

TUGAS AKHIR
ANALISA KEBUTUHAN STEAM DI STASIUN STERILIZER
DENGAN SISTEM PEREBUSAN 90 MENIT
DI PT.GUNAS GROUP

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas Dan Memenuhi Syarat-syarat
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik (ST)
Program Studi Teknik Mesin*

Disusun Oleh:

RAJA AZIRA UTAMA
2007230147



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Raja Azira Utama
NPM : 2007230147
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : ANALISA KEBUTUHAN STEAM DI STASIUN
STERILIZER DENGAN SISTEM PEREBUSAN 90
MENIT DI PT GUNAS GROUP
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah diperiksa oleh Dosen Pembimbing dan dinyatakan dapat dilanjutkan untuk mengikuti seminar hasil penelitian pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 2 September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Dr. Sudirman Lubis, S.T., M.T.

Dosen Penguji II



Arya Rudi, S.T., M.T.

Dosen Penguji III



Chandra A Siregar, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Raja Azira Utama
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 4 Januari 2001
NPM : 2007230147
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“ANALISA KEBUTUHAN STEAM DI STASIUN STERILIZER DENGAN SISTEM PEREBUSAN 90 MENIT DI PT GUNAS GROUP”. Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain atau hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya pribadi, karena hubungan material dan non-material ataupun segala kemungkinan lain, yang hakekatnya bukan merupakan karya tulis saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesarjanaannya saya.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2025
Saya Yang Menyatakan



Raja Azira Utama

ABSTRAK

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan tumbuhan tropis golongan plasma yang termasuk tanaman tahunan. Tanaman kelapa sawit berasal dari negara Afrika Barat. Tanaman ini dapat tumbuh subur di Indonesia, Malaysia, Thailand, dan Papua Nugini. *Sterilizer* adalah suatu bejana uap bertekanan, yang fungsinya merebus Tandan Buah Segar (TBS) dengan memakai media pemanas. Di PT GUNAS GROUP ini 3 bejana sterilizer namun yang beroperasi hanya 2 buah. Kapasitas tabung yaitu 10 lori dalam satu tabung dengan suhu 130-140°C, tekanan normal 2,6 kg/cm², tekanan maksimum 3 kg/cm². Perebusan tekanan lebih dari 3kg/cm² maka masa perebusan di kurangi waktunya menjadi 90 menit. Tekanan kerja perebusan akan mempengaruhi kebutuhan uap dalam proses dimana pada tekanan Peak 1 membutuhkan Uap sebesar 287.463 Kkal/jam, Peak 2 membutuhkan Uap sebesar 372.056 Kkal/jam sedangkan pada Peak 3 hanya membutuhkan Uap sebesar 77.380 Kkal/jam. Perebusan Optimal adalah kapasitas terbesar Mendapatkan sesuai dengan tekanan kerja dalam hasil perebusan. yang optimal terlihat pada tekanan terbesar 2,7 dengan waktu perebusan yang paling singkat yaitu sebesar 58 menit. Yang menghasilkan 9 rebusan per shift (207 Ton) dan pada tekanan 2,4 Bar menghasilkan 8 rebusan (184 Ton) dan untuk tekanan 1,7 bar menghasilkan rebusan 7 per shift (161 Ton)

Kata Kunci : Sterilizer, Perebusan, Perpindahan Panas, Uap Steam

ABSTRACT

Oil palm (Elaeis guineensis Jacq) is a tropical plant of the plasma group which is an annual plant. Oil palm plants originate from West African countries. This plant can grow well in Indonesia, Malaysia, Thailand, and Papua New Guinea. A sterilizer is a pressurized steam vessel, whose function is to boil Fresh Fruit Bunches (FFB) using a heating medium. At PT GUNAS GROUP, there are 3 sterilizer vessels, but only 2 are operating. The capacity of the tube is 10 lorries in one tube with a temperature of 130-140°C, normal pressure of 2.6 kg/cm², maximum pressure of 3 kg/cm². Boiling pressure of more than 3 kg/cm² then the boiling time is reduced to 90 minutes. The working pressure of the boiler will affect the steam requirement in the process where at Peak 1 pressure it requires Steam of 287,463 Kcal/hour, Peak 2 requires Steam of 372,056 Kcal/hour while at Peak 3 it only requires Steam of 77,380 Kcal/hour. Optimal Boiling is the largest capacity Obtained according to the working pressure in the boiling results. The optimal one is seen at the highest pressure of 2.7 with the shortest boiling time of 58 minutes. Which produces 9 boils per shift (207 Tons) and at a pressure of 2.4 Bar produces 8 boils (184 Tons) and for a pressure of 1.7 bar produces 7 boils per shift (161 Tons)

Keywords : Sterilizer, Boiling, Heat Transfer, Steam

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa kebutuhan steam di stasiun sterilizer dengan sistem perebusan 90 menit di PT GUNAS GROUP ” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra.A.Siregar,ST., MT selaku Dosen Pembimbing Prodi Teknik Mesin yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A. Siregar S.T,M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T,M.T sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
3. Bapak Dr.Munawar Alfansury Siregar S.T,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik mesin kepada penulis.
5. Orang Tua Penulis:Rahmat dan Masyhura, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis:Raflin dan Iqbal yang selalu mendukung saya dari awal penulisan tugas akhir, sekaligus sahabat pertukaran mahasiswa saya, Sanjaya dan jodi lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih tentunya jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu ke teknik-mesinan.

Medan, 4 Agustus 2025

Raja Azira Utama

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Kelapa sawit	4
2.2. Stasiun Sterilizer	5
2.2.1. Sterilizer vertikal	6
2.2.2. Sterilizer Horizontal	7
2.3. Boiler	9
2.4. Steam	12
2.5. Panas	13
2.6. Perpindahan Panas	13
2.6.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi	14
2.6.2. Perpindahan panas Secara Konveksi	15
2.7. Keseimbangan Energi	17
2.8. Kondensasi	18
2.9. Konduktivitas Termal	21
2.9.1. Proses kehilangan Panas	22
2.10. Efisiensi Termal	25
2.11. Kajian Penelitian Yang Relevan	26
BAB 3 METODE PENELITIAN	29
3.1 Tempat dan Waktu	29
3.1.1 Tempat	29
3.2 Alat	29
3.3 Bagan Alir Penelitian	33
3.4 Rancangan Alat Penelitian	34
3.5 Prosedur Penelitian	36
3.6 Variabel Yang Akan Di Teliti	36
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Data Hasil Penelitian	37
4.2. Analisis Kecepatan Aliran Kalor Kebutuhan Uap	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	50

5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
BERITA ACARA SEMINAR HASIL		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		
SK PEMBIMBING		
LEMBAR ASISTENSI		

DAFTAR TABEL

Tabel 3.2.	Spesifikasi Stasiun Sterilizer Horizontal	33
Tabel 3.3.	Spesifikasi Lori <i>Sterilizer</i>	34
Tabel 3.5.	Penelitian Data PT GUNAS	35
Tabel 4.1.	Data Sterilizer Peak 1	37
Tabel 4.2.	Data Sterilizer Peak 2	39
Tabel 4.3.	Data Sterilizer Peak	41
Tabel 4.4.	Rekap Data Operasional <i>Sterilizer</i>	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tanaman kelapa sawit	4
Gambar 2.2	Stasiun <i>Sterilizer</i>	6
Gambar 2.3	<i>Sterilizer</i> Vertikal	6
Gambar 2.4	<i>Sterilizer</i> Horizontal	7
Gambar 2.5	Stasiun Boiler	10
Gambar 2.6	Perpindahan panas konduksi	14
Gambar 2.7	Perpindahan panas Konveksi	15
Gambar 2.8	Perpindahan panas Radiasi	16
Gambar 2.9	Kesetimbangan energi pada <i>Sterilizer</i>	17
Gambar 2.10	Kondensasi film pada plat vertikal	19
Gambar 2.11	Lapisan dinding <i>Sterilizer</i>	23
Gambar 3.1	Safety Valve	30
Gambar 3.2	Manometer	30
Gambar 3.3	Grafik Rototherm	31
Gambar 3.4	Thermogun	31
Gambar 3.5	Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 3.6	<i>Sterilizer</i>	34
Gambar 3.7	Lori <i>Sterilizer</i>	35
Gambar 4.1	Grafik Tekanan Oprasional (BAR) Peak 1	38
Gambar 4.2	Grafik Temperatur Sterilizer Peak 1	38
Gambar 4.3	Grafik Tekanan Oprasional (BAR) Peak 2	40
Gambar 4.4	Grafik Temperatur Sterilizer Peak 2	40
Gambar 4.5	Grafik Tekanan Oprasional (BAR) Peak 3	42
Gambar 4.6	Grafik Temperatur Sterilizer Peak 3	42
Gambar 4.7	Perbandingan Tekanan Bar Tiap Peak	47
Gambar 4.8	Perbandingan Laju Kalor	48
Gambar 4.9	Perbandingan Kebutuhan Tekanan	48

DAFTAR NOTASI

q	= Laju Perpindahan Panas (W)
k	= Konduktivitas termal (W/m^2C)
A	= Luasan penampang (m ²)
dT	= Perbedaan Suhu(°C)
dX	= Perbedaan Panjang/Jarak (m)
A	= Luas permukaan (m ²)
h	= Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m^2C)
T_s	= Temperatur Permukaan Dinding (°C)
T	= Temperatur rata rata fluida (°C)
q_r	= Laju Perpindahan Radiasi (W)
T	= Temperatur absolut dari permukaan (°C)
σ	= Konstanta Stefan-Boltzmann($5,6703 \times 10^{-8} W/m^2K^4$)
ΔU	= 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)
M_{uap}	= Massa uap (kg)
h_{uap}	= Enthalpy uap (kJ/kg)
Ja	= Jacob Number
C_p	= Kalor spesifik (J/kg.K)
T_{sat}	= Temperatur saturasi/steam (K)
T_s	= Temperatur permukaan plat (K)
h_{fg}	= Entalpi Kondensasi (kJ/kg)
h'_{fg}	= Modified latent heat (kJ/kg)
P	= Parameter tak berdimensi
K	= Konduktivitas thermal liquid (W/m.K)
L	= Panjang plat (m)
M	= Viskositas(Ns/m ²)
ν	= Viskositas kinematik (m ² /s)
G	= Percepatan gravitasi (m/s ²)
N	= Nusselt Number
Pr	= Prandtl Number
h_i	= koefisien konveksi steam (W/m ² .K)
Ra	= Rayleigh Number
T_{udara}	= Temperatur udara luar sekitaran dinding sterilizer (K)
α	= Penyerapan panas (m ² /s)
h_o	= Koefisien konveksi udara (W/m ² .K)
K	= Konduktivitas (W/m.K)
D	= Diameter dalam Sterilizer (m)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi industri yang kian pesat pada era jaman sekarang ini. Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) memiliki peranan penting dalam kemajuannya baik dalam industri skala kecil, menengah, ataupun skala besar yang berkembang dalam sektor perkebunan terutama kelapa sawit. Pada dasarnya buah sawit terdiri dari empat bagian utama, yaitu eksokrap, mesokrap, endokrap, dan endosperma. Eksokrap merupakan bagian terluar dari buah sawit yang berupa kulit buah yang bertekstur licin dan berwarna merah jingga pada buah yang matang. Mesokrap adalah bagian penting dari buah sawit, Karena bagian inilah sebagian besar minyak (Crude Palm Oil) tersimpan. Bagian ini adalah daging buah yang berserabut dan berwarna kuning terang. Sementara itu, endokrap adalah bagian lebih dalam setelah mesokrap yang berupa cangkang atau tempurung yang melindungi bagian dalam yang berupa inti sawit atau kernel (endosperm). Pada kernel inilah embrio sawit berada, yang mana merupakan bagian yang menghasilkan minyak sawit (palm kernel oil).

Sebelum memasuki proses pengepresan, brondolan buah sawit harus dicacah dulu pada unit digester. Buah yang masuk ke dalam digester diaduk sedemikian rupa sehingga sebagian besar daging buah sudah terlepas dari bijinya. Mesin digester adalah suatu alat yang dibutuhkan dalam proses pengolahan pabrik kelapa sawit. Energi putaran pada mesin digester bersumber dari arus listrik yang menggerakkan Electromotor untuk membantu dalam proses pengolahan kelapa sawit menghasilkan kualitas minyak CPO terbaik. (Tambunan, M, dkk. 2023). Proses pelumatan buah kelapa sawit perlu diperhatikan suhu yang masuk ke dalam tabung digester untuk mempermudah pelumatan buah kelapa sawit sehingga daging terpisah dari biji. Digester dilengkapi dengan pisau atau disebut Stirring Arm dengan kecepatan 25-26 Rpm.

Steam yang dibutuhkan untuk proses mesin digester bersumber dari tabung BPV (Back Pressure Vessel) yaitu hasil pemanasan air yang di proses dalam boiler. Steam yang di injeksikan ke dalam proses pengadukan akan memudahkan proses

kerja pada mesin screw press. Apabila steam di injeksikan melebihi yang dibutuhkan akan menyebabkan kandungan minyak pada brondol berkurang sehingga proses pelepasan daging brondol akan sulit dipisah dari biji dan mengalami kondensat.

Faktor yang mempengaruhi proses pengolahan pelumatan buah kelapa sawit di dalam mesin digester adalah suhu yang dibutuhkan dan kapasitas $\pm 3/4$ dari volume digester. Bertujuan menjahui terjadinya kerusakan pada pisau mesin digester dan menghindari terjadinya losses tinggi di fibre dan biji.

Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti tertarik untuk memahami dan menganalisis steam mesin digester di pabrik kelapa sawit, dengan demikian penulis mengangkat judul “ANALISA KEBUTUHAN STEAM DI STASIUN STERILIZER DENGAN SISTIM PEREBUSAN 90 MENIT DI PT.GUNAS GROUP.”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, ditemukan beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana jumlah panas yang diserap oleh berondolan selama proses steam pada sterilizer?
2. Berapa jumlah steam yang dibutuhkan stasiun sterilizer pada proses pengolahan dengan sistem perebusan 90 menit?

1.3. Ruang Lingkup

Lingkup dari penelitian ini adalah analisa kebutuhan uap steam pada bejana sterilizer dengan tipe horizontal, spesifikasi dari analisa ini yaitu sebagai berikut:

1. Unit sterilizer yang akan di analisa berkapasitas 25 ton / jam dengan tipe horizontal.
2. Dalam penelitian kali ini adapun Sterilizer yang akan saya teliti yaitu tipe horizontal dengan waktu perebusan kurang lebih 90 menit.
3. Sistem perebusan yang akan di gunakan pada sterilizer yang akan saya teliti menggunakan sistem double peak (dua puncak).

4. Bahan dan alat yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah dengan menggunakan alat Manometer, Rototherm Recorder dan Thermo gun.

1.4. Tujuan Penelitian

Dari tinjauan masalah diatas dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis nilai panas yang diserap pada proses pengolahan dalam sistem 90 menit.
2. Menganalisis kebutuhan steam pada stasiun sterilizer dengan sistem 90 menit.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi mekanisme dan sistem steam pada sterilizer.
2. Pengembangan pengetahuan penulis terhadap sistem yang ada pada stasiun sterilizer .
3. Sebagai referensi untuk penelitian lanjutan mengenai analisis kebutuhan steam pada stasiun sterilizer.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) merupakan tumbuhan tropis golongan plasma yang termasuk tanaman tahunan. Tanaman kelapa sawit berasal dari negara Afrika Barat. Tanaman ini dapat tumbuh subur di Indonesia, Malaysia, Thailand, dan Papua Nugini. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1.

Minyak kelapa sawit diperoleh dari pengolahan buah kelapa sawit. Secara garis besar buah kelapa terdiri dari serabut buah (pericarp) dan inti (kernel). Serabut buah kelapa sawit terdiri dari tiga lapis yaitu mesocarp atau pulp dan lapisan paling dalam disebut endocarp. Inti kelapa sawit terdiri dari lapisan kulit biji (testa), endosperm dan embrio. Mesocarp mengandung kadar minyak rata-rata sebanyak 56%, inti (kernel) mengandung minyak sebesar 44%, dan endocarp tidak mengandung minyak. Y.E. Yan Fauzi (2012).



Gambar 2.1. Tanaman Kelapa Sawit (T.Sitepu 2011)

Standar mutu minyak kelapa sawit dapat dibedakan menjadi dua arti, pertama, benar-benar murni dan tidak bercampur dengan minyak nabati lain. Mutu minyak kelapa sawit tersebut dapat ditentukan dengan menilai sifat-sifat fisiknya, yaitu dengan mengukur titik lebur angka penyabunan dan bilangan yodium. Kedua, pengertian mutu sawit berdasarkan ukuran. Dalam hal ini syarat mutu diukur berdasarkan spesifikasi standar mutu internasional yang meliputi ALB, Air, Kotoran, Logam besi, Logam tembaga, Peroksida, dan ukuran pemucatan. Kebutuhan mutu minyak kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan baku industri

pangan dan non pangan masing-masing berbeda. Oleh karena itu keaslian, kemurnian, kesegaran, maupun aspek higienisnya harus lebih diperhatikan. Rendahnya mutu minyak kelapa sawit sangat ditentukan oleh banyak factor, Faktor-faktor tersebut dapat langsung dari sifat induk pohonnya, penanganan pascapanen, atau kesalahan selama pemrosesan dan pengangkutan.

Kelapa sawit memiliki banyak jenis, berdasarkan ketebalan cangkangnya kelapa sawit dibagi menjadi, Dura, Tenera dan Psipera. Dura merupakan sawit yang buahnya memiliki cangkang tebal sehingga dianggap memperpendek umur II-2 mesin pengolah namun biasanya tandan buahnya besar-besar dan kandungan minyak pertandannya berkisar 18%. Psipera buahnya tidak memiliki cangkang namun bunga betina steril sehingga sangat jarang menghasilkan buah. Tenera adalah persilangan antara induk Dura dan Psipera. Jenis ini dianggap bibit unggul sebab melengkapi kekurangan masing-masing induk dengan sifat cangkang buah tipis namun bunga betinanya tetap fertil. Beberapa tenera unggul persentase daging perbuahnya dapat mencapai 90% dan kandungan minyak pertandannya dapat mencapai 28%.

Penilaian buah Sawit dapat dibagi dalam beberapa kriteria sebagai berikut:

1. Sangat mentah : 1-12,5 % buah luar atau 0-1 berondolan/kg tandan membrondol Mentah
2. Matang : 12,5-25% buah luar atau 2 berondolan/kg tandan 25 % dari buah luarmembrondol
3. Kurang matang : 25-50 % buah luar membrondol Matang 3 50-75 % buah luarmembrondol Matang
4. Lewat matang : 75-100% buah luar membrondol Lewat matang (ranum) 5 100% buah luar membrondol dan sebagian berbau busuk Lewat matang (busuk).

2.2 Stasiun Sterilizer

Sterilizer adalah suatu bejana uap bertekanan, yang fungsinya merebus Tandan Buah Segar (TBS) dengan memakai media pemanas. Media pemanas yang di pergunakan adalah uap basah (*steam*) yang berasal dari sisa pembuangan turbin

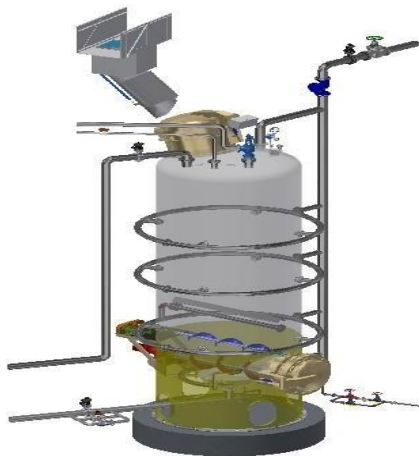
uap yang bertekanan sekitar 2,8–3,0 kg/cm² dan temperatur 140 °C dengan waktu perebusan 90 menit T.Sitepu (2011). Seperti terlihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2. Stasiun Sterilizer (T.Sitepu 2011)

2.2.1 Sterilizer vertikal.

Sterilizer vertikal berbentuk silinder dengan muatan 2–6 ton TBS. Buah diisi melalui pintu atas dan dikeluarkan melalui pintu pengeluaran sebelah sisi depan bawah. Pada bagian Sterilizer dialasi dengan plat berlubang yang di pasang menurun kearah pintu sehingga memudahkan untuk mengeluarkan isinya. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. *Sterilizer Vertikal.* (T.Sitepu 2011)

Sterilizer tipe tegak (vertikal) mempunyai kelemahan yakni :

- a. Kapasitas rebusan sangat kecil, karena alat besar membutuhkan ruangan yang cukup tinggi. Kapasitas rebusan rata-rata 5 ton TBS.
- b. Bejana memuat buah yang diisi dengan menggunakan bunch elevator,

sehingga buah mengalami tingkat kelukaan yang tinggi selama proses transportasi, sebagai salah satu penyebab kenaikan asam lemak bebas yang tinggi.

Teknik pengoperasian yang lebih sulit dan membutuhkan tenaga yang lebih banyak terutama pada saat menutup dan membuka serta mengeluarkan buah dari dalam yang dilakukan secara manual. Akibat kelemahan tersebut maka alat ini tidak lagi dikembangkan, atau tidak sesuai dengan kebutuhan usaha pengembangan kelapa sawit yang memerlukan kapasitas olah tinggi.

2.2.2. *Sterilizer* horizontal

Sterilizer horizontal berbentuk silinder yang dipasang mendatar, ditumpu sesuai panjangnya. *Sterilizer* horizontal ada yang berpintu satu dan ada yang berpintu dua. *Sterilizer* ini diisi dengan tandan buah yang dimasukkan ke dalam lori. Lori ini ada yang berkapasitas 1,5 ton dan 2,5 ton TBS. Seperti terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. *Sterilizer* Horizontal (Naibaho, 1996)

Sterilizer horizontal dapat dimuati 8 hingga 10 lori untuk satu kali perebusan. *Sterilizer* tipe horizontal yang merupakan bejana horizontal memiliki keuntungan antara lain :

- a. Kapasitas *Sterilizer* antara 15–30 ton TBS.
- b. Pengoperasian lebih mudah dan praktis.
- c. Buah tidak bersinggungan langsung dengan dinding, sehingga bahan olah tidak mungkin menyebabkan bejana menjadi korosi. Buah diisi ke dalam lori dengan kapasitas 2,5 ; 3,5 dan 5,0 ton TBS.

- d. Pengisian uap masuk dan pembuangan uap keluar serta pembuangan air kondensat lebih mudah dilakukan (Naibaho, 1996).

Dalam tahap ini terdapat tiga cara perebusan TBS yaitu :

1. Sistem satu puncak (*Single Peak*) adalah sistem perebusan yang mempunyai satu puncak akibat tindakan pembuangan dan pemasukan uap yang tidak merubah bentuk pola perebusan selama proses perebusan satu siklus selama proses perebusan satu siklus.
2. Sistem dua puncak adalah jumlah puncak yang terbentuk selama proses perebusan berjumlah dua puncak akibat tindakan pembuangan uap dan pemasukan uap kemudian dilanjutkan dengan pemasukan, penahanan dan pembuangan uap selama perebusan satu siklus.
3. Sistem tiga puncak adalah jumlah puncak yang terbentuk selama perebusan berjumlah tiga sebagai akibat dari tindakan pemasukan uap, pembuangan uap, dilanjutkan dengan pemasukan uap, penahanan dan pembuangan uap selama proses perebusan satu siklus. Perebusan dengan sistem 3 *peak* (tiga puncak tekanan).

Di PT GUNAS GROUP ini 3 bejana *Sterilizer* namun yang beroperasi hanya 2 buah. Kapasitas tabung yaitu 10 lori dalam satu tabung dengan suhu 130-140°C, tekanan normal 2,6 kg/cm², tekanan maksimum 3 kg/cm². Perebusan tekanan lebih dari 3kg/cm² maka masa perebusan di kurangi waktunya menjadi 90 menit.

Di PKS PT GUNAS GROUP ini sistem perebusan yang digunakan yaitu sistem dua puncak (*Double Peak Sterilization*).

Keterangan Proses Perebusan :

- a. Masukkan steam untuk buang udara dingin: ± 5 menit
- b. Masukkan steam hingga P = 0 bar menuju puncak pertama P = 2,0 bar : ± 13 menit
- c. Buang steam puncak pertama hingga P = 0 : ± 3 menit
- d. Masukkan kembali steam hingga ke puncak II (P = 2.5 bar) : ± 15 menit
- e. Tahan tekanan steam pada tekanan (P = 2.5 bar) : ± 45 menit
- f. Buang air kondensat rebusan : ± 2 menit

- g. Buang steam hingga tekanan $P = 0$ bar : ± 8 menit
= 90 menit

Tujuan dari perebusan atau seterilisasi dari tandan buah segar adalah :

1. Melunakan buah agar daging buah mudah lepas dari biji dan untuk memudahkan pelepasan minyak dari sel – selnya pada waktu pemerasan di dalam digester.
2. Menghentikan aktifitas enzim lipase yang menguraikan minyak menjadi asam lemak bebas dan menghentikan kegiatan hidrolisa yang sudah terjadi.
3. Memudahkan pelepasan buah dari tandan pada waktu proses penebahan.
4. Mengkoagulasi zat – zat albumin agar tidak terikut dengan cairan kempa, karena dapat menyebabkan campuran minyak dan air menjadi emulsi yang menyulitkan pemisahan minyak pada stasiun klarifikasi.
5. Mengurangkan kadar air dalam buah.

Adapun hal – hal yang perlu di perhatikan dalam perebusan adalah :

- a. Tekanan uap dan lamanya perebusan
- b. Standar proses minyak
 1. Air rebusan : 0.3– 0.6%
 2. Tankos : 1.5 – 2.1 %
- a. Pembuangan udara dan air kondensat. Udara yang ada dalam rebusan harus di keluarkan karena menurunkan tekanan (panas tidak sempurna). Cara pengeluaran ini disebut dearasi, dengan cara membuka penuh kran kondensat selama 5 – 10 menit.
- b. Pembersihan seluruh brondolan dan sampah-sampah yang jatuh dalam rebusan yang dapat menyumbat aliran air pada pipa pipa kondensat atau pipa udara.

2.3 Boiler

Ketel uap (boiler) merupakan jantung dari sebuah pabrik kelapa sawit. Dimana, Seperti terlihat ketel uap ini yang menjadi sumber tenaga dan sumber uap yang akan dipakai untuk mengolah kelapa sawit. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Boiler merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menghasilkan steam(uap) dalam berbagai keperluan. Air di dalam boiler dipanaskan oleh panas

dari hasil pembakaran bahan bakar (sumber panas lainnya), sehingga terjadi perpindahan panas dari sumber panas tersebut ke air yang mengakibatkan air tersebut menjadi panas atau berubah wujud menjadi uap. Air yang lebih panas memiliki berat jenis yang lebih rendah dibanding dengan air yang lebih dingin, sehingga terjadi perubahan berat jenis air di dalam boiler. Air yang memiliki berat jenis yang lebih kecil akan naik, dan sebaliknya air yang memiliki berat jenis yang lebih tinggi akan turun ke dasar . pada gambar 2.5.



Gambar 2.5.stasiun boiler.

Boiler terdiri dari 2 komponen utama, yaitu :

1. Furnace (ruang bakar) sebagai alat untuk mengubah energi kimia menjadi energi panas.
2. Steam Drum yang mengubah energi pembakaran (energi panas) menjadi energi potensial steam (energi panas). Boiler pada dasarnya terdiri dari drum yang tertutup ujung dan pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air. Banyak orang yang mengklasifikasikan ketel steam tergantung kepada sudut pandang masing – masing. Syarat - syarat boiler yang ideal, yaitu:
 - a. Dapat menghasilkan jumlah uap yang maksimum dengan jumlah bahan bakar yang minimum.
 - b. Kapasitas uap dan tekanan kerja harus konstan.
 - c. Perangkat pembakaran mampu membakar unsur-unsur bahan bakar secara sempurna sehingga di dapat hasil yang optimal.

- d. Sirkulasi air harus baik agar diperoleh suhu yang merata pada seluruh bagian ketel, maka penyerapan kalor oleh air lebih efektif.
- e. Konstruksi ketel sederhana, sehingga biaya pembuatan, operasi dan perawatan lebih ekonomis dan hemat tempat.
- f. Alat-alat perlengkapan ketel harus berfungsi dengan baik sehingga ketel dapat beroperasi dengan baik dan aman.

Seiring dengan perkembangan teknologi dan evaluasi dari produk boiler berdasarkan nilai emisi gas buang yang mencemari lingkungan, maka berikut klasifikasi boiler berdasarkan fluida yang mengalir, yaitu:

- a. Fire tube boiler (ketel pipa api) Boiler pipa api merupakan pengembangan dari ketel lorong api dengan menambah pemasangan pipa –pipa api, dimana gas panas hasil pembakaran dari ruang bakar mengalir didalamnya, sehingga akan memanasi dan menguapkan air yang berada di sekeliling pipa –pipa api tersebut. Pipa - pipa api berada atau terendam didalam air yang akan diuapkan. Volume air kira – kira $\frac{3}{4}$ dari tangki ketel. Jumlah pass dari boiler tergantung dari jumlah laluan vertikal dari pembakaran diantara furnace dan pipa –pipa api. Laluan gas pembakaran pada furnace dihitung sebagai pass pertama boiler jenis ini banyak dipakai untuk industri pengolahan mulai skala kecil sampai skala menengah.
- b. Tekanan uap yang dihasilkan rendah. Kapasitas uap yang dihasilkan kecil. Water tube boiler (ketel pipa air) Pada Ketel pipa air seperti tampak pada Gambar 3, air umpan boiler mengalir melalui pipa-pipa masuk kedalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakaran membentuk steam pada daerah uap dalam drum. Ketel ini dipilih jika kebutuhan steam dan tekanan steam sangat tinggi seperti pada kasus ketel untuk pembangkit tenaga listrik. Untuk ketel pipa air yang menggunakan bahan bakar padat, tidak umum dirancang secara paket.

Sistem boiler terdiri dari:

- a. Sistem Air Umpan
Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan

perbaikan.

b. Sistem Steam

Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Air yang disuplai ke boiler untuk diubah menjadi steam disebut air.

2.4 Steam (Uap)

Steam atau uap adalah gas yang dihasilkan dari proses yang disebut penguapan. Bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan *steam* adalah air bersih. Air dari *water treatment* yang telah diproses di alirkan menggunakan pompa ke *daerator tank* hingga pada level yang telah ditentukan. Untuk merubah air menjadi air yang berbentuk fasa cair ke fasa gas (uap), energi panas ditambahkan untuk menaikkan temperatur yang bisa disebut dengan *sensible heat* atau panas sensibel. Ketika perubahan air menjadi uap mulai berjalan, temperaturnya tidak akan berubah lagi dengan penambahan panas. Energi panas yang diberikan untuk merubah fasa cair menjadi fasa gas dengan temperatur tetap disebut dengan *laten heat* dari penguapan.

Untuk kebutuhan *steam* (uap) bagi *Sterilizer*, pada PKS PT GUNAS GROUP menggunakan uap basah sebagai media pemanas guna perebusan tandan buah segar. Uap untuk kebutuhan perebusan harus disesuaikan dengan kemampuan *boiler* memproduksi uap, dengan sasaran bahwa tujuan perebusan dapat tercapai. Penyaluran uap ke dalam *Sterilizer* pada pabrik kelapa sawit yang lazim dikenal adalah *single peak system*, *double peak system*, dan *triple peak system*. Semakin tinggi tekanan perebusan, akan semakin cepat pula waktu perebusan. Tekanan yang tinggi dengan sendirinya memberikan temperatur yang tinggi. Temperatur yang terlalu tinggi dapat merusak kualitas minyak dan inti sawit (Harisandi, 2009).

2.5 Panas

Panas adalah suatu bentuk energi yang dipindahkan melalui batas sistem yang ada pada suatu temperatur yang lebih tinggi ke sistem lain atau lingkungan yang mempunyai temperatur yang lebih rendah, karena adanya perbedaan temperatur. Semua benda dalam kondisi yang tepat yaitu pada tekanan dan suhu yang sesuai akan bentuk padat, cairan dan gas. Eksistensi energi pada molekul suatu benda ditunjukkan dengan suhu benda tersebut. Dengan kata lain penambahan atau pengurangan panas dapat merubah bentuk benda serta suhu benda tersebut. Sebagai contoh logam akan mencair jika diberi panas yang cukup untuk mencairkannya. Fenomena yang umum kita kenal adalah mencairnya es dan mendidihnya air. Kedua kondisi tersebut adalah salah satu contoh penambahan dan pengurangan panas terhadap suatu benda. Energi panas selalu berpindah dari sistem panas ke sistem dingin. Akibat perpindahan energi panas tersebut, molekul-molekul panas sistem bersuhu tinggi akan kehilangan energi kinetik dan suhunya akan lebih kecil. Pada kondisi seperti ini terjadi kesetimbangan termal dan suhu kedua benda akan sama. Secara induktif, semakin besar kenaikan suhu benda, semakin besar pula panas yang diserap.

Panas merupakan faktor ekstensif yang artinya bergantung pada jumlah zat, sedangkan suhu/temperatur merupakan faktor intensif yang tidak tergantung pada jumlah zat. Besar jumlah atau kuantitas panas biasanya bersimbol Q dan tergantung pada jumlah zat, jenis zat dan banyaknya zat. Ketiga faktor ini digabungkan menjadi satu kapasitas panas. Satuan SI untuk panas ialah Joule. Satuan lain untuk panas adalah kalori ($1 \text{ Joule} = 0,239 \text{ kalori}$). Panas sangat dibutuhkan terutama pada proses pengolahan TBS, dimana panas yang berupa *steam* tersebut akan di alirkan ke *Sterilizer* untuk dilakukan perebusan TBS.

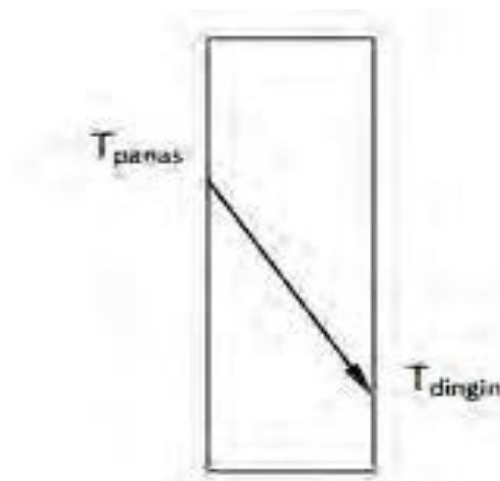
2.6 Perpindahan Panas

Proses Perpindahan Kalor merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju

perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. S.Iskandar(2014) . Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Pada tugas akhir ini hanya menjelaskan perpindahan konduksi dan konveksi saja, untuk perpindahan panas secara radiasi tidak dijelaskan.

2.6.1 Perpindahan Panas secara Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi ialah dimana proses perpindahan panas terjadi antara benda atau partikel partikel yang berkontak langsung, melekat satu dengan yang lainnya tidak ada pergerakan relative di antara benda benda tersebut. Ini berlangsung karena energi panas disalurkan melalui getaran dan tunda tangan termal partikel atau molekul dalam benda, yang merambat dari daerah yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin tanpa perpindahan fisik benda itu sendiri Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Perpindahan panas konduksi.

Arah aliran energi kalor adalah dari titik bersuhu tinggi ke titik bersuhu rendah. Perpindahan panas konduksi dan difusi energi akibat aktivitas molekul sudah diketahui bahwa tidak semua bahan dapat menghantar kalor sama sepenuhnya. Dengan demikian, umpamanya seorang tukang hembus kaca dapat memegang suatu barang kaca, yang beberapa cm lebih jauh dari tempat pegangan itu adalah demikian panasnya, sehingga bentuknya dapat berubah. Akan tetapi seorang

pandai tempa harus memegang benda yang akan ditempa dengan sebuah tang. Bahan yang dapat menghantar kalor dengan baik dinamakan konduktor. Penghantar yang buruk disebut isolator. Sifat bahan yang digunakan untuk menyatakan bahwa bahan tersebut merupakan suatu isolator atau konduktor ialah koefisien konduksi termal. Apabila nilai koefisien ini tinggi, maka bahan mempunyai kemampuan mengalirkan kalor dengan cepat, untuk bahan isolator, koefisien ini bernilai kecil(Siregar & Lubis, 2020).

Persamaan umum yang biasa digunakan dalam perpindahan panas dengan cara konduksi adalah dapat di jelaskan dengan rumus yang tercantum di bawah ini:

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

q = Laju Panas (W)

k = Konduktivitas termal ($W/m^{\circ}C$)

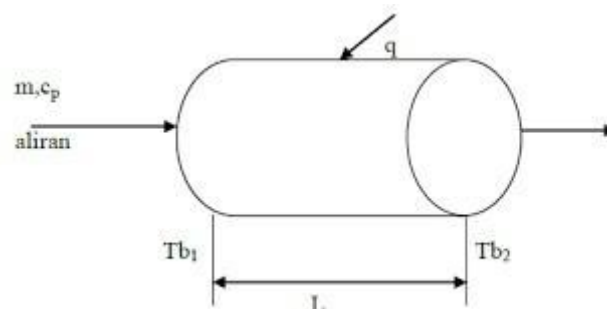
dT = Perbedaan suhu($^{\circ}C$)

dX = Perbedaan panjang / jarak(m)

A = Luas permukaan (m^2)

2.6.2 Perpindahan Panas secara Konveksi.

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dari suatu permukaan media padat atau fluida yang diam menuju fluida yang mengalir atau bergerak.Begitu pula sebaliknya, yang terjadi akibat adanya perbedaan temperatur.Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7.perpindahan panas konveksi.

Jenis-jenis perpindahan panas Konveksi:

Jenis Perpindahan Panas Konveksi Menurut keadaan alirannya perpindahan

panas secara konveksi dikategorikan menjadi dua yaitu:

1. Konveksi bebas yang mana aliran fluida disebabkan oleh adanya variasi masa jenis yang selalu diikuti dengan adanya perbedaan temperatur dalam fluida.
2. Konveksi paksa yang mana aliran disebabkan oleh beberapa cara yang berasal dari luar. Misalnya dari fan, pompa, ataupun tiupan angin.

Hal Yang Diperhatikan Dalam Perpindahan Konveksi Perpindahan panas konveksi sebagai perpindahan energi terjadi dalam fluida akibat dari efek kombinasi dari konduksi dan pergerakan kasar fluida. Adapun energi yang dipindahkan adalah energi dalam fluida. Begitu pula dengan konveksi sebagai pertukaran panas latent yang dihubungkan dengan perubahan fase antara keadaan cairan dan uap fluida. Dengan memperhatikan kondisi aliran fluida tanpa melihat cara perpindahan panas konveksi.

Laju perpindahan panas konveksi secara didapat dengan menggunakan (hukum) newton, yaitu :

$$q = hA (T_s - T) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

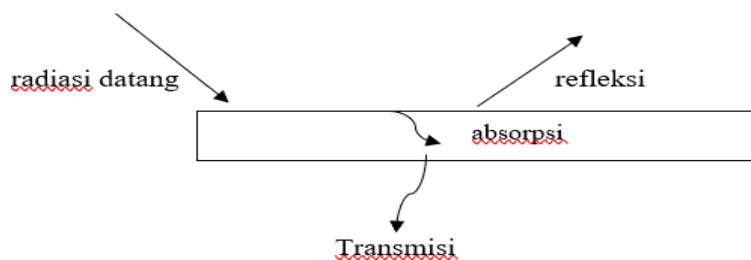
q = Laju perpindahan panas, (W)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m^2C)

A = Luasan penampang (m^2)

T_s = Temperatur permukaan dinding ($^{\circ}C$)

T = Temperatur rata rata fluida($^{\circ}C$)



Gambar 2.8.perpindahan panas radiasi.

Energi pancaran atau energi radiasi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan hukum Stefan-Blotzmann sebagai berikut :

$$\frac{q_r}{AT^4} = \varepsilon \cdot \sigma \quad (3)$$

Dimana :

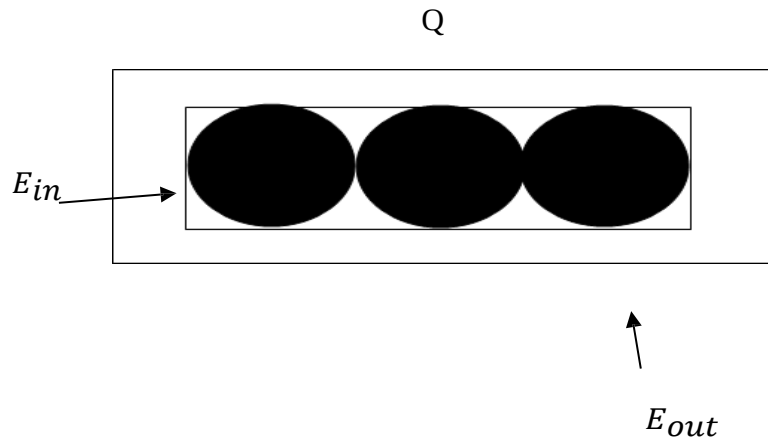
q_r = Laju Perpindahan Radiasi (W) A = Luas Penampang (m^2)

T = Temperatur absolut dari permukaan ($^{\circ}C$)

σ = Konstanta Stefan-Boltzmann ($5,6703 \times 10^{-8} W/m^2K^4$)

2.7 Kestimbangan Energi

Dari gambar 2.9. 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. Sehingga persamaan kestimbangan energi sebagai berikut:



Gambar 2.9. Kestimbangan energy pada *Sterilizer*

$$\Delta U = E_{in} - E_{out} \quad (4)$$

$$\Delta U = E_{uap} - (E_{kondensat} + Q_{loss}) \quad (5)$$

dimana :

ΔU = 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)

1. Energi Input kedalam *Sterilizer*

Energi yang masuk ke dalam *Sterilizer* berasal dari uap yang diinjeksikan dari *back pressure vessel*. Kemudian energi termal uap tersebut diserap oleh kelapa sawit. Sehingga persamaannya sebagai berikut:

$$E_{in} = E_{uap} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan

$$E_{in} = m_{uap} \times h_{uap} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

E_{uap} = Energi Termal yang dibawa oleh uap air (Joule)

m_{uap} = Massa uap (kg)

h_{uap} = Enthalpy uap (kJ/kg)

Dengan mengasumsikan bahwa tidak ada kebocoran pada lori dan semua celah dalam *Sterilizer* diisi oleh uap dengan tekanan dan suhu yang seragam maka =

$\rho_{uap} \times$ dengan

$$V_{uap} = V_{sterilizer} - V_{lori} \dots\dots\dots (8)$$

2.8 Kondensasi

Kondensasi adalah proses dimana perubahan wujud dari gas menjadi cair. Kondensasi, juga disebut pengembunan dan kebalikan dari penguapan atau proses penguapan. Misalnya, jika gelas dengan tutup gelas diisi dengan air panas, tutup gelas yang digunakan secara bertahap akan mengembun. Kondensasi terjadi ketika uap mendingin menjadi cairan.

Kondensasi yang terjadi di dalam *Sterilizer* diasumsikan kondensasi film. Kondensasi film adalah proses yang terjadi apabila cairan membasahi permukaan dimana sebuah smooth film terbentuk. Kondensasi atau pengembunan adalah perubahan wujud benda ke wujud yang lebih padat, seperti gas (atau uap) menjadi cairan. Kondensasi terjadi ketika uap didinginkan menjadi cairan, tetapi dapat juga terjadi bila sebuah uap dikompresi (yaitu, tekanan ditingkatkan) menjadi

cairan, atau mengalami kombinasi dari pendinginan dan kompresi. Cairan yang telah terkondensasi dari uap disebut kondensat. Sebuah alat yang digunakan untuk mengkondensasi uap menjadi cairan disebut kondenser. Kondenser umumnya adalah sebuah pendingin atau penukar panas yang digunakan untuk berbagai tujuan, memiliki rancangan yang bervariasi, dan banyak ukurannya dari yang dapat digenggam sampai yang sangat besar. R.B.Joni Hermana (2011).



Gambar.2.10.Kondensasi Film pada Plat Vertikal

Adapun cara untuk menghitung nilai koefisien konveksi *steam* (h_i) dan koefisienkonveksi udara luar (h_o) yaitu :

1. Menghitung nilai koefisien konveksi steam (h_i).

a. Menghitung Jacob Number

$$Ja = \frac{C_p(T_{sat} - T_s)}{h_{fg}} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

Ja : *Jacob Number*

C_p : Kalor spesifik (J/kg.K)

T_{sat} : Temperatur saturasi/*steam* (K)

T_s : Temperatur permukaan plat (K)

H_{fg} : Entalpi Kondensasi (kJ/kg)\

b. Menghitung *Modified Latent Heat*

$$h'_{fg} = h_{fg} (1 + 0,68 Ja) \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

h'_{fg} : *Modified latent heat* (kJ/kg)

h_{fg} : Entalpi Kondensasi (kJ/kg)

Ja : *Jacob Number*

c. Menghitung parameter tak berdimensi

$$P = \frac{k_L(T_{\text{sat}} - T_s)}{\mu h_{fg} (v^2/g)^{1/3}} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

P : Parameter tak berdimensi

k_L: Konduktivitas *thérmal liquid* (W/m.K)

L: Panjang plat (m)

T_{sat} : Temperatur saturasi/steam(K)

T_s: Temperatur permukaan plat (K)

μ : Viskositas(Ns/m²)

h_{fg} : Entalpi Kondensasi (kJ/kg)

v : Viskositas kinematik (m/s²)

g : Percepatan gravitasi (m/s²)

d. Menghitung *Nusselt Number*.

$$Nu = \frac{1}{P} [(0,024 P - 53) Pr^{1/2} + 89]^{4/3} \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

Nu : Nusselt Number

P : Parameter tak berdimensi P

Pr : Prandtl Number

e. Menghitung Koefisien Konveksi.

$$h_i = \frac{Nu k_l}{(v^2/g)^{1/3}} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan :

h_i : Koefisien konveksi steam (W/m².K)

Nu : *Nusselt Number*

k_L : Konduktivitas *thérmal liquid* (W/m.K)

v : Viskositas kinematik (m/s²)

g : Percepatan gravitasi (m/s²)

2. Menghitung nilai koefisien konveksi udara (h_o).

a. Menghitung *Rayleigh Number*.

$$Ra = \frac{g \beta (T_s - T_{\text{udara}}) D^3}{v \alpha} \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan :

Ra : *Rayleigh Number*

g : Percepatan gravitasi (m/s²)

Ts : Temperatur permukaan plat (K)

Tudara : Temperatur udara luar sekitaran dinding *Sterilizer* (K)

α : Penyerapan panas (m²/s)

ν : Viskositas kinematik (m/s²)

b. Menghitung Nusselt Number.

$$Nu = \left[0,60 + \frac{0,387 Ra^{1/6}}{[1 + (0,559 / Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right]^2 \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan :

Nu : *Nusselt Number*

Ra : *Rayleigh Number*

Pr : *Prandtl number*

c. Menghitung Koevisien Konveksi Udara.

$$h_o = \frac{Nu \ k}{D} \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan :

ho : Koefisien konveksi udara (W/m².K)

Nu : *Nusselt Number*

k : Konduktivitas (W/m.K)

D : Diameter dalam *Sterilizer* (m)

2.9. Konduktivitas Termal (Daya Hantar Panas)

Konduktivitas termal adalah sifat bahan yang menunjukkan seberapa cepat bahan itu dapat menghantarkan panas konduksi. Pada umumnya nilai k dianggap tetap, namun sebenarnya nilai k dipengaruhi oleh suhu (T). Konduktor merupakan bahan yang mempunyai konduktivitas yang baik, contohnya logam. Sedangkan isolator merupakan bahan yang mempunyai konduktivitas yang buruk, contohnya asbes(et al., 2018).

Konduktivitas kalor yang teliti dari benda padat harus didapatkan melalui pengukuran langsung (eksperimental). Hal ini mengingat banyaknya faktor yang susah diukur atau diperkirakan. Dalam benda berongga, konduktivitas kalor sangat tergantung dari fraksi rongga, ukuran rongga dan fluida yang terdapat di dalam rongga. Pada umumnya, logam adalah konduktor kalor yang lebih baik dari nonlogam dan material kristal menghantar kalor lebih baik dari material *amorphous*. Bahan zat padat berongga yang kering (*dry porous*) adalah sangat sulit menghantarkan kalor sehingga sangat cocok untuk isolasi kalor. C. Soekardi (2015).

2.9.1. Proses Kehilangan Panas.

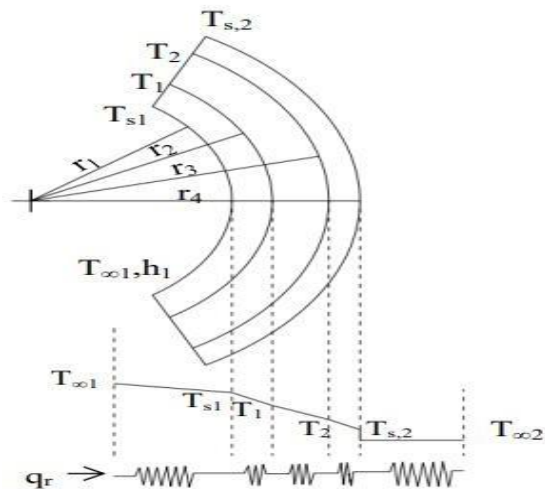
a. Kehilangan Panas.

Perhitungan kehilangan panas dapat dihitung dengan mengetahui bentuk dari suatu alat. Bentuk dari suatu alat tersebut dapat berupa silinder dan persegi.

b. Pada Alat berbentuk Silinder.

Perhitungan kehilangan panas pada alat berbentuk silinder dengan mengetahui diameter dalam dan diameter luar. Adapun alat yang berbentuk silinder misalnya seperti *Sterilizer*. Dimana dengan mengetahui diameter dari alat tersebut maka dapat diketahui jari jari dalam dan jari jari luar. Serta nilai hambatan termal (tahanan termal). Tahanan termal dihitung untuk mendapatkan kehilangan panas yang terjadi di dalam *Sterilizer*.

Pada alat *Sterilizer* yang digunakan, dinding *Sterilizer* dilapisi dengan dua bahan isolator yang berfungsi untuk meminimalisir kehilangan panas yang akan terjadi melalui dinding *Sterilizer*. Pada alat yang berbentuk silinder tidak diperhitungkan luas dari alat tersebut, yang diperhitungkan hanya panjang dari alat tersebut. I.Y. Awalya (2020)



Gambar.2.11. Lapisan Dinding Sterilizer

Sehingga untuk perhitungan kehilangan panas melalui dinding *Sterilizer* dapat digunakan rumus berdasarkan hukum *Fourier* :

$$\frac{Q_{\text{losses}}}{l} = \frac{2 \pi (\Delta T)}{\sum R} \dots \dots \dots (17)$$

Dimana ΔT merupakan temperatur *steam* dikurang dengan temperatur udara luar *Sterilizer*, sehingga rumus dapat dilihat sebagai berikut :

$$\frac{Q_{\text{losses}}}{l} = \frac{2 \pi (T_{\text{steam}} - T_{\text{udara}})}{\sum R} \dots \dots \dots (18)$$

R_{th} atau $\sum R$ merupakan total hambatan termal yang terjadi pada proses kehilangan panas melalui dinding *Sterilizer* dengan rumus yang dapat dilihat sebagai beriku

$$\text{Keterangan } R_{\text{th}} = \sum R = R_i + R_p + R_1 + R_2 + R_3 + R_o \dots \dots \dots (19)$$

Q_{losses} = Panas yang nuang melalui dinding *sterilizer* (KJ)

l = Panjang *Sterilizer* (m)

ΔT = Perbedaan temperatur ($^{\circ}\text{C}$ ke K)

T_{steam} = Temperatur *steam* per peak perebusan ($^{\circ}\text{C}$ ke K)

T_{udara} = Temperatur udara luar ($^{\circ}\text{C}$ ke K)

$\sum R$ = Jumlah hambatan termal dari dinding *Sterilizer* (m.K/W)

h_i = Koefisien konveksi *steam* (W/m².K)

h_o = Koefisien konveksi udara luar (W/m².K)

k_1 = Konduktivitas termal lapisan 1 (W/m.K)

k_2 = Konduktivitas termal lapisan 2 (W/m.K)

k_3 = Konduktivitas termal lapisan 3 (W/m.K)

r_1 = Jari-jari dalam *Sterilizer* (m)

r_2 = Jari-jari luar *Sterilizer* (m)

r_3 = jari-jari lapisan 1 (m)

r_4 = Jari-jari lapisan 2 (m)

r_5 = Jari-jari lapisan 3 (m)

c. Pada Alat Berbentuk Persegi

Perhitungan kehilangan panas pada alat berbentuk persegi, tidak memperhitungkan panjang dari suatu alat tersebut melainkan memperhitungkan luas dari alat tersebut.

Sehingga untuk perhitungan kehilangan panas pada alat berbentuk persegi dapat digunakan rumus berdasarkan hukum *Fourier* :

$$\frac{Q_{\text{losses}}}{A} = \frac{2 \pi (\Delta T)}{\sum R} \dots\dots\dots(20)$$

Dimana ΔT merupakan temperatur di dalam alat dikurang dengan temperatur udara luar, sehingga rumus dapat dilihat sebagai berikut :

$$\frac{Q_{\text{losses}}}{A} = \frac{2 \pi (T_{\text{dalam}} - T_{\text{udara}})}{\sum R} \dots\dots\dots(21)$$

R_{th} atau $\sum R$ merupakan total hambatan termal yang terjadi pada proses kehilangan panas

$$R_{\text{th}} = \sum R = R_i + R_p + R_1 + R_2 + R_o \dots\dots\dots(22)$$

Sehingga secara sistematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{Q_{\text{losses}}}{A} = \frac{2 \pi (T_{\text{dalam}} - T_{\text{udara}})}{\frac{1}{h_i} + \frac{\Delta X_p}{k_{\text{plat}}} + \frac{\Delta X_1}{k_1} + \frac{\Delta X_2}{k_2} + \frac{1}{h_o}} \dots\dots\dots(23)$$

Keterangan:

Q_{losses} = Panas yang hilang (kJ)

A = Luas alat (m^2)

ΔT = Perbedaan temperature ($^{\circ}\text{C}$ ke K)

T_{dalam} = Temperatur di dalam alat ($^{\circ}\text{C}$ ke K)

T_{udara} = Temperatur udara luar ($^{\circ}\text{C}$ ke K)

$\sum R$ = Jumlah hambatan termal dari alat (m.K/W)

h_i = Koefisien konveksi steam ($\text{W/m}^2.\text{K}$)

h_o = Koefisien konveksi udara luar ($\text{W/m}^2.\text{K}$)

k_1 = Konduktivitas termal lapisan 1 (W/m.K)

k_2 = Konduktivitas termal lapisan 2 (W/m.K)

ΔX_1 = Tebal lapisan 1 (m)

ΔX_2 = Tebal lapisan 2 (m)

2.10. Efisiensi Termal

Efisiensi Termal Efisiensi termal yaitu perbandingan energi yang bermanfaat untuk merebus kelapa sawit (bahan baku) dengan energi yang masuk, dan bisa juga Dalam termodinamika, efisiensi termal adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal seperti mesin pembakaran dalam dan sebagainya. Panas yang masuk adalah energi yang didapatkan dari sumber energi. Output yang diinginkan dapat berupa panas atau kerja, atau mungkin keduanya. H.T.N.d.R.A.Stephanie (2018). Sehingga persamaannya sebagai berikut:

$$\eta_{sterilizer} = \frac{E_{used}}{E_{in}} = \frac{\Delta U}{(m \times h)_{uap}} \dots\dots\dots (25)$$

Dimana :

$\eta_{sterilizer}$ = efisiensi sterilizer

E_{in} = energi thermal masuk sistem (Joule)

E_{used} = energi yang dimanfaatkan untuk merebus kelapa sawit (Joule)

ΔU = perubahan energi dalam (Joule)

m = massa uap (kg)

h = enthalpy uap (kJ/kg)

2.11. Kajian Penelitian Yang Relevan

Kajian Penelitian yang relevan ditulis oleh Dian Hidayati yang berjudul *Analisis Termal Pada Sterilizer Crude Palm Oil Di PT Boma Bisma Indra Pada Tahun 2016*, Hasil penelitian tersebut Pada pabrik pengolahan kelapa sawit terdapat *Sterilizer* yang berfungsi untuk merebus atau memasak tandan buah segar (TBS) dengan uap (*steam*). Uap yang digunakan adalah uap jenuh dengan tekanan 1,5–3 bar yang diinjeksikan dari *back pressure vessel* (BPV). Jika persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka efisiensi produksi dari CPO yang dihasilkan mungkin tidak mampu memenuhi spesifikasi yang ditetapkan dalam SNI 01- 2901-2006. Proses perebusan dilakukan dengan sistem 3 puncak (*triple peak*) dimana puncak pertama dan kedua bertujuan untuk memberikan tekanan kejut sehingga buah lepas dari tandan serta membuang udara di rebusan agar suhu yang ditetapkan tercapai. Hasil yang didapatkan dari analisis termal pada *Sterilizer Crude Palm Oil* di PT. Boma Bisma Indra yaitu efisiensi termal, *losses*, perubahan energi dalam dan transient conduction. Efisiensi termal tertinggi terdapat pada *peak I* sebesar 0,846277. *Losses* terendah di *peak III* sebesar 51,765 kJ. D.Hidayati (2016).

Perebusan merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan proses produksi minyak sawit. Pabrik pengolahan kelapa sawit memperoleh Crude Palm Oil (CPO) melalui proses perebusan di stasiun sterilisasi untuk memisahkan buah lepas dan buah kosong, yang selanjutnya akan dipres menjadi CPO. Perebusan pada stasiun sterilisasi yang digunakan adalah uap jenuh dengan tekanan 1,5-3 bar yang diinjeksikan dari back pressure vessel (BPV). Sistem perebusan yang dipilih selalu disesuaikan dengan kemampuan penyediaan uap pada stasiun boiler yang menghasilkan uap. Dalam hal ini persediaan uap dianggap cukup, sehingga sistem perebusan yang digunakan adalah sistem Triple Peak, dan waktu perebusan ± 90 menit. (Latif Mubarak et al., 2022)

Proses produksi pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit menjadi minyak sawit/Crude Palm Oil (CPO) melewati beberapa tahap pengolahan. Tahapan pengolahan tersebut melewati stasiun penerimaan, stasiun sortasi, stasiun *Sterilizer*, stasiun thresher, stasiun digester dan press, dan stasiun klarifikasi. Proses perebusan TBS di *Sterilizer* menggunakan sistem triple peak dengan tekanan 2,5 - 3 bar. Proses perebusan dilakukan selama 90 - 100 menit. Penelitian ini

menggunakan rancangan penelitian kuantitatif. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui kebutuhan uap pada sistem perebusan dengan melakukan observasi terhadap suhu perebusan. Uap yang dibutuhkan pada perebusan kelapa sawit sistem triple peak sebesar 8.510.920,5 KKal/30 ton TBS. (Benu et al., 2024)

Kenaikan kinerja suatu mesin di industri yang bergerak di bidang pengolahan kelapa sawit sangat berarti dalam megoptimalkan aktivitas penciptaan buat menggapai hasil akhir yang baik sehingga bisa tingkatkan produktivitas industri. Proses perebusan tandan sawit ialah sesuatu proses yang sangat berarti yang memastikan mutu minyak kelapa sawit yang di hasilkan dalam pengolahan CPO. Pemakaian uap jenuh membolehkan terbentuknya proses hidrolisa/penguapan terhadap air di dalam buah, bila memakai uap kering hendak bisa menimbulkan kulit buah hangus, sehingga membatasi penguapan air dalam daging buah serta bisa pula mempersulit proses pengempaan. Oleh karena itu, pengontrolan mutu uap yang dijadikan sumber panas perebusan sangatlah berarti supaya bisa mendapatkan hasil perebusan yang sempurna. Dari ulasan di atas penulis membuat analisa terhadap kebutuhan Uap steam di stasiun *Sterilizer*. (Afzal et al., 2022)

Dalam pengolahan kelapa sawit salah satu prosesnya adalah perebusan dengan menggunakan mesin *Sterilizer*, dimana *Sterilizer* merupakan wadah uap yang digunakan untuk merebus TBS dengan tekanan uap sesuai dengan standar tekanan kerja yang diijinkan, begitu pula dalam proses perebusan kelapa sawit. alat sterilisasi yang memiliki faktor atau variabel. dalam perebusan yaitu Kapasitas Didih (Q), Tekanan Didih (Peak pressure), Suhu Air Masuk (T.in) dan Waktu Didih (t). Untuk mengetahui optimalitas dalam proses perebusan maka dilakukan penelitian dan pengumpulan data pada operasional *Sterilizer* pada industri pabrik kelapa sawit diperoleh data atau variabel dalam perebusan. Dari perhitungan data penelitian diketahui bahwa tekanan kerja pendidihan akan mempengaruhi kebutuhan steam pada proses dimana pada tekanan Peak 1 dibutuhkan steam sebanyak 240,414 kkal/jam, Peak 2 membutuhkan steam sebanyak 705,819 kkal/jam dan pada Puncak 3 dibutuhkan uap sebesar 859,375 kkal/jam. Pendidihan Optimal merupakan kapasitas terbesar yang dihasilkan sesuai dengan tekanan kerja pada hasil perebusan. Tekanan optimal terlihat pada tekanan terbesar yaitu 2,7 bar

dengan waktu perebusan paling singkat yaitu 58 menit. Yang menghasilkan 9 bisul per shift dengan kapasitas 207 ton dan pada tekanan 2,4 Bar menghasilkan 8 bisul per shift dengan kapasitas 84 ton dan untuk tekanan 1,7 bar menghasilkan 7 bisul per shift. dengan kapasitas 161 ton. (Edi Siswanto & A, 2023)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu.

3.1.1 Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Pabrik Kelapa Sawit PT.GUNAS GROUP Tapang Tingang, Kec. Nanga Taman, Kabupaten Sekadau, Kalimantan Barat

Penelitian ini dimulai dari 3 bulan setelah dilaksanakannya seminar proposal. Dalam jangka waktu itu sudah cukup untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk menganalisis dan untuk mendapatkan hasil dari penulisan tugas akhir ini.

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		<u>1</u>	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul	■					
2	Studi literatur		■	■			
3	Penulisan Proposal		■	■			
4	Seminar Proposal			■	■		
5	Pengumpulan data				■	■	
6	Analisis data					■	■
7	Penulisan laporan penelitian					■	■
8	Seminar hasil						■
9	Sidang sarjana						■

3.2 Alat

a. Safety valve (Katup Pengaman).

Katup yang akan terbuka sendiri apabila tekanan sudah melebihi dari batas yang ditentukan adalah Safety Valve. Safety valve terletak di masing-masing drum rebusan dan juga pada kran induk. Safety Valve ditunjukkan pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1. Safety Valve

b. Manometer.

Indikator yang berfungsi sebagai penunjuk besar- kecilnya tekanan yang terdapat pada *Sterilizer* adalah Manometer. Manometer terdapat pada masing-masing drum rebusan dan juga pada kran induk. Seperti ditunjukkan pada gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2. Manometer

c. Rototherm Recorder

Rototherm recorder telah menjadi standar pengukuran yang akurat dan dapat diandalkan di industri pabrik, salah satu industri yang menggunakan rototherm recorder adalah pabrik kelapa sawit. Rototherm digunakan sebagai alat pengukur tekanan uap yang masuk pada rebusan. Rototherm menggambarkan uap yang masuk ketika merebus dalam bentuk grafik. Apabila steam yang masuk tidak tercapai dapat dilihat pada rototherm recorder tersebut. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 Grafik Rototherm

d. Thermo gun

Thermo gun adalah untuk mengukur suhu yang sulit dijangkau oleh tangan manusia karena letaknya yang berbahaya untuk didekati dan bisa dijelaskan juga Thermogun merupakan alat pengukuran suhu yang dilakukan tanpa menyentuh objek yang diukur. Direktur Standar Nasional Satuan Ukuran Termoelektrik dan Kimia Badan Standardisasi Nasional (BSN), Ghufroon Zaid menjelaskan, sebenarnya ada dua jenis thermo gun yang beredar di masyarakat, yaitu thermo gun klinik untuk mengukur suhu tubuh manusia dan thermo gun industri.. Seperti pada gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4. Thermo gun

e. Sterilizer

Sterilizer adalah bejana uap bertekanan yang digunakan untuk merebus buah kelapa sawit. Perebusan Buah Sawit di *Sterilizer* pabrik kelapa sawit (Rebusan Uap) mempunyai beberapa tujuan dan tahapan supaya dapat diperoleh hasil yang terbaik dan sesuai spesifikasi (standard yang ditetapkan). Dan jika proses perebusan berjalan dengan baik dan sempurna, maka losses (kehilangan minyak pabrik sawit) dapat

dikurangi.

Adapun tujuan dari perebusan yaitu:

1. mempermudah proses pelepasan brondolan buah sawit dari tandan buah segar (TBS)
2. Menghilangkan enzim penghasil asam lemak bebas (ALB) atau Free Fatty Acid (FFA)
3. Mempermudah proses pelepasan inti sawit (kernel) dari cangkangnya
4. dehidrasi buah untuk membantu proses digesting/ pelumatan (di mesin digester) dan pengepressan di mesin screw press serta mengurangi kadar air pada brondolan sawit.
5. Untuk membantu proses pemecahan emulsi
6. Supaya serat (fibre) dan biji (nut) mudah terlepas

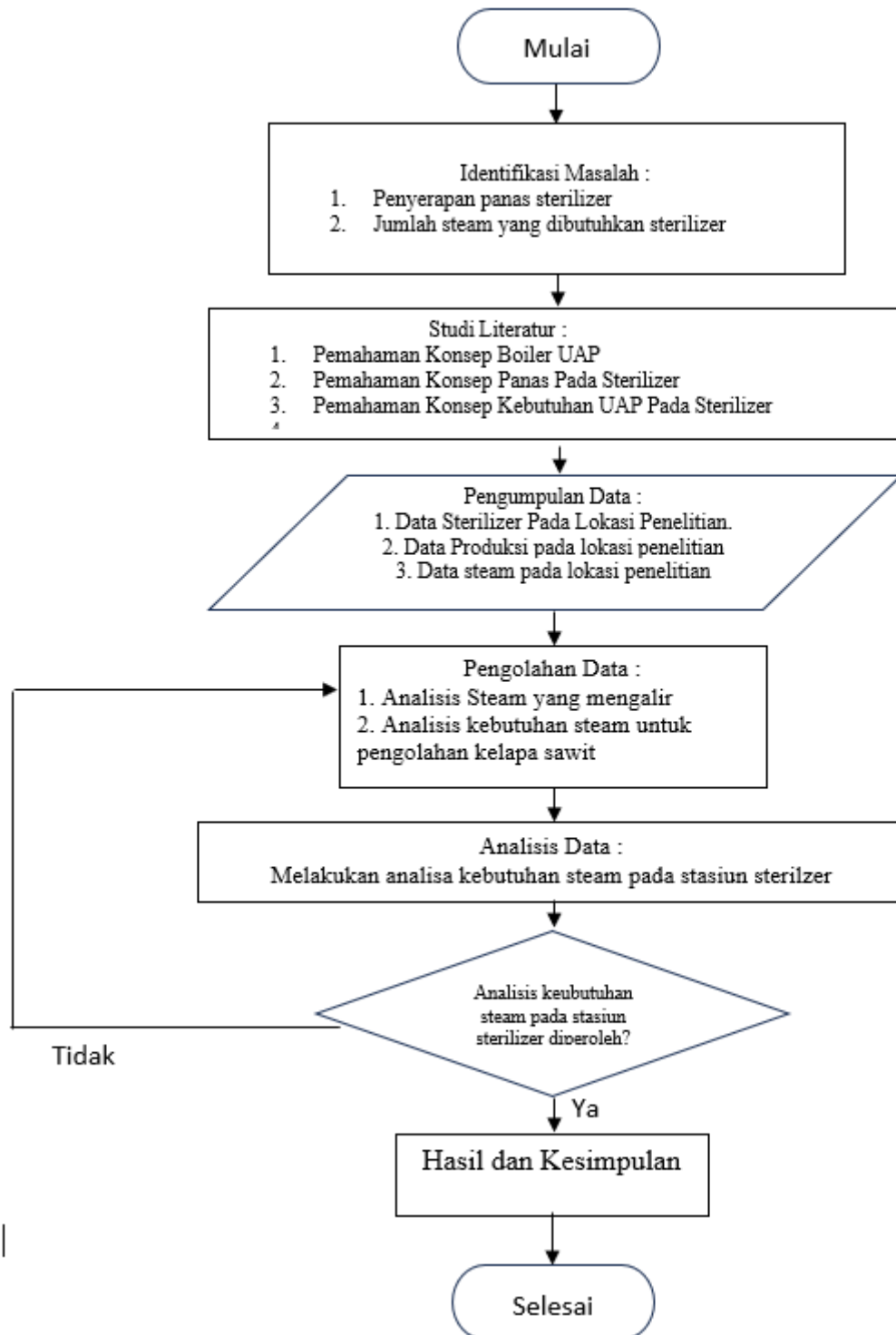
Rebusan yang kita bahas dalam laporan tugas akhir ini adalah bejana uap silindris horizontal dengan pintu pada kedua ujungnya (ukuran pintu rebusan horizontal ini bervariasi, ada ukuran diameter 2100 mm, 2700mm, 2800mm dan 3200mm), dimana lori buah sawit ini dimasukkan dari salah satu pintu (ujung rebusan sawit) dan mengeluarkannya dari pintu lainnya (ujung rebusan sawit lainnya), setelah itu dilakukan proses perebusan / sterilisasi dengan menggunakan uap (steam) dari Back Pressure Vessel (BPV). Dan Temperatur uap pada pipa inlet sekitar 130-135 °C sedangkan temperatur dalam rebusan sawit (*Sterilizer*) 135 °C.

Selain itu, juga untuk memudahkan proses pengambilan minyak dan inti sawit dari buah sawit. Dewasa ini, teknologi untuk proses sterilisasi mengalami perkembangan yang cukup signifikan.

Seperti yang terlihat pada gambar 3.5 di bawah ini dan Spesifikasi *Sterilizer* dapat dilihat pada tabel 3.2 di bawah ini.

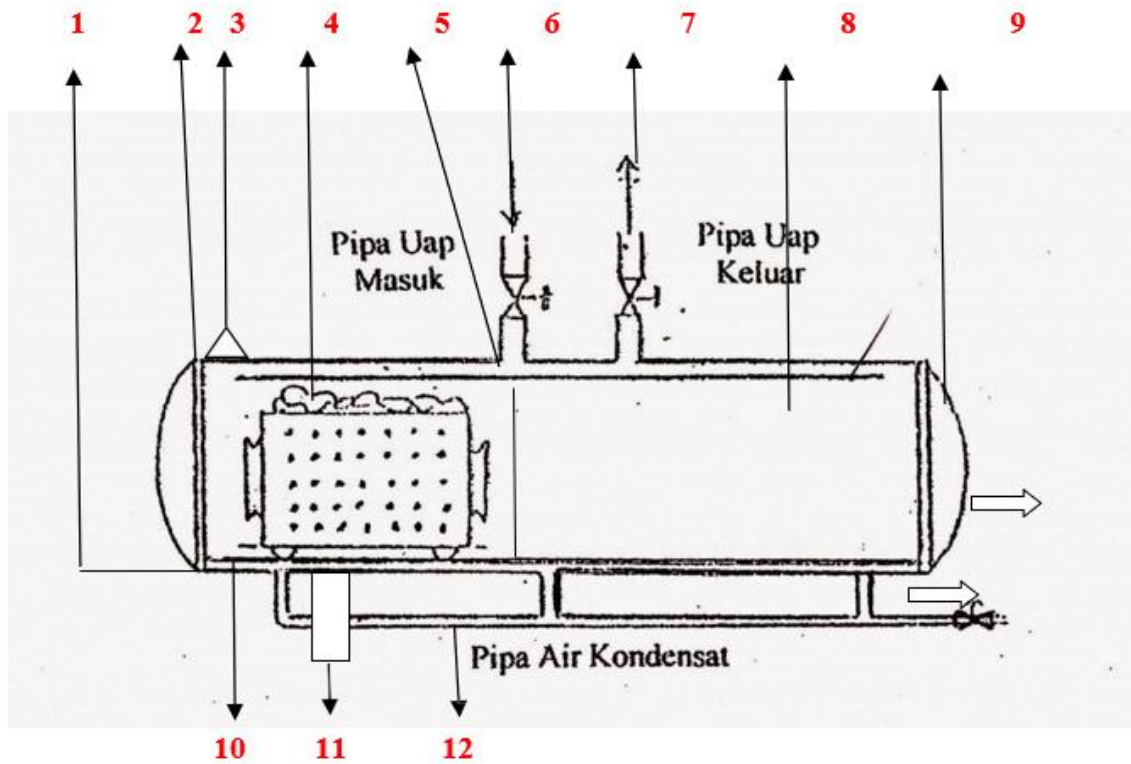
3.3 Bagan Alir Penelitian

Adapun proses alir penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian

3.4 Rancangan alat penelitian



Gambar 3.6. Sterilizer

Keterangan Gambar:

1. *Rail Track* pintu
2. Pintu Pemasukan lori
3. Manometer
4. Lori
5. Pipa Pemasukan uap
6. pipa pengeluaran uap

7. *safety Valve*
8. Ketel Rebusan
9. Pintu Keluaran Lori
10. *Rail Track* didalam rebusan
11. Pondasi (kaki Rebusan)
12. Pipa Pembuangan Air Kondensat

Tabel 3.2. Spesifikasi Stasiun *Sterilizer* Horizontal

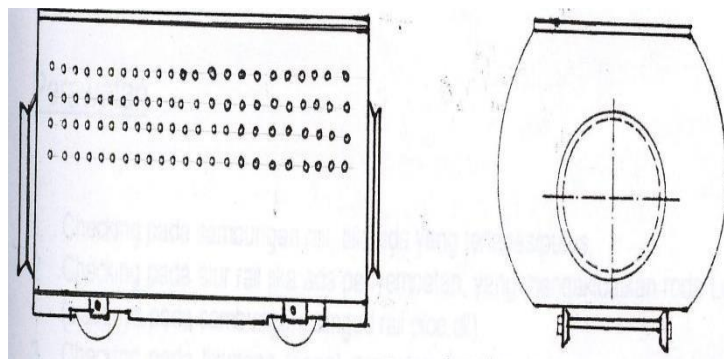
Komponen	Spesifikasi
Merk	Mulinda Raya Sejati
Bentuk/Model	Horizontal
Diameter Luar (m)	2,1

Diameter Dalam (m)	2,05
Panjang Plat (m)	27,3
Tebal Plat (m)	0,05
Kapasitas Produksi (kg)	30000
Tekanan Kerja (kPa)	350
Temperatur Kerja °C	130° - 135
Waktu Perebusan (s)	90 – 110
Tahun Pembuatan	2008
<i>Made in</i>	Indonesia

Sumber : PT. GUNAS GROUP

f. *Lori Sterilizer*

Lori adalah alat untuk menampung kelapa sawit yang digunakan untuk merebus buah di dalam *Sterilizer*. Seperti yang terlihat pada gambar 3.6 dan spesifikasi lori dapat di lihat pada tabel 3.3



Gambar 3.7. *Lori Sterilizer*

Tabel 3.3. Spesifikasi lori *Sterilizer*

Komponen	Spesifikasi
Panjang (m)	2,5
Lebar (m)	1,5

3.5 Prosedur Penelitian.

Adapun prosedur penelitian kali ini yang saya lakukan di PKS PT GUNAS GROUP yaitu:

1. Mengurus surat memo atau surat izin penelitian yang di tanda tangani langsung oleh dosen pembimbing dan ketua prodi teknik mesin Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara dan menyerahkan surat tersebut ke biro fakultas teknik untuk proses pembuatan surat SK yang di tanda tangani oleh dekan fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
2. Kemudian menyerahkan SK tersebut ke pihak tata usaha PT. GUNAS GROUP, agar proses penelitian saya sah dan di iizinkan oleh pihak yang bersangkutan.
3. Lalu menyiapkan perlengkapan yang harus di pakai pada saat peroses penelitian yaitu APD seperti helm pelindung kepala, sepatu safety maupun sarung tangan.
4. menyiapkan alat yang di gunakan untuk proses penelitian saya kali ini, guna untuk berlangsung nya proses penelitian saya.

3.6 Variabel yang akan di teliti.

Pada penelitian kali ini, variabel yang akan diteliti adalah sebagai berikut.

1. Menghitung nilai jumlah panas yang diserap.
2. Menghitung jumlah steam yang dibutuhkan pada proses pengolahan.
3. Mengetahui nilai kebutuhan steam yang dibutuhkan

BAB 4

ANALISIA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

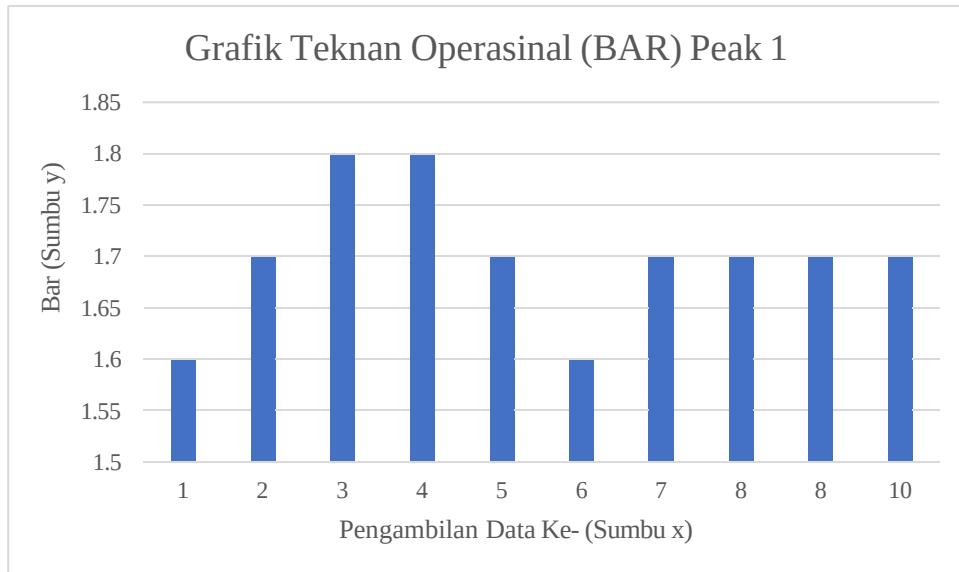
Setelah dilakukan penelitian dan pengambilan data operasional Steriliser di industri Pabrik Kelapa Sawit didapat data data yang dapat dilihat pada Tabel tersebut dibawah yang terdiri dari data perebusan Peak 1, Peak,2, dan peak,3 adalah sebagai berikut :

a. Peak 1

Tabel 1. Data *Sterilizer* Peak 1

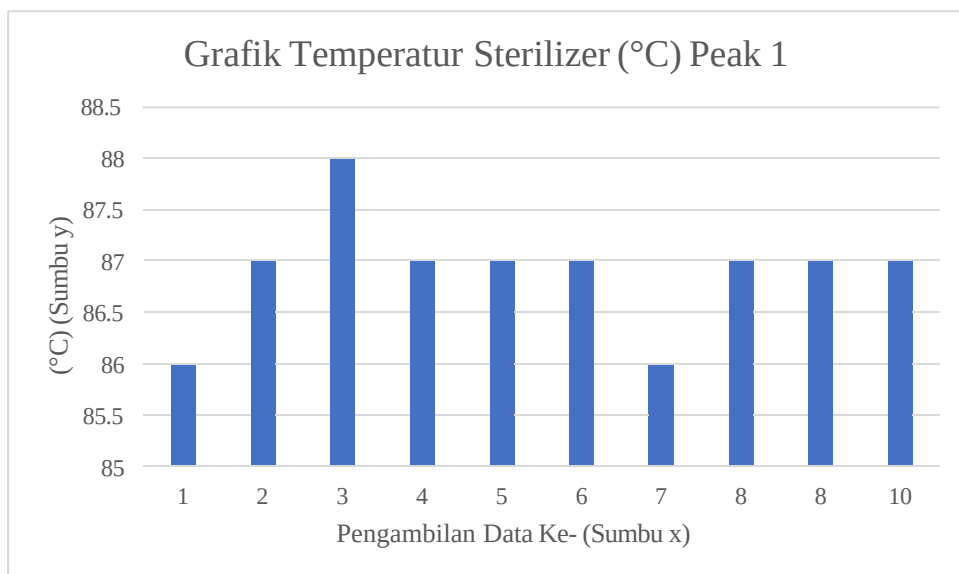
No	<i>Sterilizer</i> Peak 1		Temperatur Kondensat (°C)	Waktu (Menit)	Kapasitas (TON)
	Tekanan Operasional (BAR)	Temperatur <i>Sterilizer</i> (°C)			
1	1,6	86	93,3	69	23
2	1,7	87	93,2	67,5	23
3	1,8	88	94	67	23
4	1,8	87	93,5	68	23
5	1,7	87	93	68	23
6	1,6	87	93,2	68	23
7	1,7	86	93,1	67,5	23
8	1,7	87	93	67	23
8	1,7	87	93	67,5	23
10	1,7	87	93,5	68	23
Rerata	1,7	87	93,4	68	23

Dari Tabel 1 dapat dilihat hasil pengambilan data pada *Sterilizer* peak 1. Pengambilan data sebanyak 10 kali dalam waktu yang berturut – turut. Adapun rata – rata tekaanan oeparasional setelah dilakukan pengambilan data adalah 1,7 BAR dan temperatur *Sterilizer* dengan nilai rata – rata 87 °C. Adapun grafik tekananan operasional dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.1 Grafik Tekanan Operasional (BAR) Peak 1

Pada gambar 4.1 dapat dilihat tekanan operasional pada saat pengambilan data relatif stabil dengan rata – rata tekanan bernilai 1,7 Bar. Adapun grafik temperatur *Sterilizer* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.2 Grafik Temperatur *Sterilizer* Peak 1

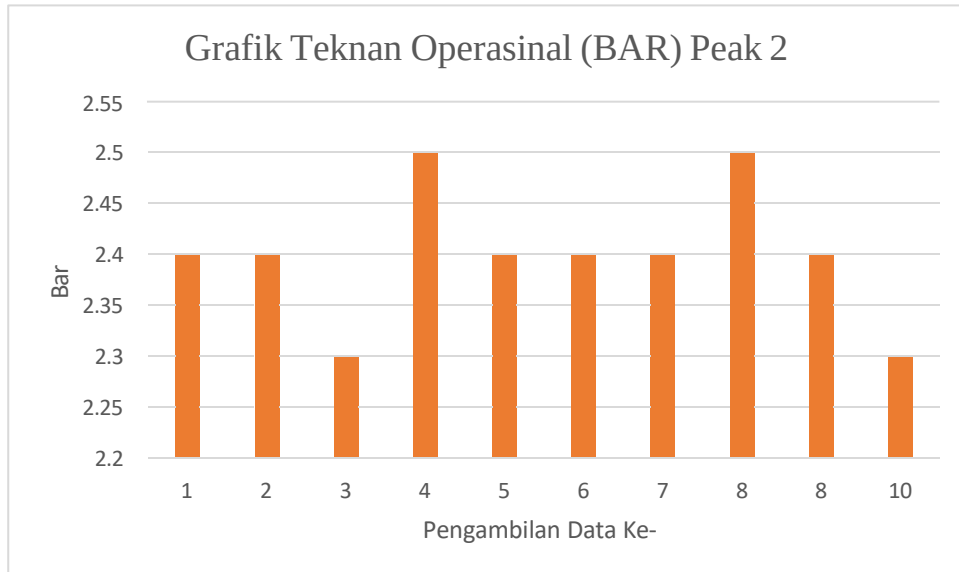
Pada gambar 4.2 dapat dilihat temperatur sterilizer pada peak 1 juga relatif stabil dengan rata – rata temperatur 87 °C

b. Peak 2

Tabel 2. Data *Sterilizer* Peak 2

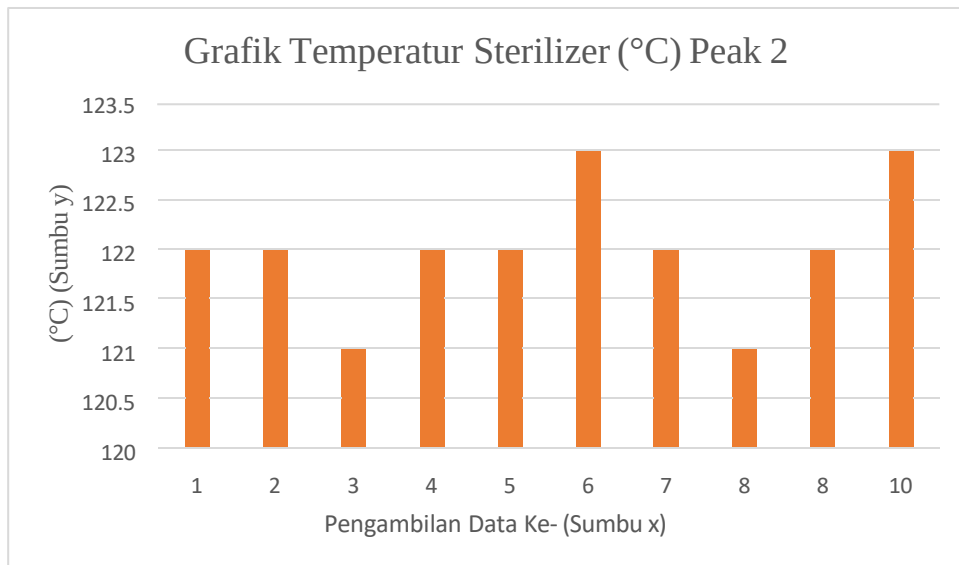
No	<i>Sterilizer</i> Peak 2		Temperatur Kondensat (°C)	Waktu (Menit)	Kapasitas (TON)
	Tekanan Operasional (BAR)	Temperatur <i>Sterilizer</i> (°C)			
1	2,4	122	95	61	23
2	2,4	122	93	62	23
3	2,3	121	92	62	23
4	2,5	122	93	61	23
5	2,4	122	93	60	23
6	2,4	123	92	61	23
7	2,4	122	91	62	23
8	2,5	121	92	61	23
8	2,4	122	93	61	23
10	2,3	123	93	61	23
Rerata	2,4	122	93,3	61	23

Dari Tabel 2 dapat dilihat hasil pengambilan data pada *Sterilizer* peak 2. Pengambilan data sebanyak 10 kali dalam waktu yang berturut – turut. Adapun rata – rata tekanan operasional setelah dilakukan pengambilan data adalah 2,4 BAR dan temperatur *Sterilizer* dengan nilai rata – rata 93,3 °C. Adapun grafik tekanan operasional dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.3 Grafik Tekanan Operasional (BAR) Peak 2

Pada gambar 4.3 dapat dilihat tekanan operasional pada saat pengambilan data relatif stabil dengan rata – rata tekanan bernilai 2,4 Bar. Adapun grafik temperatur *Sterilizer* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.4 Grafik Temperatur *Sterilizer* Peak 2

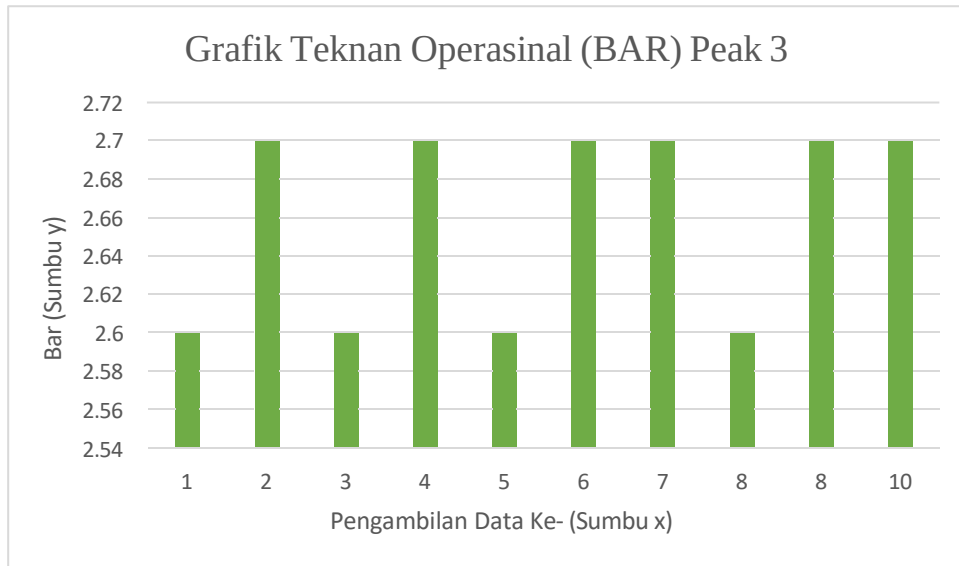
Pada gambar 4.4 dapat dilihat temperatur sterilizer pada peak 1 juga relatif stabil dengan rata – rata temperatur 93,3 °C

c. Peak 3

Tabel 3. Data *Sterilizer* Peak 3

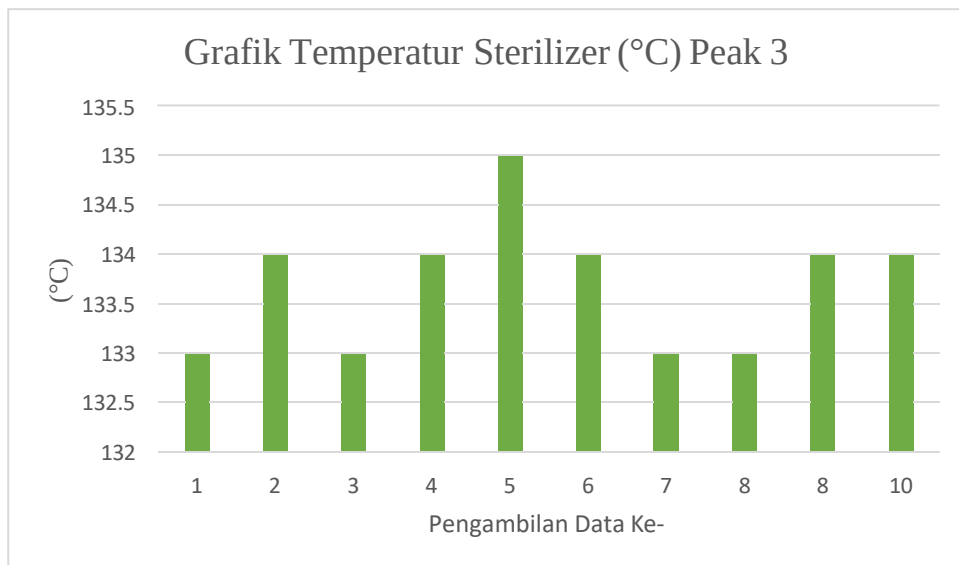
No	<i>Sterilizer</i> Peak 3		Temperatur Kondensat (°C)	Waktu (Menit)	Kapasitas (TON)
	Tekanan Operasional (BAR)	Temperatur <i>Sterilizer</i> (°C)			
1	2,6	133	93	60	23
2	2,7	134	92	57	23
3	2,6	133	93	60	23
4	2,7	134	94	55	23
5	2,6	135	93	57	23
6	2,7	134	93	58	23
7	2,7	133	92	60	23
8	2,6	133	93	61	23
8	2,7	134	94	58	23
10	2,7	134	93	58	23
Rerata	2,7	133,8	93	58	23

Dari Tabel 3 dapat dilihat hasil pengambilan data pada *Sterilizer* peak 3. Pengambilan data sebanyak 10 kali dalam waktu yang berturut – turut. Adapun rata – rata tekanan operasional setelah dilakukan pengambilan data adalah 2,7 BAR dan temperatur *Sterilizer* dengan nilai rata – rata 93 °C. Adapun grafik tekanan operasional dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.5 Grafik Tekanan Operasional (BAR) Peak 3

Pada gambar 4.5 dapat dilihat tekanan operasional pada saat pengambilan data relatif stabil dengan rata – rata tekanan bernilai 2,7 Bar. Adapun grafik temperatur *Sterilizer* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.6 Grafik Temperatur *Sterilizer* Peak 3

Pada gambar 4.6 dapat dilihat temperatur sterilizer pada peak 1 juga relatif stabil dengan rata – rata temperatur 133,8 °C

Dari data yang diperoleh pada Peak1, Peak2 dan Peak3 didapat tabel rekap data operasional *Sterilizer* dapat diliha pada tabel berikut :

Tabel 4 Rekap Data Operasional *Sterilizer*

Peak	<i>Sterilizer</i> Peak 3		Temperatur Kondensat (°C)	Waktu (Menit)	Kapasitas (TON)
	Tekanan Operasional (BAR)	Temperatur <i>Sterilizer</i> (°C)			
1	1,7	87	93	60	23
2	2,4	122	92	57	23
3	2,7	133	93	60	23

4.2 Analisis Kecepatan Aliran Kalor dan Kebutuhan Uap

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:

$$q = k \cdot S \cdot \Delta T$$

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

$$S = \frac{2\pi L}{\ln \frac{r_0}{r_1}}$$

$$S = \frac{2 \times 3,14 \times 6}{\ln \frac{1,206}{1,2}}$$

$$S = 75,586 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas perpindahan panas dala *Sterilizer* dapat dihitung sesuai tekana peak nya sebagai berikut :

$$\text{Peak. 1 } q = 0,026 \text{ W/m.}^\circ\text{C} \times 7558,6 \text{ m} \times (87^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 10.219,5 \text{ W}$$

$$\text{Peak. 2 } q = 0,026 \text{ W/m.}^\circ\text{C} \times 7558,6 \text{ m} \times (122^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 19.063,3 \text{ W}$$

$$\text{Peak. 3 } q = 0,026 \text{ W/m.}^\circ\text{C} \times 7558,6 \text{ m} \times (133,8^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 22.365 \text{ W}$$

Menghitung nilai entalphi yang dihasilkan pada *Sterilizer* perebusan dan

Perhitungan nilai entalphi yang dihasilkan *Sterilizer* perebusan:

1. Pada Peak 1

- a. Mencari nilai entalpi air umpan (h_{water}) pada $T_{\text{water}} = 87^\circ\text{C}$, Maka (h_{water}) dapat di ketahui dengan melihat tabel A-4 Saturated water – Temperature tabel :

$$T_a = 85 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad h_a = 356,01 \text{ kJ/kg}$$

$$T = 87 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad h = ?$$

$$T_b = 90 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad h_b = 377,04 \text{ kJ/kg}$$

Maka digunakan interpolasi untuk mencari nilai h water

$$\frac{(T_a - T_b)}{(T - T_b)} = \frac{(h_a - h_b)}{(h - h_b)}$$

$$\frac{(85 - 90)}{(87 - 90)} = \frac{(356,01 - 377,04)}{(h - 377,04)}$$

$$h - 377,04 = \left(\frac{(356,01 - 377,04)}{(85 - 90)} \right) \times (87 - 90)$$

$$h - 377,04 = -12,618$$

$$h = -12,618 + 377,04 = 364,42 \text{ kJ/kg (87,1 Kkal/kg)}$$

b. Mencari nilai entalpi air umpan h uap pada P uap = 1,7 Bar Maka (h uap) dapat di ketahui dengan melihat tabel A-4 Saturated water – Presure tabel:

$$P_a = 1,5 \text{ bar} \quad h_a = 467,1 \text{ kJ/kg}$$

$$P = 1,7 \text{ bar} \quad h = ?$$

$$P_b = 2 \text{ bar} \quad h_b = 504,7 \text{ kJ/kg}$$

Maka digunakan interpolasi untuk mencari nilai h uap

$$\frac{(P_a - P_b)}{(P - P_b)} = \frac{(h_a - h_b)}{(h - h_b)}$$

$$\frac{(1,5 - 2)}{(1,7 - 2)} = \frac{(467,1 - 504,7)}{(h - 504,7)}$$

$$h - 504,7 = \left(\frac{(467,1 - 504,7)}{(1,5 - 2)} \right) \times (1,7 - 2)$$

$$h - 504,7 = -22,56$$

$$h = -22,56 + 504,7 = 482,14 \text{ kJ/kg (115,23 Kkal/kg)}$$

c. Kebutuhan uap dihitung berdasarkan besarnya tekanan yang diperlukan pada Sterilizer dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Mu = \frac{Q_{tot}}{hg - hx}$$

$$Q_{tot} = Mu (hg - hx)$$

$$= 10.219,5 ((115,23 - 87,1) \text{ kkal/jam})$$

$$= 287,463 \text{ Kkal/jam}$$

2. Pada Peak 2

- a. Mencari nilai entalpi air umpan (h_{water}) pada $T_{\text{water}} = 122^\circ\text{C}$, Maka (h_{water}) dapat di ketahui dengan melihat tabel A-4 Saturated water – Temperature tabel :

$$T_a = 118^\circ\text{C} \quad h_a = 495,32 \text{ kJ/kg}$$

$$T = 122^\circ\text{C} \quad h = ?$$

$$T_b = 126^\circ\text{C} \quad h_b = 529,33 \text{ kJ/kg}$$

Maka digunakan interpolasi untuk mencari nilai h_{water}

$$\frac{(T_a - T_b)}{(T - T_b)} = \frac{(h_a - h_b)}{(h - h_b)}$$

$$\frac{(118 - 126)}{(122 - 126)} = \frac{(495,32 - 529,33)}{(h - 529,33)}$$

$$h - 529,33 = \left(\frac{(495,32 - 529,33)}{(118 - 126)} \right) \times (122 - 126)$$

$$h - 529,33 = -17,05$$

$$h = -17,05 + 529,33 = 512,28 \text{ kJ/kg (122,43 Kkal/kg)}$$

- b. Mencari nilai entalpi air umpan h_{uap} pada $P_{\text{uap}} = 2,4 \text{ Bar}$ Maka (h_{uap}) dapat di ketahui dengan melihat tabel A-4 Saturated water – Pressure tabel:

$$P_a = 2 \text{ bar} \quad h_a = 504,7 \text{ kJ/kg}$$

$$P = 2,4 \text{ bar} \quad h = ?$$

$$P_b = 2,8 \text{ bar} \quad h_b = 551,44 \text{ kJ/kg}$$

Maka digunakan interpolasi untuk mencari nilai h_{uap}

$$\frac{(P_a - P_b)}{(P - P_b)} = \frac{(h_a - h_b)}{(h - h_b)}$$

$$\frac{(2 - 2,8)}{(2,4 - 2,8)} = \frac{(504,7 - 551,44)}{(h - 551,44)}$$

$$h - 551,44 = \left(\frac{(504,7 - 551,44)}{(2 - 2,8)} \right) \times (2,4 - 2,8)$$

$$h - 551,44 = -23,37$$

$$h = -23,37 + 551,44 = 528,07 \text{ kJ/kg (126,21 Kkal/kg)}$$

- c. Kebutuhan uap dihitung berdasarkan besarnya tekanan yang diperlukan pada *Sterilizer* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Mu = \frac{Q_{tot}}{hg - hx}$$

$$Q_{tot} = Mu (hg - hx)$$

$$= 19.063,3 ((126,21 - 122,43) \text{ kkal/jam})$$

$$= 372.059,2 \text{ Kkal/jam}$$

3. Pada Peak 3

- a. Mencari nilai entalpi air umpan (h_{water}) pada $T_{\text{water}} = 133^\circ\text{C}$, Maka (h_{water}) dapat di ketahui dengan melihat tabel A-4 Saturated water – Temperature tabel :

$$T = 129^\circ\text{C} \quad h_a = 542,12 \text{ kJ/kg}$$

$$T = 133^\circ\text{C} \quad h = ?$$

$$T = 137^\circ\text{C} \quad h_b = 576,30 \text{ kJ/kg}$$

Maka digunakan interpolasi untuk mencari nilai h_{water}

$$\frac{(T_a - T_b)}{(T - T_b)} = \frac{(h_a - h_b)}{(h - h_b)}$$

$$\frac{(129 - 137)}{(133 - 137)} = \frac{(542,12 - 576,30)}{(h - 576,30)}$$

$$h - 576,30 = \left(\frac{(542,12 - 576,30)}{(129 - 137)} \right) \times (133 - 137)$$

$$h - 576,30 = -17,09$$

$$h = -17,05 + 576,30 = 559,28 \text{ kJ/kg (133,67 Kkal/kg)}$$

- b. Mencari nilai entalpi air umpan h_{uap} pada $P_{\text{uap}} = 2,7 \text{ Bar}$ Maka (h_{uap}) dapat di ketahui dengan melihat tabel A-4 Saturated water – Pressure tabel:

$$P = 2,3 \text{ bar} \quad h = 523,74 \text{ kJ/kg}$$

$$P_{\text{uap}} = 2,7 \text{ bar} \quad h = ?$$

$$P = 3,1 \text{ bar} \quad h = 566,22 \text{ kJ/kg}$$

Maka digunakan interpolasi untuk mencari nilai h_{uap}

$$\frac{(P_a - P_b)}{(P - P_b)} = \frac{(h_a - h_b)}{(h - h_b)}$$

$$\frac{(2,3 - 3,1)}{(2,7 - 3,1)} = \frac{(523,74 - 566,22)}{(h - 566,22)}$$

$$h - 566,22 = \left(\frac{(523,74 - 566,22)}{(2,3 - 3,1)} \right) \times (2,7 - 3,1)$$

$$h - 566,22 = -21,24$$

$$h = -21,24 + 566,22 = 544,98 \text{ kJ/kg (130,21 Kkal/kg)}$$

- c. Kebutuhan uap dihitung berdasarkan besarnya tekanan yang diperlukan pada *Sterilizer* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Mu} = \frac{Q_{tot}}{h_g - h_x}$$

$$Q_{tot} = \text{Mu} (h_g - h_x)$$

$$= 22.365 ((133,67 - 130.21) \text{ kkal/jam})$$

$$= 77.380 \text{ Kkal/jam}$$

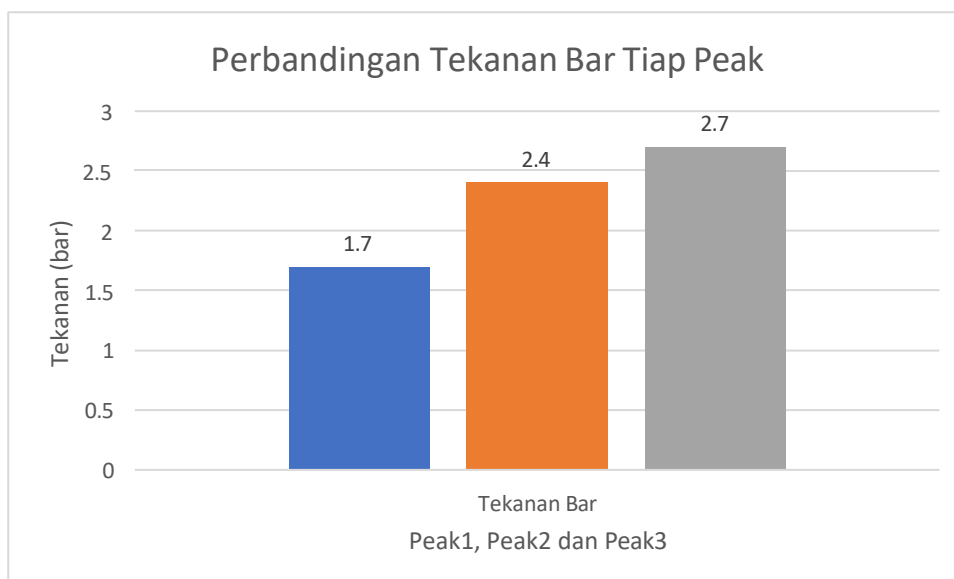
Dari hasil perhitungan total kebutuhan uap pada peak1 , peak2 dan peak3 maka dapat dihasilkan tabel rekap kebutuhan uap pada peak pressure Sterilizer :

Tabel 4 Rekap Kebutuhan UAP

Peak	Tekanan Bar	Mu (Kkal/jam)	Hg (Kkal/jam)	Qtotal (Kkal/jam)
1	1,7	10.219,5	115,23	287.463
2	2,4	19,063,3	126,21	372.059
3	2,7	22,365	130,21	77.380

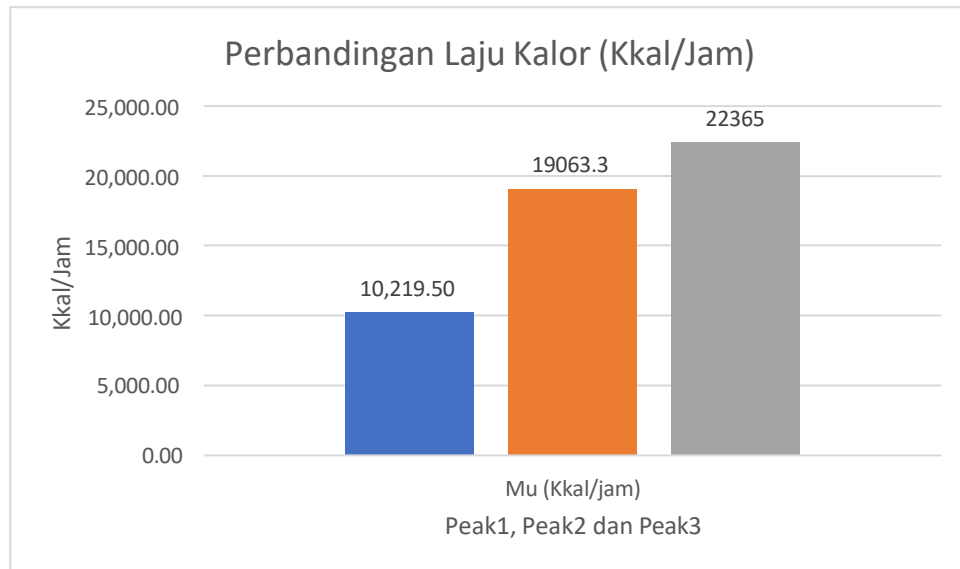
Dari tabel 4 dapat dilihat kebutuhan uap terbesar terjadi pada peak 2 yaitu sebesar 372.059 Kkal/jam. Sedangkan terkecil pada peak3 yaitu 77.380 Kkal/jam sedangkan pada peak1 uap yang dibutuhkan lebih kecil dari peak2 yaitu 287.46k Kkal/Jam

Dari tabel 4 dapat dihasilkan grafik sebagai berikut :



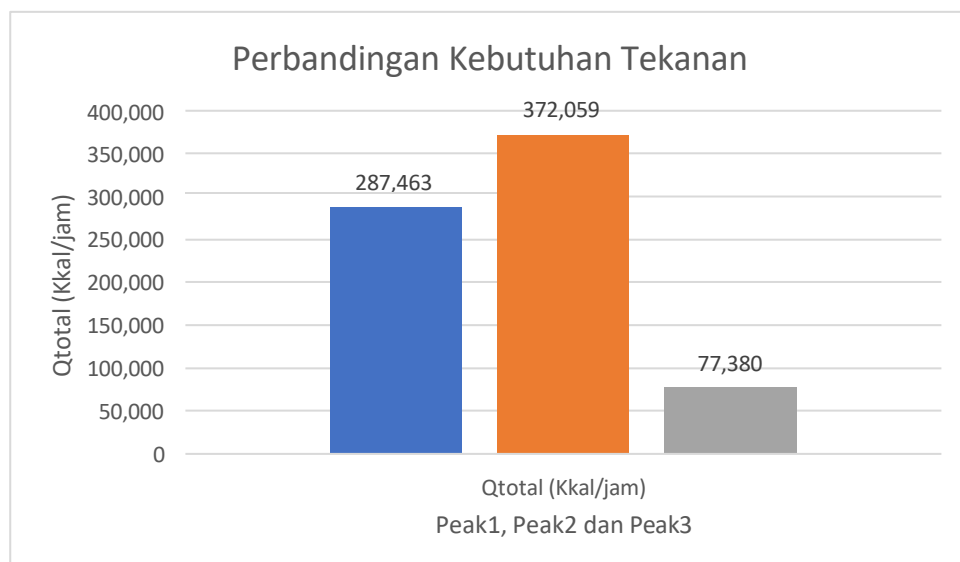
Gambar 4.7 Perbandingan Tekanan Bar tiap peak.

Dapat dilihat pada gambar 4,7 tekanan bar pada tiap peak berbeda, pada peak1 tekanan bar relatif lebih kecil dan semakin meningkat pada tiap – tiap peak. Tertinggi pada peak3 yaitu 2,7 bar.



Gambar 4.8 Perbandingan Laju Kalor

Laju kalor berbanding lurus dengan tekanan bar pada tiap peak. Laju kalor yang dihasilkan meningkat setiap peak nya. Dimana laju kalor terkecil adalah ada peak1 dan tertinggi pada peak3.



Gambar 4.9 Perbandingan Kebutuhan Tekanan

Pada gambar 4.9 dapat dilihat kebutuhan tekanan pada masing – masing peak. Dapat dilihat pada peak 1 kebutuhan tekanan yang dibutuhkan adalah 287.463 Kkal/jam. Pada peak2 kebutuhan tekanan mengalami peningkatan yaitu sebesar 372.059 Kkal/jam. Terjadi penurunan kebutuhan tekanan pada peak3 yang hanya membutuhkan sebesar 77.380 Kkal/jam

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian pada *Sterilizer* dan perhitungannya, pembahasan yang dilakukan pada uraian sebelumnya, maka dapat disimpulkan hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. 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).
2. Tekanan kerja perebusan akan mempengaruhi kebutuhan uap dalam proses dimana pada tekanan Peak 1 membutuhkan Uap sebesar 287.463 Kkal/jam, Peak 2 membutuhkan Uap sebesar 372.056 Kkal/jam sedangkan pada Peak 3 hanya membutuhkan Uap sebesar 77.380 Kkal/jam.
3. Perebusan Optimal adalah kapasitas terbesar Mendapatkan sesuai dengan tekanan kerja dalam hasil perebusan. yang optimal terlihat pada tekanan terbesar 2,7 dengan waktu perebusan yang paling singkat yaitu sebesar 58 menit. Yang menghasilkan 9 rebusan per shift (207 Ton) dan pada tekanan 2,4 Bar menghasilkan 8 rebusan (184 Ton) dan untuk tekanan 1,7 bar menghasilkan rebusan 7 per shift (161 Ton)

5.2. Saran

Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis sadar bahwa jauh lebih dari kata sempurna, baik itu dalam materi maupun cara penyampaian. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar dikemudian hari penulis dapat menghasilkan karya yang lebih baik lagi. Oleh karena itu beberapa saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Tekanan masuk *steam* harus tetap diperhatikan agar proses perebusan dapat berlangsung sesuai dengan yang diinginkan pada *Sterilizer* tersebut.
2. Temperatur pada permukaan luar dinding *Sterilizer* harus tetap diperhatikan
Agar kebutuhan uap steam stabil dalam proses perebusan
3. Diperlukan ketelitian dalam menganalisis agar mendapat hasil yang lebih akurat.
4. Dan yang pastinya selalu menjaga perawatan dan kebersihan pada *Sterilizer* guna bagian dari perawatan *Sterilizer* tersebut

DAFTAR PUSTAKA

- STEAM DI STASIUN STERILIZER DENGAN SISTIM PEREBUSAN 90 MENIT DI PT.ASN (Agro Sinergi Nusantara). *Jurnal Mahasiswa ...*, 1(1), 96–103.
- Benu, S. M., Pulungan, M. A., & Siahaan, S. (2024). Analisis Kebutuhan Uap Pada Perebusan Kelapa Sawit Sistem Tiga Puncak (Triple Peak) Sterilizer Kapasitas 40 Ton/Unit. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1), 136–141. <https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v5i1.1548>
- Edi Siswanto, J., & A, T. (2023). Analisis Kebutuhan Uap Pada Stasiun Sterilizer Di Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Dan Vokasi*, 1(2), 12–22. <https://doi.org/10.21063/jtv.2023.1.2.2>
- Latif Mubarak, A., Sofwan, A., & Bismantolo, P. (2022). *ANALISA PERFORMA KERJA STERILIZER OF CRUDE PALM OIL Analysis of the Work Performance of the Sterilizer of Crude Palm Oil*. 6(1), 39–50.
- M. Pardamean, Panduan lengkap pengelolaan kebun dan pabrik Kelapa Sawit, Jakarta: Agromedia Pustaka, 2008.
- L. Masruroh, "Proses Perebusan kelapa Sawit pada Stasiun Sterilizer," *Program studi teknologi pangan, fakultas pertanian Universitas Islam Indragiri*, pp. 43 - 48, 2021
- Y. E. Yan Fauzi, Kelapa Sawit, Depok: Penebar Swadaya, 2012
- T. Sitepu, "Analisa kebutuhan uap pada sterilizer pabrik kelapa sawit dengan lama perebusan 90 menit," *Jurnal Dinamis*, vol. II, pp. 27 - 31, 2011
- S. Iskandar, Perpindahan Panas: Teori, Soal, Penyelesaian, Yogyakarta: Deepublish, 2014
- R. B. Joni Hermana, "Kondensasi," *Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November*, pp. 1 - 26, 2011.
- C. Soekardi, Termodinamika Dasar Mesin Konversi Ebergi, Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET, 2015.
- I. Y. Awalya, "Perhitungan Kehilangan Panas Pada Proses Sterilisasi Tandan Buah Segar (Tbs) Di Unit Sterilizer," Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Program Studi Teknik Kimia, 2020.

- H. T. N. d. R. A. Stepanie, "Efisiensi Pabrik Kelapa Sawit di Indonesia," *Jurnal Agribisnis Indonesia*, vol. 6, pp. 27 - 36, 2018.
- D. Hidayati, "Analisis Termal Pada Sterilizer Crude Palm Oil Di PT Boma Bisma Indra," *Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November*, 2016.
- Y. F, "Efisiensi Produksi CPO (crude Palm Oil)," *PT. Agro Masang Perkasa, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh*, 2015.
- I. d. M. S. Rahardja, "efektivitas Proses Pembuangan Udara Melalui Pipa Condensate pada Stasiun Rebusan (Sterilizer) di Pabrik Kelapa Sawit.," *Jurnal Citra Widya Edukasi (JCWE).*, vol. 4, pp. 15 - 24, 2012.
- A. N. S. d. A. P. Suandi, "analisa Pengolahan Kelapa Sawit dengan Kapasitas Olah 30 ton/jam," *PT. BIO Nusantara Teknologi. Jurnal Teknosia*, vol. II, pp. 12 - 19, 2016.
- D. V, "Analisis Kehilangan Minyak Pada Crude Palm Oil (CPO) Dengan Menggunakan Metode Statistical Process Control," *Pekanbaru: UIN Sultan Syarif Kasim.*, 2014.
- C. A. Siregar and S. Lubis, "Perencanaan Instrumen Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Menggunakan Teknik Kolom Osilasi," *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 1, no. 1, pp. 63–71, 2020, doi:
- Agustiar, P., Pracoyo, W., & Azharul, F. (2019). Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* [Http://Jurnal.Umsu.Ac.Id/Index.Php/RMME](http://Jurnal.Umsu.Ac.Id/Index.Php/RMME), 2(2), 131–139.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Kebutuhan uap Steam di stasiun sterilizer
 Dengan sistem perebusan 90 menit d. PT GUNAS
 GROUP.
 Nama : RAJA AZIRA UTAMA
 NPM : 2007230147
 Dosen Pembimbing : Chandra.A.Siregar,S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	7/11-2024	Perbaiki bab I	f
2.	11/11-2024	perbaiki bab II sesuaikan format	f f
3.	13/11-2024	Perbaiki bab III, Rancangan penelitian	f
4.	15/11/2024	ACC sampng	f
5.	16/11/2025	perbaiki bab III lanjut bab IV	f
6.	21/3/2025	perbaiki bab IV	f
7.	9/7/2025	kesimpulan ACC semhas	f f
		Acc Sidney	f



JMSU

gigil | Cerdas | Terpercaya

penggunaan surat ini wajib disertai
stempel dan tangkainya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Ppj/PT/III/2024

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id>

fatek@umsu.ac.id

[f umsumedan](#)

[@ umsumedan](#)

[umsumedan](#)

[umsumedan](#)

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 2205/IL.3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 25 November 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama : RAJA AZIRA UTAMA
Npm : 2007230147
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 9 (Sembilan)
Judul Tugas Akhir : ANALISA KEBUTUHAN STEAM DI STASIUN STERILIZER
DENGAN SISTEM PEREBUSAN 90 MENIT DI PT GUNAS
GRUP.

Pembimbing : CHANDRA A SIREGAR ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin.
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 23 Junadil Awal 1446 H
25 November 2024 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



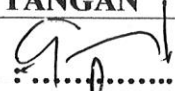
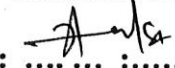
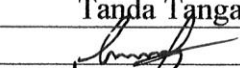
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

Peserta seminar

Nama : Raja Azira Utama

NPM 2007230147

Judul Tugas Akhir : Analisa Kebutuhan Steam Di Stasiun Stenlizer Dengan Sistem Perebusan 90 Menit Di PT Gunas Group .

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Chandra A Siregar ST.MT			
Pemanding – I : Dr Sudirman Lubis ST.MT			
Pemanding – II : Arya Rudi Nasution ST.MT			
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2307230196P	Dico Martediansyah	
2	2107230048	Risto Ramadhan saragih	
3	1907230151	Dwi Putra Almojo	
4	1907230169	ARMANSYAH NASUTION	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 09 Safar 1447 H
06 Agustus 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Raja Azira Utama
NPM : 2007230147
Judul Tugas Akhir : Analisa Kebutuhan Steam Di Stasiun Stenlizer Dengan
Sistem Perebusan 90 Menit Di PT Gunas Group .

Dosen Pembanding – I : Dr Sudirman Lubis ST.MT
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nasution ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Chandra A . Siregar ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
- tambah data pribadi
- perbaikan grafik
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

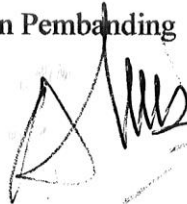
Medan 09 Safar 1447 H
06 Agustus 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding I



Dr Sudirman Lubis ST.MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Raja Azira Utama
NPM : 2007230147
Judul Tugas Akhir : Analisa Kebutuhan Steam Di Stasiun Stenlizer Dengan
Sistem Perebusan 90 Menit Di PT Gunas Group .

Dosen Pembanding – I : Dr Sudirman Lubis ST.MT
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nasution ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Chandra A . Siregar ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - *bertau penulisan sesuai Template / panduan*
 - *BAB 4. Perbaiki sesuai panduan / coretan Buku.*
 - *lihat semua catatan di Buku.*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 09 Safar 1447 H
06 Agustus 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding II



Arya Rudi Nasution ST.MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A DATA PRIBADI

Nama	: Raja Azira Utama
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir	: Medan, 4 Januari 2001
Alamat	: JL.Pertumbuhan desa jaharun A Kec Galang
Agama	: Islam
Status	: Belum Menikah
Email	: rajacore123@gmail.com
No Hp	: 082147263308

B RIWAYAT PENDIDIKAN

1.	SDN 101964	Tahun 2006-2012
2.	SMPN Lubuk Pakam	Tahun 2012-2015
3.	SMK N 1 Lubuk Pakam	Tahun 2015-2018
4.	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Tahun 2020-2025