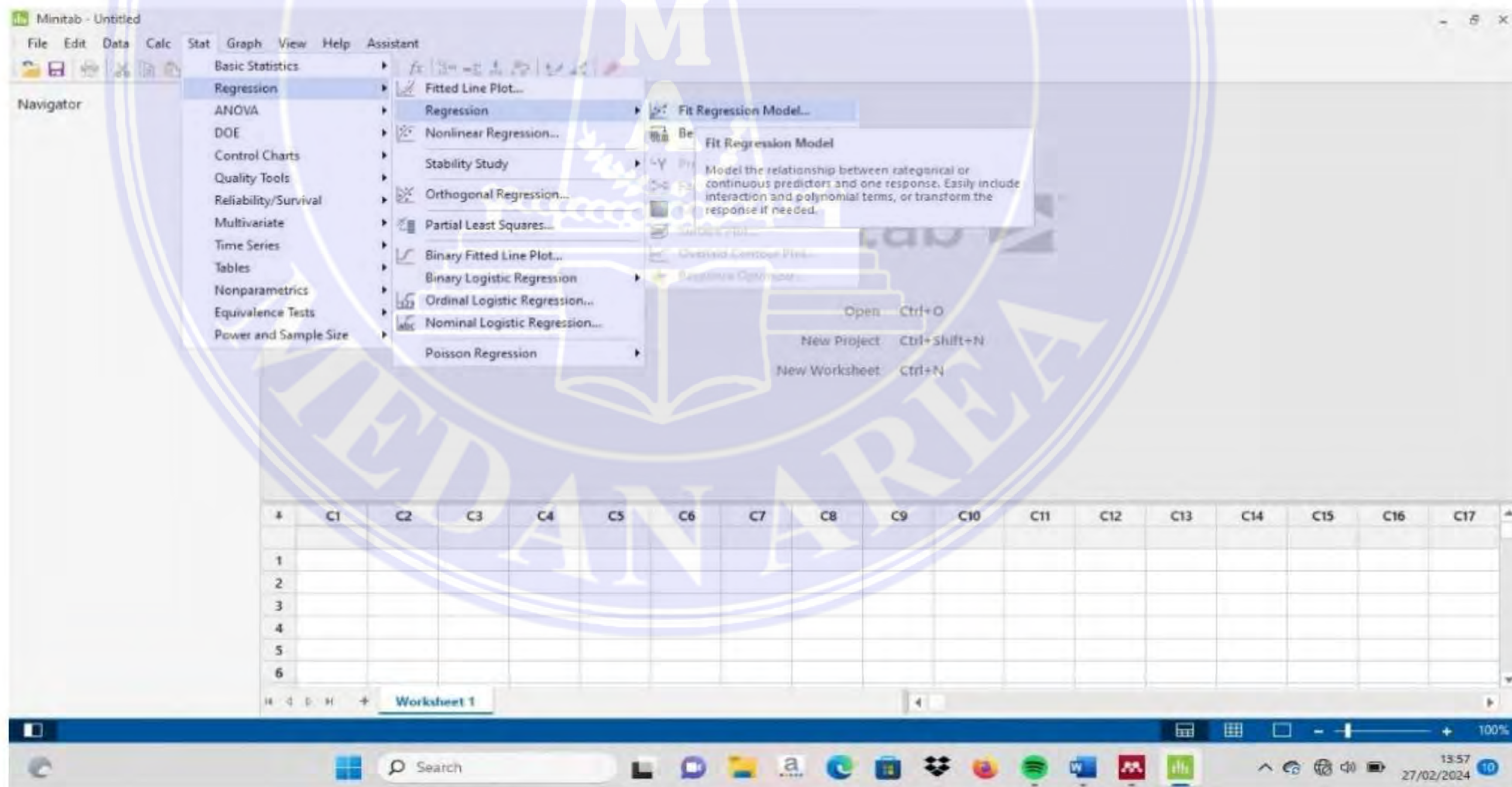
1. Buka aplikasi minitab, kemudian masukkan data seperti gambar 3.3 berikut

ini.



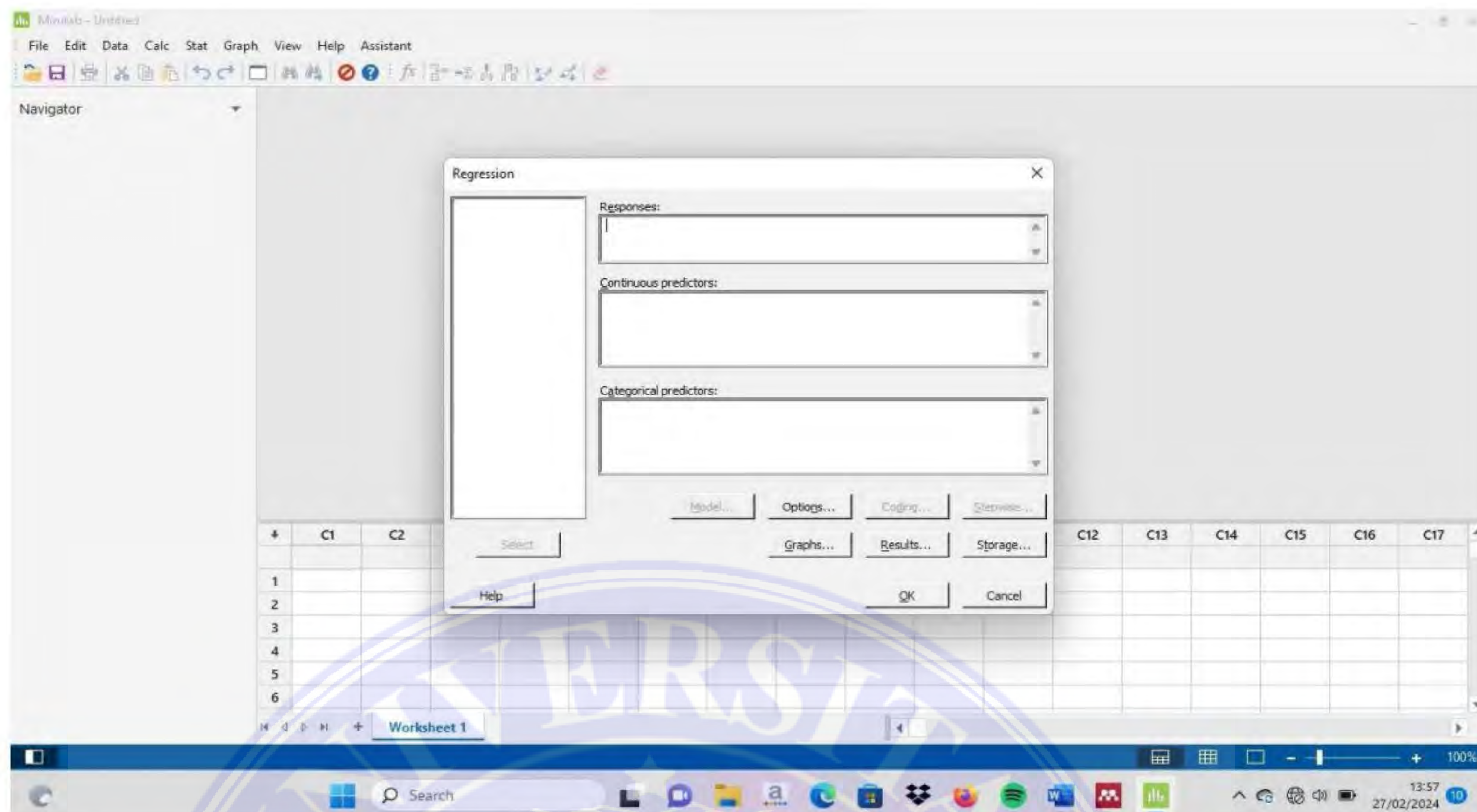
Gambar 3.3. Tabel Input Data Minitab

2. Klik **Stat > Regression > Regression...** pada menu paling atas, seperti gambar 3.4 berikut ini.



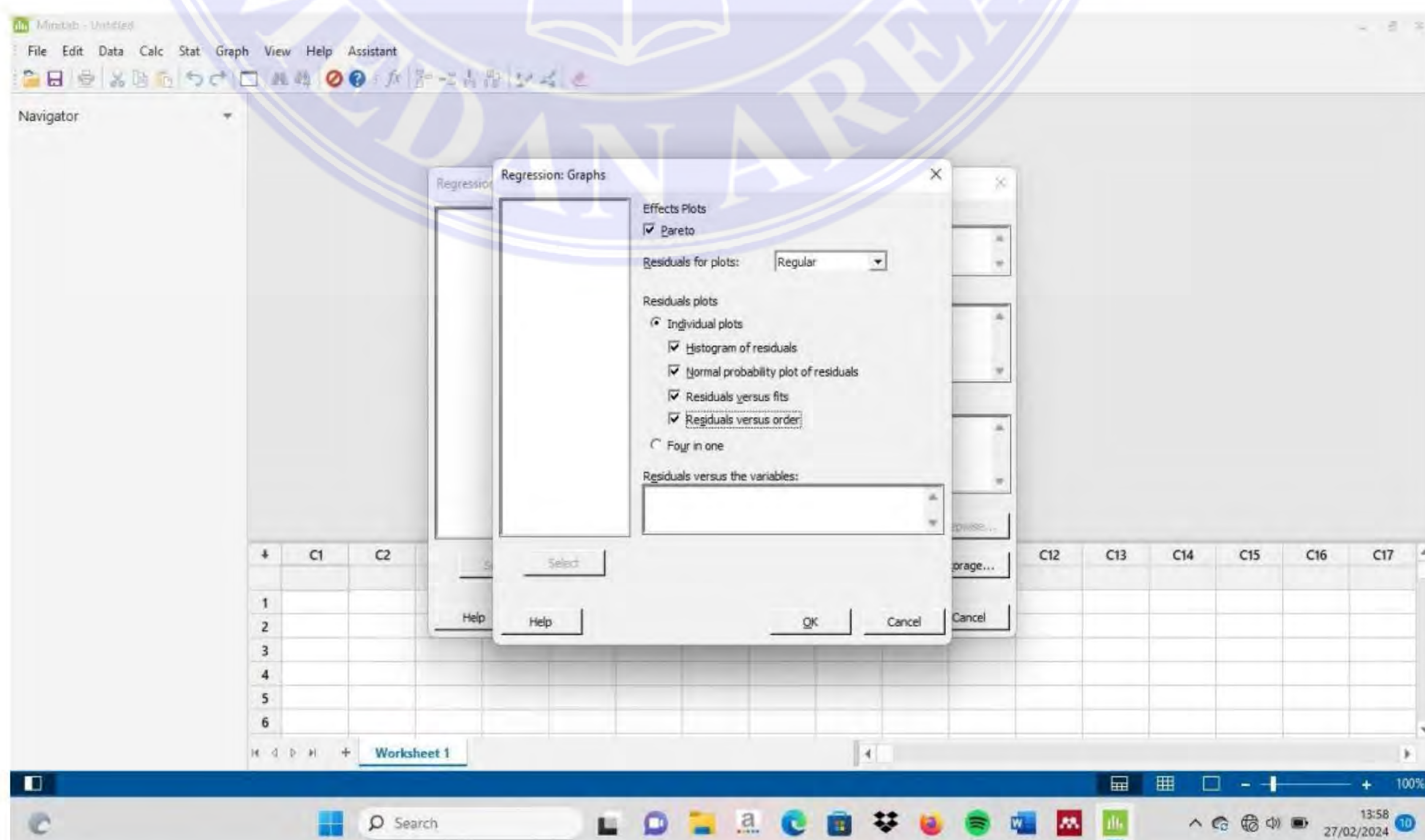
Gambar 3.4. Langkah Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda

3. Kemudian masukkan variable Y ke *Response* dan variable X ke *Predictors*, seperti gambar 3.5 berikut ini.



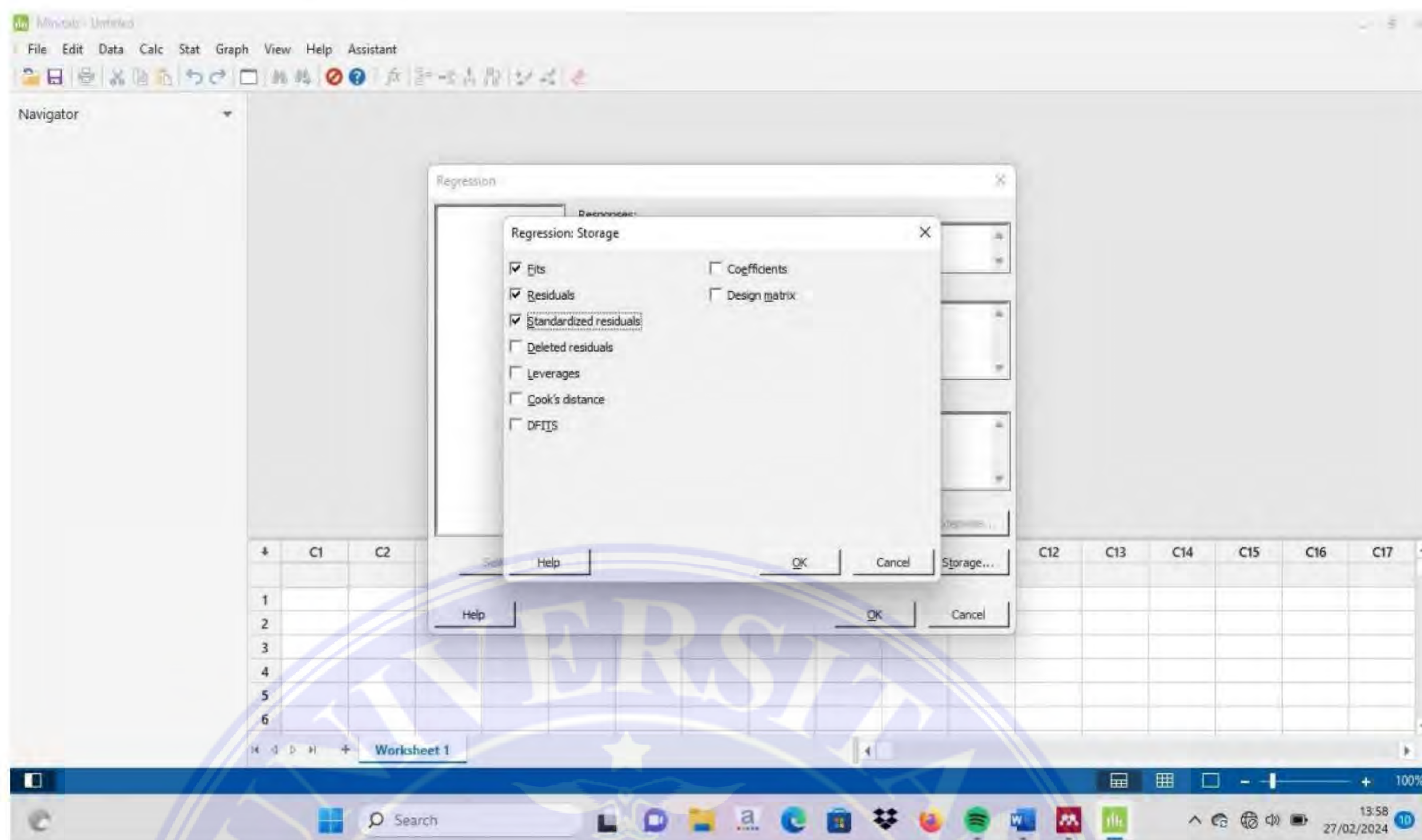
Gambar 3.5. Input Variabel Y dan X ke Response dan Predictors.

4. Kemudian klik tombol *Graphs* kemudian centang *Regular* pada *Residual for Plots* dan pada *Residual Plots*, centang *Histogram of residuals*, *Normal plot of residuals*, *Residual versus fits* dan klik *OK*. Seperti gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6. Regression Graphs

5. Kemudian klik *Storage* kemudian centang *Residual*, *Coefficients*, *Fits* dan klik *OK*. Seperti gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7. Regression Storage

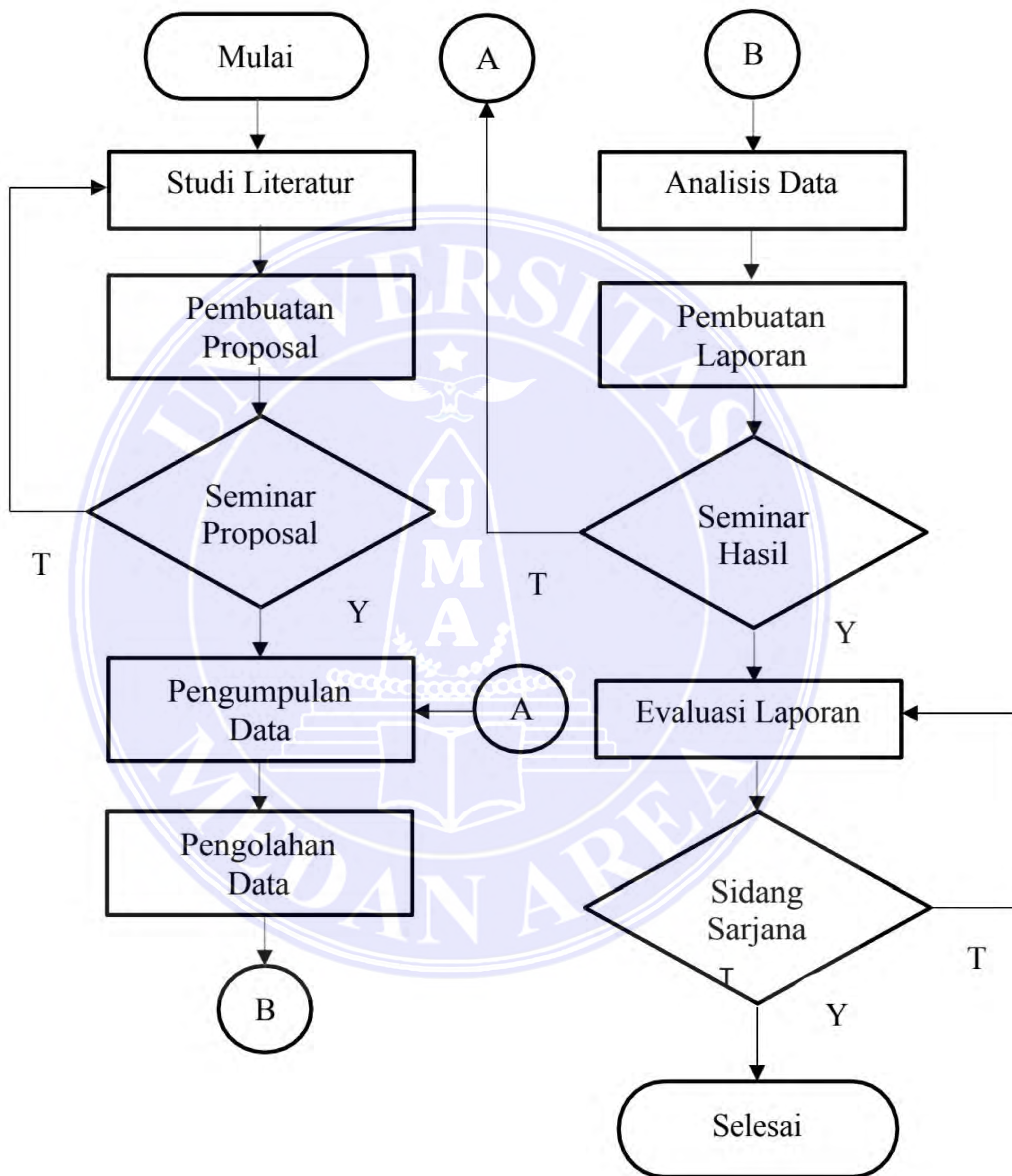
3.4 Populasi dan Sampel

Pada penelitian ini populasi yang dibahas adalah bagaimana pengaruh tekanan, temperatur dan waktu terhadap *oil loses* pada air kondensat sterilizer PKS Pagar Merbau PTPN II, dengan Batasan sampel yang akan digunakan dalam proses penelitian ini yaitu dengan menggunakan data yang didapat selama melakukan penelitian di PKS Pagar Merbau PTPN II.

No	Tekanan (kg/cm ²)	Waktu (menit)
1	2,3	10
2	2,5	20
3	2,8	60
4	2	10
5	2,6	20
6	3	60

7	2	10
8	2,5	20
9	2,8	60

2.5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.8. Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Setelah melakukan analisis data menggunakan metode regresi linier berganda, maka dapat disimpulkan yaitu :

1. Semakin tinggi tekanan, maka *oil losses* akan semakin rendah. Semakin tinggi waktu, maka *oil losses* akan semakin tinggi. Tekanan dan waktu tidak signifikan berpengaruh terhadap *oil losses*, karena hanya 23,07% pengaruh tekanan dan waktu terhadap *oil losses*, selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain. Diantara tekanan dan waktu, yang lebih signifikan berpengaruh terhadap *oil losses* secara statistic adalah tekanan dibandingkan dengan waktu.
2. Setelah menghitung persentase oil loses pada air kondensat sterilizer, maka oil loses terendah terdapat pada tekanan 2,5 kg/cm² dengan waktu 20 menit. Sedangkan oil loses tertinggi terdapat pada tekanan 2kg/cm² dengan waktu 10 menit.

5.2. Saran

1. Tandan Buah Segar (TBS) yang akan diolah sebaiknya diusahakan tingkat kematangannya sesuai dengan kriteria pengolahan agar pada proses awal mendapat proses yang baik.
2. Persentase kehilangan minyak pada sterilizer diusahakan sekecil mungkin paling tidak dipertahankan sesuai dengan standar perusahaan. Jenis buah yang paling baik untuk diolah adalah jenis pasifera karena kandungan minyaknya yang paling banyak diantara jenis lainnya dan tempurung pada

bijinya sangat tipis bahkan ada yang tidak memiliki tempurung sehingga akan memudahkan mesin pada proses olah yang berdampak memperpanjang usia mesin pada pada pabrik kelapa sawit.



DAFTAR PUSTAKA

- Alwepo. 2014. "Fungsi Dan Tujuan Proses Sterilisasi (Proses Perbusan Sterilizer)." 2014. <https://alwepo.com/stasiun-sterilizer/#>.
- D.Siahaan. 2002. "Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit Dan Turunannya." *LPPKS*.
- Djollong, Andi Fitriani. 2014. "Tehnik Pelaksanaan Penelitian Kuantitatif (" II (September): 86–100.
- Hikmawan, Oksya, and Ria Angelina. 2019. "Pengaruh Variasi Waktu Dan Tekanan Terhadap Kehilangan Minyak Pada Air Kondensat Di Unit Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit" 14 (28): 33–39.
- Indarti, Eti, Dicky Aulia Zulmi, Zaidiyah, and Zuhadi. 2022. "Recovery Air Kondensat Pada Stasiun Perebusan Untuk Menekan Oil Losses : Studi Kasus PKS Cot Girek" 16(2):145–52.
<https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i2.11050>.
- Ivanemmoy. 2013. "CHDVertical Sterilizer." 2013.
<https://ivanemmoy.wordpress.com/2013/05/13/chd-vertical-sterilizer/>.
- Masruroh, Lilis, and Hermiza Mardesci. 2021. "Proses Perebusan Kelapa Sawit Pada Sterilizer" 10 (1): 43–48.
- Nasution, Muhammad Ansori, Hasrul Abdi Hasibuan, and Bagus Giri Yudianto. 2018. "Komparasi Sterilizer Konvensional Dan Modern," no. November.
- Rachmad, Budi. 2017. "Proses Pengolahan Di Pabrik Kelapa Sawit." 2017.
<https://docplayer.info/75446020-Bab-ii-tinjauan-pustaka-2-1-peroses-pengolahan-di-pabrik-kelapa-sawit.html>.
- Rahardja, Istianto Budhi, and Muhammad Sopyan. 2013. "Efektivitas Proses Pembuangan Udara Melalui Pipa Condensate Pada Stasiun Rebusan (Sterilizer) Di Pabrik Kelapa Sawit."
- Simanullang, Letare Enjelina, and M.Si. Teuku Andy Fadlly, S.T. 2019. "Pengaruh Tekanan Dan Waktu Terhadap Kehilangan Minyak (Loses) Pada Air Kondensat Di Stasiun Perebusan Dengan Sistem Dua Puncak" 1 (01).
- Sulaiman, and RM Randa. 2018. "Pengaruh Temperatur Terhadap Efisiensi Sterilizer Dan Kualitas Minyak Yang Dihasilkan" XII (10): 159–69.