

**ANALISIS DAPUR DESTILASI UAP DAUN SERAI
DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR KAYU**

SKRIPSI

OLEH:

EKO SYAHPUTRA

168130024



**PROGRAM STUDI TEKNIK
MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 17/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)17/12/21

ANALISIS DAPUR DESTILASI UAP DAUN SERAI DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR KAYU

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Mesin Universitas Medan Area

OLEH :
EKO SYAHPUTRA
168130024



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 17/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)17/12/21

ANALISIS DAPUR DESTILASI UAP DAUN SERAI DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR KAYU

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin
Universitas Medan Area



**OLEH :
EKO SYAHPUTRA
168130024**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisis Dapur Destilasi Uap Daun Serai Dengan Menggunakan Bahan Bakar Kayu
Nama : Eko Syahputra
NPM : 168130024
Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing

Pembimbing I

(Ir.H.Darianto,M.Sc.)
NIDN : 0126066502

Pembimbing II

(Muhammad Idris, S.T., M.T.)
NIDN : 0106058104

Dekan

(Dr. Ir. Dina Maizana, M.T.)
NIDN : 0112096601

Ka. Prodi Teknik Mesin

(Muhammad Idris, S.T., M.T.)
NIDN : 0106058104

Tanggal Lulus : 07, Juni 2021

HALAMAN PERNYATAAN

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

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

Medan, 07 Juni 2021



(Eko Syahputra)
(168130058)

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Eko Syahputra
NIM : 168130024
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Dapur Destilasi Uap Daun Serai Dengan Menggunakan Bahan Bakar Kayu. Dengan Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan / formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir / skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 07 Juni 2021

Yang menyatakan

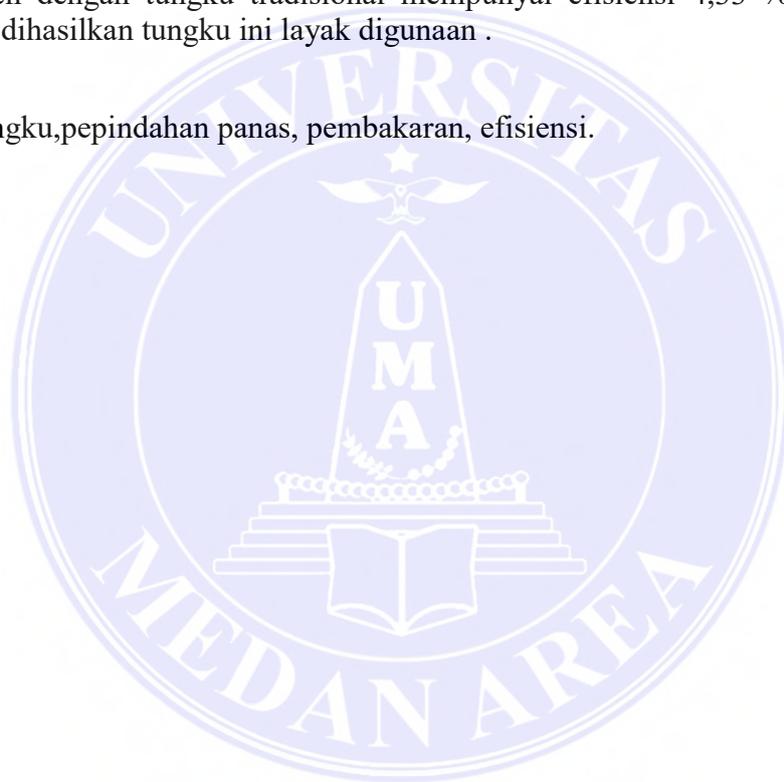


(Eko Syahputra)
(168130024)

ABSTRAK

Tungku pembakaran adalah sebuah alat yang dirancang sebagai tempat terjadinya proses pembakaran sehingga bahan bakar dapat digunakan untuk memanaskan sesuatu. Tungku dapat digunakan untuk memanaskan ruangan atau untuk memasak, tungku untuk memasak dibedakan atas tungku pemasak tradisional dan tungku pemasak modern. Dengan penelitian ini dikembangkan disain tungku yang lebih efisien dan rendah polusi. Dalam penelitian ini digunakan tungku dengan dinding tungku dari beton cor semen dan batu tahan api. Pengujian tungku dilakukan dengan temperatur tungku (350°C) menggunakan bahan bakar kayu. Dari hasil pengujian diketahui bahwa pemanasan air dengan bejana (29 cm) dan kayu kering menghasilkan laju perpindahann panas ($4.507,356 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$) efisiensi terbaik bahan bakar kayu yang di gunakan seelama 5 jam (185 kg) .Dari pengujian tersebut diatas, tungku dinding beton cor semen dengan tungku tradisional mempunyai efisiensi 4,33 %. Mengkaji data pengujian yang dihasilkan tungku ini layak digunakan .

Kata kunci: Tungku,pepindahan panas, pembakaran, efisiensi.



ABSTRACT

The furnace is a device designed as a place for the combustion process to occur so that fuel can be used to heat something. The stove can be used for heating the room or for cooking, the stove for cooking is distinguished from traditional cooking stoves and modern cooking stoves. With this research, a furnace design that is more efficient and low in pollution was developed. In this study, a furnace with furnace walls made of cement-cast concrete and refractory stone was used. The furnace test was carried out at a furnace temperature (350°C) using wood fuel. From the test results it is known that heating water with a vessel (29 cm) and dry wood produces the best heat transfer rate (4.507,356 w/ m°C) efficiency wood fuel used for 5 hours (185 kg) From the above tests, the cement-cast concrete wall furnace with the traditional furnace has an efficiency of 4,33 %. Assessing the test data that this stove produces is feasible.

Key words: Furnace, heat transfer, combustion, efficiency.



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Eko Syahputra dilahirkan di Desa paya Tusam, pada tanggal 04 Maret 1995. Penulis merupakan anak keempat dari 4 bersaudara, pasangan dari pairan, dan Seri Ati. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 056610 Paya Tusam, dan Tamat pada tahun 2009. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Smp Negeri 1 Paya Tusam dan Tamat pada Tahun 2011. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMK Swasta Panca Dharma Kabupaten Langkat. Jurusan Teknik Kendaraan Ringan dan Tamat pada tahun 2014. Pada tahun 2014, penulis tidak langsung mendaftar di Perguruan karena kurangnya biaya untuk kuliah, dan memutuskan untuk masuk ketempat pelatihan otomotif selama setahun dan satu tahun selajutnya saya bekerja untuk menabung kuliah tahun depan. Pada tahun 2016 penulis terdaftar menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan selesai pada tahun 2021.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat serta bimbingan-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisis Dapur Destilasi Uap Daun Serai Dengan Menggunakan Bahan Bakar Kayu ”diajukan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Medan Area.

Dalam penyelesaian penulisan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan dan saran dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana M.T. Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah memberikan izin dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Bapak M.Yusuf Rahmansyah Siahaan, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi dan bimbingannya.
4. Bapak Ir.H.Darianto, M.Sc., dan Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, motivasi dan memberikan saran kepada penulis dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Birokrasi Administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area
6. Pairan dan Sriati selaku orang tua yang sangat saya sayangi dan cintai,dimana telah banyak memberikan perhatian, motivasi, nasihat, doa, dukungan moral dan materi

sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

7. Muhammad Syafrizal dan Septa Fernando Karo Karo yang ikut memberikan semangat, motivasi, dan membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Rekan-rekan Seperjuangan Mahasiswa Teknik Mesin Stambuk 2016 dari kampus Universitas Medan Area, serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang sudah banyak memberikan motivasi, masukan, dan bantuan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat kesalahan serta kekurangan didalamnya. Penulis mengharap kritik dan saran dari pembaca agar skripsi ini menjadi karya ilmiah yang lebih baik. Demikian, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan diterima.

Medan, 07 Juni 2021 Penulis

Eko Syahputra
NPM :168130024

DAFTAR ISI

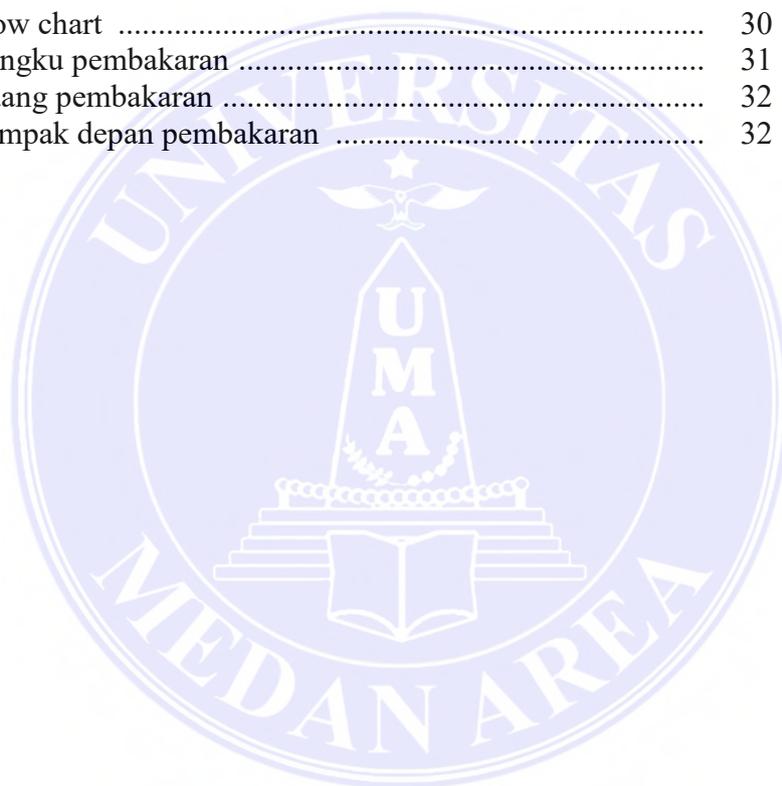
LEMBAR PENGESAHAN BUKU SKRIPSI	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR / SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iii
ABSTRAK	iv
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR PERSAMAAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar belakang	1
B. Rumusan penelitian	2
C. Batasan penelitian.....	2
D. Tujuan penelitian	3
E. Manfaat penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Definisi minyak atsiri	5
B. Minyak serai	6
C. Standar minyak serai wangi	7
D. Serai	8
E. Tinjauan tanaman serai.....	10
F. Kandungan tanaman serai.....	10
G. Destilasi (penyulingan).....	11
H. Destilasi uap	11
I. Pengertian tungku	13
J. Macam-macam tungku pembakaran	13
K. Teori pembakaran	15
L. Tahapan proses pembakaran	15
M. Perpindahan panas	16
N. Laju perpindahan panas	16
O. Pengertian energi	20
P. Energi termal (panas)	20
Q. Energi yang terkandung dalam bahan bakar	21
R. Efisiensi energi	21
S. Penghitungan efisiensi bahan bakar.....	21
T. Efisiensi tungku	24
U. Matrial pembuatan tungku.....	26
W. Bahan bakar	28
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	29
A. Tempat dan waktu penelitian.....	29
B. Alat dan bahan	29
C. Prosedur pengujian	33
D. Variabel penelitian	33
E. Alur pengambilan data.....	35
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Pembahasan data	36

B. Ruang pembakaran	37
C. Perpindahan panas konveksi	37
D. Penghitungan efisiensi bahan bakar	42
E. Efisiensi tungku	43
BAB V . Kesimpulan dan Saran	47
A. Kesimpulan	47
B. Saran	47
Daftar Pustaka	48
Lampiran	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sekema peralatan destilasi	7
Gambar 2.2. Bata tahan api.....	18
Gambar 2.3. Semen tahan api	19
Gambar 2.4. Batu bata	19
Gambar 2.5. Semen.....	20
Gambar 2.6. Kayu	20
Gambar 3.1. Tungku pembakaran.....	22
Gambar 3.2. Termokopel	23
Gambar 3.3. Timbangan	23
Gambar 3.4. Stop watch	24
Gambar 3.5. Termometer	24
Gambar 4.1. Flow chart	30
Gambar 4.2. Tungku pembakaran	31
Gambar 4.3. Ruang pembakaran	32
Gambar 4.4. Tampak depan pembakaran	32



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Senyawa penyusunan minyak atsiri serai	8
Tabel 3.1. Data spesifik tungku	26
Tabel 4.1. Proses pembakaran	36



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sumber daya alam di Indonesia terkenal sangat melimpah dan beragam. Di antara keanekaragaman yang sangat banyak dan beragam itu terdapat tanaman penghasil minyak atsiri yang sampai sekarang belum dapat dimanfaatkan secara maksimal. Indonesia menghasilkan 40-50 jenis tanaman penghasil minyak atsiri yang diperdagangkan di dunia dan baru sebagian dari jenis minyak atsiri tersebut yang memasuki pasar dunia, diantaranya nilam, serai wangi, cengkeh, melati, kenanga, kayu putih, cendana, akar wangi dan serai dapur.

Minyak atsiri merupakan salah satu komoditas ekspor agroindustri potensial yang dapat menjadi andalan bagi Indonesia untuk mendapatkan devisa. Minyak atsiri dari serai dapur biasa disebut dengan lemongrass oil. Minyak dari serai dapur memiliki berbagai manfaat misalnya sebagai obat misalnya digunakan sebagai antiseptik yaitu dapat digunakan untuk luka eksternal dan internal dan juga sebagai bahan lotion antiseptik krim. [1]

Minyak atsiri (essential oil) Sebagian besar produksi penyulingan diproduksi menggunakan metode yang sangat sederhana yaitu destilasi uap. Metode ini paling sering dipakai oleh industri kecil minyak atsiri karena penanganannya mudah dan menggunakan peralatan yang sederhana. Banyaknya industri kecil minyak atsiri yang menggunakan alat yang sederhana. Mahalnya harga bahan bakar minyak menyebabkan meningkatnya biaya produksi kegiatan industri. Hal ini mendorong

untuk penggunaan bahan baku alternatif. Dewasa ini telah dikembangkan tungku bahan bakar kayu untuk mengatasi masalah tersebut Tungku bengkel kecil memproduksi peralatan destilasi uap. mutu minyak atsiri. Perlakuan lama pelayuan dan lama penyulingan berpengaruh nyata terhadap rendemen, kadar siteronela, bobot jenis dan indeks bias minyak. Semakin lama pelayuan dan lama penyulingan, semakin tinggi rendemen minyaknya.

Tungku batu tahan api dirancang dan berbahan bakar kayu untuk pemanasan pada proses penyulingan. Penelitian ini mencoba untuk memecahkan persoalan penghematan energi untuk proses penyulingan minyak atsiri dengan menggunakan tungku . Indikator keberhasilan penyulingan dengan menggunakan tungku adalah hemat energi dan bernilai ekonomi tinggi dengan menggunakan konstruksi tungku yang dirancang khusus, serta minyak atsiri yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik yang ditentukan dari parameter warna dan indeks bias minyak serai dapur. [1]

B. Rumusan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka Rumusan penelitian dalam pengambilan minyak atsiri dari serai dapur ini dengan menggunakan bahan bakar kayu adalah .

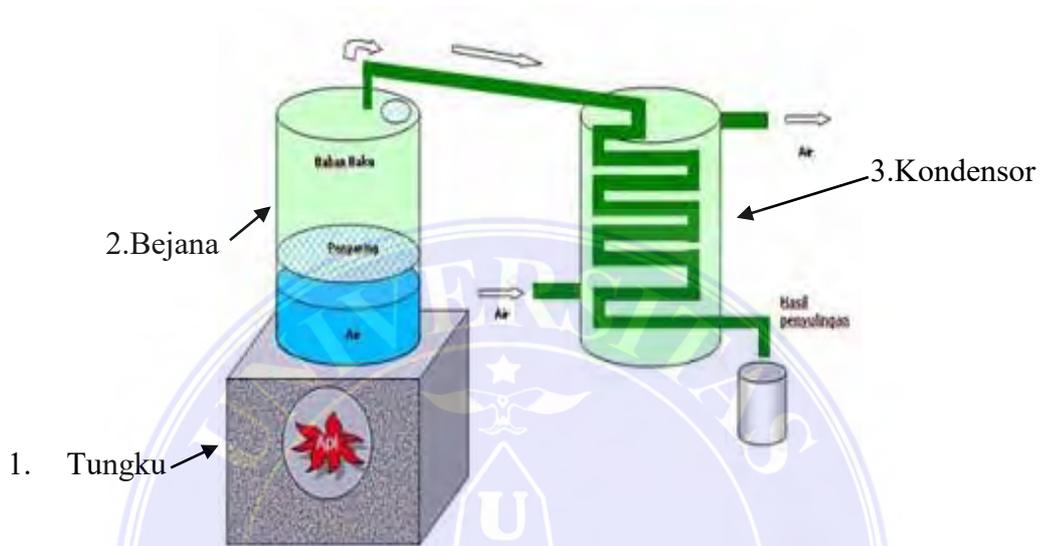
1. Bagaimana proses pembakaran dengan menggunakan tungku .
2. Bagaimana pengaruh temperatur tengku terhadap randemen minyak serai yang di dapatkan.
3. Bagaimana pengaruh temperatur terhadap banyak minyak serai yang di dapat.

C. Batasan Penelitian

Dalam perencanaan menganalisis proses pembakaran dengan menggunakan

tungku berbahan bakar kayu dengan menggunakan metode destilasi.

1. Hanya membahas di bagian tungku saja sedangkan di bagian bejana sudah di bahas oleh Muhammad Syafrizal dan di bagian kondensor sudah di bahas oleh Septa Fernando Karo Karo.



Gambar 1.1 Dapur destilasi

2. Tidak membahas kekuatan bahan yang digunakan untuk membuat tungku.
3. Tidak membahas analisis ekonomi tentang bahan dan biaya yang di gunakan.

D. Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah.

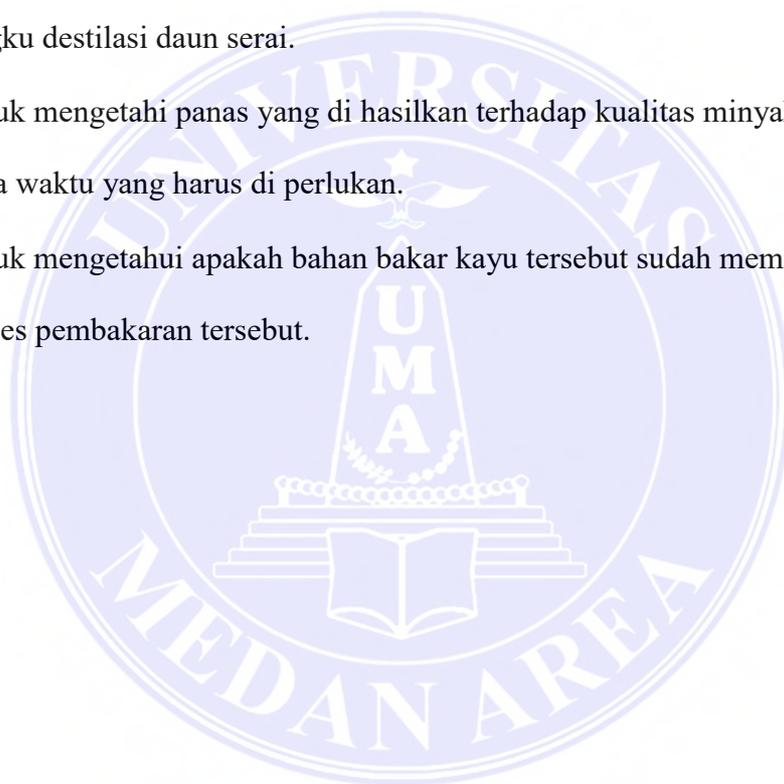
1. Analisis input energi panas yang di hasilkan dari pembakaran kayu dengan menggunakan thermometer.
2. Analisis perpidahan panas pada tungku.
3. Analisis jumlah bahan bakar kayu yang digunakan pada proses destilasi daun Serai.

E. Manfaat Penelitian

Tungku destilasi penyulingan ini diharapkan dapat bermanfaat bagi

masyarakat umumnya. Manfaat yang dapat diperoleh antara lain Adapun manfaat dari analisis tersebut adalah.

1. Memberikan informasi mengenai proses pembakaran dapur destilasi daun serai wangi yang efektif dan efisien serta mutu minyak serai wangi yang dapat diterima di pasaran.
2. Sebagai bahan informasi bagi pihak yang membutuhkan.
4. Untuk mengetahui besar panas yang di hasilkan dalam proses pembakaran tungku destilasi daun serai.
5. Untuk mengetahui panas yang di hasilkan terhadap kualitas minyak dan berapa lama waktu yang harus di perlukan.
6. Untuk mengetahui apakah bahan bakar kayu tersebut sudah memenuhi dari proses pembakaran tersebut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Minyak Atsiri

Minyak atsiri atau yang dikenal sebagai minyak eteris (aetheric oil), minyak esensial, minyak terbang serta minyak aromatic adalah kelompok besar minyak nabati atau berasal dari tumbuh-tumbuhan yang merupakan bahan dasar dari wangi-wangian atau minyak gosok (untuk pengobatan) alami dan mempunyai aroma khas. Dalam perdagangan minyak atsiri dikenal sebagai bibit minyak wangi. Berbagai macam tanaman yang dibudidayakan atau tumbuh dengan sendirinya di berbagai daerah di Indonesia memiliki potensi yang besar untuk diolah menjadi minyak atsiri, baik yang unggulan maupun potensial untuk dikembangkan. Khususnya di Indonesia telah dikenal sekitar 40 jenis tanaman penghasil minyak atsiri, namun baru sebagian dari jenis tersebut telah digunakan sebagai sumber minyak atsiri secara komersil. Berikut adalah daftar penghasil minyak atsiri yang tumbuh di Indonesia. [2]

1. Akar :Akar Wangi, Kemuning.
2. Daun : Nilam, Cengkeh, Sereh Lemon, Sereh Wangi,Sirih, Mentha, Kayu Putih, Gandapura, Jeruk Purut, Karmiem, Krangean, Kemuning, Kenikir, Kunyit, Selasih, Kemangi.
3. Biji : Pala, Lada, Seledri, Alpukat, Kapulaga, Klausena, Kasturi, Kosambi.
Buah :Adas, Jeruk, Jintan, Kemukus, Anis, Ketumbar.
4. Bunga : Cengkeh, Kenanga, Ylang-Ylang, Melati, Sedap Malam, Cempaka Kuning, Daun Seribu, Gandasuli Kuning, Srikanta, Angsana, Srigading.
5. Kulit Kayu : Kayu Manis, Akasia, Lawang, Cendana, Masoi, Selasih, Sintok

6. Ranting : Cemara Gimbul, Cemara Kipas Rimpang : Jahe, Kunyit, Bangel, Baboan, Jeringau, Kencur, Lengkuas, Lempuyang Sari, Temu hitam temulawak, temu putri.
7. Seluruh bagian : Akar Kucing, Bandaton, Inggau, Salasih, Sudamala, Trawas.

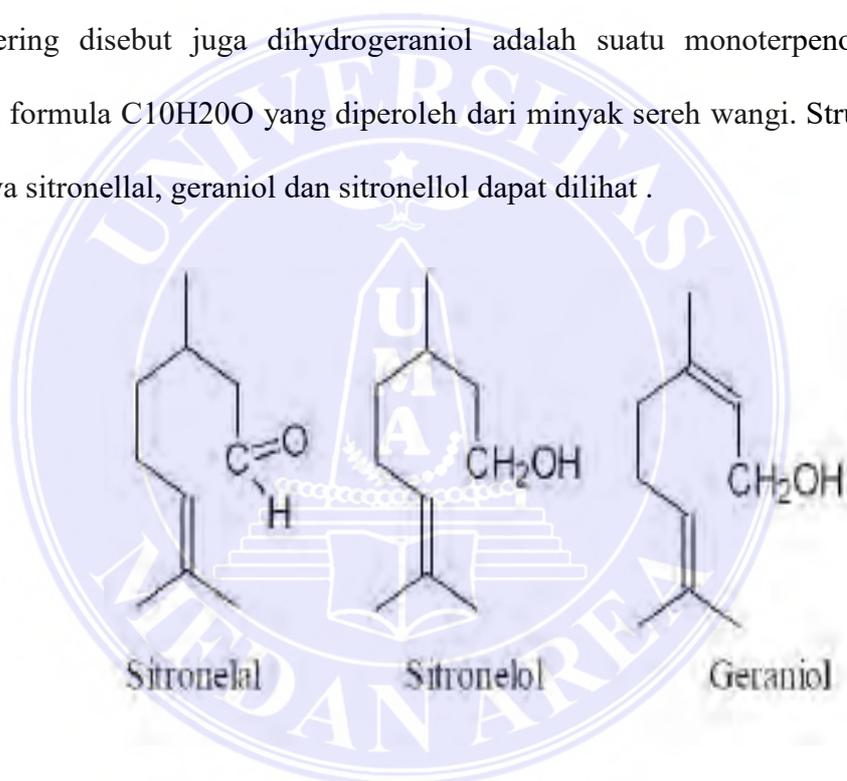
B. Minyak Atsiri

Minyak atsiri (volatile oils atau essential oils) didefinisikan sebagai campuran kompleks yang menunjukkan dan merupakan senyawa yang menguap bersama uap air. Sifat fisik terpenting minyak atsiri adalah sangat mudah menguap pada suhu kamar (sering digunakan untuk parfum). Selain itu, mempunyai rasa getir, berbau wangi sesuai dengan aroma tanaman yang menghasilkannya dan umumnya larut dalam pelarut organik.

Menurut Abimanyu (2000) minyak atsiri disebut juga volatil oil atau essential oil merupakan senyawa mudah menguap pada suhu kamar yang berasal dari tanaman aromatik (daun, bunga, buah, kulit batang dan akar). Saat ini, Indonesia menghasilkan beberapa jenis minyak atsiri yaitu: minyak cengkeh, minyak kenanga, minyak nilam, minyak akar wangi, minyak pala, minyak kayu putih dan minyak sereh wangi.

Menurut Burdock (2002) senyawa utama minyak sereh wangi adalah sitronellal, geraniol dan sitronellol. Dalam fraksi minyak atsiri dari tanaman *C. winterianus/nardus* terdapat senyawa sitronellal, sitronellol, limonene, linalool (Lorenzo et al., 2000). Hasil identifikasi dari Delespaul et al. (2000) dilaporkan bahwa dalam tanaman *Cymbopogon nardus* terdapat senyawa sitronellal, geraniol, sitronellol, sedangkan minyak atsiri dari *C. nardus* asal India mengandung sitronellal, geraniol, α -terpineol, cis-sabinene hidrat, nerolidol, β -caryophyllene,

dan germacren-4-ol [7] Sitronellal dengan rumus kimia $C_{10}H_{16}O$ yang memiliki nama kimia 3,7-dimetyl-6-octenal merupakan cairan yang tak berwarna yang memiliki bau seperti minyak tawon dari golongan senyawa monoterpen. Sitronellal bersifat optik karena mempunyai pusat khiral pada atom C3 [7]. Geraniol ($C_{10}H_{18}O$) yang memiliki nama kimia 3,7-Dimethylocta-2,6-die-1-ol merupakan persenyawaan yang terdiri dari 2 molekul isoprene dan 1 molekul air. Geraniol dapat dioksidasi menjadi sitral. Sitronellol, 3,7-dimethyloct-6-en-1-ol, atau sering disebut juga dihydrogeraniol adalah suatu monoterpenoid alami dengan formula $C_{10}H_{20}O$ yang diperoleh dari minyak serai wangi. Struktur dari senyawa sitronellal, geraniol dan sitronellol dapat dilihat .



Gambar 2. 1. Struktur Sitronelal, Sitronelol, dan Geraniol

C. Standar Mutu Minyak Serai Wangi

Menurut standar pasar internasional, minyak serai wangi harus mengandung sitronelal lebih dari 35% dengan jumlah total alkohol juga lebih dari 35%. Kandungan sitronelal dan alkohol yang dipanen sebelum waktunya menyebabkan kualitas minyak serai yang tidak memenuhi standar nasional [6].

Minyak serai wangi yang memenuhi persyaratan internasional dapat dicapai melalui cara penyulingan dan cara tanam. Kandungan sitronelal dan geraniol yang tinggi merupakan persyaratan ekspor. Kualitas minyak serai wangi untuk kualitas ekspor dapat dianalisis menurut kriteria fisik, yaitu berdasarkan warna, bobot jenis, indeks bias, ataupun secara kimia, yaitu kadar total geraniol dan total sitronelal. Pengujian standar mutu tersebut dilakukan antara lain dengan gas liquid chromatography (GLC) dan spektrofotometer infra merah. Minyak yang kurang memenuhi persyaratan ekspor dijual di pasar dalam negeri sebagai bahan baku sabun, pasta gigi, dan obat-obatan.

Tabel 2. Spesifikasi Persyaratan Mutu Minyak Serai Wangi

No	Jenis uji	Satuan	Persyaratan
1	Warna	-	Kuning pucat sampai kuning kecoklat-coklatan
2	Bobot jenis	-	0.880-0.922
3	Indeks Bias (Nd20)	-	1.466-1.475
4	Total geraniol bobot/bobot	%	Min .85
5	Sitronelal, bobot/bobot	%	Min. 35
6	Kelarutan dalam etanol 80%	-	1+2 jernih seterusnya Jernih sampai opalesensi

D. Serai

Tanaman serai (*Cymbopogon nardus* L. Rendle) merupakan tanaman yang memiliki potensi ekonomi cukup tinggi, karena tanaman ini banyak dimanfaatkan untuk dikonsumsi, aromaterapi dan pestisida alami. Sereh mempunyai nama daerah yaitu serai wangi, citronella grass, dan sereh (Indonesia) Tanaman sereh wangi merupakan terna tahunan dengan tinggi sekitar 0,5-1 meter. Batang tidak

berkayu, beruas pendek dan berwarna putih. Daun tunggal berjumbai, berpelelah, ukurannya 25-75 cm, lebar 1,5 cm, dan berwarna hijau muda. Akar tanaman sereh berakar dalam dan berserabut dari dasar yang tebal.

Tanaman serai berdiri tegak lurus hingga 2,5 m, dengan puncak melayu, lembaran daun gundul, pinggir permukaan kasar, membran bagian dalam mencapai ketinggian 5 mm, dan gundul. Perbanyakan dilakukan dengan pemisahan stek anakan. Selain itu, tanaman sereh mempunyai tekstur yang lemas dan sulit patah. Tulang daun tanaman ini berbentuk sejajar. Apabila daunnya dipecah atau diremas akan berbau wangi. Pangkal batang tanaman sereh ini membesar dan mempunyai pelepeh daun berwarna kuning kehijauan bercampur dengan warna merah keunguan. Bentuk tanaman ini menyerupai rumput, berumpun banyak dan mengumpul menjadi gerombol besar. Batangnya melengkung sampai 2/3 bagian panjang daunnya. Umumnya komponen kimia minyak yang terdapat dalam suatu tanaman serai dipengaruhi oleh jenis tanaman dan lokasi tempat yang berbeda. Tanaman serai genus *Cymbopogon* meliputi hampir 80 spesies. Tanaman sereh terdiri dari dua jenis yaitu jenis mahapengiri mempunyai ciri-ciri daunnya lebih lebar dan pendek, rumpun daun sereh wangi pada umur 6 bulan akan merunduk sehingga tinggi rumpun kurang dari 1 meter, membutuhkan lahan yang lebih subur, disamping itu menghasilkan minyak dengan kadar sitronelal 30-45% dan geraniol 65- 90%. Sedangkan jenis lemabatu mempunyai ciri-ciri yaitu daunnya yang lebih panjang dan ramping, rumpunnya akan tumbuh lebih tinggi, dapat tumbuh pada lahan yang kurang subur, dan menghasilkan minyak atsiri dengan kadar sitronelal 7-15% dan geraniol 55-65%

E. Tinjauan Tanaman Serai (*Cymbopogon Nardus L*)

Serai dipercaya berasal dari Asia Tenggara atau Sri Lanka. Tanaman ini tumbuh alami di Sri Lanka, tetapi dapat ditanam pada berbagai kondisi tanah di daerah tropis yang lembab, cukup sinar matahari dan memiliki curah hujan relatif tinggi. Kebanyakan serai ditanam untuk menghasilkan minyak atsirinya secara komersial dan untuk pasar lokal sebagai perisa atau rempah ratus [4]. Tanaman serai banyak ditemukan di daerah Jawa yaitu pada dataran rendah yang memiliki ketinggian 60-140 mdpl

Tanaman serai dikenal dengan nama berbeda di setiap daerah. Daerah Jawa mengenal serai dengan nama sereh atau sere. Daerah Sumatera dikenal dengan nama serai, sorai atau sanger-sange. Kalimantan mengenal nama serai dengan nama belangkak, senggalau atau salai. Nusa Tenggara mengenal serai dengan nama see, nau sina atau bu muke. Sulawesi mengenal nama serai dengan nama tonti atau sare sedangkan di Maluku dikenal dengan nama hisa atau isa.

F. Kandungan Tanaman Serai (*Cymbopogon Nardus L*)

Tanaman serai mengandung minyak esensial atau minyak atsiri. Minyak atsiri dari daun serai rata-rata 0,7% (sekitar 0,5% pada musim hujan dan dapat mencapai 1,2% pada musim kemarau). Minyak sulingan serai wangi berwarna kuning pucat. Bahan aktif utama yang dihasilkan adalah senyawa aldehid (sitronelol-C₁₀H₁₆O) sebesar 30-45%, senyawa alkohol (sitronelol-C₁₀H₂₀O dan geraniol-C₁₀H₁₈O) sebesar 55-65% dan senyawa-senyawa lain seperti geraniol, sitral, nerol, metil, heptonon dan dipentena. Senyawa penyusun minyak atsiri serai dapat dilihat pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1. Senyawa Penyusun Minyak Atsiri Serai

No	Senyawa Penyusun	Kadar (%)
1.	Sitronelal (antioksidan)	32-45
2.	Geraniol (antioksidan)	12-18
3.	Sitronellol	12-15
4.	Geraniol Asetat	3-8
5.	Sitronellil Asetat	2-4
6.	L. Limonene	2-5
7.	Elemol & Seskwiterpene	2-5
8.	Elemene & Cadinene	2-5

Akar tanaman serai mengandung kira-kira 0,52% alkaloid dari 300 g bahan tanaman. Daun dan akar tanaman serai mengandung flavonoid yaitu luteolin, luteolin 7-*O*-glucoside (*cynaroside*), *isoscoparin*

G. Distilasi (Penyulingan)

Menurut Ketaren (1985), dalam industri minyak atsiri dikenal 3 macam metode penyulingan, yaitu :

1. Penyulingan dengan air (water distillation)
2. Penyulingan dengan air uap (water steam distillation)
3. Penyulingan dengan uap langsung (steam distillation)

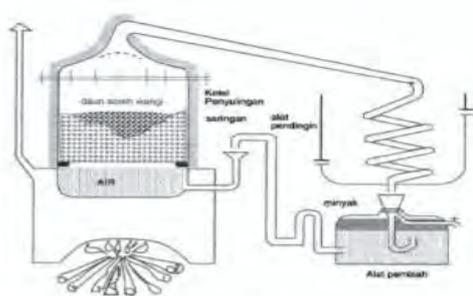
Istilah diatas mula-mula diperkenalkan oleh von Rechenberg dan menjadi teknik dasar pada industri minyak atsir.[5]

H. Distilasi Uap Air

Penyulingan minyak atsiri dengan cara ini memang sedikit lebih maju dan produksi minyaknya pun relatif lebih baik. Prinsip kerja penyulingan ini adalah sebagai berikut: Ketel penyulingan diisi air sampai pada batas saringan. Bahan baku diletakkan di atas saringan, sehingga tidak berhubungan langsung dengan air

yang mendidih, tetapi akan berhubungan dengan uap air.

1. Gambar destilasi uap



Gambar 2.1 Destilasi uap

Keterangan :

1. Bejana
2. Pipa penghubung
3. Pipa sepiral
4. Bak air
5. Tungku
6. Kayu bakar

Penyulingan semacam ini disebut penyulingan tidak langsung (indirect distillation). Air yang menguap akan membawa partikel-partikel minyak atsiri dan dialirkan melalui pipa ke alat pendingin, sehingga terjadi pengembunan dan uap air yang bercampur minyak atsiri tersebut akan mencair kembali. Selanjutnya dialirkan ke alat pemisah untuk memisahkan minyak atsiri dari air. Cara ini sering dilakukan oleh para petani atsiri dan alat-alatnya pun dapat dibuat sendiri oleh yang bersangkutan. Produk minyak yang dihasilkannya cukup bagus, bahkan kalau pengerjaannya dilakukan dengan baik produk minyaknya pun dapat masuk dalam kategori ekspor.[3]

I. Pengertian Tungku

Tungku pembakaran adalah sebuah alat yang dirancang sebagai tempat terjadinya proses pembakaran sehingga bahan bakar dapat digunakan untuk memanaskan sesuatu. Tungku dapat digunakan untuk memanaskan ruangan atau untuk memasak, tungku untuk memasak dibedakan atas tungku pemasak tradisional dan tungku pemasak modern.

J. Macam – Macam Tungku

Adapun beberapa jenis – jenis tungku kayu bakar yaitu.

1. Tungku kayu bakar

Tungku kayu bakar merupakan tungku yang digunakan untuk memasak dengan bahan bakar kayu bakar. Tungku ini dibuat menggunakan tanah lempung dicampur abu sekam dan dibakar seperti batu bata. Penggunaan kayu bakar tidak perlu banyak pada saat pembakaran cukup dengan beberapa potongan kayu dan mendorong sedikit demi sedikit hingga kayu benar - benar terbakar habis.

2. Tungku bahan bakar arang.

Tungku dengan bahan bakar arang biasanya terbuat dari tanah lempung. Tungku bahan bakar arang ini tidak mempunyai ruang panas tertutup sehingga api pembakaran banyak terbuang langsung dari bahan bakarnya. Tungku ini berbahan bakar arang yang diletakkan di cekungan atas dan abu sisa pembakaran akan terjatuh melalui lubang dan di tampung di bagian dasar.

3. Tungku kayu bakar dua tabung.

Tungku ini dibuat dengan bata merah yang dilumuri dengan adonan tanah liat atau semen, juga menggunakan bahan bakar berupa kayu, bambu dan memilih dua tabung atau lebih. Biasanya tinggi pada lubang pertama, ke dua ke tiga dan ke

empat memiliki tinggi yang berbeda, fungsinya agar api semakin kebelakang akan semakin naik. [3]

Proses pembakaran Pembakaran sempurna adalah proses pembakaran dimana gas buang yang dihasilkan terdiri dari gas CO₂ dan Air. Sebaliknya pembakaran tidak sempurna, gas hasil pembakaran disamping dua gas tersebut, terdapat juga gas-gas lain hasil dari pembakaran tidak sempurna, seperti gas CO, HC, NO_x dan partikel padat. Untuk pembakaran bahan bakar padat, partikel padat umumnya dalam bentuk abu, seperti halnya hasil sisa pembakaran batu bara dan kayu bakar.

Pembakaran kayu tidak dapat terjadi langsung seperti pada bahan bakar cair ataupun gas. Pada kayu, proses pembakaran melalui dua tahap yaitu pirolisis dan pembakaran. Pada proses pirolisis terjadi reaksi endotermal, artinya kayu yang dipanasi akan menaikkan temperatur kayu, dari suhu ruang hingga 500 °C (F.L. Browne, 2006). Pada kondisi ini terjadi pelepasan gas/uap dan bahan-bahan lain yang menguap. Setelah penguapan gas-gas tersebut dan temperatur kayu mencapai temperatur pembakaran, maka pembakaran akan berlangsung dengan ditandainya nyala api dari kayu. warna nyala memberikan indikasi energi panas yang dihasilkan. makin terang nyala api energi panas pembakaran makin tinggi. kayu yang benar-benar kering akan meningkatkan efisiensi pembakaran dan mempersingkat waktu penyalaan.

Efisiensi pembakaran bahan bakar sangat tergantung dari proses pencampuran bahan bakar dan oksigen. Pada bahan bakar cair ataupun gas, proses pencampuran bahan bakar udara relatif lebih mudah sehingga partikel padat yang dihasilkan relatif sedikit, yaitu berupa jelaga yang menempel pada

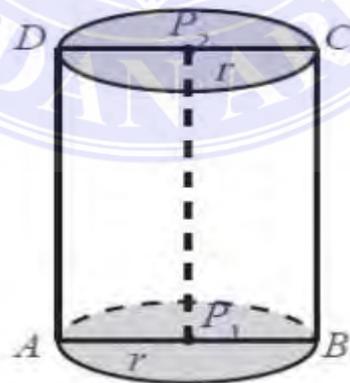
dinding ruang bakar. Sedangkan pada bahan bakar padat proses terjadinya pencampuran bahan bakar udara jauh lebih sulit, sehingga banyak abu yang dihasilkan. Abu atau residu hasil pembakaran bahan bakar padat selain akibat terjadinya pembakaran tidak sempurna, juga diakibatkan oleh komposisi bahan bakar yang mengandung bermacam-macam bahan yang merupakan bahan tidak bias.

Pengertian dari tabung ialah merupakan sebuah bangun ruang tiga dimensi yang dibentuk oleh 2 buah lingkaran identik yang sejajar dan sebuah persegi panjang yang mengelilingi kedua lingkaran tersebut.

Ciri-Ciri Tabung

1. Pada sebuah tabung mempunyai 2 rusuk
2. Pada bagian Alas dan tutup sebuah tabung membentuk seperti lingkaran
3. Pada sebuah tabung terdapat 3 bidang sisi pertama ialah bidang alas dan kedua bidang selimut, kemudian yang ketiga bidang tertutup

Dibawah ini terdapat contoh gambar dari tabung :



Gambar 2.2 Volume Tabung

Dari gambar tabung di atas apabila kita perhatikan, maka kita akan melihat unsur

– unsur dari tabung di bawah ini ulasanya :

Unsur –Unsur Tabung

1. Sisi

Pengertian dari sisi yakni merupakan sebuah sisi yang mempunyai bentuk seperti lingkaran dengan pusat nya berada di tengah, dan sisi atas ialah merupakan sisi yang berbentuk lingkaran yang pusat nya sama berada di tengah.

2. Selimut tabung

Selimut tabung ialah merupakan sebuah sisi lengkung yang berada di kiri dan kanan tabung.

3. Diameter

Diameter ialah merupakan suatu jarak dari titik A menuju titik B

4. Jari – jari

Jari – jari ialah merupakan sebuah jarak setengah dari titik A ke titik B

Rumus Volume Tabung

Dengan begitu agar dapat menghitung volume pada sebuah tabung maka harus diketahui terlebih dahulu luas alasnya. Sebab alas tabung yang berbentuk lingkaran berikut ini rumus untuk menghitung luas alasannya yakni $= \pi \times r^2$. rumus volume tabung ialah:

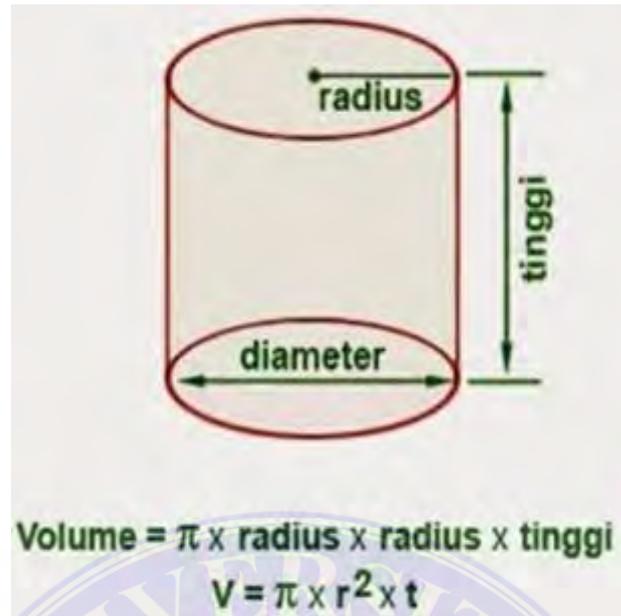
$$V = \pi . r^2 . t$$

$$V = \text{volume tabung (cm}^3 \text{)}$$

$$\pi = \text{phi (22/7 atau 3,14)}$$

$$r = \text{jari-jari atau setengah diameter (cm)}$$

$$t = \text{tinggi (cm)}$$



Gambar 2.3 Tabung

K. Teori Pembakaran

Ada tiga elemen dasar agar pembakaran tersebut dapat berlangsung, elemen - elemen tersebut adalah bahan bakar, oksigen dan sumber panas. Jika tiga jenis elemen ini dikombinasikan di dalam lingkungan yang layak, maka akan terjadi pembakaran. Jika salah satu dari 3 elemen ini dihilangkan maka tidak akan terjadi pembakaran. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi apabila suplai oksigen terpenuhi.

Tujuan dari pembakaran yang baik adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan pembakaran yaitu.

1. diperlukan temperatur yang cukup tinggi dalam proses menyalakan dan menjaga nyala bahan bakar.
2. turbulensi atau pencampuran oksigen dan bahan bakar yang baik, dan
3. waktu yang cukup untuk pembakaran yang sempurna.

L. Tahapan dalam Proses Pembakaran

Pembakaran kayu ternyata memerlukan beberapa proses. Ada tiga proses utama dalam pembakaran.[4]

1. Tahap pertama

Proses pertama dalam pembakaran adalah proses pemanasan dan proses evaporasi. Kita tahu bahwa kayu memiliki banyak kandungan air, oleh karena itu proses ini adalah proses penghilangan kandungan air dalam kayu.

2. Tahap kedua

Pada saat proses pembakaran kandungan air akan dikeluarkan dari kayu dan suhu kayu mencapai 540 °F (282 °C), maka terjadilah tahap kedua dalam pembakaran.

3. Tahap ketiga

Jika pembakaran sudah melampaui suhu 1100 °C maka akan terbentuk arang pada kayu (charcoal) dan arang kayu ini dapat terbakar dalam jangka waktu yang lebih lama pada low rate temperatur. [4]

M. Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah perpindahan energi panas/kalor sebagai akibat adanya perbedaan temperatur. Perpindahan panas adalah suatu energi thermal yang di transferkan ke suatu ruang yang memiliki perbedaan temperatur. Perhitungan laju perpindahan panas memerlukan perhitungan total area permukaan yang dikenai panas. Oleh karena itu diperlukan data temperatur fluida yang masuk dan keluar, koefisien perpindahan panas total, laju perpindahan panas total, dan data-data lain yang mendukung. Data-data tersebut mampu dicari dengan menggunakan keseimbangan energi antara fluida panas dan fluida dingin dengan

mengabaikan perpindahan panas yang terjadi ke lingkungan, perubahan energi kinetik dan potensial. [5] Laju perpindahan panas

perpindahan panas yang terjadi antara permukaan zat dengan fluida yang bergerak dimana antara keduanya terdapat perbedaan temperatur .[7]

koefisien perpindahan panas

$$h = \frac{\Delta Q}{A \Delta T} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

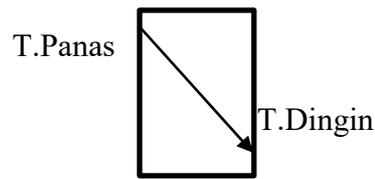
ΔQ = panas yang masuk atau panas yang keluar.

ΔT = perbedaan temperatur

N. Perindahan Panas secara Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas yang disebabkan perbedaan temperatur dan bergantung pada aktivitas level atom atau molekuler. Dimana energi panas dipindahkan melalui hantaran molekul-molekul yang bergerak dan saling bertumbukan yang ada di dalam suatu zat padat, atau melalui hantaran molekul-molekul zat cair atau gas yang berada dalam keadaan diam atau tidak dalam keadan mengalir.

Gradien suhu ada dalam tubuh, pengalaman menunjukkan bahwa ada transfer energi dari wilayah suhu tinggi ke wilayah suhu rendah. Kami mengatakan bahwa energi ditransfer oleh konduksi dan bahwa laju perpindahan panas per satuan luas adalah proporsional ke gradien suhu normal. Untuk menghitung laju perpindahan diperlukan persamaan yang sesuai dengan mode dari perpindahan panas tersebut. Persamaan laju perpindahan panas konduksi



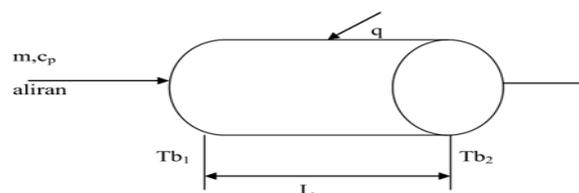
Gambar 2.4. Perpindahan Panas Konduksi

Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradient suhu normal sesuai dengan persamaan berikut.

$$Q = K. A. \Delta T \dots\dots\dots(2.2)$$

O. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi antara permukaan zat dengan fluida yang bergerak dan keduanya mempunyai perbedaan temperatur..Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (free / natural convection). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa / eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (forced convection).



Gambar 2.5. Perpindahan Panas Konveksi

Proses pemanasan atau pendinginan fluida yang mengalir didalam saluran tertutup seperti pada gambar 2.2 merupakan contoh proses perpindahan panas. Laju perpindahan panas pada beda suhu tertentu dapat dihitung dengan persamaan [5].

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

Q = laju perpindahan panas. w

h = koefisien perpindahan panas .w/m °C

A = luas bidang permukaan perpindahan panas. (m²)

T_w = temperatur dinding. °C

T_s = temperatur sekeliling. °C

K = koefisien konduksi termal zat (J/m s) atau(W/m k)[7]

Tanda minus (-) digunakan untuk memenuhi hukum II thermodinamika, sedangkan panas yang dipindahkan selalu mempunyai tanda positif (+).

Persamaan mendefinisikan tahanan panas terhadap konveksi. Koefisien pindah panas permukaan h , bukanlah suatu sifat zat, akan tetapi menyatakan besarnya laju pindah panas didaerah dekat pada permukaan itu



Gambar 2. 6. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan konveksi paksa dalam kenyataannya sering dijumpai, kaarena dapat meningkatkan efisiensi pemanasan maupun pendinginan satu fluida dengan fluida yang lain

P. Pengertian Energi

Energi merupakan sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tetapi dapat dirasakan adanya. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (energy is the capability for doing work)¹. Sedangkan energi alam adalah sesuatu yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan dan kebutuhan hidup manusia agar hidup lebih sejahtera, energi alam bisa terdapat dimana saja seperti di dalam tanah, air, permukaan tanah, udara dan lain sebagainya.[5]

Q. Energi termal (panas)

Energi termal merupakan bentuk energi dasar, yaitu semua energi yang dapat dikonversi secara penuh menjadi energi panas. Sebaliknya, pengonversian dari energi termal ke energi lain dibatasi oleh Hukum Termodinamika Kedua.

Sumber-Sumber Energi Berdasarkan sumbernya, energi dapat dibedakan menjadi energi yang berasal dari bumi (terrestrial) dan yang berasal dari luar bumi (extraterrestrial). Sumber energi juga dapat diklasifikasikan berdasarkan sifatnya. Sumber energi dari bumi dikategorikan menjadi jenis renewable atau nondepleted energy dan non-renewable atau depleted energy. Sumber energi yang renewable atau dapat didaur ulang, seperti energi kayu, biomassa, biogas. Sumber energi dari luar bumi, misalnya energi surya dan resources. Sedangkan energi seperti minyak bumi, batubara dan gas alam adalah sumber energi yang bersifat tidak dapat diperbaharui atau dapat habis.

R. Energi yang Terkandung dalam Bahan Bakar

Setiap bahan bakar memiliki nilai pemanasan atau heat value fuel (HVF) yaitu energi yang terkandung dalam bahan bakar. nilai HVF pada kayu bakar 1.386.000 J/kg sebesar kkal/gram. pada berbagai jenis bahan bakar

S. Efisiensi Energi

Efisiensi energi adalah perbandingan antara energi yang dapat dimanfaatkan terhadap energi yang dibutuhkan. Semakin tinggi tingkat efisiensi energi maka penggunaan energi akan semakin sedikit untuk hasil yang sama.

T. Perhitungan efisiensi bahan bakar

Untuk menghitung efisiensi bahan bakar perlu dicari heat value fuel (HVF) dan fuel consumption rate (FCR) dengan menggunakan persamaan:

$$FCR = \frac{m}{t} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

t = Waktu yang dibutuhkan untuk memasak (jam)

m = Massa bahan bakar terpakai (kg)

Daya masuk dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$P_{in} = HVF \cdot FCR \dots\dots\dots(2.5)$$

Daya keluar dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$P_{out} = \frac{(m_1 \cdot C \cdot (T_2 - T_1)) + (m_2 \cdot C_2 \cdot (T_3 - T_2))}{t} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

m_1 = Massa air (kg)

C = Kalor jenis air (J/kg.°C)

T_1 = Suhu lingkungan (°C)

T_2 = Suhu air mendidih ($^{\circ}\text{C}$)

T_3 = Suhu uap air ($^{\circ}\text{C}$)

m_2 = Massa uap air (kg)

Lu = Kalor uap air (J/kg)

C_2 = Kalor jenis uap air (J/kg $^{\circ}\text{C}$)

T_3 = Suhu uap air ($^{\circ}\text{C}$)

Efisiensi bahan bakar dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$E_f = \frac{P_{out}}{P_{in}} = 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

E_f = Efisiensi (%)

P_{in} = Daya Masuk (Kw)

P_{out} = Daya Keluar (Kw) [10]

1. Suhu ruang bakar dan kayu bakar tinggi, kurang lebih 650°C Suhu ruang bakar dan suhu kayu bakar tinggi diperlukan untuk melepaskan uap air dan gas-gas yang bisa menguap dari kayu, sehingga mempermudah pembakaran dapat berlangsung sempurna. Untuk mempertahankan suhu ruang bakar tinggi, maka perlu dipasang isolator pada dinding, sehingga kerugian panas ke lingkungan dapat diperkecil. Isolator dipilih yang mempunyai konduktansi rendah dan memiliki kemampuan memantulkan panas yang tinggi. Pada disain Dinding tungku dari beton cor semen bukan isolator yang baik, sehingga untuk meningkatkan kualitas hambatan panas (isolator) maka.
2. Ukuran kayu dibuat kecil, besar dan kering. Ukuran kayu kecil dimaksudkan untuk memperluas permukaan kayu , sehingga kontak dengan udara dapat berlangsung baik. Hal ini dapat meningkatkan rasio jumlah udara bahan bakar

(AFR) dan proses pencampuran udara bahan bakar berlangsung lebih sempurna. Sirkulasi udara dalam ruang bakar berlangsung baik. Kecukupan udara untuk

3. proses pembakaran perlu diciptakan sehingga pembakaran kayu bakar berlangsung baik. Ketidakcukupan udara akan berakibat banyaknya bahan bakar yang tidak terbakar. Sebaliknya, udara berlebihan akan mengakibatkan suhu ruang bakar yang rendah, sehingga banyak asap yang terjadi akibat dari efisiensi pembakaran rendah. Untuk menciptakan sirkulasi udara yang sesuai dengan kebutuhan proses pembakaran perlu didesain dimensi dan tinggi ruang bakar yang memungkinkan tarikan udara alami dalam ruang bakar dapat berlangsung baik [2].

Kandungan air (kelembapan) kayu Kandungan air dalam kayu akan berpengaruh terhadap nilai kalor kayu, yang selanjutnya mempengaruhi proses pembakaran. Kayu kering mempunyai nilai kalor tinggi dan sebaliknya kayu basah mempunyai nilai kalor rendah seperti ditunjukkan pada gambar grafik berikut. Pengukuran berat kayu terbakar digunakan untuk mengetahui konsumsi bahan bakar kayu per volume air atau yang disebut konsumsi bahan bakar spesifik (persamaan 1) dan juga efisiensi tungku (persamaan 2). Efisiensi tungku adalah perbandingan jumlah panas yang berguna untuk memanaskan hingga temperatur tertentu (100°C) terhadap jumlah panas masukkan dari bahan bakar kayu. Konsumsi spesifik (SC) dan efisiensi tungku (η), merupakan parameter prestasi tungku yang dinyatakan persamaan.

$$\eta = ma.c. \frac{T_d - T_a}{mb} . NK \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

m_a, m_b = Masa air, masa bahan bakar

C = Panas jenis air

T_d = Temperatur didih air

T_a = Temperatur air awal

NK = Nilai[4]

U. Efisiensi tungku

1. Panas Sensibel

Panas sensibel adalah jumlah energi panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur air. Panas sensibel diukur sebelum dan sesudah air mencapai temperatur pendidihan. Panas sensibel dihitung menggunakan rumus:

$$Q_{SH} = m \cdot C_p \cdot T \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

Q_{SH} = panas sensible (kj/s)

\dot{m} = laju massa air (kg/s)

C_p = panas jenis air (4,186 W/kg°C)

ΔT = beda temperature air (°C)

2. Panas Laten

Panas laten adalah jumlah energi panas yang digunakan dalam menguapkan air. Panas laten dihitung menggunakan rumus :

$$Q_{LH} = W_e \times H_{fg} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

Q_{LH} = panas laten (kj/s)

W_e = laju massa air yang diuapkan (kg/s)

$$H_{fg} = \text{panas laten air}(2260 \text{ W/kg})$$

3. Input Energi Panas

Input energi panas adalah jumlah energi panas yang tersedia dalam bahan bakar. Input energi panas dihitung menggunakan rumus :

Keterangan :

$$Q_{in} = \text{energi panas tersedia dalam bahan bakar (W)}$$

$$W_f = \text{laju kebutuhan bahan bakar (kg/s)}$$

$$LHV = \text{nilai kalor rendah (low heating value) bahan bakar (J/kg)}$$

4. Efisiensi Termal

Efisiensi termal adalah rasio energi yang digunakan dalam pendidihan dan dalam penguapan air terhadap energi panas yang tersedia dalam bahan bakar.

Efisiensi termal dihitung dengan rumus :

$$\eta = \frac{Q_{SH} + Q_{LH}}{Q_{in}} \times 100 \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

$$\eta = \text{efisiensi termal (\%)}$$

$$Q_{SH} = \text{panas sensibel (W)}$$

$$Q_{LH} = \text{panas laten (W)}$$

$$Q_{in} = \text{energi panas tersedia dalam bahan bakar (W)}$$

5. Pengujian Daya

Pengujian daya dilakukan dengan menyalakan api kompor selama 1 jam, kemudian diukur bahan bakar yang terpakai. Secara perumusan perhitungan daya adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{mf \times E}{t} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

P = Daya (kw)

Mf = Massa Bahan Bakar yang terpakai (kg),

t = Waktu (1 Jam).

V. Material Pembuatan Tungku Pembakaran

1. Bata tahan api

Batu bata tahan api berfungsi untuk menahan suhu tinggi pada saat terjadinya pembakaran dan juga bata tahan api harus memiliki nilai konduktifitas termal yang rendah agar panas yang terjadi pada saat pembakaran panas tidak banyak keluar ,dengan ukuran p = 60 cm, lebar 7 cm dan tinggi 10 cm sebanyak 9 bata tahan api .

Bata tahan api tersebut hanya untuk lantai pada tungku tersebut .seperti yang ditunjukkan pada gambar (2.2).



Gambar 2.2. Bata tahan api

2. Semen tahan api

Semen tahan api (fire mortar) berfungsi sebagai perekat batu tahan api satu dengan bata tahan api lainnya untuk mencegah panas keluar. Sifatnya tidak langsung mengeras sebelum terkena panas atau terbakar. Semen tahan api digunakan sebanyak 50 kg karena semen digunakan sebagai perekat pada batu tahan api. seperti yang ditunjukkan pada gambar (2.3)



Gambar 2.3 semen tahan api

3. Batu bata

Batu bata adalah gumpalan tanah yang terbuat dari campuran tanah liat dan abu yang dibakar dan dibentuk seperti balok. Batu bata merupakan salah satu bahan material sebagai bahan pembuat dinding. Ada kalanya kita melihat batu bata yang warna dan tingkat kekerasannya berbeda, seperti yang ditunjukkan pada gambar (2.4)

4. Semen

Semen adalah bahan perekat atau lem yang bisa merekatkan bahan – bahan material padat menjadi satu kesatuan kompak dan kuat. Semen akan menjadi perekat apabila dicampurkan menggunakan air dan material bahan lainnya seperti pasir dan batu dan lain-lain yang akan mengikat satu sama lain menjadi kesatuan kelompok yang akan bereaksi hidrasi membentuk serbuk halus yang akan digunakan sebagai bahan pengikat. Seperti yang ditunjukkan pada gambar (2.5)

W. Bahan Bakar

Adapun bahan bahan bakar yang digunakan sebagai berikut.

1. Kayu

Alternatif energi biomassa sebagai sumber energi baru di Indonesia dapat menjadi pilihan yang tepat karena disamping sebagai energi baru, Indonesia juga memiliki banyak area hutan dan juga perkebunan yang cukup besar sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi biomassa tersebut. Salah satu sumber energi .

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini di mulai dengan studi literatur dan survey lapangan, menganalisa proses destilasi serta metode penyulingan dan diharapkan memperoleh data yang akurat yang dilaksanakan di Area lahan kosong IV Lau Macem Kecamatan Pancur Batu, Kabupaten Deli Serdang.

A Tempat dan Waktu Penelitian.

1. Tempat.

Penelitian ini dilaksanakan di Desa IV Lau Macem Kecamatan Pancur Batu.

2. Waktu.

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.

B. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam proses pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Tungku pembakaran

Tungku pembakaran pada penelitian ini digunakan untuk proses pengambilan data, pada tungku dengan material batu tahan api ini juga diharapkan untuk meminimalisir kehilangan panas pada saat dilakukan

pembakaran agar panas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin pada proses pembakaran. seperti yang di tunjukan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Tungku pembakaran

1. Data spesifikasi tungku

Tipe	Tradisional
Matrial	Bata tahan api Bata Semen Semen tahan api
Kapasitas	100 kg
Panjang tungku	4.3 m
Lebar tungku	1.77 mm
Tinggi tungku	1.55 m
Diameter luar tungku	2.50 m
Diameter dalam tungku	2.40 m
Tebal tungku	9 cm

b. Termometer digital

Termokopel digunakan sebagai alat pendeteksi suhu panas yang terdapat pada ruang pembakaran yang terletak pada sisi samping tungku. sehingga kita dapat mengetahui berapa suhu yang di hasilkan.



Gambar 3.2. Termometer digital

c. Timbangan

Timbangan pada penelitian ini digunakan untuk mengukur berat dari bahan baku dan bahan bakar pembakaran yang diakan digunakan untuk bahan bakar pada tungku pembakaran. seperti yang di tunjukan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 . timbangan

d. Stopwacth

Stopwacth pada penelitian ini digunakan untuk mengukur waktu lama pemanasan air samapai 100 °C dan digunakan untuk peroses perolisis sampai menjadi minyak.



Gambar 3.4. Stopwacth

e. Termometer

Termometer disini berfungsi untuk mengukur temperatur lingkungan dan temperatur air pada saat proses pembakaran.yang terletak pada dinding bejana .



Gambar 3.5. Termometer

f. Cetok

Cetok berfungsi sebagai alat untuk menganbil semen tahan api dan semen biasa, untuk mengambil adonan semen dan untuk mengaduk adonan semen dengan pasir

g. Meteran

Meteran berfungsi sebagai alat pengukur panjang, tinggi dari tungku dan diameter tungku.seperti yang ditunjukkan pada gambar (3.6)

h. Pacul

Pacul berfungsi sebagai alat untuk meratan tanah yang akan dibuat tungku pembakaran dan juga untuk membuang sisa pembakaran.

2. Bahan

Adapun bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam deskripsi sebagai berikut.

a. Bata tahan api

Bata tahan api digunakan sebagai dinding dalam pada tungku pembakaran. Bata tahan api ini mempunyai temperatur kerja maksimum sebesar 1200°C. Seperti yang ditunjukkan pada gambar (2.2).

b. Semen tahan api

Semen tahan api sebagai perekat batu tahan api satu dengan bata tahan api lainnya dan untuk mencegah panas keluar diantara celah – celah batu tahan api. Seperti yang ditunjukkan pada gambar (2.3)

c. Bata dan Semen

Bata dan semen berfungsi sebagai pengokoh bagian luar pada tungku pembakaran.

d. Kayu

Kayu karet disini digunakan untuk bahan bakar variasi pertama dari proses pembakaran yang akan dilakukan.

e. Air

Pada penelitian ini air digunakan sebagai media penerima kalor yang peroleh dari proses pembakaran pada tungku dan sebagai media dalam pengambilan data dari panas yang didapat. Jumlah air yang digunakan dalam pengambilan data setiap kali dilakukan.

C. Prosedur Pengujian

1. persiapan pengujian yang akan dilakukan pada proses pengambilan data.

2. Pastikan tungku pembakaran dalam kondisi siap digunakan untuk pengujian.
3. Bahan bakar dengan menggunakan kayu dengan ukuran bahan bakar kecil dan besar.
4. Bahan bakar yang akan digunakan tersedia dalam jumlah yang memenuhi selama proses pengujian dan pastikan bahan bakar yang akan digunakan dalam kondisi kering.
5. Alat uji yang akan digunakan sudah pada kondisi siap digunakan.
6. Letakkan bahan bakar pada ruang pembakaran.
7. Lalu memulai proses pembakaran .

D. Variable

Variabel merupakan besaran yang bisa berubah dan berpengaruh terhadap hasil penelitian. Adanya variabel juga turut mempermudah dalam menganalisis suatu permasalahan. Variabel yang digunakan penelitian ini ada 2 yaitu variabel bebas dan terikat.

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi dalam penelitian. Adapun variabel bebas dalam penelitian ini sebagai berikut ;

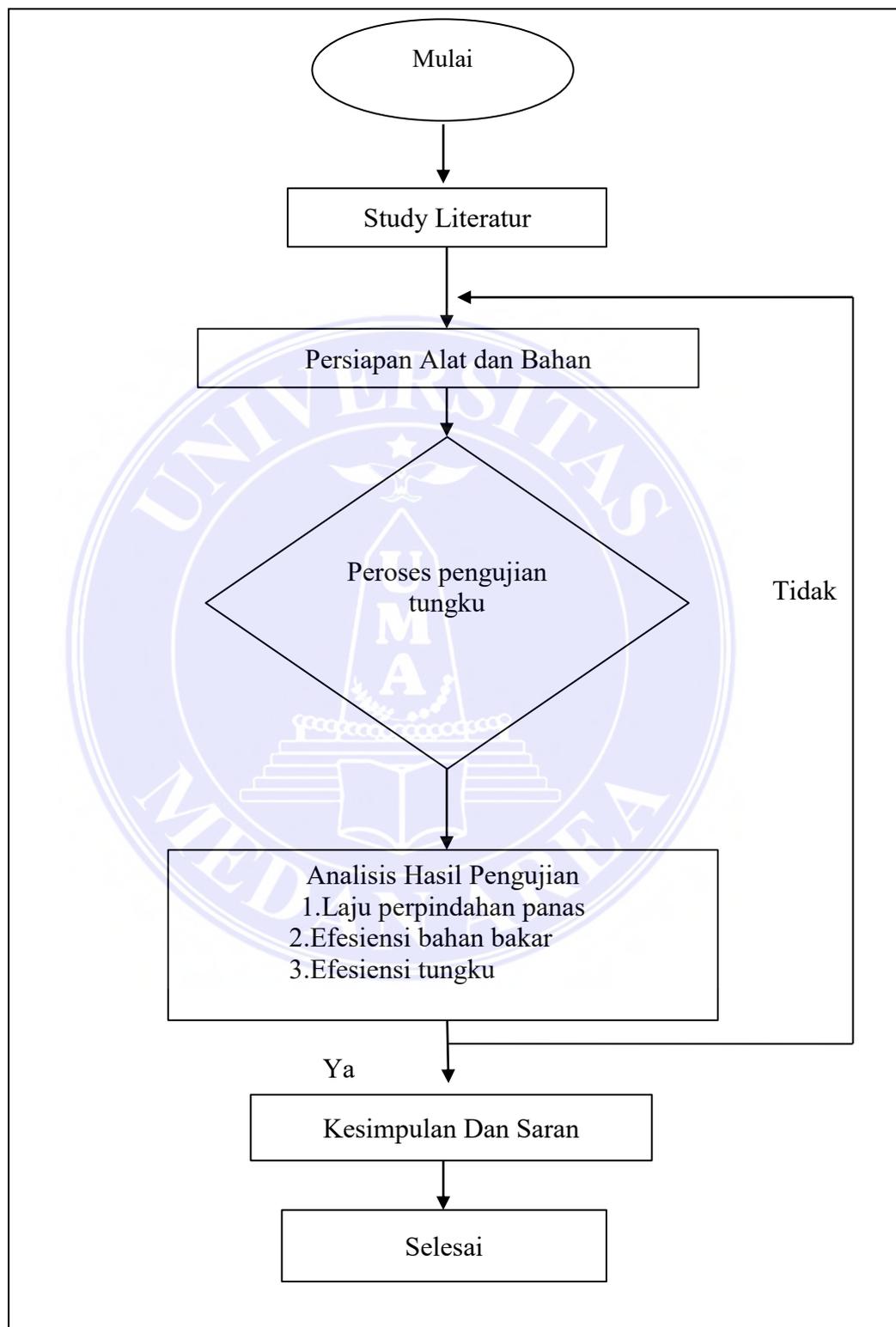
- a. Temperature pada tungku.
- b. Bahan bakar yang di gunakan.

2. Variabel Tetap

Variabel tetap adalah variabel yang dipengaruhi dalam penelitian. Adapun variabel tetap dalam penelitian ini sebagai berikut;

- a. Laju Perpindahan Panas
- b. Efisiensi bahan bakar
- c. Efisiensi tungku

D. Alur pengambilan data



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian tungku destilasi uap dengan bahan bakar kayu dapat diambil kesimpulan berikut :

1. Tungku ini memiliki dimensi sebagai berikut tinggi tungku 1,55 m diameter luar tungku 2,05 m diameter dalam 2 m panjang tungku 4,3 m dan tinggi cerobong 2 m. Tungku destilasi dapat menampung bahan bakar kayu maksimal 100 kg dan menghasilkan temperatur 350°C.
2. Laju perpindahan panas yang di hasilkan tungku adalah 4.507,356 w/m°C
3. Bahan bakar yang digunakan pada tungku ini adalah kayu yang memiliki nilai kalor 4212,04 . Tungku ini dapat menampung volume bahan bakar sebesar 100 kg kayu. Dalam proses destilasi membutuhkan bahan bakar 185 kg .

B. SARAN

1. Pada penelitian selanjutnya perlu diperhatikan model dari bahan bakar sehingga proses penyalaan dari tungku tersebut tidak mempersulit penggunaan.
2. Tungku ini akan lebih baik jika ditambah blower untuk mempermudah proses pembakaran hingga api didalam tungku terus menyala.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad , Winarso Rochmad, and Wibowo Rianto, "Rancang Bangun Boiler Dan Tangki Penguapan Minyak Atsiri Pada Mesin Destilator Dengan Metode uap Berbahan Baku Daun Serai (Cymbopogon Nardus)," *Jurnal Crankshaft*, vol. 1, pp. 9-20, Sep. 2018.
- [2] Zuhdi Masum Dan Wahyu Diah Proborini, "Optimasi Proses Destilasi Uap Essential Oil," *Jurnal Reka Buana* , vol. 1 no 2, pp. 105-109, Aug. 2016.
- [3] Muhammad Rais Rahmat, "Perancangan dan Pembuatan Tungku Heat Treatment," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 3 No 2, pp. 133-148, Aug. 2015.
- [4] in Sinaga,Ramanda S.A.K Bambang Yuniyanto, "Pengembangan Desain Tungku Bahan Bakar Kayu Rendah Polusi Dengan Menggunakan Dinding Beton Semen," *ROTASI*, vol. 16 No 1, pp. 28-33, Jan. 2014.
- [5] Slamet, Supranto, and Riyanto, "Studi Perbandingan Perlakuan Bahan Baku Dan Metode Distilasi Terhadap Rendeme Dan Kualitas Minyak Atsiri Sereh Dapur (Cymbopogon Citratus)," *ASEAN Journal Of Systems Engineering*, vol. 1, pp. 25-31, July 2013.
- [6] Nugraha,Aswardi Nasutian, Reni Amaranti Aviasti Anwar, "Teknologi Penyulingan Minyak Sereh Wangi Skala Kecil Dan Menengah Di Jawa Barat," *Teknoin*, vol. 22 No 9, pp. 664-672, Dec. 2016.
- [7] Arko Prijono M.Sc, *Prinsip - Prinsip Perpindahan Panas*, ketiga ed., Endra.s, Ed. jakarta, indonesia: erlanga, 2018.
- [8] Mhammad Idris.uun Novalia Harahap, "Campuran Limbah Buah Salak dengan Limbah Air Kelapa," *jmemme*, vol. 2, pp. 43-50, Sep. 2018.
- [9] zuhdiMa'sum dan Wahyu Diah Proborrini, "Optimasi proses difusi uap pada daun sereh dapur," *Reka Buana*, vol. 2 No 2, pp. 114-121, Maret 2017.
- [10] Lukman Adlin Harahap,Adian Rindang Octo Fandi Sinaga, "Rancang Bangun Alat Penyulingan Minyak Atsiri Tipe Uap Langsung," *Keteknikkan Pertanian*, 2016.

- [11] Lukman Adlin Harahap , Adian Rindag Octo Fandi Sinaga, "Rancang Bangun Alat Penyulingan Minyak Atsiri Tipe Uap Langsung," *Ketentnikan Pertanian* , vol. 4 No 4, pp. 590-593, Oktober 2016.
- [12] Pandawati Mangunwisastro ,Mumpuni Asih Pratiwi Thomas Aquion Bambang Irwan, "pembuatan boiler dan tungku pada penyulingan minyak serai di dusun ngerimpak ,temanggung," *abdimas unwahas*, vol. 2, pp. 25-28, april 2017.
- [13] N.G.Pamukas ,Irzaman E.Rohaeti, "Kajian Efisiensi Energi Proses Penyulingan Dan Sifat Fisik Hasil Penyulingan Minyak Serai Dapur Menggunakan Tungku Sekam Dan Heating Mantel," *Berkala Fisika* , vol. 13, pp. 13-19, April 2010.
- [14] Lia Fatul Mukharohman Haris Muhmudin, "Pengaruh Temperatur Terhadap Hasil Peroses Pirolisis Pada Ban Bekas Pakai," *Jurnal Mesin Nusantara* , vol. 1, pp. 19-26, Juni 2018.
- [15] Nurcahyati Saparudin Syamsul, "Pengaruh Pariasasi Temperatur Pirolisis Terhadap Hasil Dan Nilai Kalor Briket Campuran sekam adi Kotoran Ayam," *Dinamika Teknik mesin*, vol. 5, pp. 16-24, Januari 2015.
- [16] Indah Safitri,Krisna Merdekawati Noor Fitri, "Produksi Minyak Atsiri Untuk Mengembangkan Desa Pelutan ,Kecamatan Gebang ,Puowrjo,Jawa Tengah Sebagai Sentra Minyak Atsiri ," *jurnal abdimas madani dan lestari*, vol. 01, pp. 79-94, September 2019.
- [17] Sanny Andjar Sari.Dwi Ana Anggorowati,Mujiono Sri Indriani, "Penerapan Alat Destilasi Minyak Atsiri Di Kelurahan Tunjungrejo Kecamatan Sukun Malang," *industrial inovatif*, vol. 3, pp. 19-23, Maret 2013.

- Zulfikar, Z., Umroh, B., Amrinsyah, A., & Kurniawan, F. (2018). NUMERICAL ANALYSIS OF STRENGTH OF REAR BRAKE HOLDER FLAT ON THE MOTOR CYCLE DUE TO IMPACT LOAD. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(1), 1-6. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i1.1648>
- Syam, A., zulfikar, z., & Hutasuhut, M. (2018). Heat Transfer Simulation on the Wall of Rotary Cast Iron Smelting Furnace Capacity of 1 ton/hour. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(1), 7-12. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i1.1650>
- Darianto, D., Umroh, B., Amrinsyah, A., & zulfikar, z. (2018). Numerical Simulation on Mechanical Strength of a Wooden Golf Stick. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(1), 13-19. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i1.1652>
- Harto, B., Umroh, B., & Darianto, D. (2018). Study on the CBN Tool Wear Mechanism on Dry High-Rate Turning Process for AISI 4140. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(1), 20-26. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i1.1654>
- Sariyusda, S. (2018). Analisis Reliability Centered Maintenance (RCM) Rel Conveyor pada Mesin Oven BTU Pyramax 150N di PT. Flextronics Teknologi Indonesia - Batam. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(1), 33-42. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i1.1656>
- Amrinsyah, A., syam, a., Darianto, D., & zulfikar, z. (2018). Numerical Study on Plate Holders Pipe Recovery Boiler Superheater. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(1), 27-32. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i1.1655>
- Hutasuhut, M. (2018). ANALISIS PERPINDAHAN KALOR KONDENSOR PADA PROSES DISTILASI BIOETANOL SEBAGAI BIOFUEL DARI CAMPURAN LIMBAH BUAH SALAK DENGAN LIMBAH AIR KELAPA. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(2), 43-50. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i2.2006>
- Siregar, C. (2018). Pengaruh Jarak Kaca Terhadap Efisiensi Alat Destilasi Air Laut yang Memanfaatkan Energi Matahari di Kota Medan. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(2), 51-55. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i2.2115>
- Darianto, D. (2018). Analisa Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengasapan Pada Mesin Pengasapan Ikan Lele. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(2), 56-66. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i2.2154>
- Syam, A. (2018). Analisa Kelebihan Tekanan Pada Saat Pembakaran Gas Berlebih Pada Flare. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(2), 67-72. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i2.2111>
- Rahmansyah, A., zulfikar, z., & umroh, b. (2018). Manufacture of Water Pipe From Clampshell Powder Materials. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(2), 73-77. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i2.2105>
- Ibrahim, H. (2018). Unjuk Kerja Sistem Pembangkit Listrik Menggunakan Biogas Limbah Cair Pada Pabrik Kelapa Sawit. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(2), 78-85. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i2.2120>
- Zulfikar, A. (2018). Numerical Simulation on The Onion Dryer Frame Capacity of 5 kg/hour. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 2(2), 86-92. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i2.2110>

