

TUGAS AKHIR

ANALISIS KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN ENERGI UAP PADA PROSES PEMASAKAN SARIPATI KEDELAI PADA MINI BOILER TIPE PIPA API VERTIKAL

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

FAUZAN AKBAR
1707230110



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:
Nama : Fauzan Akbar
NPM : 1707230110
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis konsumsi bahan bakar dan energi uap pada proses pemasakan saripati kedelai pada mini boiler tipe pipa api vertikal
Bidang ilmu : Konversi Energi
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2022

Mengetahui dan menyetujui.

Dosen Penguji I



Khairul Umurani, S.T.,M.T

Dosen Penguji II



H. Muhaarif, S.T.,M.Sc

Dosen Penguji III



Riadini Wanty Lubis, S.T.,M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Chandra A Siregar, S.T.,MT

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fauzan Akbar
Tempat /Tanggal Lahir : P. Brayan /10 April 1999
NPM : 1707230110
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

"Analisis konsumsi bahan bakar dan energi uap pada proses pemasakan saripati kedelai pada mini boiler tipe pipa api vertikal",

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir 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/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2022

Saya yang menyatakan,


Fauzan Akbar

ABSTRAK

Tahu merupakan salah satu makanan tradisional yang populer di Indonesia. Bahan dasar makanan ini diolah dari kacang kedelai. Pada proses pembuatan tahu ini bahan bakunya yaitu kacang kedelai, air, dan bumbu yang lainnya. Tujuan dari Penelitian ini adalah menghitung konsumsi bahan bakar yang digunakan saat pemasakan saripati dengan variasi bahan baku dan menghitung massa energi uap yang dihasilkan *boiler*. Metode penelitian dari alat ini pertama menimbang air dan bahan bakar setelah itu air dimasukkan ke drum *boiler*, lalu set-up alat masukan bahan bakar dan hidupkan, setelah tekanan mencapai 2 bar buka katup uap, setelah saripati mendidih diamkan sejenak dan campurkan dengan bubuk pengental tahu, lalu pindahkan adonan ke cetakan tahu dan dilakukan pengepresan dengan alat pemberat hingga 10-15 menit, lalu potong tahu sesuai keinginan, setelah proses pemasakan tahu selesai hitung total air yg berkurang dan sisa bahan bakar yang terpakai. Dari hasil analisa yang telah dilakukan banyaknya bahan bakar yang terpakai maka semakin banyak uap air yang dihasilkan dan semakin banyak bahan bakar yang terpakai maka semakin besar juga energi uap untuk menguapkan saripati yang dihasilkan. Dengan variasi bahan baku kedelai 1 kg dan 2 kg dengan konsumsi bahan bakar yang digunakan rata-rata adalah 7,3 kg. Nilai kalor pembakaran tinggi (HHV) adalah 14402325 J/kg, nilai pembakaran rendah (LHV) adalah 13492413,6 J/kg.

Kata kunci : Mini *Boiler*, tekanan, variasi bahan baku kacang kedelai

ABSTRACT

Tofu is one of the most popular traditional foods in Indonesia. The basic ingredients of this food are processed from soybeans. In the process of making this tofu, the raw materials are soybeans, water, salt, and other spices. The purpose of this study is to calculate the fuel consumption used when cooking the essence with variations in raw materials and calculate the mass of steam energy produced by the *boiler*. The research method of this tool first weighs the water and fuel after that the water is put into the *boiler* drum, then set-up the fuel input device and turn it on, after the pressure reaches 2 bar open the steam valve, after the essence boils, let it sit for a moment and mix it with tofu thickening powder. , then transfer the dough to the tofu mold and press it with weights for up to 10-15 minutes, then cut the tofu as desired, after the tofu cooking process is complete, calculate the total reduced water and the remaining fuel used. From the results of the analysis that has been done the amount of fuel used, the more water vapor is produced and the more fuel is used, the greater the steam energy to evaporate the resulting essence. With variations of soybean raw materials 1 kg and 2 kg with the average fuel consumption used is 7.3 kg. The high calorific value of combustion (HHV) is 14402325 j/ kg, low combustion value (LHV) is 13492413,6 j/kg.

Keywords: Mini *Boiler*, pressure, variation of soybean raw materials

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiadaterkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis konsumsi bahan bakar dan energi uap pada proses pemasakan saripati kedelai pada mini *boiler* tipe pipa api vertikal” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

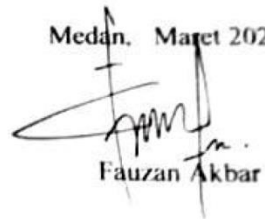
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Riadini Wanty Lubis, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak H. Muharnif, S.T.,M.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi S.T., M.T. Selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis : Edi Budi Purwanto dan Alm.Suharni , yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Ferdiansyah Sinaga, Muhammad Reza, Fahrul Aldi, Daffa Taupiqurrahman, Feri Pranata, Firza dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, Maret 2022



Fauzan Akbar

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
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	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Boiler</i>	4
2.2 Prinsip Kerja <i>Boiler</i>	4
2.3 Klasifikasi <i>Boiler</i>	5
2.3.1. Ketel pipa api (<i>Fire tube boiler</i>)	5
2.3.2. Ketel pipa air (<i>Water tube boiler</i>)	6
2.3.3. Kombinasi <i>boiler</i> pipa api dengan pipa air (<i>fire box</i>)	6
2.4 Siklus Rankine	7
2.5 Komponen <i>Boiler</i>	8
2.6 Bahan Bakar	13
2.7 Nilai Kalor	15
2.8 Proses Pembentukan Uap	16
2.9 Pemanfaatan Energi Uap Pada Pemasakan Tahu	18
2.10 Metode Perhitungan	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.1.1. Tempat	20
3.1.2. Waktu Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1. Alat	21
3.2.2. Bahan	24
3.3 Bagan Diagram Alir	25
3.4 Rancangan Alat Penelitian	26
3.5 Prosedur Penelitian	27
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	32

4.1	Bahan Bakar <i>Boiler</i>	32
4.1.1.	Analisa nilai kalor bahan bakar cangkang sawit	32
4.2	Perhitungan Analisa Bahan Baku Kacang Kedelai 1 Kg	33
4.2.1.	Perhitungan energi bahan bakar	33
4.2.2.	Perhitungan energi uap untuk menaikkan suhu	34
4.2.3.	Perhitungan massa air menjadi uap	34
4.2.4.	Perhitungan energi untuk menguapkan saripati	35
4.3	Perhitungan Analisa Bahan Baku Kacang Kedelai 2 Kg	36
4.3.1.	Perhitungan energi bahan bakar	36
4.3.2.	Perhitungan energi uap untuk menaikkan suhu	37
4.3.3.	Perhitungan massa air menjadi uap	38
4.3.4.	Perhitungan energi untuk menguapkan saripati	38
4.4	Hasil Perhitungan Bahan Bakar Dan Energi Uap	39
4.4.1.	Bahan kacang kedelai 1 kg	39
4.4.2.	Bahan kacang kedelai 2 kg	40
4.5	Tabel Hasil Analisa dan Grafik	41
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA	46
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	22
Tabel 4.1 Komposisi Bahan Bakar Cangkang Sawit	33
Tabel 4.2 Kebutuhan Bahan Bakar	34
Tabel 4.3 Saripati Kedelai	34
Tabel 4.4 Massa Air	35
Tabel 4.5 Massa Uap	36
Tabel 4.6 Kebutuhan Bahan Bakar	37
Tabel 4.7 Saripati Kedelai	38
Tabel 4.8 Massa Air	39
Tabel 4.9 Massa Uap	39
Tabel 4.10 Pengamatan dan Perhitungan Penggunaan Bahan Bakar dan Energi Uap Sebagai Pemanas Tahu	41
Tabel 4.11 Pengamatan dan Perhitungan Penggunaan Bahan Bakar dan Energi Uap Sebagai Pemanas Tahu	42
Tabel 4.12 Data Bahan Baku 1 Kg	42
Tabel 4.13 Data Bahan Baku 2 Kg	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ketel Pipa Api (<i>fire tube boiler</i>)	5
Gambar 2.2 Ketel Pipa Air (<i>water tube boiler</i>)	6
Gambar 2.3 Bagan alir siklus Rankine sederhana	8
Gambar 2.4 Diagram T-s Siklus Rankine sederhana	8
Gambar 2.5 <i>Boiler</i>	8
Gambar 2.6 Drum	9
Gambar 2.7 Ruang Bakar	9
Gambar 2.8 Pipa Api	10
Gambar 2.9 Gelas Ukur	10
Gambar 2.10 Cerobong Asap	11
Gambar 2.11 Katup Uap (<i>Steam Valve</i>)	11
Gambar 2.12 <i>Safety Valve</i>	12
Gambar 2.13 Thermometer Air	12
Gmabar 2.14 Presure Gauge	13
Gambar 2.15 Blower	13
Gmabar 2.16 Bahan Bakar Cangkang Sawit	14
Gambar 2.17 Diagram T-s	17
Gambar 3.1 Thermometer	21
Gambar 3.2 Presure Gauge	21
Gambar 3.3 Ember Atau drum 40 liter	22
Gambar 3.4 Timbangan	22
Gambar 3.5 Blender	23
Gambar 3.6 Termokopel 4 Cabang	23
Gmabar 3.7 Kunci Inggris	24
Gambar 3.8 Stopwatch	24
Gambar 3.9 Bagan Diagram Alir	25
Gambar 3.10 Rancangan Mini <i>Boiler</i>	26
Gambar 3.11 Menimbang Air	27
Gambar 3.12 Menimbang Bahan Bakar	27
Gambar 3.13 Memasukan Air kedrum <i>Boiler</i>	28
Gambar 3.14 Set-Up Alat	28
Gambar 3.15 Menghidupkan Bahan Bakar	29
Gambar 3.16 Buka Katu Uap	29
Gambar 3.17 Saripati Mendidih	30
Gambar 3.18 Cetakan Tahu	30
Gambar 3.19 Tahu	30
Gambar 3.20 Bahan Bakar Akhir	31
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Bahan Bakar dengan Uap Air	39
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Bahan Bakar dengan Energi Uap Untuk Saripati	39
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Bahan Bakar dengan Uap Air	40
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Bahan Bakar dengan Energi Uap Untuk Saripati	40

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
Q_{in}	Energi Bahan Bakar	J
m_{bb}	Berat Bahan Bakar	Kg
HHV	High heating value	kJ/kg
LHV	Low heating value	kJ/kg
c	Nilai Kalor Bahan Bakar	J/kg
Q_p	Energi Menaikan Suhu	J
m	Massa Bahan Baku	Kg
C_p	Kalor jenis Uap	J/Kg°C
Δt	Temperatur	°C
hfg	Panas Laten Air	J/Kg
Qp_{Uap}	Energi Menguapkan Air	J
m_{air}	Massa Air	Kg
m_{uap}	Massa Uap	Kg
Qp_{out}	Energi Total	J

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era sekarang ini dunia industri banyak mengalami kemajuan yang pesat, dengan demikian menimbulkan persaingan yang ketat antara perusahaan. Salah satu mesin industri yang sangat berperan penting adalah mesin *boiler*, setiap perusahaan industri pada era sekarang dipastikan ada mesin *boiler* yang fungsinya untuk menghasilkan uap (steam). Uap tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan seperti destilasi daun serai wangi, membuat tahu dan lain-lain (Muzaki & Mursadin, 2019).

Perkembangan ilmu teknologi saat ini dapat mendukung perkembangan alat-alat produksi pada industri tahu. Salah satunya teknologi dalam bidang konversi energi yang memunculkan banyak ide-ide kreatif untuk memanfaatkannya pada dunia industri. Mesin-mesin konversi energi menjadi sumber tenaga yang akan mengoperasikan berbagai mesin produksi dalam suatu industri. Salah satu mesin konversi energi adalah *boiler* atau ketel uap. *Boiler* mampu merubah air menjadi uap air yang dapat dimanfaatkan tekanan maupun panas dari uap air tersebut. Pada skala yang besar *boiler* digunakan untuk instalasi tenaga atau pembangkit tenaga melalui turbin uap. Industri kecil dan menengah banyak memanfaatkan *boiler* untuk proses pengolahan dan pemanasan dengan memanfaatkan panas dari uap air yang dihasilkan (Pendidikan et al., 2013).

Boiler atau ketel uap merupakan mesin kalor (*thermal engineering*) yang digunakan untuk mentransfer energi-energi kimia atau energi otomis menjadi kerja atau usaha (Pendidikan et al., 2013). Pembuatan ketel uap/*boiler* biasanya banyak memakan biaya, salah satu cara untuk meminimalkan biaya tersebut adalah memanfaatkan bahan bekas seperti drum berbahan galvanis yang biayanya lebih terjangkau, selain harganya yang terjangkau manfaat lainnya adalah mengurangi limbah drum yang menumpuk, drum berbahan galvanis juga memiliki karakteristik yang lumayan baik untuk dijadikan *boiler*. *Boiler* sebagai penghasil uap yang dipakai untuk sumber energi merupakan suatu alur produksi dalam suatu industri

pangan ataupun industri lainnya karena sangat vital fungsinya dalam proses produksi(Maskyur, 2015).

Tahu merupakan salah satu makanan tradisional yang populer di Indonesia. Bahan dasar makanan ini diolah dari kacang kedelai. Pada proses pembuatan tahu ini bahan bakunya yaitu kacang kedelai, air, dan bumbu yang lainnya. Proses pembuatan tahu umumnya masih dilakukan dengan alat tradisional, Proses perebusan dilakukan yaitu dengan menggunakan dandang yang dipanaskan diatas api dengan bahan bakar kayu. Namun di era sekarang proses perebusan tahu bisa dilakukan dengan cara mudah yaitu dengan cara *steam* uap (sistem uap). Tujuan perebusan adalah untuk mendenaturasi protein dari kedelai sehingga protein mudah terkoagulasi saat penambahan bumbu. Titik akhir perebusan ditandai dengan timbulnya gelembung-gelembung panas dan mengentalnya larutan/bubur kedelai.

Penelitian yang akan dilakukan adalah pemanfaatan energi uap mini *boiler* sebagai pemanas tahu dan berapa massa bahan bakar yang terpakai dengan metode langsung dengan mengumpulkan data yang dibuat dengan menggunakan bahan bakar cangkang saawit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah “Bagaimana manfaat energi uap mini *boiler* sebagai pemasakan saripati kedelai dan berapa konsumsi bahan bakar yang digunakan”

1.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan data eksperimental yang dilakukan maka ruang lingkup yang diperoleh yaitu :

1. Menggunakan bahan bakar Cangkang sawit.
2. Volume air 30 liter.
3. Drum mini *boiler* berbahan Stainless Steel.
4. Tekanan 2 bar.
5. Mini *boiler* skala home industri.
6. Bahan Baku Kedelai yang divariasikan 1 kg dan 2 kg.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian alat penghasil uap panas ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Menghitung konsumsi bahan bakar yang digunakan saat pemasakan sari pati kedelai dengan variasi bahan baku.
2. Untuk Menghitung massa energi uap yang dihasilkan.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Merupakan salah satu bekal mahasiswa sebeum terjun kedunia industri, sebagai modal persiapan untuk mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi para peneliti yang ingin mendalami tentang *boiler* drum galvanis..
3. Untuk dapat digunakan oleh masyarakat khususnya petani yang membutuhkan *boiler*

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Boiler

Boiler atau ketel uap adalah suatu alat yang berupa bejana tertutup yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap(*steam*) atau dengan kata lain mentransfer panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar (baik dalam bentuk padat, cair atau gas) sehingga air berubah wujud menjadi uap (Pendidikan et al., 2013). Di dalam *boiler*, energi kimia dari bahan bakar diubah menjadi panas melalui proses pembakaran dan panas yang dihasilkan sebagian besar diberikan kepada air yang berada di dalam ketel, sehingga air berubah menjadi uap. *Boiler* didukung menggunakan peralatan-peralatan khusus seperti *Safety valve*, *Level Glass*, *Block Valve*, *Burner* pembakaran dan alat bantu lainnya.

Boiler atau ketel uap yang digunakan untuk penelitian ini adalah *boiler* sederhana yang berjenis *boiler* tabung air, *boiler* ini dibuat dari drum bekas berbahan galvanis dan menggunakan bahan bakar kayu sebagai bahan bakar, *boiler* ini terdiri dari ruang bakar (*furnace*), tabung air (*water tube*), dan cerobong asap. Dan juga terdapat komponen-komponen yang lain seperti *safety valve*, *stop kran*, *preassure gauge*, dan *thermometer*.

2.2 Prinsip Kerja Boiler

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dipindahkan ke air sampai terbentuk uap. Uap pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, volumenya akan meningkat sekitar 1.600 kali.(R. Sinaga, 2015).

Sistem *boiler* terdiri dari : sistem air umpan, sistem uap dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan (*feed water system*) merupakan sistem yang berguna untuk mengalirkan air umpan ke dalam *boiler*. Sistem steam (*steam system*) merupakan sistem yang berguna untuk mengontrol proses produksi steam dan mengumpulkan berbagai data dalam *boiler* dengan cara mengalirkan uap ke titik pengguna dengan menggunakan sistem pemipaan. Sistem bahan bakar (*fuel*

system) merupakan sistem yang berguna untuk mengontrol proses pembakaran dengan cara mensuplai bahan bakar ke dalam dapur pembakaran.

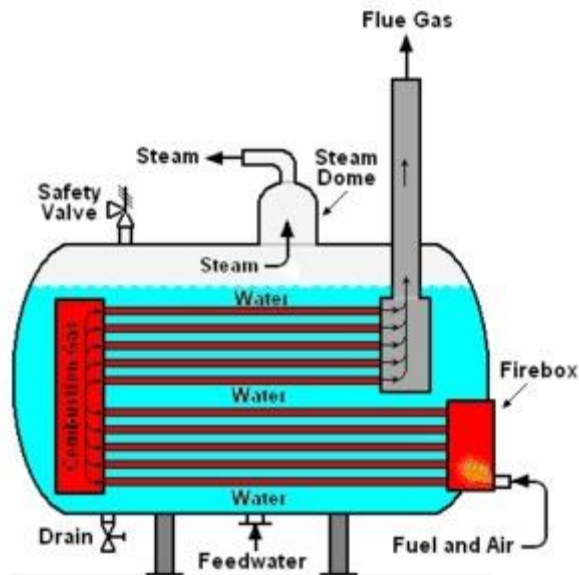
2.3 Klasifikasi *Boiler*

Boiler/ketel uap pada dasarnya terdiri dari tabung (drum) yang tertutup dan dalam perkembangannya di lengkapi dengan Ketel pipa api (*fire tube boiler*), pipa air, dan Kombinasi *Boiler* Pipa-Api dengan Pipa-Air *Firebox*.(P. Batubara, 2014)

2.3.1 Ketel pipa api (*fire tube boiler*)

Pada ketel pipa api, fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala (hasil pembakaran), yang membawa energi panas (*thermal energy*), yang segera mentransfernya ke air ketel melalui bidang pemanas (*heating surface*). Tujuan pipa-pipa api ini adalah untuk memudahkan distribusi panas (kalor) kepada air ketel.

Api/gas asap mengalir dalam pipa sedangkan air/uap diluar pipa Drum berfungsi untuk tempat air dan uap, disamping itu drum juga sebagai tempat bidang pemanas. Bidang pemanas terletak di dalam drum, sehingga luas bidang pemanas yang dapat dibuat terbatas.

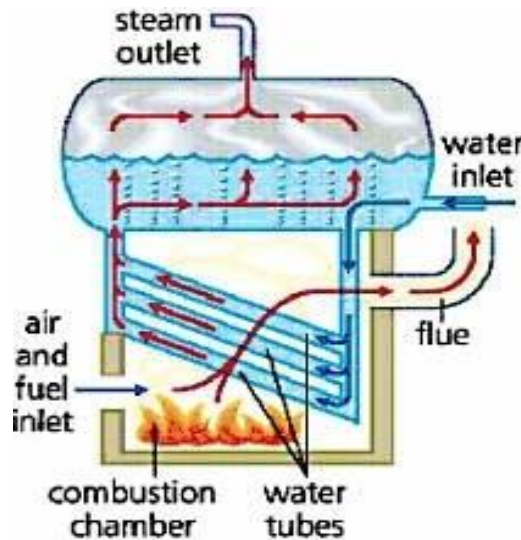


Gambar 2.1 Ketel pipa api (*fire tube boiler*)

2.3.2 Ketel pipa air (*water tube boiler*)

Pada ketel pipa air, fluida yang mengalir dalam pipa adalah air, energi panas ditransfer dari luar pipa (yaitu ruang dapur) ke air ketel.

Cara kerja : proses pengapian terjadi diluar pipa, kemudian panas yang dihasilkan memanaskan pipa yang berisi air dan sebelumnya air tersebut dikondisikan terlebih dahulu melalui economizer, kemudian uap yang dihasilkan terlebih dahulu dikumpulkan di dalam sebuah drum uap. Sampai tekanan dan temperatur sesuai, melalui tahap secondary superheater dan primary superheater baru uap dilepaskan ke pipa utama distribusi. Didalam pipa air, air yang mengalir harus dikondisikan terhadap mineral atau kandungan lainnya yang larut.



Gambar 2.2 Ketel pipa air (*water tube boiler*)

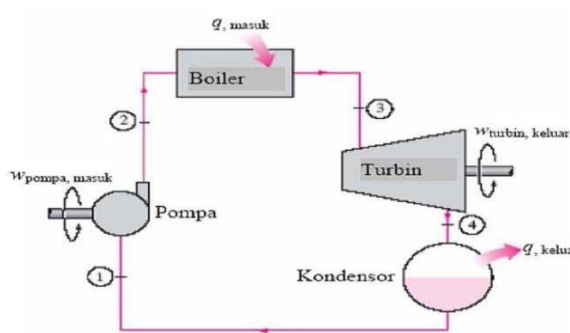
2.3.3 Kombinasi *Boiler* Pipa-Api dengan Pipa-Air *Firebox*

Boiler jenis ini merupakan kombinasi antara *boiler* pipa-api dengan pipa-air. Sebuah *firebox* didalamnya terdapat pipa-pipa berisi air, uap air yang dihasilkan mengalir ke dalam *barrel* dengan pipa-api didalamnya. *Boiler* jenis ini diaplikasikan pada beberapa kereta uap, namun tidak terlalu populer dipergunakan.

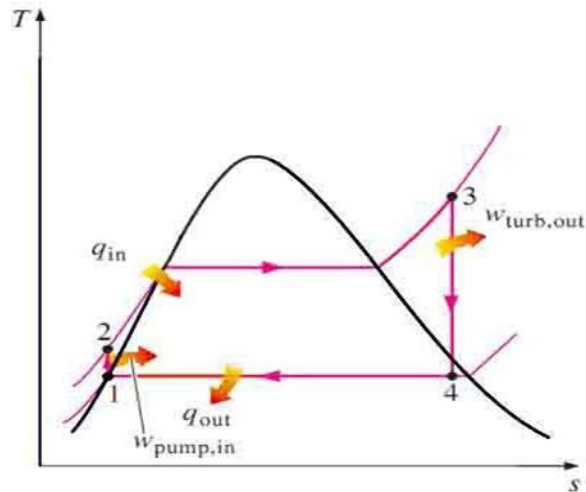
2.4 Siklus Rankine

Siklus Rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah energi termal menjadi kerja. Panas yang disuplai secara eksternal pada aliran tertutup, yang biasanya menggunakan air sebagai fluida kerjanya (Pembimbing et al., 2015). Siklus Rankine berbeda dengan siklus-siklus udara ditinjau dari fluida kerjanya yang mengalami perubahan fase selama siklus pada saat evaporasi dan kondensasi, oleh karena itu fluida kerja untuk siklus Rankine harus merupakan uap. Siklus Rankine ideal tidak melibatkan beberapa masalah irreversibilitas internal. Irreversibilitas internal dihasilkan dari gesekan fluida, throttling, dan pencampuran, yang paling penting adalah irreversibilitas dalam turbin dan pompa dan kerugian-kerugian tekanan dalam penukar-penukar panas, pipa-pipa, bengkokan-bengkokan, dan katup-katup.

Temperatur air sedikit meningkat selama proses kompresi isentropik karena ada penurunan kecil dari volume jenis air, air masuk *boiler* sebagai cairan kompresi pada kondisi 2 dan meninggalkan *boiler* sebagai uap kering pada kondisi 3. *Boiler* pada dasarnya penukar kalor yang besar dimana sumber panas dari pembakaran gas, reaktor nuklir atau sumber yang lain ditransfer secara esensial ke air pada tekanan konstan. Uap superheater pada kondisi ke 3 masuk ke turbin yang mana uap diexpansikan secara isentropik dan menghasilkan kerja oleh putaran poros yang dihubungkan pada generator listrik. Temperatur dan tekanan uap jatuh selama proses ini mencapai titik 4, dimana uap masuk ke kondensor dan pada kondisi ini uap biasanya merupakan campuran cairan-uap jenuh dengan kualitas tinggi. Uap dikondensasikan pada tekanan konstan di dalam kondensor yang merupakan alat penukar kalor mengeluarkan panas ke medium pendingin (American Journal of Sociology, 2019).



Gambar 2.3 Bagan alir siklus Rankine sederhana



Gambar 2.4 Diagram T-s Siklus *Rankine* Sederhana

2.5 Komponen *Boiler*

Komponen *boiler* terdiri dari komponen utama dan komponen bantu yang memiliki fungsinya masing-masing.



Gambar 2.5 *Boiler*
(Sumber :Fathurohman, 2015)

Komponen utama *boiler* terdiri dari:

1. Drum

Drum berfungsi sebagai tempat terjadinya penguapan yaitu merubah air menjadi uap, tangki ini berkapasitas 60 liter berbahan stainless steel.



Gambar 2.6 Drum
(Sumber : Fathurohman, 2015)

2. Ruang Bakar (*furnace*)

Ruang bakar (*furnace*) adalah dapur penerima panas bahan bakar untuk pembakaran, yang menerima panas dari bahan bakar secara radiasi, konveksi, konduksi.



Gambar 2.7 Ruang Bakar
(Sumber : Fathurohman, 2015)

3. Pipa Api

Pipa api digunakan sebagai transfer energi panas ,dari pipa-pipa yang dipanaskan tersebut di transfer segera ke air dalam bidang pemanas melalui dinding pipa panas.



Gambar 2.8 Pipa Api
(Sumber : Fathurohman, 2015)

4. Gelas Penduga/ Ukur

Gelas penduga berfungsi sebagai indicator untuk melihat tinggi air didalam drum.



Gambar 2.9 Selang Indicator Air
(Sumber: Fathurohman, 2015)

5. Cerobong Asap (*Chimney*)

Cerobong asap ini Berfungsi untuk membuang udara sisa pembakaran.



Gambar 2.10 Cerobong Asap (*Chimney*)
(Sumber: Fathurohman, 2015)

6. Katup uap (*steam valve*)

Katup uap berfungsi sebagai alat untuk membuka dan menutup aliran uap *boiler*.



Gambar 2.11 Katup uap (*steam valve*)
(Sumber: Fathurohman, 2015)

7. *Safety Valve*

Safety valve adalah alat yang berfungsi untuk membuang uap pada tekanan yang berlebih.



Gambar 2.12 *Safety Valve*
(Sumber: Fathurohman, 2015)

8. *Thermometer*

Thermometer berfungsi untuk mengukur temperatur *boiler*.



Gambar 2.13 *Thermometer*
(Sumber: Fathurohman, 2015)

9. *Pressure gauge*

Pressure gauge adalah alat ukur tekanan yang berfungsi untuk mengukur tekanan uap di dalam ketel.



Gambar 2.14 Pressure gauge
(Sumber: Fathurohman, 2015)

10. Blower

Blower berfungsi sebagai penyuplai udara untuk pembakaran.



Gambar 2.15 Blower

2.6 Bahan Bakar

Bahan bakar (*fuel*) adalah suatu materi apapun (American Journal of Sociology, 2019) yang bias diubah menjadi energy atau sesuatu bahan yang dapat di bakar. Umumnya bahan bakar yang mengandung energi panas dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Bahan bakar yang di bakar akan menghasilkan panas (*kalor*). Proses pembakaran terjadi di ruang bakar (*furnance*) merupakan proses kimia antara bahan bakar dan udara (Yang et al., 2017).

Berbagai jenis bahan bakar seperti bahan bakar cair, padat, dan gas yang tersedia tergantung pada berbagai factor ketersediaan, biaya, penyimpanan, dan lain-lain.

Berdasarkan bentuk atau wujudnya bahan bakar dibagi menjadi 3 jenis yaitu :

1. Bahan bakar padat

Bahan bakar padat merupakan bahan bakar yang berbentuk padat, bahan bakar yang terdapat di bumi kita ini berasal dari zat-zat organik. Bahan bakar padat mengandung unsur-unsur antara lain : Zat arang atau Karbon (C), zat lemak atau Nitrogen (N), Hidrogen (H), Belerang (S), zat asam atau Oksigen (O) Abu dan Air yang kesemuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia. Kebanyakan bahan bakar padat menjadi sumber energi panas misalnya cangkang sawit, serat buah kelapa sawit (*fiber*), dan kulit kayu.



Gambar 2.16 Bahan Bakar Cangkang Sawit

2. Bahan bakar cair

Bahan bakar cair adalah bahan bakar yang strukturnya tidak rapat, jika dibandingkan dengan bahan bakar padat molekulnya yang dapat bergerak bebas. Bahan bakar cair berasal dari minyak bumi. Minyak bumi didapat dari dalam tanah dengan jalan mengebornya pada ladang-ladang minyak, dan memompanya sampai ke atas permukaan bumi, untuk selanjutnya diolah lebih lanjut menjadi berbagai jenis minyak bakar.

3. Bahan bakar gas

Bahan bakar gas ada dua jenis, yakni *Compressed Natural Gas* (CNG) dan *Liquid Petroleum Gas* (LPG). CNG pada dasarnya terdiri dari metana sedangkan

LPG adalah campuran dari propana, butana dan bahan kimia lainnya. Di dalam tanah banyak terkandung gas Bumi (Petrol Gas) atau sering disebut pula dengan gas alam, yang timbul pada saat proses pembentukan minyak bumi, gas tambang, dan gas rawa CH_4 (*Methane*). Seperti halnya dengan minyak bumi, gas alam tersebut diperoleh dengan jalan pengeboran dari dalam tanah. Bahan bakar yang digunakan untuk *boiler* sederhana ini adalah kayu bakar.

2.7 Nilai Kalor

Besarnya entalphy reaksi dapat dinyatakan dengan kalor pembakaran atau disebut juga nilai kalor. Nilai kalor dari bahan bakar menurut Sneed dan Kerr (1969) adalah energi yang dapat dibebaskan selama proses pembakaran yang komplek dari sejumlah bahan bakar. Nilai kalor ini dapat diukur sebagai nilai kalor kotor (*gross calorific value*) dan nilai kalor netto (*nett calorific value*). Nilai kalor kotor mengasumsikan seluruh uap air yang dihasilkan selama proses pembakaran sepenuhnya terkondensasi menjadi cair. Sedangkan nilai kalor netto mengasumsikan air yang keluar dari produk pembakaran tidak sepenuhnya terkondensasi (Nabawiyah et al., 2012).

Menurut Koesoemadinata (1980), nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gr air dari 3,50 C – 4,50 C, dengan satuan kalori. Dengan kata lain nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar. Semakin tinggi berat jenis bahan bakar, maka semakin tinggi nilai kalor yang diperolehnya.

Syachry (1982) menyatakan bahwa yang sangat mempengaruhi nilai kalor kayu adalah zat karbon, lignin, dan zat resin, sedangkan kandungan selulosa kayu tidak begitu berpengaruh terhadap nilai kalor kayu.

a. Penentuan Nilai Kalor Bahan Uji

Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi yang dihasilkan, dan diukur sebagai nilai kalor kotor (*gross calorific value*) atau nilai kalor netto (*nett calorific value*). Pengujian nilai kalor Kalorimetri adalah suatu metode yang mempelajari jumlah panas/kalor berdasarkan perubahan temperatur. Untuk itu persamaan yang digunakan dalam pengujian nilai kalor adalah dengan

menggunakan persamaan dasar $NK = Q_{air}M$ dengan NK adalah nilai kalor, Q adalah energi kalor pada air dan M adalah besarnya massa yang dimiliki oleh bahan dasar bahan bakar, sehingga dengan beberapa bahan dasar yang memiliki nilai densitas yang berbeda akan didapatkan korelasi antara nilai densitas dengan nilai kalor (Nabawiyah et al., 2012).

Nilai kalor bahan bakar dapat dibedakan menjadi dua golongan berdasarkan fasa salah satu produk pembakaran yaitu (H₂O)air: (Yang et al., 2017)

1. Nilai Kalor Pembakaran Tinggi

Nilai kalor pembakaran tinggi atau juga dikenal dengan istilah *High Heating Value* (HHV) adalah nilai pembakaran dimana panas pengembunan air dari proses pembakaran ikut diperhitungkan sebagai panas dari proses pembakaran. Dirumuskan dengan:

$$HHV = 33950C + 144200 (H_2 - O_2/8) + 9400S \text{ kj/kg}$$

2. Nilai Kalor Pembakaran Rendah

Nilai kalor pembakaran rendah atau juga dikenal dengan istilah *Low Heating Value* (LHV) adalah nilai pembakaran dimana panas pengembunan uap air dari hasil pembakaran tidak ikut dihitung sebagai panas dari proses pembakaran. Dirumuskan dengan:

$$LHV = HHV - 2400 (M + 9H_2) \text{ kj/kg}$$

2.8 Proses Pembentukan Uap

Pada umumnya air (H₂O) digunakan untuk fluida kerja di ketel uap, karena bersifat ekonomis, mudah di peroleh, jumlah yang tersedia banyak, dan mempunyai kandungan entalpi yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan fluida yang lain.

Uap air adalah sejenis fluida yang merupakan fase gas dari air, bila mengalami pemanasan sampai temperatur didih dibawah tekanan tertentu. Uap air tidak berwarna, bahkan tidak terlihat bila dalam keadaan murni kering. Uap air dipakai pertama sekali sebagai fluida kerja adalah oleh James Watt yang terkenal sebagai penemu Mesin Uap Torak.

Uap air tidak mengikuti hukum-hukum gas sempurna, sampai dia benarbenar kering (kadar uap 100%). Bila uap kering dipanaskan lebih lanjut maka dia menjadi uap panas (panas lanjut) dan selanjutnya dapat dianggap sebagai gas sempurna.

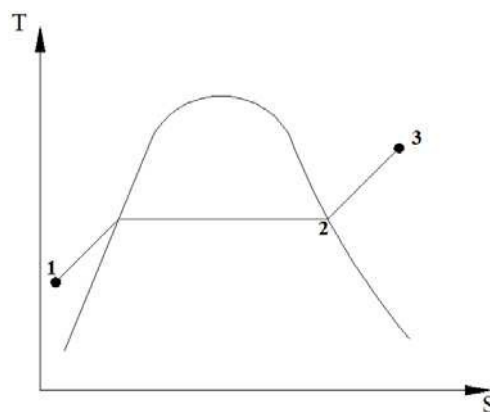
Uap air terbentuk dalam 2 jenis, yaitu :

1. Uap saturasi basah
2. Uap saturasi kering

Sebagaimana kita ketahui bahwa pada pemanasan air dan penguapan berlangsung pada tekanan tetap. Begitu pula pada pemanasan lanjut uap berlangsung pada tekanan tetap. Entropi uap pada tekanan tetap, terdiri dari :

1. Kenaikan entropi air selama pemanasannya dari titik lebur sampai ketitik didih di bawah tekanan tertentu
2. Kenaikan entropi selama peristiwa penguapan
3. Kenaikan entropi selama pemanasan lanjut.

Penguapan adalah proses terjadinya perubahan fasa dari cairan menjadi uap.apabila air di panaskan maka suhu air akan naik, niaknya suhu air akan mengakibatkan meningkatnya kecepatan gerak molekul air. Jika di panaskan terus menerus secara perlahan, maka kecepatan gerak air akan semakin meningkat pula, dan sampai pada titik dimana molekul-molekul air akan mampu melepaskan diri dari lingkungannya (100°C) pada tekanan $1[\text{kg}/\text{cm}^2]$,maka air secara berangsur-angsur akan berubah fasa menjadi uap. (Batubara, 2014)



Gambar 2.17 Diagram T-s

Keterangan :

- 1-2 : Pipa-pipa evaporator pipa penguap
2-3 : Pipa-pipa superheater

1-3 : Proses pemanasan air dan uap pada ketel uap

2.9 Pemanfaatan energi uap pada pemasakan tahu

Tahu merupakan salah satu makanan tradisional yang populer. Bahan makanan ini diolah dari kacang kedelai. Pada proses pembuatan tahu ini bahan baku yang yaitu kedelai, air, dan bahan penggumpal tahu atau asam cuka. Proses pembuatan tahu umumnya terdiri beberapa tahap yaitu:

1. Siapkan bahan baku kedelai dengan variasi 1kg dan 2kg ,bubuk penggumpal tahu (asam cuka) dan air secukupnya ,lalu lakukan perendaman sekitar 3-4 jam
2. Setelah itu lakukan pencucian kedelai sampai bersih
3. Setelah kedelai bersih lakukan penggilingan
4. Saring bubur kedelai yang telah digiling dengan campurkan air secukupnya.
5. Setelah bubur kedelai disaring dan tersisa hanya sari pati nya saja rebus sari pati nya dengan uap yang dihasilkan steam water yang telah dipanaskan.
6. Sari pati yang telah mendidih setelah dipanaskan oleh uap tersebut didinginkan sejenak sekitar 5 menit lalu campurkan dengan bahan penggumpal tahu atau asam cuka yang telah disediakan dengan takaran 1kg kedelai bubuk penggumpal tahu $2\frac{1}{2}$ sendok makan dan 2kg kedelai bubuk penggumpal tahu 5 sendok makan.
7. Setelah dicampurkan pindahkan adonan tahu ke cetakan tahu yang telah disediakan dan lakukan pengepresan dengan menggunakan pemberat sekitar 10-15 menit.
8. Setelah itu potong tahu sesuai keinginan dan berikan sedikit air ketempat tahu agar tahu bertahan lama.(Repository et al., 2021).

Proses perebusan bubur kedelai pada industri tahu umumnya masih dilakukan dengan alat konvensional. Proses perebusan dilakukan yaitu dengan menggunakan dandang yang dipanaskan diatas api dengan bahan bakar kayu. Proses perebusan kedelai juga dapat dilakukan dengan menggunakan pemanasan

sistem uap. Proses perebusan ini dilakukan di sebuah bak berbentuk bundar yang dibuat dari semen atau dari logam yang di bagian bawahnya terdapat pemanas uap. Uap panas berasal dari ketel uap atau *boiler* yang dialirkan melalui pipa besi.

Bahan bakar yang digunakan sebagai sumber panas adalah kayu bakar. Tujuan perebusan adalah untuk mendenaturasi protein dari kedelai sehingga protein mudah terkoagulasi saat penambahan bumbu. Titik akhir perebusan ditandai dengan timbulnya gelembung-gelembung panas dan mengentalnya larutan/bubur kedelai (Pendidikan et al., 2013)

2.10 Metode perhitungan

Untuk nilai Q_{in} diperoleh dari energi panas yang dihasilkan bahan bakar cangkang sawit dengan menggunakan rumus :

$$Q_{in} = m_{bb} \times LHV$$

Energi yang digunakan untuk memanaskan bahan baku (sari pati kedelai) dapat diketahui dengan cara mengukur suhu awal bahan baku tersebut hingga mendidih atau bergelembung. Suhu titik didih dikurangi suhu awal setelah dapat hasilnya lalu dikalikan dengan massa bahan baku dan kalor jenis uap :

$$Q_p = m \times c_p \times \Delta t$$

Menghitung massa air menjadi uap :

$$m_{air yang menjadi uap} = m_{awal} - m_{akhir}$$

Energi untuk menguapkan air menjadi uap air untuk memask sari pati kedelai :

$$Q_{p_{uap}} = m_{uap} \times h_{fg}$$

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Jl. Gunung Krakatau No.204, Pulo Brayan Darat 1, Kecamatan Medan Timur, Kota Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara seperti yang tertera pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu					
		1	2	3	4	5	6
1	Study Literatur Dan Desain						
2	Pembuatan Alat Dan Pengujian						
3	Pengambilan Data						
4	Analisa Data						
5	Seminar Hasil						
6	Sidang Sarjana						

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan sebagai berikut:

1. Termometer

Digunakan untuk mengukur uap pada *boiler* dengan spesifikasi 0°C – 300°C



Gambar 3.1 Thermometer

2. Pressure Gauge

Digunakan untuk mengukur tekanan uap di dalam ketel dengan spesifikasi 0-2.5 bar dan 35 psi.



Gambar 3.2 Pressure Gauge

3. Drum 40 liter

Drum ini berkapasitas 40 liter digunakan untuk mengukur berapa banyak air yang akan dimasukkan ke dalam *boiler*.



Gambar 3.3 Drum 40 liter

4. Timbangan

Timbangan ini di gunakan untuk menimbang berapa berat bahan bakar yang akan digunakan untuk memanaskan *boiler* dan menimbang berat kedelai yang akan diuji coba dengan spesifikasi timbangan 0-150kg .



Gambar 3.4 Timbangan

5. Blender

Blender ini kegunaannya untuk menggiling atau menghaluskan kacang kedelai menjadi bubur kedelai.



Gambar 3.5 Blender

6. Thermokopel 4 cabang

Thermokopel digunakan sebagai pengukur suhu titik awal saripati hingga titik didih saripati



Gambar 3.6 Thermokopel 4 Cabang

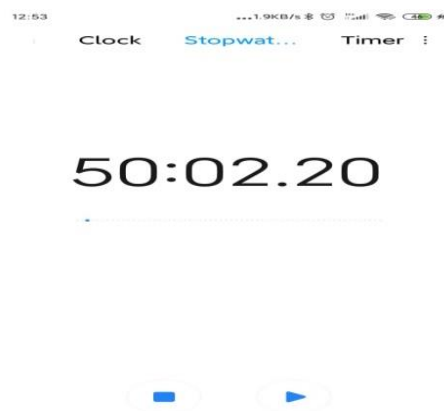
7. Kunci Inggris

Kunci Inggris digunakan untuk membuka dan menutup pipa air masuk dan pipa air keluar



Gambar 3.7 Kunci Inggris

8. Stopwatch



Gambar 3.8 Stopwatch

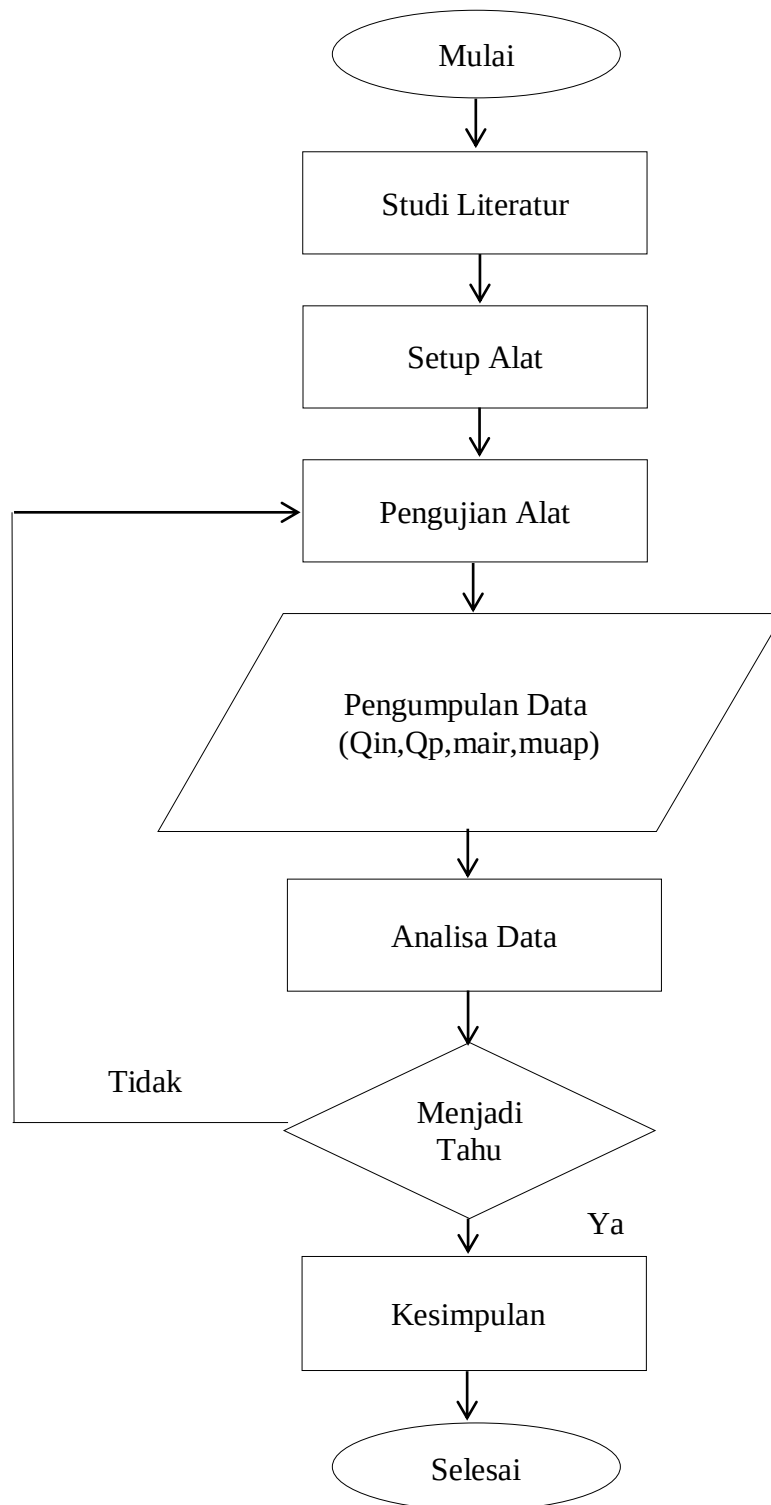
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah data yang diperoleh dari observasi.

Adapun bahan yang digunakan sebagai berikut:

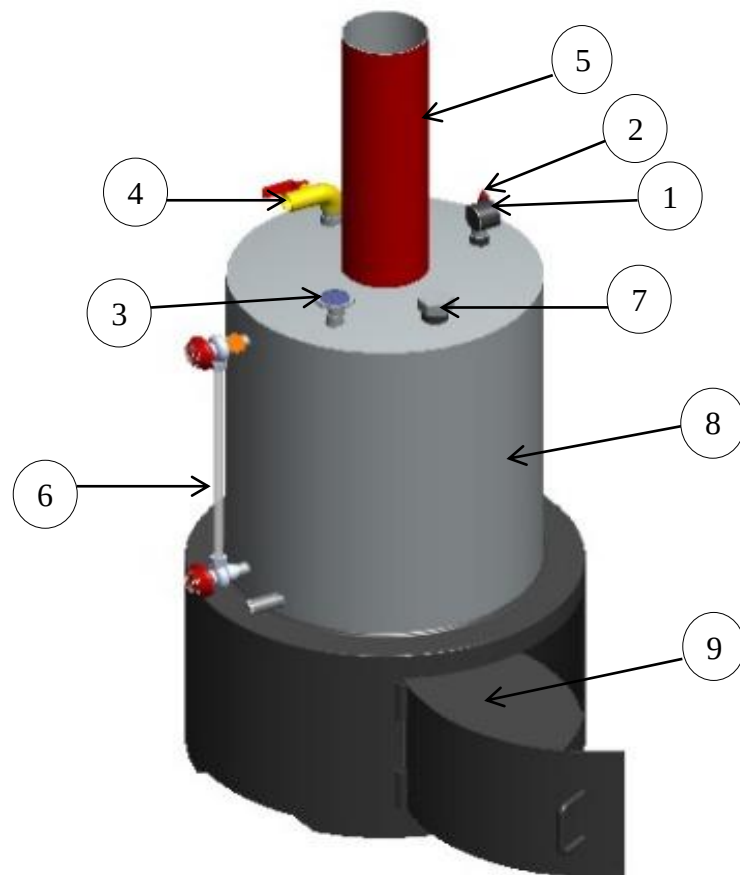
1. Air
2. Cangkang sawit
3. Kacang Kedelai

3.3 Bagan Diagram Alir



Gambar 3.9 Diagram Alir

3.4 Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.10 Rancangan Mini Boiler

Keterangan :

1. *Pressure Gauge*
2. *Safety Valve*
3. *Thermometer*
4. Katup Uap
5. Cerobong Asap
6. Gelas Penduga
7. Air Masuk
8. Drum
9. Ruang Bakar Atau Tungku

3.5 Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen (*experimental study*). Data yang dikumpulkan adalah data primer dari hasil eksperimen dan didukung data skunder.

Data primer yang dikumpulkan adalah data pengujian mini *boiler* dan bahan bakar yang digunakan. data pengujian mini *boiler* mencakup kapasitas produksi uap (kg/jam) dan massa uap (tekanan dan suhu) yang dihasilkan, bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar biomassa yaitu cangkang sawit. Data bahan bakar biomassa didapatkan dari study literatur sebagai data skunder.

Kapasitas mini *boiler* dianalisis berdasarkan hasil dari air yang menjadi uap persatuan waktu, (kg/jam). Untuk menghitung energi uap yang dipakai sebagai pemasakan sari pati kedelai.

Prosedur setup alat dan pengambilan data pengujian steam water yaitu :

1. Pertama-tama letakan ember ketimbangan,lalu netralkan timbangan hingga ketitik nol lalu timbang air seberat 30 kg yang akan dimasukan kedalam drum *boiler*.



Gambar 3.11 Menimbang Air

2. Pertama-tama letakan ember ketimbangan,lalu netralkan timbangan hingga ketitik nol lalu timbang bahan bakar seberat 10 kg yang akan dimasukan kedalam ruang bakar.



Gambar 3.12 Menimbang bahan bakar

3. Masukkan air yang sudah ditimbang kedalam drum mini *boiler*, lalu tutup drum dengan penutupnya.



Gambar 3.13 Memasukan air kedalam drum *boiler*

4. Setelah itu siapkan setup alat untuk pengambilan data seperti pressure gauge, thermometer, stopwatch, dan alat tulis untuk mencatat data.



Gambar 3.14 Set-up alat

5. Masukkan bahan bakar kedalam ruang bakar, lalu nyalakan api untuk membakar bahan bakar, bahan bakar di masukkan secara bertahap ke ruang pembakaran agar terjadi proses pemanasan. Pada tahap ini di lakukan sampai tekanan mencapai 2 bar.



Gambar 3.15 Menghidupkan Bahan bakar

6. Setelah tekanan 2 bar buka katup uap untuk memasak sari pati yang telah disiapkan sebelumnya dan catat data diawal pengukuran suhu awal sari pati kedelai sampai sari pati kedelai mendidih, pengambilan data diambil permenit sampai sari pati kedelai bergelembung atau mendidih.



Gambar 3.16 Buka katup uap

7. Setelah sari pati kedelai mendidih diamkan sejenak, lalu siapkan bahan campuran penggumpal tahu atau asam cuka untuk sari pati kedelai dan campurkan sari pati kedelai dengan bahan penggumpal tahu tersebut.



Gambar 3.17 Sari pati Mendidih

8. Setelah sari pati tercampur dengan asam cuka pindahkan adonan tahu ke cetakan tahu yang telah disediakan dan lakukan pengepresan dengan alat pemberat sekitar 10-15 menit.



Gambar 3.18 Cetakan Tahu

9. Potong tahu sesuai keinginan dan rendam sedikit tahu dengan air agar lebih tahan lama.



Gambar 3.19 Tahu

10. Setelah proses pemasakan tahu selesai hitung total bahan bakar yang digunakan dan diukur dengan menimbang sisa bahan bakar

yang tersisa, dan jumlah uap yang dihasilkan diukur dari jumlah air yang berkurang.



Gambar 3.20 Bahan Bakar Akhir

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Bahan Bakar *Boiler*

Bahan bakar yang digunakan pada *boiler* untuk memasak saripati kedelai adalah cangkang sawit dengan komposisi :

Tabel 4.1 Komposisi Bahan Bakar Cangkang

No	Komposisi	Cangkang Sawit (%)
1	Karbon (C)	51,14
2	Hidrogen (H)	3,36
3	Oksigen (O ₂)	43,3
4	Nitrogen (N ₂)	1,65
5	Sulfur (S)	0
6	Kadar Abu (Ash)	0,5

4.1.1 Analisa nilai kalor bahan bakar cangkang sawit

1. Perhitungan nilai kalor tinggi (High Heating Value/HHV)

$$HHV = 33950C + 144200\left(H_2 - \frac{O_2}{8}\right) + 9400Skj / kg$$

$$HHV = 33950(0,5114) + 144200\left(0,0336 - \frac{0,433}{8}\right) + 9400(0)kj / kg$$

$$HHV = 17362,03 + 144200(0,0336 - 0,054125) + 0kj / kg$$

$$HHV = 17362,03 + 144200(-0,020525) + 0kj / kg$$

$$HHV = 17362,03 + (-2959,705) + 0kj / kg$$

$$HHV = 14402,325 \times 1000 j / kg$$

$$HHV = 14402325 j / kg$$

2. Perhitungan nilai kalor rendah (Low Heating Value/LHV)

$$LHV = HHV - 2411(M + 9H_2)kj / kg$$

$$LHV = 14402,325 - 2411(0,075 + 9(0,0336))kj / kg$$

$$LHV = 14402,325 - 2411(0,075 + 0,3024) \text{ kJ / kg}$$

$$LHV = 14402,325 - 2411(0,3774) \text{ kJ / kg}$$

$$LHV = 14402,325 - 909,9114 \text{ kJ / kg}$$

$$LHV = 13492,4136 \text{ kJ / kg} \times 1000 \text{ J / kg}$$

$$LHV = 13492413,6 \text{ J / kg}$$

4.2 Perhitungan Analisa Data Bahan Baku Kacang Kedelai 1 Kg.

4.2.1 Perhitungan Energi Bahan Bakar

Dari hasil eksperimental pada tekanan 2 bar diperoleh data

Tabel 4.2 Kebutuhan Bahan Bakar

Kegiatan Percobaan	Kebutuhan Bahan Bakar (Kg)
1	7,7
2	7
3	5,5

dengan nilai $LHV = 13492413,6 \text{ J / kg}$, Jadi untuk menghitung energi bahan bakar digunakan rumus:

1. Percobaan Pertama

$$Qin_1 = m_{bb} \times LHV$$

$$Qin_1 = 7,7 \text{ kg} \times 13492413,6 \text{ J / kg}$$

$$Qin_1 = 103891584,72 \text{ J}$$

2. Percobaan kedua

$$Qin_2 = m_{bb} \times LHV$$

$$Qin_2 = 7 \text{ kg} \times 13492413,6 \text{ J / kg}$$

$$Qin_2 = 94446895,2 \text{ J}$$

3. Percobaan ketiga

$$Qin_3 = m_{bb} \times LHV$$

$$Qin_3 = 5,5 \text{ kg} \times 13492413,6$$

$$Qin_3 = 74208274,8 \text{ J}$$

4.2.2 Perhitungan Energi Uap Untuk Menaikan Suhu

Dari hasil Eksperimental pada tekanan 2 bar diperoleh data

Tabel 4.3 Saripati Kedelai

Kegiatan Percobaan	Kebutuhan Bahan Baku (Kg)
1	5
2	6
3	6

dengan nilai $cp = 3782 \text{ j / kg}^\circ\text{C}$ diperoleh dari Jurnal(Repository et al., 2021), Jadi untuk menghitung energi uap untuk menaikkan suhu dapat menggunakan rumus:

1. Percobaan Pertama

$$Qp_1 = m_0 \times cp \times \Delta t$$

$$Qp_1 = 5 \text{ kg} \times 3782 \text{ j / kg}^\circ\text{C} \times (93,3 - 29,3)^\circ\text{C}$$

$$Qp_1 = 1210240 \text{ j}$$

2. Percobaan Kedua

$$Qp_2 = m_0 \times cp \times \Delta t$$

$$Qp_2 = 6 \text{ kg} \times 3782 \text{ j / kg}^\circ\text{C} \times (94,8 - 28,4)^\circ\text{C}$$

$$Qp_2 = 1506748,8 \text{ j}$$

3. Percobaan Ketiga

$$Qp_3 = m_0 \times cp \times \Delta t$$

$$Qp_3 = 6 \text{ kg} \times 3782 \text{ j / kg}^\circ\text{C} \times (90,2 - 29)^\circ\text{C}$$

$$Qp_3 = 1388750,4 \text{ j}$$

$$Qp_{total} = Qp_1 + Qp_2 + Qp_3$$

$$Qp_{total} = 1210240 \text{ j} + 1506748,8 \text{ j} + 1388750,4 \text{ j}$$

$$Qp_{total} = 4705739,2 \text{ j}$$

4.2.3 Perhitungan Massa Air Menjadi Uap

Dari hasil eksperimental pada tekanan 2 bar diperoleh data

Tabel 4.4 Massa Air

Kegiatan Percobaan	Massa Awal(Kg)	Massa Akhir(Kg)
1	30	27
2	30	28,5

dengan data yang didapat maka untuk menghitung massa air menjadi uap menggunakan rumus:

1. Percobaan Pertama

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 30\text{kg} - 27\text{kg}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 3\text{kg}$$

2. Percobaan Kedua

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 30\text{kg} - 28,5\text{kg}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 1,5\text{kg}$$

3. Percobaan Ketiga

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 30\text{kg} - 28,8\text{kg}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 1,2\text{kg}$$

4.2.4 Perhitungan Energi Untuk Menguapkan Saripati Kedelai

Dari hasil eksperimental pada tekanan 2 bar diperoleh data

Tabel.4.5 Massa Uap

Massa Uap (Kg)
3
1,5
1,2

dengan nilai $hfg = 2201,9 \text{ j / kg}$ diperoleh dari tabel, Jadi untuk menghitung energi untuk menguapkan saripati menggunakan rumus:

1. Percobaan Pertama

$$Qp_{\text{uap}} = m_{\text{uap}} \times hfg$$

$$Qp_{\text{uap}} = 3\text{kg} \times 2201,9 \text{ j / kg}$$

$$Qp_{\text{uap}} = 6605,7 \text{ j}$$

2. Percobaan Kedua

$$Qp_{uap} = m_{uap} \times hfg$$

$$Qp_{uap} = 1,5kg \times 2201,9 j / kg$$

$$Qp_{uap} = 3302,85 j$$

3. Percobaan Ketiga

$$Qp_{uap} = m_{uap} \times hfg$$

$$Qp_{uap} = 1,2kg \times 2201,9 j / kg$$

$$Qp_{uap} = 2642,28 j$$

4.3 Perhitungan Analisa Data Bahan Baku Kacang Kedelai 2 Kg.

4.3.1 Perhitungan Energi Bahan Bakar

Dari hasil eksperimental pada tekanan 2 bar diperoleh data

Tabel 4.6 Kebutuhan Bahan Bakar

Kegiatan Percobaan	Kebutuhan Bahan Bakar (Kg)
1	5,5
2	7,6
3	8

dengan nilai $LHV = 13492413,6 j / kg$, Jadi untuk menghitung energi bahan bakar digunakan rumus:

1. Percobaan Pertama

$$Qin_1 = m_{bb} \times LHV$$

$$Qin_1 = 5,5kg \times 13492413,6 j / kg$$

$$Qin_1 = 74208274,8 j$$

2. Percobaan kedua

$$Qin_2 = m_{bb} \times LHV$$

$$Qin_2 = 7,6kg \times 13492413,6 j / kg$$

$$Qin_2 = 102524343,36 j$$

3. Percobaan ketiga

$$Qin_3 = m_{bb} \times LHV$$

$$Qin_3 = 8kg \times 13492413,6 j / kg$$

$$Qin_3 = 107939308,8 j$$

4.3.2 Perhitungan Energi Uap Untuk Menaikan Suhu

Dari hasil Eksperimental pada tekanan 2 bar diperoleh data

Tabel 4.7 Saripati Kedelai

Kegiatan Percobaan	Kebutuhan Bahan Baku (Kg)
1	12,5
2	12,8
3	13

dengan nilai $cp = 3782 \text{ j / kg}^\circ\text{C}$ diperoleh dari jurnal(Repository et al., 2021), Jadi untuk menghitung energi uap untuk menaikkan suhu dapat menggunakan rumus:

1. Percobaan Pertama

$$Qp_1 = m_0 \times cp \times \Delta t$$

$$Qp_1 = 12,5 \text{ kg} \times 3782 \text{ j / kg}^\circ\text{C} \times (90,5 - 24)^\circ\text{C}$$

$$Qp_1 = 3139060 \text{ j}$$

2. Percobaan Kedua

$$Qp_2 = m_0 \times cp \times \Delta t$$

$$Qp_2 = 12,8 \text{ kg} \times 3782 \text{ j / kg}^\circ\text{C} \times (92,4 - 29)^\circ\text{C}$$

$$Qp_2 = 3069168,64 \text{ j}$$

3. Percobaan Ketiga

$$Qp_3 = m_0 \times cp \times \Delta t$$

$$Qp_3 = 13 \text{ kg} \times 3782 \text{ j / kg}^\circ\text{C} \times (93,1 - 29)^\circ\text{C}$$

$$Qp_3 = 3151540,6 \text{ j}$$

$$Qp_{total} = Qp_1 + Qp_2 + Qp_3$$

$$Qp_{total} = 3139060 \text{ j} + 3069168,64 \text{ j} + 3151540,6 \text{ j}$$

$$Qp_{total} = 9359769,24 \text{ j}$$

4.3.3 Perhitungan Massa Air Menjadi Uap

Dari hasil eksperimental pada tekanan 2 bar diperoleh data

Tabel 4.8 Massa Air

Kegiatan Percobaan	Massa Awal(Kg)	Massa Akhir(Kg)
1	30	28,5
2	30	28,3
3	30	28

dengan data yang didapat maka untuk menghitung massa air menjadi uap menggunakan rumus:

1. Percobaan Pertama

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 30\text{kg} - 28,5\text{kg}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 1,5\text{kg}$$

2. Percobaan Kedua

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 30\text{kg} - 28,3\text{kg}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 1,7\text{kg}$$

3. Percobaan Ketiga

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 30\text{kg} - 28\text{kg}$$

$$m_{\text{air yang menjadi uap}} = 2\text{kg}$$

4.3.4 Perhitungan Energi Untuk Menguapkan Saripati Kedelai

Dari hasil eksperimental pada tekanan 2 bar diperoleh data

Tabel 4.9 Massa Uap

Massa Uap (Kg)
1,5
1,7
2

dengan nilai $hfg = 2201,9 \text{ j/kg}$ diperoleh dari tabel, Jadi untuk menghitung energi untuk menguapkan saripati menggunakan rumus:

1. Percobaan Pertama

$$Qp_{\text{uap}} = m_{\text{uap}} \times hfg$$

$$Qp_{\text{uap}} = 1,5\text{kg} \times 2201,9 \text{ j/kg}$$

$$Qp_{uap} = 3302,85 j$$

2. Percobaan Kedua

$$Qp_{uap} = m_{uap} \times hfg$$

$$Qp_{uap} = 1,7kg \times 2201,9 j / kg$$

$$Qp_{uap} = 3743,23 j$$

3. Percobaan Ketiga

$$Qp_{uap} = m_{uap} \times hfg$$

$$Qp_{uap} = 2kg \times 2201,9 j / kg$$

$$Qp_{uap} = 4403,8 j$$

4.4 Hasil Perhitungan Bahan Bakar dan Energi Uap

4.4.1 Bahan Kacang Kedelai 1 Kg

Dari data yang didapat menggunakan bahan baku kacang kedelai 1 kg, dengan tekanan 2 bar dan dengan volume air awal 30 Kg didapat hasil pemasakan saripati kedelai menggunakan uap dengan suhu rata-rata 91,12°C selama 4 menit.

Tabel 4.10 Pengamatan dan perhitungan penggunaan bahan bakar dan energi uap sebagai pemanas saripati kedelai

Bahan Bakar (Kg)	Energi untuk menaikan suhu (J)	Massa Uap Air (Kg)	Gambar Tahu
---------------------	-----------------------------------	-----------------------	-------------

7,7	672000	3	
7	836640	1,5	
5,5	771120	1,2	

4.4.2 Bahan Kacang Kedelai 2 Kg

Dari data yang didapat menggunakan bahan baku kacang kedelai 2 kg, dengan tekanan 2 bar dan dengan volume air awal 30 Kg didapat hasil pemasakan saripati kedelai menggunakan uap dengan suhu rata-rata 92,4°C selama 6 menit.

Tabel 4.11 Pengamatan dan perhitungan penggunaan bahan bakar dan energi uap sebagai pemanas saripati kedelai.

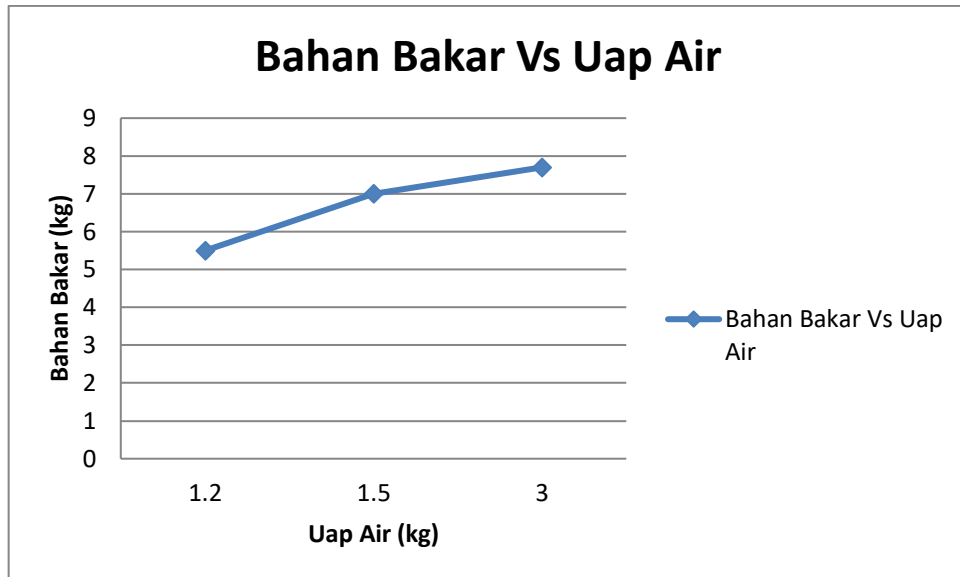
Bahan Bakar (Kg)	Energi untuk menaikan suhu (J)	Massa Uap Air (Kg)	Gambar Tahu
------------------	-----------------------------------	-----------------------	-------------

5,5	1745625	1,5	
7,6	1704192	1,7	
8	1749930	2	

4.5 Tabel Hasil Analisa Untuk Grafik

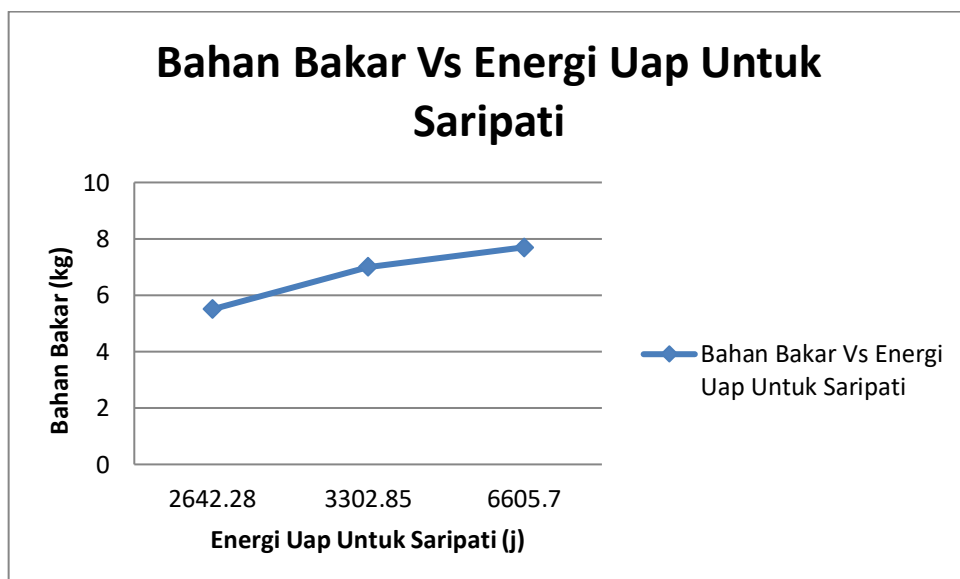
Tabel 4.12 data dengan bahan baku 1 kg kacang kedelai

NO	Bahan Bakar (Kg)	Uap Air (Kg)	Energi Uap Untuk Saripati (J)
1	7,7	3	6605,7
2	7	1,5	3302,85
3	5,5	1,2	2642,28



Gambar Grafik 4.1 Hubungan Bahan Bakar Dengan Uap Air

Dari grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak bahan bakar yang terpakai maka uap air yang dihasilkan juga semakin besar

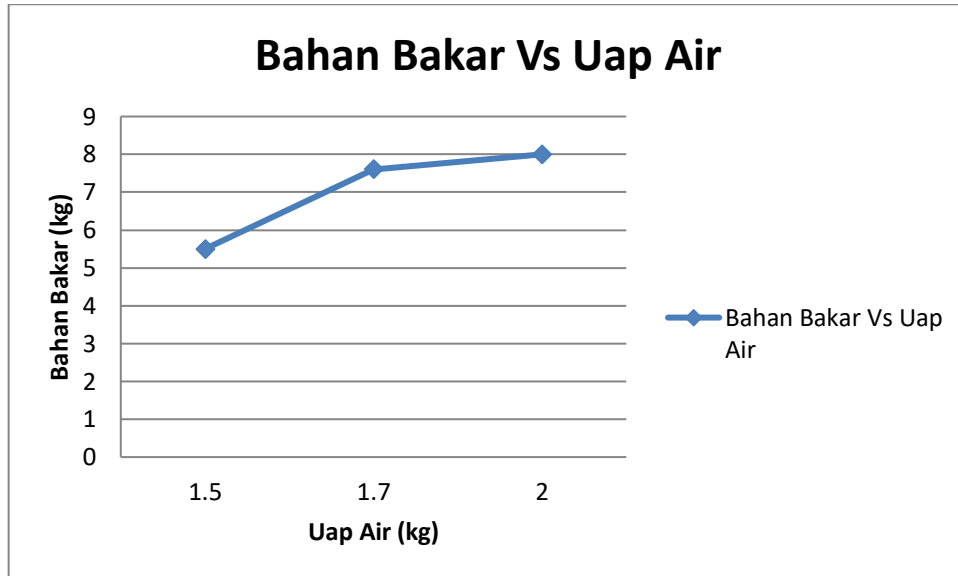


Gambar Grafik 4.2 Hubungan Bahan Bakar Dengan Energi Uap Untuk Saripati

Dari grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak bahan bakar yang terpakai maka energi uap untuk menguapkan saripati yang dihasilkan juga semakin besar

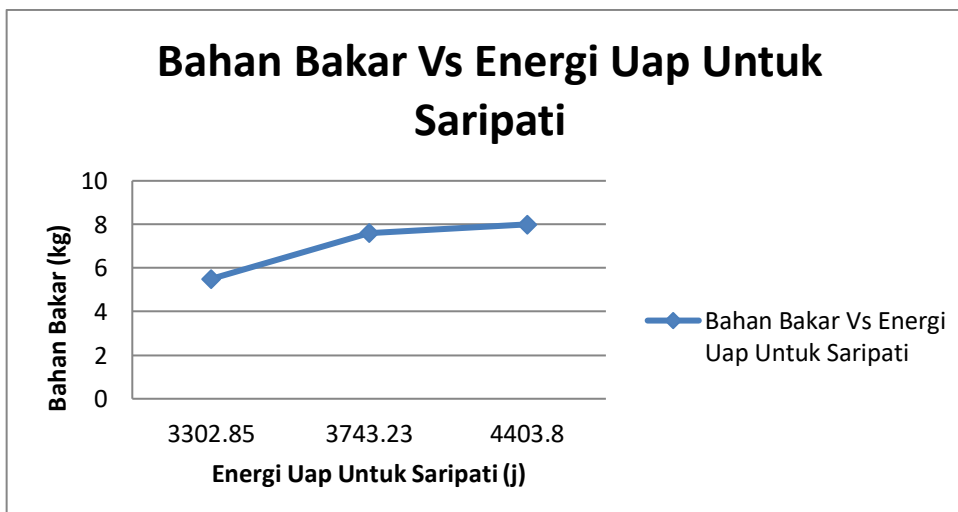
Tabel 4.13 data dengan bahan baku 2 kg kacang kedelai

NO	Bahan Bakar (Kg)	Uap Air (Kg)	Energi Uap Untuk Saripati (J)
1	5,5	1,5	3302,85
2	7,6	1,7	3743,23
3	8	2	4403,8



Gambar Grafik 4.3 Hubungan Bahan Bakar Dengan Uap Air

Dari grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak bahan bakar yang terpakai maka uap air yang dihasilkan juga semakin besar



Gambar Grafik 4.4 Hubungan Bahan Bakar Dengan Energi Uap Untuk Saripati

Dari grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak bahan bakar yang terpakai maka energi uap untuk menguapkan saripati yang dihasilkan juga semakin besar

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan ananlisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak bahan bakar yang terpakai maka semakin banyak uap air yang dihasilkan mini *boiler*.
2. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak bahan bakar yang terpakai maka semakin besar juga energi uap untuk menguapkan saripati yang dihasilkan mini *boiler*.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang bisa di buat peneliti sebagai berikut :

1. Saat waktu pengepresan tahu sebaiknya menggunakan pemberat yang baik untuk mehasilkan tahu yang bagus.
2. Atur takaran asam cuka (bubuk pengental) tahu sesuai banyaknya bahan baku yang dimasak.
3. Ditambahkan pompa air untuk memasukkan air kedalam *boiler*.

DAFTAR PUSTAKA

- American Journal of Sociology. (2019). Pltu. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Batubara, P. (2014). *Analisa efisiensi water tube boiler berbahan bakar fiber dan cangkang di Palm Oil Mill dengan kapasitas 45 Ton Tbs/Jam*.
- Fathurohman, A. (2015). *Cara Membuat Boiler Pipa Api Sederhana*. <http://thermodynamic-amanahfiransilady.blogspot.com/2015/03/cara-membuat-boiler-pipa-api-sederhana.html>
- Maskyur. (2015). *Pemanfaatan Drum Plastik Bekas Sebagai Bahan Pembuatan Septic Tank*. 5(1), 55–60.
- Muzaki, I., & Mursadin, A. (2019). ANALISIS EFISIENSI BOILER DENGAN METODE INPUT– OUTPUT DI PT. JAPFA COMFEED INDONESIA Tbk. UNIT BANJARMASIN. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 4(1), 37–46. <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v4i1.50>
- Nabawiyah, K., Abtokhi, A., & Fisika, J. (2012). Penentuan Nilai Kalor Dengan Bahan Bakar Kayu Sesudah Pengarangan Serta Hubungannya Dengan Nilai Porositas Zat Padat. *Jurnal Neutrino*, 0(0), 44–55. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.1625>
- Pembimbing, D., Nugroho, G., & Industri, F. T. (2015). *Analisis Perpindahan Panas Di Final Superheater Pada Boiler Pltu Unit Iii Pt Pjb Up Gresik Heat Transfer Analysis for Final*.
- Pendidikan, G. S., Nim, N., Jurusan, P., Effendy, D. A., Mesin, P. T., & Mesin, T. (2013). 5201409010.
- Repository, D., Universitas, R., & Jember, U. (2021). Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember. In *Digital Repository Universitas Jember* (Issue September 2019).
- Yang, S., Untuk, D., Memperoleh, S., & Sarjana, G. (2017). *Analisis energi dan exergi beberapa bahan bakar biomassa untuk penggunaan pada boiler*.
- (Umurani, Siregar, and Al-Amin 2020)Umurani, K., A M Siregar, and Surya Al-

Amin. 2020. “Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja.” *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* 3 (2): 103–11. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5272>.

Lampiran 1

Michael J. Moran dan Howard N. Shapiro, 2006)

Tabel Panas Laten Air

Press. bar	Temp. °C	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Press. bar
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
0.04	28.96	1.0040	34.800	121.45	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.4226	8.4746	0.04
0.06	36.16	1.0064	23.739	151.53	2425.0	151.53	2415.9	2567.4	0.5210	8.3304	0.06
0.08	41.51	1.0084	18.103	173.87	2432.2	173.88	2403.1	2577.0	0.5926	8.2287	0.08
0.10	45.81	1.0102	14.674	191.82	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.6493	8.1502	0.10
0.20	60.06	1.0172	7.649	251.38	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	0.8320	7.9085	0.20
0.30	69.10	1.0223	5.229	289.20	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	0.9439	7.7686	0.30
0.40	75.87	1.0265	3.993	317.53	2477.0	317.58	2319.2	2636.8	1.0259	7.6700	0.40
0.50	81.33	1.0300	3.240	340.44	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.0910	7.5939	0.50
0.60	85.94	1.0331	2.732	359.79	2489.6	359.86	2293.6	2653.5	1.1453	7.5320	0.60
0.70	89.95	1.0360	2.365	376.63	2494.5	376.70	2283.3	2660.0	1.1919	7.4797	0.70
0.80	93.50	1.0380	2.087	391.58	2498.8	391.66	2274.1	2665.8	1.2329	7.4346	0.80
0.90	96.71	1.0410	1.869	405.06	2502.6	405.15	2265.7	2670.9	1.2695	7.3949	0.90
1.00	99.63	1.0432	1.694	417.36	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	7.3594	1.00
1.50	111.4	1.0528	1.159	466.94	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	7.2233	1.50
2.00	120.2	1.0605	0.8857	504.49	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	7.1271	2.00
2.50	127.4	1.0672	0.7187	535.10	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	7.0527	2.50
3.00	133.6	1.0732	0.6058	561.15	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	6.9919	3.00
3.50	138.9	1.0786	0.5243	583.95	2546.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	6.9405	3.50
4.00	143.6	1.0836	0.4625	604.31	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	6.8959	4.00
4.50	147.9	1.0882	0.4140	622.25	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	6.8565	4.50
5.00	151.9	1.0926	0.3749	639.68	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	6.8212	5.00
6.00	158.9	1.1006	0.3157	669.90	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	6.7600	6.00
7.00	165.0	1.1080	0.2729	696.44	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	6.7080	7.00
8.00	170.4	1.1148	0.2404	720.22	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	6.6628	8.00
9.00	175.4	1.1212	0.2150	741.83	2580.5	742.83	2031.1	2773.9	2.0946	6.6226	9.00
10.0	179.9	1.1273	0.1944	761.68	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	6.5863	10.0
15.0	198.3	1.1539	0.1318	843.16	2594.5	844.84	1947.3	2792.2	2.3150	6.4448	15.0
20.0	212.4	1.1767	0.09963	906.44	2600.3	908.79	1890.7	2799.5	2.4474	6.3409	20.0
25.0	224.0	1.1973	0.07998	959.11	2603.1	962.11	1841.0	2803.1	2.5547	6.2575	25.0
30.0	233.9	1.2165	0.06668	1004.8	2604.1	1008.4	1795.7	2804.2	2.6457	6.1869	30.0
35.0	242.6	1.2347	0.05707	1045.4	2603.7	1049.8	1753.7	2803.4	2.7253	6.1253	35.0
40.0	250.4	1.2522	0.04978	1082.3	2602.3	1087.3	1714.1	2801.4	2.7964	6.0701	40.0
45.0	257.5	1.2692	0.04406	1116.2	2600.1	1121.9	1676.4	2798.3	2.8610	6.0199	45.0
50.0	264.0	1.2859	0.03944	1147.8	2597.1	1154.2	1640.1	2794.3	2.9202	5.9734	50.0
60.0	275.6	1.3187	0.03244	1205.4	2589.7	1213.4	1571.0	2784.3	3.0267	5.8892	60.0
70.0	285.9	1.3513	0.02737	1257.6	2580.5	1267.0	1505.1	2772.1	3.1211	5.8133	70.0
80.0	295.1	1.3842	0.02352	1305.6	2569.8	1316.6	1441.3	2758.0	3.2068	5.7432	80.0
90.0	303.4	1.4178	0.02048	1350.5	2557.8	1363.3	1378.9	2742.1	3.2858	5.6772	90.0
100.	311.1	1.4524	0.01803	1393.0	2544.4	1407.6	1317.1	2724.7	3.3596	5.6141	100.
110.	318.2	1.4886	0.01599	1433.7	2529.8	1450.1	1255.5	2705.6	3.4295	5.5527	110.

Lampiran 2

Waktu dan Suhu Saripati Kedelai

Bahan Baku Kacang Kedelai 1 kg

Volume Air Awal 30 kg

Tekanan 2 Bar

Percobaan 1

Waktu (Menit)	Kenaikan Suhu Pada Saripati Kedelai (°C)
0	29,3
1	89,7
2	90,0
3	91,5
4	93,3

Percobaan 2

Waktu (Menit)	Kenaikan Suhu Pada Saripati Kedelai (°C)
0	28,4
1	52,6
2	85,8
3	93,9
4	94,8

Percobaan 3

Waktu (Menit)	Kenaikan Suhu Pada Saripati Kedelai (°C)
0	29
1	67,4
2	75,0
3	88,3
4	90,2

Bahan Baku Kacang Kedelai 2 kg

Volume Air Awal 30 kg

Tekanan 2 Bar

Percobaan 1

Waktu (Menit)	Kenaikan Suhu Pada Saripati Kedelai (°c)
0	24
1	43,1
2	56,5
3	61,8
4	89,7
5	90,4
6	90,5

Percobaan 2

Waktu (Menit)	Kenaikan Suhu Pada Saripati Kedelai (°c)
0	29
1	60,9
2	87,1
3	88,5
4	91,4
5	92,4
6	93,1

Percobaan 3

Waktu (Menit)	Kenaikan Suhu Pada Saripati Kedelai (°c)
0	29
1	53,6
2	85,8
3	88,0
4	90,2
5	91,7
6	92,4

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2021 – 2022**

Peserta seminar

Nama : Fauzan Akbar

NPM : 1707230110

Judul Tugas Akhir : Analisa Konsumsi Bahan Bakar Dan Energi Uap Proses Pemasakan Saripati Kedelai Pada Mini Boiler Tipe Pipa Api Vertikal

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Riadini Wanty Lubis, ST, MT			
Pembanding – I : Khairul Umurani, ST, MT			
Pembanding – II : H. Muharnif, ST, M.Sc			
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1707230107	Muhammad Raza	
2	1707230097	FACHRU ALDI	
3	1707230096	Daffa Taufiqurrahman	
4	1707230098	Ferdiansyah Sinaga	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 18 Rajab 1443 H
19 Februari 2022 M

Ketua Prodi. T. Mesin

[Handwritten Signature]



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Fauzan Akbar
NPM : 1707230110
Judul Tugas Akhir : Analisa Konsumsi Bahan Bakar Dan Energi Uap Proses Pemasakan
Saripati Kedelai Pada Mini Boiler Tipe Pipa Api Vertikal

Dosen Pembanding – I : Khairul Umurani, ST, MT
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif, ST, M.Sc
Dosen Pembimbing – I : Riadini Wanty Lubis, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain
.....*lihat catatan pada buku*.....
.....*Group*.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan, 18 Rajab 1443 H
19 Februari 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I

Khairul Umurani, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Fauzan Akbar
NPM : 1707230110
Judul Tugas Akhir : Analisa Konsumsi Bahan Bakar Dan Energi Uap Proses Pemasakan
Saripati Kedelai Pada Mini Boiler Tipe Pipa Api Vertikal

Dosen Pembanding – I : Khairul Umurani, ST, MT
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif, ST, M.Sc
Dosen Pembimbing – I : Riadini Wanty Lubis, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Diket celatun buku yg akhir.

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 18 Rajab 1443 H
19 Februari 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar, ST, MT



Dosen Pembanding- II

H. Muharnif, ST, M.Sc



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019

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

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

fatek@umsu.ac.id

[f umsumedan](#)

[ig umsumedan](#)

[tw umsumedan](#)

[yt umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 734/III.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 27 April 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : FAUZAN AKBAR
Npm : 1707230110
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : VIII (DELAPAN)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KOMSUMSI BAHAN BAKAR DAN ENERGI UAP PADA PROSES PEMASAKAN SARIPATI KEDELAI PADA MINI *BOILER* TIPE PIPA API VERTIKAL

Pembimbing : RIADINI WANTY LUBIS, 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.

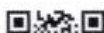
Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 15 Ramadhan 1442 H
27 April 2021 M

Dekan



Munawar Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Fauzan Akbar

NPM :1707230110

Dosen Pembimbing:

Riadini Wanty Lubis, S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	4/01-2022	Set-up Alat uji	
	12/01-2022	Asistensi Data pengujian	
	17/01-2022	Asistensi Analisa Data	
	2/02-2022	Asistensi Struktur BAB IV	
	7/02-2022	Asistensi Kesimpulan dan analisa Data	
	12/02-2022	ACC Seminar Hasil. Azu	