



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**RANCANG BANGUN KETEL PENYULINGAN UNTUK  
MEMPRODUKSI MINYAK ATSIRI**

**TUGAS AKHIR**

**OLEH :**

**INDRI NUGROHO**

**NIM 40040219650032**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV  
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK  
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**AGUSTUS 2023**



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**RANCANG BANGUN KETEL PENYULINGAN UNTUK  
MEMPRODUKSI MINYAK ATSIRI**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan**

**OLEH :**

**INDRI NUGROHO**

**NIM 40040219650032**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV  
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK  
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**AGUSTUS 2023**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang  
dirujuk telah saya nyatakan benar**

Nama : Indri Nugroho

NIM : 40040219650032

Tanda Tangan : 

Tanggal : 14 Agustus 2023

## SURAT TUGAS PROYEK AKHIR



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
**UNIVERSITAS DIPONEGORO**  
SEKOLAH VOKASI  
PROGRAM STUDI  
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

Jalan Prof. Sudarto, S.H.  
Tembalang, Semarang Kode Pos 50275  
Tel./Faks. (024) 7471379  
www.vokasi.undip.ac.id  
email: vokasi@vo.undip.ac.id

### TUGAS PROYEK AKHIR

No : 191/PA/RPM/III/2023

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut :

Nama : Indri Nugroho  
NIM : 40040219650032  
Judul Proyek Akhir : **Rancang Bangun Ketel Penyulingan Untuk Memproduksi Minyak Atsiri**  
Dosen Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T.,M.T.,  
NIP. : 197110301998021001

Isi Tugas :

1. Membuat ketel penyulingan untuk memproduksi minyak atsiri
2. Menguji kinerja ketel penyulingan untuk memproduksi minyak atsiri
3. Menganalisa kinerja ketel penyulingan untuk memproduksi minyak atsiri
4. Menguji dan menganalisa ketel penyulingan dengan bahan yang disuling yaitu serai, serai wangi, temulawak, dan adas
5. Membuat laporan akhir rancang bangun ketel penyulingan untuk memproduksi minyak atsiri
6. Membuat prototype dan atau paten sederhana dan atau HAKI hak cipta dan/atau jurnal publikasi.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas

Semarang, 22 Februari 2023  
Ketua PSD IV  
Rekayasa Perancangan Mekanik

  
Dr. Seno Darmanto, S.T.,M.T.,  
NIP. 197110301998021001

Tembusan :

1. Sekertaris Prodi
2. Dosen Pembimbing Proyek Akhir

## HALAMAN PENGESAHAN

### HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh

Nama : Indri Nugroho  
NIM : 40040219650032  
Program Studi : D IV Rekayasa Perancangan Mekanik  
Judul : Rancang Bangun Ketel Penyulingan Untuk Memproduksi Minyak Atsiri

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

#### TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, ST. MT  
Penguji I : Dr. Seno Darmanto, ST. MT  
Penguji II : Ir. H.Murni, M.T  
Penguji III : Susastro, ST. MT.

(  )  
(  )  
(  )  
(  )

Mengetahui,  
Ketua Program Studi DIV  
Rekayasa Perancangan Mekanik



Sri Utami Handayani, S.T., M.T.  
NIP 19760915 200312 2 001

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Indri Nugroho  
NIM : 40040219650032  
Jurusan/Program Studi : D IV Rekayasa Perancangan Mekanik  
Departemen : Teknologi Industri  
Fakultas : Sekolah Vokasi  
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Rancang Bangun Ketel Penyulingan Untuk Memproduksi Minyak Atsiri**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada tanggal : 14 Agustus 2023

Yang menyatakan,



Indri Nugroho

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

*Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada kemudahan, Karena itu bila kau telah  
selesai ( mengerjakan yang lain ) dan kepada Tuhan, berharaplah*

*(Al-Insyirah : 6-8)*

## **KATA PENGATAR**

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan berkah dan rahmat-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Laporan tugas akhir ini digunakan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan perkuliahan Program Diploma IV Universitas Diponegoro.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan pihak yang telah memberikan semangat dan bimbingannya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si selaku dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Sri Utami Handayani, ST, MT selaku Ketua Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Drs. Wiji Mangestiyono, MT selaku Dosen Wali angkatan 2019 kelas B.
4. Dr. Seno Darmanto, ST. MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
5. Dosen Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik yang sudah memberikan bimbingan dan ilmu yang tidak ternilai harganya.
6. Bapak dan Ibu saya yang telah memberikan dukungan penuh kepada saya hingga dititik ini

7. Keluarga besar saya, atas dukungan materil dan moril, doa serta harapan yang tidak ada putus putusnya.
8. Seluruh teman – teman Rekayasa Perancangan Mekanik 2019
9. Dan untuk semua pihak yang telah membantu yang tidak disebutkan namanya satu – persatu

Akhir kata, penulis memohon maaf apabila ada kesalahan selama pembuatan laporan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca agar laporan ini bisa menjadi lebih baik.

Semarang, 14 Agustus 2023



Indri Nugroho

## ABSTRAK

Aplikasi teknologi penyulingan secara terukur dan baku menjadi penting untuk meningkatkan rendemen dan mutu minyak atsiri. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah ketel penyulingan yang efisien dan aman untuk memproduksi minyak atsiri. Minyak atsiri adalah minyak yang diperoleh dari tumbuhan dan memiliki berbagai aplikasi dalam industri farmasi, kosmetik, makanan, dan minuman. Penelitian ini juga bertujuan untuk meningkatkan kualitas minyak atsiri yang dihasilkan melalui penggunaan metode uap pada bagian ketel pepenyulingan.

Dalam tugas akhir ini dilakukan perancangan ketel penyulingan minyak atsiri. Kemudian dilakukan pengujian ketel penyulingan dengan menggunakan bahan penyulingan serai, serai wangi, temulawak dan juga adas. Masing masing pengujian dilakukan sebanyak dua kali pengujian. Data yang diambil dalam tugas akhir ini adalah kapasitas efektif rata-rata, peningkatan fungsi alat, dan juga rendemen.

Dari pengujian alat ketel penyulingan dengan menggunakan bahan temulawak I dapat menghasilkan minyak atsiri paling banyak yaitu sebesar 660 ml. Dan minyak atsiri paling sedikit didapat dari bahan pengujian serai wangi dan pala yang menghasilkan minyak sebesar 215 ml. Dengan menggunakan bahan bakar kayu sebesar 1,074 kg/s atau 3.866,4 kg kayu per jam nya. Alat ini juga memiliki kapasitas efektif rata-rata sebesar 0,0205 ml/s. Rendemen rata-rata sebesar 0,003691% dan juga perbandingan peningkatan fungsi alat di UKM tersebut sebesar 1,25%.

**Kata kunci** :Penyulingan, ketel penyulingan, rendemen

## ABSTRACT

*The application of distillation technology in a measurable and standard way is important to increase the yield and quality of essential oils. This research aims to design and build an efficient and safe distillation boiler to produce essential oils. Essential oils are oils obtained from plants and have various applications in the pharmaceutical, cosmetic, food and beverage industries. This study also aims to improve the quality of essential oils produced through the use of the steam method in the distillation boiler section.*

*In this final project, the essential oil distillation boiler is designed. Then testing the distillation kettle was carried out using distillate materials for lemongrass, citronella, ginger and also fennel. Each test was carried out twice. The data taken in this final project is the average effective capacity, increased function of the tool, and yield.*

*From testing the distillation kettle using temulawak I, it can produce the most essential oil, namely 660 ml. And at least essential oils were obtained from the testing materials for citronella and nutmeg which produced 215 ml of oil. By using wood fuel of 1.074 kg/s or 3,866.4 kg of wood per hour. This tool also has an average effective capacity of 0.0205 ml/s. The average yield is 0.003691% and also the ratio of increasing the function of the tool in UKM is 1.25%.*

**Keywords:** *Distillation, distillation kettle, yield*

## DAFTAR ISI

<b>UNIVERSITAS DIPONEGORO .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT TUGAS PROYEK AKHIR .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
1.6. Luaran .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1. Minyak Atsiri .....	6
2.2. Metode Distilasi .....	7
2.3. Penyulingan dengan Uap .....	11
2.4. Siklus Penyulingan Minyak Atsiri Metode Uap .....	12
2.5. Perpindahan Kalor .....	13

2.6. Perpindahan Kalor Secara Konveksi.....	13
2.7. Laju Aliran Massa Uap .....	14
2.8. Parameter Pengujian Alat.....	18
2.9 Ergonomi.....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>21</b>
3.1. Flow Chart ( Diagram Alir ).....	21
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian .....	22
3.3. Observasi Lapangan dan Studi Literatur .....	22
3.4. Menganalisis Kebutuhan Serta Membuat Konsep .....	23
3.5. Perhitungan Ketel Penguap .....	26
3.6. Metode Perancangan Ketel Penguap.....	35
3.7. Variabel Pengujian Alat .....	48
3.8. Pengujian Alat .....	48
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>64</b>
4.1 Grafik Hasil Pengujian Alat .....	64
4.2 Grafik Perbandingan Hasil Penyulingan .....	67
4.3 Perhitungan Hasil Pengujian Alat .....	68
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>73</b>
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>74</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema peralatan hydrodistillation uap .....	8
Gambar 2.2. Skema peralatan steam-hydrodistillation .....	9
Gambar 2.3. Skema peralatan steam distillation.....	10
Gambar 2.4. Skema destilasi uap.....	11
Gambar 2.5. Siklus destilasi uap.....	12
Gambar 3. 1. Diagram alir rangkaian penelitian .....	21
Gambar 3. 2. Gerinda potong.....	36
Gambar 3. 4. Las SMAW.....	36
Gambar 3. 5. Bor listrik.....	37
Gambar 3. 6. Palu.....	37
Gambar 3. 7. Meteran.....	37
Gambar 3. 8. Plat baja stainless stell.....	38
Gambar 3. 9. Besi UNP.....	38
Gambar 3. 10. Mur dan baut M10.....	39
Gambar 3. 11. Pipa stainless stell.....	39
Gambar 3. 12. Elektroda stainless stell 2mm .....	40
Gambar 3. 13. Kran.....	40
Gambar 3. 14. Ketel penyulingan .....	41
Gambar 3. 15. Bagian tutup .....	42
Gambar 3. 16. Komponen pengancing tutup .....	42
Gambar 3. 17. Karet.....	43
Gambar 3. 18. Saringan dan penyangga.....	43
Gambar 3. 19. Bagian luar ketel dan kran.....	43

Gambar 3. 20. Proses pemotongan plat.....	44
Gambar 3. 21. Plat yang telah di roll .....	45
Gambar 3. 22. Pengancing tutup .....	45
Gambar 3. 23. Tutup ketel penyuling.....	46
Gambar 3. 24. Proses pengukuran saringan .....	46
Gambar 3. 25. Pemasangan pengancing tutup ketel .....	47
Gambar 3. 26. Proses perakitan.....	47
Gambar 3. 27. Gelas ukur .....	49
Gambar 3. 28. Blower .....	49
Gambar 3. 29. Termometer .....	50
Gambar 3. 30. Pressure gauge .....	50
Gambar 3. 31. Tanaman atsiri .....	51
Gambar 3. 32. Aliran air dari heat exchanger .....	52
Gambar 3. 33. Kayu bakar .....	52
Gambar 3. 34. Serai yang siap disuling.....	53
Gambar 4. 1. Perbandingan hasil penyulingan serai dan serai wangi .....	64
Gambar 4. 2. Grafik perbandingan hasil penyulingan temulawak I dan temulawak II .....	65
Gambar 4. 3. Grafik perbandingan hasil penyulingan adas I dan adas II .....	66
Gambar 4. 4. Perbandingan hasil penyulingan.....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Nilai pendekatan koefisien termal .....	27
Tabel 3. 2. Massa jenis air.....	28
Tabel 3. 3. Standart properties stainless steel .....	30
Tabel 3. 4. ASME B31.9: Tabel 902.4.3 weld joint efficiency.....	31
Tabel 3. 5. Nilai kalor suatu bahan bakar.....	33
Tabel 3. 6. Superheated water .....	34
Tabel 3.7. Alat dan bahan pembuatan ketel uap .....	35
Tabel 3. 8. Jenis bahan yang di suling .....	48
Tabel 3.9. Alat dan bahan pengujian ketel penyuling.....	49
Tabel 3.11. Data penyulingan minyak serai.....	56
Tabel 3.12. Data penyulingan minyak serai wangi .....	57
Tabel 3.13. Data penyulingan temulawak I .....	59
Tabel 3.14. Data penyulingan temulawak II .....	60
Tabel 3.15. Data penyulingan adas I.....	62
Tabel 3.16. Data penyulingan adas II.....	63
Tabel 4. 1. Tabel perbandingan hasil penyulingan.....	67

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar teknik ketel penyulingan.....	75
Lampiran 2. Gambar teknik ketel penyulingan.....	75
Lampiran 3. Gambar teknik saringan.....	75
Lampiran 4. Gambar teknik baut hexagon dan mur 10.....	75
Lampiran 5. Gambar teknik baut eye bolt dan ring plate.....	75
Lampiran 6. Gambar tutup ketel penyulingan.....	75
Lampiran 7. Gambar teknik kran .....	75
Lampiran 8. Gambar teknik kaki ketel/dudukan ketel .....	75
Lampiran 9. Gambar teknik kancing ketel.....	75
Lampiran 10. Gambar teknik kancing tutup .....	75
Lampiran 11. Gambar teknik karet .....	75
Lampiran 12. Dokumentasi proses pembuatan .....	75
Lampiran 13. Dokumentasi proses pemindahan .....	75
Lampiran 14. Dokumentasi proses perakitan.....	75
Lampiran 15. Dokumentasi proses pengujian.....	75
Lampiran 16. Dokumentasi proses pengambilan data dan hasil penyulingan .....	75
Lampiran 17. Jadwal pelaksanaan kegiatan .....	75
Lampiran 18. Anggaran biaya.....	75

## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Hal.
$Q_{konv}$	Laju Perpindahan Panas Konveksi	13
$h$	Koefisien Perpindahan Panas	13
$A$	Luas Bidang Permukaan	13
$\Delta T$	Perbedaan Temperatur Permukaan	13
$\dot{m}$	Laju Aliran Massa	14
$\rho$	Massa Jenis	14
$v$	Kecepatan Aliran	14
$Q$	Debit aliran fluida	14
$V$	Volume Fluida	14
$A$	Luas Penampang	14
$t$	Tebal Dinding Silinder	14
$P$	Tekanan Perancangan	15
$R$	Radius Dalam Silinder	15
$S$	Kekuatan Stress Maksimum	15
$E$	Efisiensi Sambungan	15
$V$	Volume Tabung	15
$\pi$	Nilai Taksiran Phi	15
$r$	Jari-jari	15
$t$	Tinggi Tabung	15
$B$	Kebutuhan Bahan Bakar	15
$Q_1$	Panas Yang Dibutuhkan	16
LHV	Nilai Kalor	16
$\eta_{ketel}$	Efisiensi Boiler	16
$Q$	Panas Yang Dibutuhkan	16
$M$	Laju Aliran Uap	16
$c_p$	Panas Spesifik Uap	16
$\Delta t$	Perbedaan Temperatur	16
Mair	Massa Air	16

Muap	Massa Uap	16
KEA	Kapasitas Efektif Alat	17
V	Volume Minyak Atsiri	17
t	Waktu Yang Dibutuhkan Pada Saat Proses Penyulingan	17
ηalat	Kinerja Alat	17
<i>Output</i>	Kapasitas Alat	17
<i>Input</i>	Kapasitas Alat Lain	17
<i>Rend</i>	Rendemen	17
BA	Berat Minyak Yang Dihasilkan	17
BB	Berat Bahan Olahan	17

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Iklm tropis di Indonesia memungkinkan berbagai jenis tumbuhan dapat di budidayakan dengan baik, bahkan mampu menjadi komoditi ekspor. Ekspor minyak atsiri Indonesia masih relatif kecil, apabila dilihat dari total ekspor non migas. Rendahnya nilai ekspor minyak atsiri disebabkan komoditas minyak atsiri yang dikembangkan masih terbatas (Prihatman, 2000). Minyak atsiri dapat bersumber pada setiap bagian tanaman yaitu daun, bunga, buah, biji, batang atau kulit dan akar atau rhizome. Minyak atsiri dapat dihasilkan dengan berbagai metode misalnya ekstraksi. Keuntungan dari metode ini adalah tidak membutuhkan suhu yang tinggi, sehingga minyak tidak akan mudah rusak. Oleh karena itu dibuatlah destilasi bahan yang efektif dan memiliki inovasi yang dapat menghasilkan minyak atsiri yang dengan hasil rendemen yang bagus.

Di era digital sekarang ini, banyak orang-orang di dunia ini yang menginginkan hasil secara instan. Di dalam dunia permesinan dan teknologi, evolusi tersebut selalu berubah-ubah seiring perkembangan zaman. Sistem penyulingan untuk minyak atsiri ada 3 yaitu, penyulingan dengan sistem rebus dimana bahan yang akan diambil minyak atsrinya berhubungan langsung dengan air mendidih, selanjutnya penyulingan uap, dalam sistem penyulingan ini tanaman yang akan diproses ditempatkan dalam satu tempat yang bagian bawah dan tengah berlobang-lobang yang ditopang di atas dasar alat penyulingan, bagian bawah alat penyulingan diisi air sedikit dibawah dimana bahan ditempatkan, dan yang terakhir adalah penyulingan dengan system uap langsung, dimana bahan dan sumber

penghasil uap ditempatkan pada ruang yang berbeda pada sistem ini. Salah satu produksi minyak atsiri yaitu dapat dilakukan dengan metode destilasi. Berdasarkan hasil penelitian, menunjukkan rendemen minyak atsiri tertinggi dihasilkan pada metode destilasi uap-air sebesar 1,4%. Hasil dari Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) menunjukkan komponen minyak atsiri paling banyak diperoleh pada minyak atsiri hasil destilasi uap yaitu sebanyak 41 komponen. Mesin destilasi dengan menggunakan metode uap air merupakan cara yang lebih cepat untuk menghasilkan minyak atsiri yang optimal. Sebagai bahan baku utama, serai merupakan jenis tumbuhan rumput-rumputan yang dimanfaatkan. Uap air dan uap minyak dicairkan dengan cara mengalirkan pipa berlingkar yang didinginkan dengan air. Alat pencair uap ini disebut dengan kondensor. Cara pencairan uap yang baik adalah dengan mengalirkan air pendingin berlawanan arah dengan aliran uap minyak. Berarti air pendingin dimasukkan melalui bagian bawah kondensor dan dikeluarkan pada bagian atas. Hasil sulingan minyak atsiri dan air ditampung ke dalam botol berleher panjang. Karena minyak atsiri sangat mudah menguap, maka botol penampung sebaiknya direndam dalam air dingin. Atau dapat juga dilakukan dengan meletakkan es batu bercampur garam disekitar botol penampung agar suhu dingin dapat dipertahankan lebih lama. Minyak hasil sulingan harus segera dipisahkan setelah suhunya menyamai suhu kamar. Jika tidak, minyak akan menimbulkan bau tengik. Minyak atau lemak akan mengeluarkan bau tengik bila terjadi oksidasi, yaitu akibat bercampurnya minyak/lemak, air, dan udara. Hal ini dilakukan agar tidak menurunkan nilai ekonomis dari minyak tersebut yang mana selama ini seringkali terjadi didalam industri kecil dan menengah yang tidak tahu dengan baik cara penanganan minyak atsiri tersebut.

Maka dari itu perlu diadakannya edukasi lebih lanjut dalam menangani hal tersebut kepada industri kecil dan menengah. Khususnya industry UKM di Desa Jelok, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali. Selain itu tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan minyak atsiri dari metode penyulingan yang lebih baik lagi, yaitu menggunakan metode *steam* atau uap.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari uraian singkat dan latar belakang, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat ketel penyulingan untuk memproduksi minyak atsiri dengan metode uap?
2. Bagaimana hasil pengujian ketel penyulingan untuk memproduksi minyak atsiri dengan metode uap dengan bahan serai, serai wangi, temulawak, dan adas?
3. Berapa kapasitas efektif, peningkatan fungsi, dan rendemen ketel penyulingan untuk memproduksi minyak atsiri dengan metode uap?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk merancang dan membangun sebuah ketel penyulingan yang efisien dan aman untuk memproses bahan baku menjadi minyak atsiri dan mampu menghasilkan minyak atsiri dalam kuantitas yang cukup dan berkualitas tinggi.

2. Untuk mengoptimalkan proses penyulingan minyak atsiri dengan metode penyulingan yang tepat untuk meningkatkan yield (hasil) minyak atsiri dan menjaga kualitasnya.
3. Membantu dalam mengevaluasi keberlanjutan dan keuntungan dari penggunaan ketel penyulingan tersebut.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Ruang lingkup Perancangan ini adalah meliputi :

1. Modifikasi ketel penyulingan minyak atsiri dengan metode uap.
2. Rancangan ini terdiri dari perhitungan komponen-komponen dari ketel penyulingan minyak atsiri yang digunakan.
3. Kapasitas panas dari bejana dianggap konstan
4. Kapasitas fluida panas dari bejana penguapan dianggap konstan
5. Suhu dan tekanan pada ketel penyulingan dianggap konstan
6. Suhu yang digunakan adalah 86,4 °C dan tekanan yang digunakan adalah 1 bar
7. Pengujian menggunakan variable bebas berupa serai, serai wangi, temulawak, dan adas.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Perancangan alat destilasi penyulingan ini diharapkan dapat bermanfaat bagi para pembaca dan masyarakat umumnya. Manfaat yang dapat diperoleh yaitu:

1. Untuk membantu masyarakat dalam mendapatkan mesin destilasi penyulingan minyak atsiri yang lebih baik.

2. Memberikan informasi mengenai Perancangan destilasi minyak atsiri yang efektif dan efisien serta mutu minyak atsiri yang dapat diterima di pasaran.
3. Sebagai bahan untuk di kembangkan menjadi teknologi tepat guna bagi masyarakat.

### **1.6. Luaran**

Untuk luaran pada tugas akhir ini adalah :

1. Prototype ketel penguap penyulingan minyak atsiri
2. Laporan tugas akhir
3. Artikel Ilmiah

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Minyak Atsiri**

Ditinjau dari sumber alami minyak atsiri, substansi mudah menguap ini dapat dijadikan sebagai sidik jari atau ciri khas dari suatu jenis tumbuhan karena setiap tumbuhan menghasilkan minyak atsiri dengan aroma yang berbeda. Dengan kata lain, setiap jenis minyak atsiri memiliki aroma yang spesifik. Hanya tumbuhan yang memiliki sel glandula sajalah yang bisa menghasilkan minyak atsiri. Secara konvensional ada beberapa metode yang bisa diterapkan untuk memperoleh minyak atsiri dari tumbuhan asalnya. Metode konvensional tersebut adalah penyulingan, ekstraksi dengan pelarut mudah menguap, pengikatan dengan lemak padat dan lain sebagainya.

##### **2.1.1. Pemahaman dan Pendalaman Minyak Atsiri**

Minyak yang terdapat di alam dibagi menjadi tiga golongan besar yaitu minyak mineral (*mineral oil*), minyak yang dapat dimakan (*edible fat*) dan minyak atsiri (*essential oil*) (Guenther, 1987).

Minyak atsiri dikenal juga dengan nama minyak teris atau minyak terbang (*volatile oil*) yang dihasilkan oleh tanaman. Minyak tersebut mudah menguap pada suhu kamar tanpa mengalami dekomposisi, mempunyai rasa getir (*pungent teste*), berbau wangi sesuai dengan bau tanaman penghasilnya. Umumnya minyak atsiri dapat larut dalam pelarut organik dan tidak larut air. Minyak atsiri ini merupakan salah satu dalam hasil sisa dari proses metabolisme dalam tanaman yang terbentuk karena reaksi antara berbagai persenyawaan kimia dengan adanya air. Minyak tersebut disintesa dalam sel glandular pada jaringan tanaman dan ada juga yang

terbentuk dalam pembuluh resin misalnya minyak terpentin dari pohon pinus (Ketaren, 1981).

### **2.1.2. Pengolahan dan Perlakuan Minyak Atsiri**

Minyak atsiri merupakan zat cair yang mudah menguap bercampur dengan persenyawaan padat yang berbeda dalam hal komposisi dan titik cairnya, larut dalam pelarut organik dan tidak larut dalam air.

Berdasarkan sifat tersebut, maka minyak atsiri dapat diekstrak dengan 4 (empat) cara meliputi penyulingan (*distillation*), pressing (*eks-pression*), ekstraksi dengan pelarut (*solvent ekstraksion*) dan absorpsi oleh menguap lemak padat (*Enfleurage*). Cara yang tepat untuk pengambilan minyak dari daun sirih adalah dengan cara penyulingan (*distillation*) (Ames at al, 1968).

Penyulingan merupakan proses pemisahan komponen yang berupa cairan atau padatan dari 2 macam campuran atau lebih berdasarkan perbedaan titik uapnya dan proses ini dilakukan terhadap minyak atsiri yang tidak larut dalam air minyak sirih wangi (Stephen, 1948).

## **2.2. Metode Distilasi**

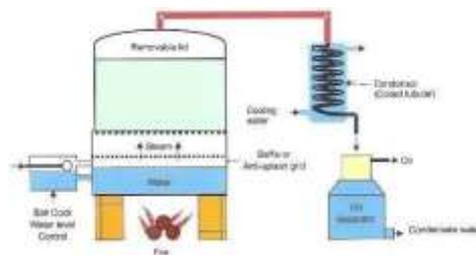
Komposisi Kimia Minyak atsiri cukup kompleks, namun komponen yang terpenting adalah geraniol dan sitronellal. Kedua komponen tersebut menentukan intensitas bau, harum, serta nilai harga minyak atsiri. Kadar komponen penyusun utama minyak atsiri tidak tetap, dan tergantung beberapa faktor. Biasanya kadar geraniol tinggi maka kadar sitronellal juga tinggi.

Komposisi minyak atsiri ada yang terdiri dari beberapa komponen, ada yang mempunyai 30-40 komponen, yang isinya antara lain alkohol, hidrokarbon, ester, aldehid, keton, lakton, terpene, dan sebagainya.

Penyulingan dapat didefinisikan sebagai pemisahan komponen – komponen suatu campuran dari dua jenis cairan atau lebih berdasarkan tekanan uap dari masing – masing zat tersebut. Beberapa jenis penyulingan antara lain:

### 2.2.1 Hydrodistillation

Metode ini, bahan yang akan disuling dikontakkan langsung dengan air mendidih. Bahan tersebut mengapung di atas air atau terendam secara sempurna tergantung dari bobot jenis dan jumlah bahan yang disuling. Air dipanaskan dengan metode pemanasan yang biasa dilakukan, yaitu dengan panas langsung.



Gambar 2.1. Skema peralatan hydrodistillation uap

(Sumber: Dika, 2020)

Keterangan:

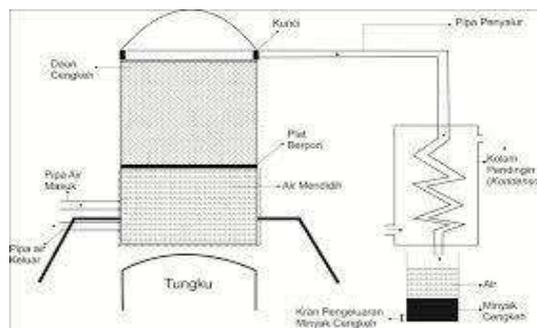
1. Minyak atsiri
2. Ketel penyuling
3. Alat pendingin
4. Minyak
5. Alat pemisah

Prinsip kerja *hydrodistillation* adalah sebagai berikut: Ketel penyulingan di isi air sampai volumenya hampir separuh, lalu dipanaskan. Sebelum air mendidih, bahan baku dimasukkan ke dalam ketel penyulingan. Dengan demikian penguapan

air dan minyak atsiri berlangsung bersamaan. Cara penyulingan seperti ini disebut: penyulingan langsung (*direct distillation*). Penyulingan secara sederhana ini sangat mudah dilakukan, dan tidak perlu modal banyak. Namun kadar minyaknya sedikit.

### 2.2.2. Steam-Hydrodistillation

Penyulingan minyak atsiri dengan cara ini memang sedikit lebih maju dan produksi minyaknya pun relatif lebih baik dari pada metode distilasi air (*hydro distillation*).



Gambar 2.2. Skema peralatan steam-hydrodistillation  
(Sumber : Safitri dan Sinaga 2021)

Keterangan:

1. Air
2. Ketel air
3. Ketel penyulingan
4. Alat pendingin
5. Minyak
6. Alat pemisah

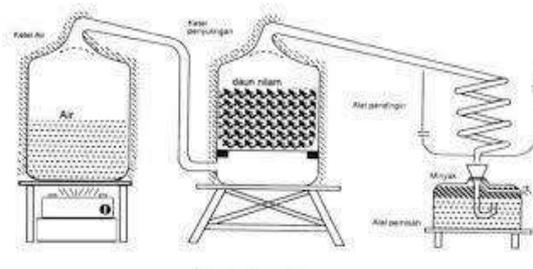
Pada proses penyulingan ini, bahan yang akan diolah diletakkan di atas rak-rak atau saringan berlubang. Ketel suling di isi dengan air sampai permukaan air berada tidak jauh di bawah saringan. Air dapat dipanaskan dengan berbagai cara,

yaitu dengan uap jenuh yang basah dan bertekanan rendah. Ciri khas dari proses ini adalah sebagai berikut.

- a. Uap selalu dalam keadaan basah, jenuh dan tidak terlalu panas.
- b. Bahan yang disuling hanya berhubungan dengan uap dan tidak dengan air panas.

### 2.2.3. Steam Distillation Atau Penyulingan Uap Langsung

Pada prinsipnya sama dengan yang telah dibicarakan di atas, kecuali air tidak diisikan dalam ketel. Uap yang digunakan adalah uap jenuh atau uap kelewat panas pada tekanan lebih dari 100 kPa. Uap dialirkan melalui pipa yang terletak di bawah bahan, dan uap bergerak ke atas melalui bahan yang terletak di atas saringan. Kualitas produk minyak atsiri yang dihasilkan jauh lebih sempurna dibandingkan dengan kedua cara lainnya, sehingga harga jualnya pun jauh lebih tinggi.



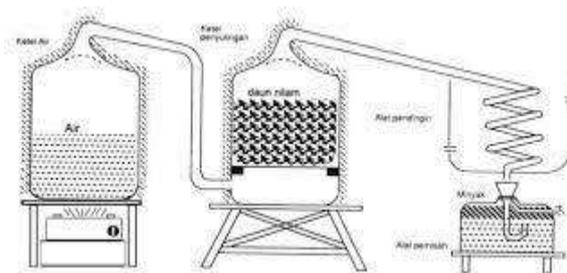
Gambar 2.3. Skema peralatan steam distillation.  
(Sumber: Safitri & Sinaga, 2021)

Keterangan:

1. Air
2. Ketel air
3. Ketel penyulingan
4. Alat pendingin Minyak
5. Minyak
6. Alat pemisah

### 2.3. Penyulingan dengan Uap

Penyulingan merupakan cara untuk memisahkan dan memurnikan unsur-unsur organik. Biasanya berbentuk cairan pada suhu ruangan meskipun bahan padat dapat didistilasi pada suhu tinggi, misalnya  $150^{\circ}\text{C}$ . Meski begitu, banyak kandungan unsur organik terdekomposisi pada organik yang tinggi. Penyulingan dengan tekanan rendah ( $133,32\text{ Pa}$ ), bahan-bahan mendidih pada suhu terendah dan meminimalkan proses dekomposisi. Penyulingan uap merupakan cara lain untuk penyulingan dengan suhu tinggi dan berguna untuk mengisolasi minyak, zat lilin dan lemak. Cairan organik apapun yang tercampur dengan air dapat didistilasi pada suhu sekitar  $100^{\circ}\text{C}$ , titik didih air.



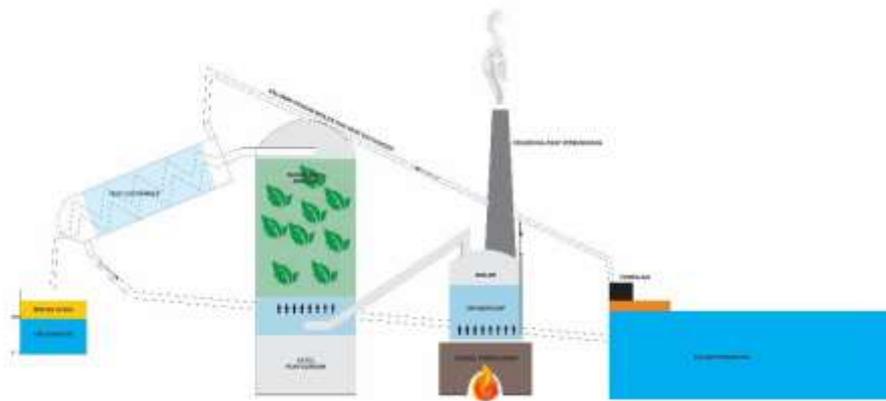
Gambar 2.4. Skema destilasi uap.  
(Sumber: Safitri & Sinaga, 2021)

Cara kerja distilasi uap adalah dengan mengalirkan uap dari boiler ke ketel penyulingan bahan tanaman yang mengandung minyak atsiri. Proses pembersihan bahan setelah distilasi cepat karena bahan tidak tercelup dalam air panas, lebih cepat jika bahan berada dalam keranjang yang dapat diangkat dengan derek.

Percobaan untuk penyulingan minyak atsiri yang berasal dari tanaman pada umumnya tidak dapat dikerjakan dengan mudah. Umumnya, kebanyakan unsur-unsur dari minyak memerlukan perebusan suhu tinggi dan akan terdekomposisi di bawah suhu perebusan tinggi untuk dapat mendidihkannya.

Penyulingan dengan uap merupakan cara yang sesuai untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Pada penyulingan uap, wadah dimasukkan uap yang mana membawa uap minyak ke bagian atas wadah distilasi dan ke kondensor, dimana minyak dan air terkondensasi. Penyulingan dengan uap bekerja karena air dan minyak bercampur. Karena itu, masing-masing mendidih sempurna.

#### 2.4. Siklus Penyulingan Minyak Atsiri Metode Uap



Gambar 2.5. Siklus destilasi uap.

Pada proses penyulingan minyak atsiri metode uap ini terdapat sebuah siklus, siklus memasukkan air dari kolam/sumur ke dalam boiler yang kemudian di panaskan hingga menguap dan kemudian dialirkan kedalam ketel penyulingan yang berisi bahan yang akan disuling melalui pipa penghubung. Dari ketel pengulingan hasil penyulingan dialirkan ke dalam heat exchanger yang dialiri air dingin secara berkala dari sebuah kolam. Didalam heat exchanger uap yang didinginkan menjadi cair dan dikeluarkan ke kondensat untuk memisahkan minyak dan air penyulingan yang terbawa ketika proses penyulingan.

## **2.5. Perpindahan Kalor**

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material J.P Holman (1994).

Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan Temperature pada daerah tersebut.

Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa volume, temperature dan tekanan berubah secara bersamaan.

## **2.6. Perpindahan Kalor Secara Konveksi**

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. 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). Logikanya, Haluan suhu fluida tinggi, tentunya dia akan menjadi lebih ringan dan mulai bergerak keatas.

Hukum Newton tentang pendinginan menyebutkan bahwa laju pendinginan berbanding lurus dengan selisih suhu benda dengan suhu ruangan. Penurunan suhu pada pendinginan mengikuti kurva peluruhan, dengan mengetahui konstanta waktu peluruhan maka dapat ditentukan koefisien konveksi suatu fluida

Laju perpindahan panas konveksi dirumuskan melalui hukum pendinginan Newton (*Newton's Law of Cooling*) yang dinyatakan dengan:

$$Q_{konv} = hA\Delta T \dots\dots\dots(2.1)$$

(Hukum pendinginan newton )

Dimana :

$Q_{konv}$  = Laju Perpindahan Panas ( kj/det atau W )

h = Koefisien perpindahan Panas Konveksi ( W / m<sup>2</sup> . °C )

A = Luas Bidang Permukaan Perpindahan Panas ( ft<sup>2</sup> , m<sup>2</sup> )

$\Delta T$  = Perbedaan temperature permukaan ( K )

## 2.7. Laju Aliran Massa Uap

Mass flow rate atau laju aliran massa adalah massa suatu fluida yang mengalir per satuan waktu. Mass flow rate juga disebut fluks massa atau arus massa dimana dalam satuan internasional (SI) satuannya adalah kilogram per detik (kg/s) dan symbol yang digunakan adalah (  $\dot{m}$  ). Menghitung laju aliran massa bertujuan untuk mengetahui massa suatu aliran yang mengalir tiap detiknya yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran, jenis aliran, dan besar kecilnya penampang yang di aliri oleh fluida tersebut. Untuk menghitung laju aliran massa dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \dots\dots\dots(2.2)$$

(Tan & Ede, 2017)

Dimana :

$\dot{m}$  = Laju aliran massa (kg/s)

$\rho$  = Massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

v = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

Sedangkan untuk aliran volume adalah banyaknya volume yang mengalir pada satuan waktu dan dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.3)$$

(Tan & Ede, 2017)

Dimana :

Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

v = kecepatan aliran (m/s)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

Perhitungan dalam perancangan ketel penguapan adalah perhitungan untuk mencari tebal ketel dan kapasitas ketel, kebutuhan kalor, kebutuhan bahan bakar, kapasitas uap didasarkan pada beberapa rumus sebagai berikut: Perhitungan ketebalan pelat ketel penguapan berdasarkan rumus:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \dots\dots\dots(2.4)$$

(Luthfi & Wibowo, 2018)

Dimana:

t = tebal dinding silinder yang di butuhkan (mm)

P = tekanan perancangan (design pressure) tidak kurang dari 30 psi  
(200kPa)

R = radius dalam silinder yang di butuhkan (mm)

S = kekuatan stress maksimum material (psi)

E = efesiensi sambungan pada silinder (E=1)

Tebal pada ketel penguapan sangat penting bagi perancangan karena dengan tekanan perancangan 300 kPa berapa ketebalan minimal yang dapat digunakan sebagai acuan pembuatan ketel penguapan. Perhitungan kapasitas keseluruhan ketel penguapan berdasarkan rumus:

$$v = \pi r^2 t \dots\dots\dots(2.5)$$

(Luthfi & Wibowo, 2018)

Dimana:

v = volume tabung (m<sup>3</sup>)

r = jari- jari (m)

t = tinggi tabung (m)

Kapasitas keseluruhan dari ketel penguapan dengan tinggi dan diameter yang sudah ditentukan ± 1,8 m x 0,8 m. Untuk mendapatkan jumlah kalor yang masuk pada Ketel Penguapan maka S (kapasitas air) Ketel dikalikan dengan Δl. Perhitungan kebutuhan bahan bakar berdasarkan rumus:

$$B = \frac{Q_1}{LHV.\eta \text{ ketel}} \dots\dots\dots(2.6)$$

(Luthfi & Wibowo, 2018)

Dimana:

B = kebutuhan bahan bahan bakar (kg/s)

$Q_1$  = panas yang di butuhkan untuk penguapan (kg/kj)

LHV = nilai kalor (kj/kg)

$\eta$  = efesiensi boiler (kj/kg)

Kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan per jam nya, LHV merupakan nilai kalor bawah sedangkan ( $\eta$ ) adalah efisiensi boiler. Perhitungan jumlah kalor untuk mengubah air menjadi uap berdasarkan rumus:

$$Q = M \cdot c_p \cdot \Delta t \dots\dots\dots(2.7)$$

(Luthfi & Wibowo, 2018)

Dimana:

$Q$  = panas yang dibutuhkan untuk pemanas (kj/s)

$M$  = laju aliran uap (kg/s)

$c_p$  = panas spesifik uap (kj/kg.k)

$\Delta t$  = temperature uap keluar – temperature uap masuk (0)

Jumlah kalor yang dibutuhkan untuk mengubah air dari temperature 27°C menjadi 100°C. Perhitungan kebutuhan uap berdasarkan rumus.

$$M_{air} = M_{uap} \dots\dots\dots(2.8)$$

(Luthfi & Wibowo, 2018)

Dimana;

$M_{air}$  = massa air (kg)

$M_{uap}$  =massa uap (kg)

## 2.8. Parameter Pengujian Alat

Pada parameter pengujian alat ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas dari ketel penyulingan ini. Beberapa parameter pengujian ketel penyulingan diantaranya adalah :

### 2.8.1. Kapasitas Efektif Alat

Kapasitas efektif alat dilakukan dengan menghitung banyaknya minyak serai yang dihasilkan (ml) tiap satuan waktu yang dibutuhkan selama penyulingan tersebut (jam).

$$KEA = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(2.9)$$

(Luthfi & Wibowo, 2018)

Dimana :

KEA = Kapasitas efektif alat ( $m^3 /s$ )

V = Volume minyak atsiri yang dihasilkan ( $m^3$ )

t = Waktu yang dibutuhkan selama penyulingan (s)

### 2.8.2. Peningkatan Fungsi Alat

Peningkatan fungsi alat dapat diketahui dengan membagi kapasitas efektif yang diperoleh alat terhadap kapasitas efektif alat lain di UKM tersebut untuk membandingkan kinerja alat penyuling minyak atsiri atau dapat dituliskan dengan rumus

$$\eta \text{ alat} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \dots\dots\dots(2.10)$$

(Luthfi & Wibowo, 2018)

Dimana :

$\eta$  = Peningkatan fungsi alat (%)

$Output = Kapasitas\ alat\ (m^3 /s)$

$Input = Kapasitas\ alat\ lain\ (m^3 /s)$

### 2.8.3. Rendemen

Rendemen adalah perbandingan antara minyak yang dihasilkan dengan bahan tumbuhan yang diolah. Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui seberapa besar rendemen yang dihasilkan oleh suatu alat dalam memproduksi minyak serai tiap satuan banyak bahan yang diolah.

$$Rend = \frac{BA}{BB} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

(Luthfi & Wibowo, 2018)

Dimana :

Rend = Rendemen (%)

BA = Berat minyak yang dihasilkan (kg)

BB = Berat bahan olahan (kg)

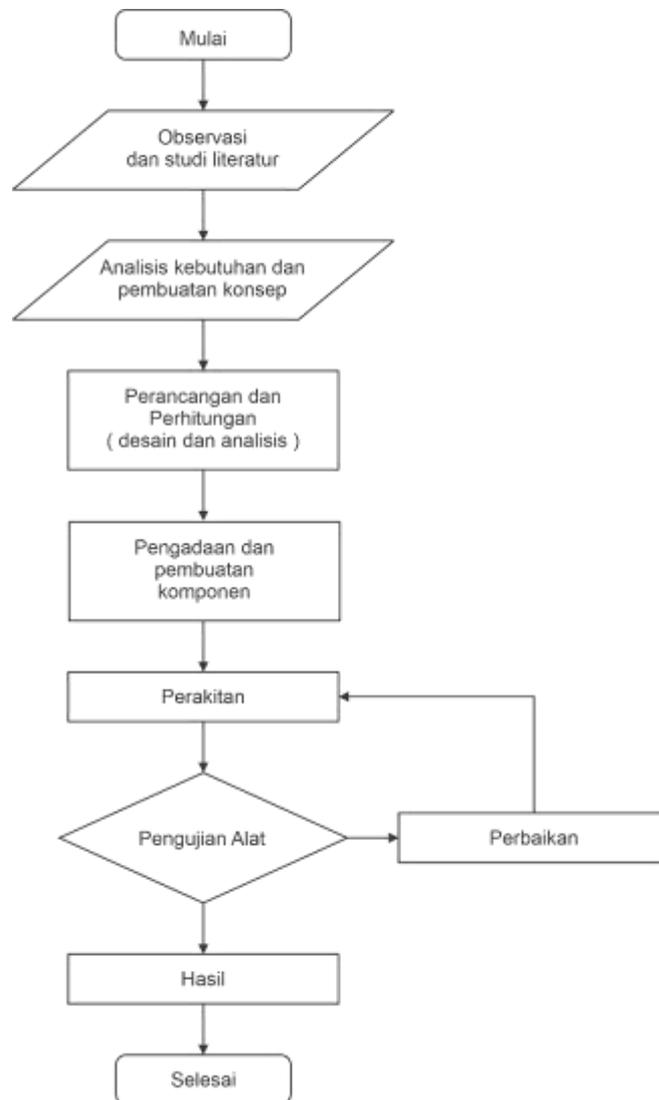
## 2.9 Ergonomi

Filosofi kesehatan dan keselamatan kerja merupakan pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan. Secara hakiki, kesehatan dan keselamatan kerja merupakan upaya atau pemikiran serta penerapannya yang ditujukan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmaniah maupun rohaniah tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budaya, untuk meningkatkan kesejahteraan tenaga kerja. Bahaya fisik adalah yang paling umum dan akan hadir di sebagian besar tempat kerja pada satu waktu tertentu, hal itu termasuk kondisi tidak aman yang dapat menyebabkan cedera, penyakit dan kematian. Aman (safety) merupakan suatu kondisi yang aman secara

fisik, sosial, spiritual, finansial, emosional, pekerjaan dan psikologis yang terhindar dari ancaman terhadap kondisi yang dialami serta sebagai lawan dari bahaya (danger). Persepsi atau kenyamanan subjektif mengacu pada tingkat kenyamanan pengguna. Keselamatan umumnya didefinisikan sebagai evaluasi dampak dari adanya risiko kematian cedera atau kerusakan pada manusia atau benda.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Flow Chart ( Diagram Alir )



Gambar 3. 1. Diagram alir rangkaian penelitian

Untuk mencapai tugas akhir maka metode penelitian ini di mulai dari (i) observasi lapangan dan studi literatur, (ii) menganalisa kebutuhan serta membuat konsep, (iii) Perancangan dan perhitungan, (iv) Pengujian alat. yang dilaksanakan

di Desa Jelok, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali. Dan untuk yang terakhir adalah penyusunan laporan.

### **3.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

Kegiatan ini dilaksanakan di rumah bapak Sajimin di Desa Jelok, Kecamatan Cepogo Boyolali

#### **3.2.1. Tempat**

Kegiatan ini dilaksanakan di Desa Jelok, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali.

#### **3.2.2. Waktu**

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian ini dilakukan mulai Tanggal 1 Oktober 2022 disahkannya usulan judul oleh program studi Rekayasa Perancangan Mekanik UNIVERSITAS DIPONEGORO

### **3.3. Observasi Lapangan dan Studi Literatur**

Untuk mendapatkan data-data yang diperlukan, metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

#### **3.3.1. Metode kepustakaan**

Metode ini digunakan untuk memperoleh dasar teori yang berkaitan dengan topik yang diambil dari studi literatur atau referensi kepustakaan.

#### **3.3.2. Metode Observasi**

Pengamatan yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung terhadap objek yang berhubungan dengan pembuatan alat penguap minyak atsiri dan proses pembuatan minyak atsiri.

### **3.4. Menganalisis Kebutuhan Serta Membuat Konsep**

Kekuatan, keawetan dan pelayanan yang diberikan peralatan usaha tani bergantung terutama pada macam dan kualitas bahan yang digunakan untuk pembuatannya. Keberhasilan atau kegagalan suatu alat sering sekali tergantung pada bahan yang dipakai untuk pembuatannya.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan peralatan usaha tani dapat diklasifikasikan dalam logam dan bukan logam. Bahan logam terdiri dari besi dan bukan besi. Bahan yang tergolong bukan logam adalah kayu, karet, kulit, serat tanaman dan plastik. Besi, baja dan plastik praktis telah mengambil alih kedudukan kayu karena baja dan plastik lebih awet dan bahan-bahan tersebut lebih murah. Perbedaan dasar antara besi dengan baja mencakup proses pembuatannya, besarnya kandungan karbon dan kotoran yang akan mempengaruhi sifat fisik besi tersebut.

Material dalam produk jadi memiliki beberapa sifat (kekuatan, kekerasan, konduktivitas, densitas, warna dan sebagainya) yang dipilih untuk memenuhi persyaratan desain. Material akan selamanya mempertahankan sifat tersebut, asalkan tidak ada perubahan pada struktur internalnya. Namun, apabila produk mengalami kondisi pemakaian sehingga terjadi perubahan pada struktur internal, kita harus mengantisipasi bahwa sifat dan perilaku material akan mengalami perubahan pula.

#### **3.4.1. Teori Kekuatan Material**

Dalam merancang suatu struktur, ditetapkan prosedur pemilihan suatu material yang sesuai dengan kondisi aplikasinya. Kekuatan bahan bukan kriteria satu-satunya yang harus dipertimbangkan dalam perancangan struktur. Berlawanan

dengan mekanika, kekuatan bahan berkaitan dengan hubungan antara gaya luar yang bekerja dan pengaruhnya terhadap gaya dalam benda.

Kekakuan suatu bahan sama dengan pentingnya dengan derajat lebih kecil, sifat seperti kekerasan, ketangguhan merupakan penetapan pemilihan bahan. Beberapa sifat bahan yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan suatu material:

- a. Keuletan adalah sifat suatu bahan yang memungkinkan menyerap energi pada tegangan yang tinggi tanpa patah, yang biasanya diatas batas elastis.
- b. Elastisitas adalah sifat kemampuan bahan untuk kembali ke ukuran dan bentuk asalnya setelah gaya luar dilepas. Sifat ini penting pada semua struktur yang mengalami beban yang berubah-ubah.
- c. Kekakuan adalah sifat yang didasarkan pada sejauh mana bahan mampu menahan perubahan bentuk. Ukuran kekakuan suatu bahan adalah modulus elastisitasnya, yang diperoleh dengan membagi tegangan satuan dengan perubahan bentuk satuan-satuan yang disebabkan oleh tegangan tersebut.

#### **3.4.2. Faktor Keamanan**

Kekuatan sebenarnya dari suatu struktur haruslah melebihi kekuatan yang dibutuhkan. Perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan disebut faktor keamanan (factor of safety).

Faktor keamanan haruslah lebih besar dari pada 1,0 jika harus dihindari kegagalan. Tergantung pada keadaan, maka faktor keamanan yang harganya sedikit di atas 1,0 hingga 10 yang dipergunakan.

### **3.4.3. Hubungan Tegangan dan Regangan**

Pada dasarnya tegangan dapat didefinisikan sebagai besaran gaya yang bekerja pada suatu satuan luas. Banyak cara percobaan yang dapat di pakai untuk mengukur regangan, jadi bila antara hubungan tegangan dan regangan diketahui, tegangan di suatu titik dapat dihitung setelah regangan di ukur. Pada suatu bidang yang dikenal suatu gaya akan terdapat dua jenis tegangan yang mempengaruhi bidang yaitu tegangan normal dan tegangan geser.

- a. Tegangan Normal Adalah tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya aksial dan momen lentur dianggap sama dengan nol.
- b. Tegangan Geser Adalah tegangan yang sejajar terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya geser, gaya puntir dan torsi tidak sama dengan nol.

### **3.4.4. Perancangan Konsep**

Konsep adalah gambaran atau pikiran mengenai teknologi, prinsip kerja, dan bentuk , konsep merupakan gambaran singkat bagaimana sebuah rancangan dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan keinginan. Sebuah konsep biasanya diekspresikan sebagai sebuah sketsa atau model secara garis besar dan disertai uraian gambar. Tahapan pembuatan konsep meliputi:

- (1) aktivitas memperjelas pekerjaan yang harus diselesaikan
- (2) membuat daftar tuntutan
- (3) membuat konsep rancangan
- (4) menguraikan fungsi dari usulan konsep rancangan
- (5) pembuatan alternative konsep berdasarkan fungsi yang telah ditetapkan

(6) penilaian dari aspek pembuatan, perakitan, serta perawatannya.

Desain yang baik akan dapat meningkatkan keuntungan. secara umum desain rancangan harus memenuhi 3 aspek penting yang sering disebut segitiga aspek, yaitu kualitas yang baik, biaya rendah, dan jadwal yang tepat.

#### **3.4.5. Pengembangan konsep**

Sebagai inti dari perencanaan konsep pengembangan konsep terletak pada pengembangan konsep yang didasarkan pada kebutuhan pengguna yang diperoleh dari indentifikasi kebutuhan. Konsep desain adalah kombinasi antara lisan, tulisan, dan bentuk prototype.

#### **3.4.6. Tahapan Penentuan Konsep**

Memperjelas masalah, pencarian secara eksternal, pencarian secara internal, menggali secara sistematis, merefleksikan hasil dan proses. Pekerjaan yang berhubungan dengan semua fungsi alat destilasi di uraikan secara jelas dan detail, fungsi dari alat destilasi ini adalah untuk mendestilasi daun serai menjadi minyak atsiri. Proses pengekstrakan ini di lakukan pada alat penyulingan destilasi.

#### **3.4.7. Evaluasi Konsep**

Evaluasi konsep rancangan dilakukan dengan cara menghubungkan masing-masing alternative fungsi bagian komponen satu dengan yang lainnya. Konsep produk yang dihasilkan kemudian dievaluasi, sehingga dapat dihasilkan konsep terbaik untuk dilakukan pemilihan konsep.

### **3.5. Perhitungan Ketel Penguap**

Perhitungan ketel penyulingan ini terdiri dari beberapa perhitungan yang perlu di ketahui sebelum merancang ketel penyulingan seperti :

### 3.5.1. Laju Aliran Kalor Konveksi

Diketahui :

$h = 100 \text{ W/m}^2\text{K}$  didapatkan dari table nilai pendekatan koefisien perpindahan panas konveksi pada tabel 3.1

Tabel 3. 1. Nilai pendekatan koefisien termal

Tabel 1. Nilai pendekatan koefisien perpindahan panas konvektif untuk berbagai aplikasi.	
Sistem	$h \text{ (W m}^{-2} \text{ K}^{-1}\text{)}$
Konveksi alami (gas)	10
Konveksi alami (cairan)	100
Gas mengalir	50–100
Cairan mengalir (viskositas rendah)	1000–5000
Cairan mengalir (viskositas tinggi)	100–500
Cairan mendidih	20.000
Kukus mengembun	20.000

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \times 0,8 \times 0,8 \\
 &= 3,14 \times 0,8 \cdot 0,8 \\
 &= 2,0096 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta T &= \text{Perbedaan suhu pada permukaan} \\
 &= 86,4^\circ\text{C} - 32^\circ\text{C} \\
 &= 54,4^\circ\text{C} + 273,3 \text{ K} \\
 &= 327,7 \text{ K}
 \end{aligned}$$

Ditanya :  $Q$  ( laju aliran kalor secara konveksi ) ?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{konvs}} &= hA\Delta T \\
 &= 100 \cdot 2,0096 \cdot 327,7
 \end{aligned}$$

$$Q_{konvs} = 65.854,592$$

$$= 65.854,592 \text{ Watt}$$

**3.5.2. Laju Aliran Massa Uap**

Diketahui :

$$P = 967,73 \text{ kg/ m}^3 \text{ massa jenis air diambil dari tabel pada (Tabel 3.2)}$$

Tabel 3. 2. Massa jenis air  
(Sumber : vip-ltd.co.uk)



**Density Of Liquid Water From 0°C to 100°C**

External pressure: 1 atm = 101 325 Pa

Temperature °C	Density kg/m <sup>3</sup>	Temperature °C	Density kg/m <sup>3</sup>	Temperature °C	Density kg/m <sup>3</sup>
0 (ice)	917.00	33	994.76	67	979.34
0	999.82	34	994.43	68	978.78
1	999.89	35	994.08	69	978.21
2	999.94	36	993.73	70	977.63
3	999.98	37	993.37	71	977.05
4	1000.00	38	993.00	72	976.47
5	1000.00	39	992.63	73	975.88
6	999.99	40	992.25	74	975.28
7	999.96	41	991.86	75	974.68
8	999.91	42	991.46	76	974.08
9	999.85	43	991.05	77	973.46
10	999.77	44	990.64	78	972.85
11	999.68	45	990.22	79	972.23
12	999.58	46	989.80	80	971.60
13	999.46	47	989.36	81	970.97
14	999.33	48	988.92	82	970.33
15	999.19	49	988.47	83	969.69
16	999.03	50	988.02	84	969.04
17	998.86	51	987.56	85	968.39
18	998.68	52	987.09	86	967.73
19	998.49	53	986.62	87	967.07
20	998.29	54	986.14	88	966.41
21	998.08	55	985.65	89	965.74

$$v = \frac{\text{Panjang pipa aliran}}{\text{waktu yang dibutuhkan untuk merambat pipa}}$$

$$= \frac{4m}{2jam}$$

$$= \frac{4m}{7200s}$$

$$= 0,00055 \text{ m/s}$$

$$A = \pi \times 0,8 \times 0,8$$

$$= 3,14 \times 0,8 \cdot 0,8$$

$$= 2,0096 \text{ m}^2$$

Ditanya :  $\dot{m}$  (laju aliran massa uap) ?

Jawab :

$$\dot{m} = \rho v A$$

$$\dot{m} = \rho v A$$

$$= 967,73 \cdot 0,00055 \cdot 2,0096$$

$$= 1,0696 \text{ kg/s}$$

### 3.5.2. Laju Aliran Volume Uap

Diketahui :

$$v = \frac{\text{Panjang pipa aliran}}{\text{waktu yang dibutuhkan untuk merambat pipa}}$$

$$= \frac{4m}{2jam}$$

$$= \frac{4m}{7200s}$$

$$= 0,00055 \text{ m/s}$$

$$A = \pi \times 0,8 \times 0,8$$

$$= 3,14 \times 0,8 \cdot 0,8$$

$$= 2,0096 \text{ m}^2$$

Dimana : Q debit aliran uap?

Jawab :

$$Q = A.v$$

$$= 0,0011 \text{ m}^3/\text{s}$$

**3.5.4. Perhitungan Ketebalan Pelat Ketel Penyulingan Berdasarkan**

**Rumus**

Diketahui :

P = tekanan perancangan (design pressure) tidak kurang dari 30 psi (200kPa)

R = jari-jari tabung ketel penyulingan 800 mm

S = kekuatan stress maksimum material (psi)

Untuk stress maksimum sendiri di ambilkan dari standart aisi yaitu sebesar 540 Mpa = 7494,4 Psi

Tabel 3. 3. *Standart properties stainless stell*

GRADES	Mechanical properties of stainless steel flat products								
	DESIGNATIONS (W)		Product Form (F)	Thickness (T) (mm)	Heat Treatment (H) (17)	Hardness		Proof strength (R <sub>ps</sub> ) (MPa) min (14)(15) (Inconel)	Tensile strength (R <sub>m</sub> ) (MPa)
	EN (9)	ASME/ASTM				HRB max	HV or HW max		
1.4301 <sup>(1)</sup>	304	C	8	AT		80 <sup>(16)</sup>	220	From 345 to 710	
			10,0			80 <sup>(16)</sup>			210
			75			140 <sup>(16)</sup>			210
1.4311 <sup>(1)</sup>	304 LN	C	8	AT	90 <sup>(16)</sup>	217 <sup>(16)</sup>	280	From 550 to 710	
			10,0						270
			75						270
1.4306 <sup>(1)</sup>	304 H	C	8	AT	92 <sup>(16)</sup>	201 <sup>(16)</sup>	220	From 520 to 710	
			10,0						210
			75						190
1.4307 <sup>(1)</sup>	304 L	C	8	AT	75 <sup>(16)</sup>		220	From 520 to 710	
			10,0						200
			75						140 <sup>(16)</sup>
1.4308 <sup>(1)</sup>	304 L	C	8	AT	75 <sup>(16)</sup>		220	From 520 to 710	
			10,0						200
			75						140 <sup>(16)</sup>
1.4310 (2)	304 N	C	8	AT	90 <sup>(16)</sup>	217 <sup>(16)</sup>	280	From 550 to 710	
			10,0						270
			75						270

E = efesiensi sambungan pada silinder (E=1) dapat dilihat pada (Tabel

3.4. ASME B31.9: Tabel 902.4.3 *weld joint efficiency*)

Tabel 3. 4. ASME B31.9: Tabel 902.4.3 *weld joint efficiency*

<b>Type of Longitudinal or Spiral Joint</b>	<b>Weld Joint Efficiency Factor, E</b>
Single butt weld	0.80
Double butt weld	0.90
Single or double butt weld with 100% radiography or ultrasonic examination [Note (1)]	1.00
Electric resistance weld	0.85
Furnace butt weld (or continuous weld)	0.60
ASTM A211 spiral joint	0.75

NOTE: (1) Acceptance standards are those in ASME B31.1.

Ditanya : t (tebal ketel penyulingan minyak atsiri)?

Jawab :

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

$$t = \frac{30 \times 800}{(7494,4 - 1) - (0,6 \times 36)}$$

$$t = \frac{24000}{7493,4 - 21,6}$$

$$t = \frac{24000}{7471,4}$$

$$t = 3,21 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas t merupakan angka minimal yang dapat digunakan untuk membuat ketel penyulingan, perhitungan diatas belum termasuk mempertimbangkan berat total kapasitas dari ketel yang artinya tebal plat yang kami gunakan lebih dari 3,21 mm, maka dari itu tebal plat stainless yang digunakan ialah 4 mm.

### 3.5.5. Kapasitas Keseluruhan Ketel Penyulingan

Perhitungan kapasitas keseluruhan ketel penyulingan berdasarkan rumus:

Diketahui :

$$\pi = \text{phi lingkaran } 3,14$$

$$r = \text{jari-jari tabung ketel penyulingan } 0,8 \text{ m}$$

$$t = \text{tinggi tabung wadah bahan baku – tinggi saringan diatas pipa uap masuk } 120-10 \\ = 1,1 \text{ m}$$

Ditanya : volume tabung ?

Jawab :

$$v = \pi r^2 t$$

$$v = 3,14 \times 0,8 \times 0,8 \times 110$$

$$v = 2,0096 \times 1,1 \text{ m}$$

$$v = 2.21056 \text{ m}^3$$

Kapasitas keseluruhan dari tabung ketel penguapan dengan tinggi dan diameter yang sudah ditentukan  $\pm 1,1 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$ .

### 3.5.6. Kebutuhan Bahan Bakar

Perhitungan kebutuhan bahan bakar berdasarkan rumus:

Diketahui :

$$Q_1 = \text{panas yang di butuhkan untuk penguapan (kg/kj)}$$

$$= 428,31 \text{ kg/kj}$$

$$\text{LHV} = \text{nilai kalor (kj/kg)}$$

$$= 498,5 \text{ kj/kg diambil dari (Gambar 3.12. Tabel nilai kalor)}$$

Tabel 3. 5. Nilai kalor suatu bahan bakar

Jenis sampah	%	Kalor spesifik (kJ/kg)	Nilai kalor (KJ/kg)
Sampah makanan	68,70	4.170	2.864,79
Aneka kertas	6,30	17.530	1.104,39
Kaca/ gelas	3,10	-	-
Plastik	11,60	17.910	2.077,56
Logam	0,90	-	-
Kayu	2,50	19.940	498,5
Kain/ tekstil	3,30	17.720	584,76
Karet	2,10	26.230	550,83
Baterai	0,10	-	-
Lain-lain	1,40	-	-

Sumber: Wiradama (2002)

$\eta$  = efisiensi boiler (kj/kg)

= 80%

Ditanya : kebutuhan bahan bakar dalam setiap detiknya?

Jawab :

$$B = \frac{Q_1}{LHV \cdot \eta \text{ ketel}}$$

$$B = \frac{428,31}{498,5 \times 80 \%}$$

$$B = \frac{428,31}{398,8}$$

$$B = 1,074 \text{ kg/s}$$

Kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan per jam nya, LHV merupakan nilai kalor bawah sedangkan ( $\eta$ ) adalah efisiensi boiler.

### 3.5.7. Jumlah Kalor Untuk Mengubah Air

Perhitungan jumlah kalor untuk mengubah air menjadi uap berdasarkan rumus:

Diketahui :

M = laju aliran uap (kg/s)

$c_p$  = panas spesifik uap 7,3611 (kJ/kg.k)

Tabel 3. 6. *Superheated water*

Superheated water

$T$ °C	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K
$P = 0.10 \text{ MPa (99.61}^\circ\text{C)}$				
Sat. <sup>†</sup>	1.6941	2505.6	2675.0	7.3589
50				
100	1.6959	2506.2	2675.8	7.3611
150	1.9367	2582.9	2776.6	7.6148
200	2.1724	2658.2	2875.5	7.8356
250	2.4062	2733.9	2974.5	8.0346
300	2.6389	2810.7	3074.5	8.2172
400	3.1027	2968.3	3278.6	8.5452
500	3.5655	3132.2	3488.7	8.8362
600	4.0279	3302.8	3705.6	9.0999
700	4.4900	3480.4	3929.4	9.3424
800	4.9519	3665.0	4160.2	9.5682
900	5.4137	3856.7	4398.0	9.7800
1000	5.8755	4055.0	4642.6	9.9800
1100	6.3372	4259.8	4893.6	10.1698
1200	6.7988	4470.7	5150.6	10.3504
1300	7.2605	4687.2	5413.3	10.5229

$\Delta t$  = temperature uap keluar – temperature uap masuk (°C)  
 = 86,4 °C - 32°C  
 = 54,4°C

Ditanya : Q panas yang dibutuhkan untuk pemanas (kJ/s) ?

Jawab :

$$Q = M \cdot c_p \cdot \Delta t$$

$$Q = 1,0696 \times 7,3611 \times 54,4$$

$$Q = 428,31 \text{ kJ/s}$$

Jumlah kalor yang dibutuhkan untuk mengubah air dari temperature 32°C menjadi 86,4°C.

### 3.5.8. Kebutuhan Uap

Perhitungan kebutuhan uap berdasarkan rumus.

Diketahui :

$$\begin{aligned} M_{air} &= \text{massa air (kg)} \\ &= 20 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uap} &= \text{massa uap (kg)} \\ &= 20 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ditanya : Kebutuhan uap ?

Jawab :

$$M_{air} = M_{uap}$$

$$20 \text{ kg} = 20 \text{ kg}$$

### 3.6. Metode Perancangan Ketel Penguap

Berikut merupakan metode perancangan ketel penguap penyulingan minyak atsiri :

Tabel 3.7. Alat dan bahan pembuatan ketel uap

A. Alat	B. Bahan
1. Gerinda potong	1. Plat stainless steel 2x2m,
2. Las SMAW	tebal 4mm
3. Bor listrik	2. Besi UNP
4. Palu	2. Mur dan baut
5. Meteran	3. Elektorda stainless 2mm
	4. Pipa stainless
	5. Kran

### 3.6.1. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam proses perancangan sebagai berikut :

#### 1. Gerinda potong



Gambar 3. 2. Gerinda potong

Merupakan sebuah alat perkakas yang berfungsi untuk memotong sebuah logam. Pada umumnya memiliki prinsip batu gerinda berputar dengan cepat dan bergesekan dengan benda kerja sehingga terjadi pemotongan.

#### 2. Las SMAW



Gambar 3. 3. Las SMAW

Sebuah alat perkakas yang berfungsi untuk melubangi/memotong/menyambung sebuah logam. Biasanya digunakan untuk menyambung plat besi dengan bantuan aliran listrik.

### 3. Bor listrik



Gambar 3. 4. Bor listrik

Alat ini digunakan untuk membuat lubang pada benda kerja. Prinsip kerjanya yaitu mata bor berputar dan bergesekan dengan benda kerja sehingga terjadi pelubangan pada benda kerja. Mata bor biasanya berbentuk ulir.

### 4. Palu



Gambar 3. 5. Palu

Merupakan sebuah perkakas yang cara pemakaiannya yaitu dengan cara dipukulkan pada benda kerja. Berfungsi untuk memasang paku ataupun meluruskan dan membengkokkan benda kerja.

### 5. Meteran



Gambar 3. 6. Meteran

Sebuah alat yang digunakan untuk mengukur sebuah benda. Memiliki Panjang hingga 3 meter.

### 3.6.2. Bahan Yang Digunakan

Adapun bahan yang digunakan dalam proses perancangan adalah :

1. Plat baja stainless stell aisi 304



Gambar 3. 7. Plat baja stainless stell  
(Sumber. Pt. Indobaja energi)

Baja yang digunakan adalah baja jenis stainless stell dengan ketebalan 4 mm. Memilih bahan baja karena baja merupakan logam tahan terhadap karat, dimana hal ini sangat diperlukan pada proses penyulingan minyak atsiri.

2. Besi UNP



Gambar 3. 8. Besi UNP  
(Sumber. EELIC)

Besi ini digunakan untuk landasan pada penutup ketel. Fungsinya adalah mengurangi tekanan pengancing yang dapat mengakibatkan pembengkokan pada permukaan tutup ketel.

### 3. Mur dan baut M10



Gambar 3. 9. Mur dan baut M10

Baut ini digunakan sebagai pengencang tutup pada ketel penyuling. Dibutuhkan setidaknya 12 mur dan baut M10 biasa. Untuk 12 mur dan baut M10 yang lainnya perlu sedikit modifikasi agar bisa digunakan.

### 4. Pipa stainless stell



Gambar 3. 10. Pipa stainless stell  
(Sumber. Karya prima suplindo)

Untuk penyangga ketel penyulingan menggunakan pipa stainless stell. Jumlah penyangga ada 3 buah yang berfungsi sebagai penyangga ketel dan penyeimbang ketel untuk berdiri.

#### 5. Elektroda stainless stell 2mm



Gambar 3. 11. Elektroda stainless stell 2mm

Elektroda las yang digunakan untuk penyambungan baja stainless. Ukuran elektroda yang digunakan adalah 2mm.

#### 6. Kran



Gambar 3. 12. Kran

Untuk pembuka dan penutup saluran pembuangan sisa penyulingan. Dapat digunakan untuk jalur pengukuran uap panas pada kete penyuling.



Pada ketel penguap terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

### 1. Bagian Penutup



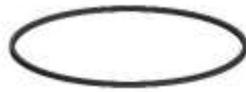
Gambar 3. 14. Bagian tutup

Pada bagian bagian penutup nanti terdapat sebuah penutup yang kemudian dikancing atau dirapatkan dengan bagian pengancing, pada bagian pengancing nanti terdiri dari beberapa komponen yang digunakan sebagai pengancing agar penutup dapat tertutup dengan rapat pada saat proses penyulingan berlangsung.



Gambar 3. 15. Komponen pengancing tutup

Selain itu ada penambahan karet pada bagian bibir ketel penguap yang berfungsi untuk menaruh karet. Karet disini memiliki fungsi sebagai pengedap udara agar gas penyulingan tidak bocor melalui celah kecil pada sela antara penutup dan ketel.



Gambar 3. 16. Karet

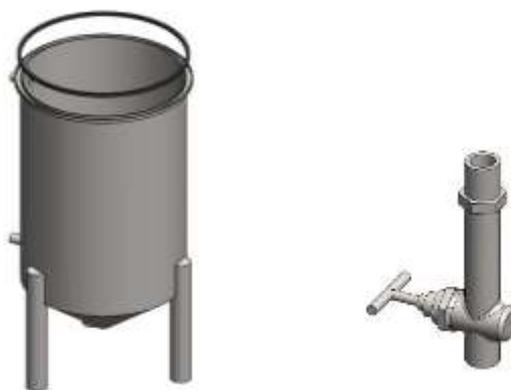
## 2. Bagian Dalam Ketel Penguap



Gambar 3. 17. Saringan dan penyangga

Pada bagian dalam ketel penguap terdiri dari penyangga untuk saringan dan juga saringan wadah bahan baku penyulingan.

## 3. Bagian Luar



Gambar 3. 18. Bagian luar ketel dan kran

Pada bagian luar ketel terdapat 2 saluran pipa, yaitu pipa bawah dan pipa atas. Pipa tersebut disambung dengan assembly las. Pipa bagian bawah berfungsi sebagai jalan masuknya uap, sedangkan pipa atas berfungsi sebagai jalan keluarnya uap hasil proses penyulingan. Selain itu pada bagian luar juga terdapat saluran pembuangan yang terhubung dengan kran. Kran berfungsi untuk jalur keluaran air dan kotoran pada saat selesai proses penyulingan nanti. Dan juga ada bagian penyangga ketel pada bagian luar bawah. Fungsi dari penyangga tersebut adalah sebagai penopang ketel agar dapat berdiri tegak. Pada bagian penyangga tersebut disambung dengan assembly las.

#### **3.6.4. Proses Fabrikasi**

Metode perancangan dimulai dengan pembuatan desain menggunakan aplikasi solidwork, desain dibuat dengan pemodelan 3d serta dilakukan analisis ketahanan terhadap tekanan uap. Sistem yang direncanakan harus dianalisa untuk mengetahui apakah performan (pembuatan) yang diperoleh berdaya guna sesuai dengan spesifikasi.

- 1) Pemotongan plat



Gambar 3. 19. Proses pemotongan plat

Proses pertama yang dilakukan setelah membuat desain menggunakan solidwork yaitu pemotongan bahan plat menggunakan gerinda potong sesuai pola dan ukuran.

## 2) Proses Pembuatan Tabung



Gambar 3. 20. Plat yang telah di roll

Pada proses ini plat stainless stell yang berbentuk persegi diroll sehingga menjadi bentuk tabung. Setelah diroll kemudian tabung dilas agar dapat menyambung dan berbentuk tabung seutuhnya. Kemudian pipa stainless dipasang pada bagian bawah dengan cara di las. Pipa dipasang pada bagian bawah berfungsi sebagai penyangga ketel.

## 3) Proses pembuatan kancing



Gambar 3. 21. Pengancing tutup

Kancing penutup pembuatannya dengan cara pemotongan plat sesuai dengan ukuran dan di bor pada lubang baut yang telah di tentukan.

4) Proses pembuatan tutup



Gambar 3. 22. Tutup ketel penyuling

Hampir sama dengan proses pembuatan tabung. Proses pembuatan tutup kete juga memerlukan pengerollan. Akan tetapi pengerollan pada tutup di bentuk mengerucut sehingga berbentuk kerucut. Setelah berbetnuk kerucut kemudian dilas pada bagian sambungan dan juga pada atas tutup dipasang *pressure gauge* untuk mengukur tekanan uap ketika penyulingan berlangsung.

5) Proses pembuatan sarangan



Gambar 3. 23. Proses pengukuran saringan

Sarungan berfungsi sebagai wadah bahan yang akan disuling. Maka dari itu bentuk model dari sarungan dibuat berlubang/berpori agar uap dari bawah dapat naik atas dan mengenai bahan yang disuling. Proses pembuatannya dengan cara mengebor plat stainless yang telah di bentuk lingkaran sesuai dengan ukuran.

6) Proses assembly



Gambar 3. 24. Pemasangan pengancing tutup ketel

Pada proses ini komponen pengancing, penyangga dipasang pada tabung dengan cara di las.

7) Proses perakitan



Gambar 3. 25. Proses perakitan

Proses perakitan di tempat penyulingan di Desa Jelok, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali. Pada proses ini ketel penyuling di hubungkan dengan *boiler* dan *heat exchanger*.

### 3.7. Variabel Pengujian Alat

Dalam proses pengujian alat terdapat 4 variabel bebas, 1 variabel terikat, dan 2 variabel control yaitu :

1. Variabel bebas : Serai, serai wangi, temulawak, adas.
2. Variabel terikat : Hasil minyak atsiri
3. Variabel control : Suhu penyulingan 86,4<sup>0</sup>C, tekanan 1 bar.

Tabel 3. 8. Jenis bahan yang di suling

No.	Bahan	Massa Bahan (kg)	Air (liter)	Bahan Bakar ( Kayu )
1	Serai	100	20	21 M <sup>3</sup>
2	Serai wangi	100	20	21 M <sup>3</sup>
3	Temulawak	100	20	21 M <sup>3</sup>
4	Adas	100	20	21 M <sup>3</sup>

### 3.8. Pengujian Alat

Hasil dari perancangan ketel penyulingan yang sudah selesai dibuat kemudian diukur terhadap spesifikasi yang telah ditentukan seperti halnya pengukuran kualitas, produktivitas, efisiensi, rendemen, keandalan, dan kriteria lainnya.

Tabel 3.9. Alat dan bahan pengujian ketel penyuling

A. Alat	B. Bahan
1. Gelas ukur 2. Blower 3. Termometer	1. Tumbuhan herbal 2. Air 3. Kayu bakar

### 3.8.1. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam proses pengujian ketel penyuling sebagai berikut :

#### 1. Gelas ukur



Gambar 3. 26. Gelas ukur

Digunakan untuk mengukur hasil dari proses penyulingan minyak atsiri.

#### 2. Blower



Gambar 3. 27. Blower

Blower berfungsi sebagai alat untuk pembesar api. Selain itu blower juga berperan dalam menjaga kestabilanya nyala api pada tungku boiler.

### 3. Termometer



Gambar 3. 28. Termometer

Berfungsi untuk mengukur suhu pada ketel penyulingan dan mengukur suhu minyak hasil penyulingan. Selain itu thermometer digunakan sebagai pemantau suhu pada ketel.

### 4. Pressure gauge



Gambar 3. 29. Pressure gauge

Alat pengukur tekanan uap berfungsi untuk mengukur tekanan uap pada ketel -dan sebagai indikator untuk mengetahui seberapa besar tekanan yang ada didalam ketel.

### 3.8.2. Bahan Yang Digunakan

Adapun bahan yang digunakan dalam proses perancangan adalah :

#### 1. Tumbuhan atsiri



Gambar 3. 30. Tanaman atsiri  
(Sumber.Guenther 1987)

Minyak atsiri adalah zat berbau yang terkandung dalam tanaman. Minyak ini disebut juga minyak menguap, minyak eteris, minyak essential karena pada suhu kamar mudah menguap. Istilah esensial sendiri dipakai karena minyak atsiri memiliki bau dari tanaman asalnya. Dalam keadaan segar dan murni, minyak atsiri umumnya tidak berwarna. Namun, pada penyimpanan lama minyak atsiri dapat teroksidasi. Untuk mencegahnya, minyak atsiri harus disimpan dalam bejana gelas yang berwarna gelap, diisi penuh, ditutup rapat, serta disimpan di tempat yang kering dan sejuk.

Dalam tumbuhan minyak atsiri berfungsi:

- Membantu proses penyerbukan (menarik beberapa jenis serangga),
- Mencegah kerusakan tanaman oleh serangga atau hewan
- Sebagai cadangan makanan dalam tanaman.
- Menghasilkan semacam coating untunk mencegah penguapan air yang berlebihan.
- Mencegah tumbuhan mengalami overheated

## 2. Air



Gambar 3. 31. Aliran air dari heat exchanger

Berfungsi untuk mengisi boiler dan juga pendingin yang akan dialirkan dari kolam penampung ke heat exchanger secara terus menerus selama proses penyulingan. Air berfungsi sebagai pendingin.

## 3. Kayu bakar



Gambar 3. 32. Kayu bakar

Kayu bakar digunakan sebagai bahan bakar penyalat api pada proses penyulingan ini.

### 3.8.3. Proses Penyulingan



Gambar 3. 33. Serai yang siap disuling

1. Menyiapkan bahan baku penyulingan, disini kami menggunakan bahan penyulingan tumbuhan serai, tumbuhan yang banyak di dapat didaerah sekitar dan banyak dibudidayakan disini. Serai dipotong-potong kemudian dimasukkan dalam ketel penguap, sebelum dimasukkan pada ketel dipasang saringan terlebih dahulu. Bahan yang dimasukkan harus dipadatkan untuk memaksimalkan kapasitas ketel.
2. Kemudian setelah memasukan bahan, boiler diisi dengan air. Boiler disini mampu menampung air sebanyak 20 liter. Setelah air masuk api dinyalakan untuk menghasilkan uap yang selanjutnya uap tersebut dialirkan ke pipa yang dihubungkan dengan ketel penguap yang berisi bahan baku.
3. Gunakan blower untuk membantu membesarkan api agar air pada boiler cepat mendidih dan menghasilkan uap. Pada saat proses penyulingan berlangsung, api harus terjaga untuk selalu menyala. Maka dari itu ketika kayu bakar habis harus diisi lagi kedalam tungku pembakar agar api terus menyala.

4. Setelah itu, pada heat exchanger diisi air dingin, fungsi air dingin disini adalah untuk mendinginkan uap hasil penyulingan yang dialirkan dari ketel penguap. Uap dari hasil penyulingan diubah menjadi cair dan ditampung pada gelas ukur untuk mengetahui jumlah minyak atsiri yang dihasilkan dari penyulingan.
5. Dibawah ini merupakan tabel hasil penyulingan.

#### 3.8.4. Pengujian Ketel Dengan Serai

Pengujian menggunakan serai pada satu jam pertama adalah 0 ml. Dan pada satu jam pertama suhu masih 32<sup>0</sup>C dikarenakan pipa penyulingan dari boiler ke ketel yang panjang. Pada jam ke dua juga 0 ml akan tetapi sudah mengalami kenaikan suhu sebesar 86,4<sup>0</sup>C dengan tekanan mencapai 1 bar pada ketel penyulingan, akan tetapi belum mengeluarkan minyak pada selang *outputnya*. Setelah jam kedua minyak yang bercampur air baru keluar dari *heat exchanger* atau alat penukar kalor dengan debit aliran sebesar 3,83 ml/s. Setelah satu jam minyak pada wadah pemisah air dan minyak diambil dan diukur. Dan minyak yang dihasilkan pada keluaran penyulingan satu jam pertama adalah 170 ml. Pada jam selanjutnya minyak yang keluar adalah 40 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Pada jam ke 5 minyak yang dihasilkan adalah 15 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Dan untuk jam ke 6 hasil minyak yang keluar dari alat penyulingan adalah 10 ml. Setelah 6 jam penyulingan minyak sama sekali tidak keluar lagi dan hanya keluar air yang beraromakan serai. Setelah 7 jam penyulingan alat tersebut sudah tidak mengeluarkan minyak. Jadi pada uji coba penyulingan menggunakan serai jumlah minyak yang didapat adalah 235 ml. Dengan tekanan 1 bar dan suhu 86,4<sup>0</sup>C. Debit alirannya adalah 3,83 ml/s. Dan 3 kali pengisian ulang pada boiler. Untuk hasil dapat dilihat pada tabel 3.10.

Tabel 3.10. Data penyulingan minyak serai

No	Waktu (jam)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Debit Aliran Hasil Penyulingan (ml/s)	Hasil (ml)	Jumlah (ml)
1	1	32	0	0	0	0
2	2	86.4	1	0	0	0
3	3	86,4	1	3,83	170	170
4	4	86,4	1	3,83	40	210
5	5	86,4	1	3,83	15	225
6	6	86,4	1	3,83	10	235
7	7	86.4	1	3,83	0	235

### 3.8.5. Pengujian Ketel Dengan Serai Wangi

Pengujian menggunakan serai wangi pada satu jam pertama adalah 0 ml. Dan pada satu jam pertama suhu masih 32<sup>0</sup>C dikarenakan pipa penyulingan dari boiler ke ketel yang panjang. Pada jam ke dua juga 0 ml akan tetapi sudah mengalami kenaikan suhu sebesar 86,4<sup>0</sup>C dengan tekanan mencapai 1 bar pada ketel penyulingan, akan tetapi belum mengeluarkan minyak pada selang *outputnya*. Setelah jam kedua minyak yang bercampur air baru keluar dari *heat exchanger* atau alat penukar kalor dengan debit aliran sebesar 3,83 ml/s. Setelah satu jam minyak pada wadah pemisah air dan minyak diambil dan diukur. Dan minyak yang dihasilkan pada keluaran penyulingan satu jam pertama adalah 125 ml. Pada jam selanjutnya minyak yang keluar adalah 50 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Pada jam ke 5 minyak yang dihasilkan adalah 25 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Dan

untuk jam ke 6 hasil minyak yang keluar dari alat penyulingan adalah 15 ml. Setelah 6 jam penyulingan minyak sama sekali tidak keluar lagi dan hanya keluar air yang beraromakan serai wangi. Setelah 7 jam penyulingan, alat tersebut sudah tidak mengeluarkan minyak.

Jadi pada uji coba penyulingan menggunakan serai wangi jumlah minyak yang didapat adalah 215 ml. Dengan tekanan 1 bar dan suhu 86,4°C. Debit alirannya adalah 3,83 ml/s. Dan 3 kali pengisian ulang pada boiler. Untuk hasil dapat dilihat pada tabel 3.11.

Tabel 3.11. Data penyulingan minyak serai wangi

No	Waktu (jam)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Debit Aliran Hasil Penyulingan (ml/s)	Hasil (ml)	Jumlah (ml)
1	1	32	0	0	0	0
2	2	86.4	1	0	0	0
3	3	86,4	1	3,83	125	125
4	4	86,4	1	3,83	50	175
5	5	86,4	1	3,83	25	200
6	6	86,4	1	3,83	15	215
7	7	86.4	1	3,83	0	215

### 3.8.6. Pengujian Ketel Dengan Temulawak I

Pengujian menggunakan temulawak I pada satu jam pertama adalah 0 ml. Dan pada satu jam pertama suhu masih 32°C dikarenakan pipa penyulingan dari boiler ke ketel yang panjang Pada jam ke dua juga 0 ml akan tetapi sudah

mengalami kenaikan suhu sebesar  $86,4^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan mencapai 1 bar pada ketel penyulingan, akan tetapi belum mengeluarkan minyak pada selang *outputnya*. Setelah jam kedua minyak yang bercampur air baru keluar dari *heat exchanger* atau alat penukar kalor dengan debit aliran sebesar 3,83 ml/s. Setelah satu jam minyak pada wadah pemisah air dan minyak diambil dan diukur. Dan minyak yang dihasilkan pada keluaran penyulingan satu jam pertama adalah 310 ml. Pada jam selanjutnya minyak yang keluar adalah 240 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Pada jam ke 5 minyak yang dihasilkan adalah 100 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Dan untuk jam ke 6 hasil minyak yang keluar dari alat penyulingan adalah 10 ml. Setelah 6 jam penyulingan minyak sama sekali tidak keluar lagi dan hanya keluar air yang beraromakan temulawak. Setelah 7 jam penyulingan, alat tersebut sudah tidak mengeluarkan minyak.

Jadi pada uji coba penyulingan menggunakan temulawak I jumlah minyak yang didapat adalah 660 ml. Dengan tekanan 1 bar dan suhu  $86,4^{\circ}\text{C}$ . Debit alirannya adalah 3,83 ml/s. Dan 3 kali pengisian ulang pada boiler. Untuk hasil dapat dilihat pada tabel 3.12.

Tabel 3.12. Data penyulingan temulawak I

No	Waktu (jam)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Debit Aliran Hasil Penyulingan (ml/s)	Hasil (ml)	Jumlah (ml)
1	1	32	0	0	0	0
2	2	86,4	1	0	0	0
3	3	86,4	1	3,83	310	310
4	4	86,4	1	3,83	240	550
5	5	86,4	1	3,83	100	650
6	6	86,4	1	3,83	10	660
7	7	86,4	1	3,83	0	660

### 3.8.7. Pengujian Ketel Dengan Temulawak II

Pengujian menggunakan temulawak II pada satu jam pertama adalah 0 ml. Dan pada satu jam pertama suhu masih 32°C dikarenakan pipa penyulingan dari boiler ke ketel yang panjang. Pada jam ke dua juga 0 ml akan tetapi sudah mengalami kenaikan suhu sebesar 86,4°C dengan tekanan mencapai 1 bar pada ketel penyulingan, akan tetapi belum mengeluarkan minyak pada selang *outputnya*. Setelah jam kedua minyak yang bercampur air baru keluar dari *heat exchanger* atau alat penukar kalor dengan debit aliran sebesar 3,83 ml/s. Setelah satu jam minyak pada wadah pemisah air dan minyak diambil dan diukur. Dan minyak yang dihasilkan pada keluaran penyulingan satu jam pertama adalah 270 ml. Pada jam selanjutnya minyak yang keluar adalah 200 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Pada jam ke 5 minyak yang dihasilkan adalah 110 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Dan untuk jam ke 6 hasil minyak yang keluar dari alat penyulingan adalah 10 ml.

Setelah 6 jam penyulingan minyak sama sekali tidak keluar lagi dan hanya keluar air yang beraromakan temulawak. Setelah 7 jam penyulingan, alat tersebut sudah tidak mengeluarkan minyak.

Jadi pada uji coba penyulingan menggunakan temulawak II jumlah minyak yang didapat adalah 590 ml. Dengan tekanan 1 bar dan suhu 86,4°C. Debit alirannya adalah 3,83 ml/s. Dan 3 kali pengisian ulang pada boiler. Untuk hasil dapat dilihat pada tabel 3.13.

Tabel 3.13. Data penyulingan temulawak II

No	Waktu (jam)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Debit		
				Aliran Hasil Penyulingan (ml/s)	Hasil (ml)	Jumlah (ml)
1	1	32	0	0	0	0
2	2	86,4	1	0	0	0
3	3	86,4	1	3,83	270	270
4	4	86,4	1	3,83	200	470
5	5	86,4	1	3,83	110	580
6	6	86,4	1	3,83	10	590
7	7	86,4	1	3,83	0	590

### 3.8.8. Pengujian Ketel Dengan Adas I

Pengujian menggunakan adas I pada satu jam pertama adalah 0 ml. Dan pada satu jam pertama suhu masih 32°C dikarenakan pipa penyulingan dari boiler ke ketel yang panjang. Pada jam ke dua juga 0 ml akan tetapi sudah mengalami kenaikan suhu sebesar 86,4°C dengan tekanan mencapai 1 bar pada ketel penyulingan, akan tetapi belum mengeluarkan minyak pada selang *outputnya*.

Setelah jam kedua minyak yang bercampur air baru keluar dari *heat exchanger* atau alat penukar kalor dengan debit aliran sebesar 3,83 ml/s. Setelah satu jam minyak pada wadah pemisah air dan minyak diambil dan diukur. Dan minyak yang dihasilkan pada keluaran penyulingan satu jam pertama adalah 280 ml. Pada jam selanjutnya minyak yang keluar adalah 60 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Pada jam ke 5 minyak yang dihasilkan adalah 25 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Dan untuk jam ke 6 hasil minyak yang keluar dari alat penyulingan adalah 10 ml. Setelah 6 jam penyulingan minyak sama sekali tidak keluar lagi dan hanya keluar air yang beraromakan adas. Setelah 7 jam penyulingan, alat tersebut sudah tidak mengeluarkan minyak.

Jadi pada uji coba penyulingan menggunakan adas I jumlah minyak yang didapat adalah 275 ml. Dengan tekanan 1 bar dan suhu 86,4°C. Debit alirannya adalah 3,83 ml/s. Dan 3 kali pengisian ulang pada boiler. Untuk hasil dapat dilihat pada tabel 3.14.

Tabel 3.14. Data penyulingan adas I

No	Waktu (jam)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Debit		Jumlah (ml)
				Aliran Hasil Penyulingan (ml/s)	Hasil (ml)	
1	1	32	0	0	0	0
2	2	86.4	1	0	0	0
3	3	86,4	1	3,83	180	180
4	4	86,4	1	3,83	60	240
5	5	86,4	1	3,83	25	265
6	6	86,4	1	3,83	10	275
7	7	86.4	1	3,83	0	275

### 3.8.9. Pengujian Ketel Dengan Adas II

Pengujian menggunakan adas II pada satu jam pertama adalah 0 ml. Dan pada satu jam pertama suhu masih 32°C dikarenakan pipa penyulingan dari boiler ke ketel yang panjang. Pada jam ke dua juga 0 ml akan tetapi sudah mengalami kenaikan suhu sebesar 86,4°C dengan tekanan mencapai 1 bar pada ketel penyulingan, akan tetapi belum mengeluarkan minyak pada selang *outputnya*. Setelah jam kedua minyak yang bercampur air baru keluar dari *heat exchanger* atau alat penukar kalor dengan debit aliran sebesar 3,83 ml/s. Setelah satu jam minyak pada wadah pemisah air dan minyak diambil dan diukur. Dan minyak yang dihasilkan pada keluaran penyulingan satu jam pertama adalah 175 ml. Pada jam selanjutnya minyak yang keluar adalah 40 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Pada jam ke 5 minyak yang dihasilkan adalah 20 ml dengan suhu dan tekanan tetap. Dan untuk jam ke 6 hasil minyak yang keluar dari alat penyulingan adalah 15 ml. Setelah

6 jam penyulingan minyak sama sekali tidak keluar lagi dan hanya keluar air yang beraromakan adas. Setelah 7 jam penyulingan, alat tersebut sudah tidak mengeluarkan minyak.

Jadi pada uji coba penyulingan menggunakan adas II jumlah minyak yang didapat adalah 240 ml. Dengan tekanan 1 bar dan suhu 86,4°C. Debit alirannya adalah 3,83 ml/s. Dan 3 kali pengisian ulang pada boiler. Untuk hasil dapat dilihat pada tabel 3.15.

Tabel 3.15. Data penyulingan adas II

No	Waktu (jam)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Debit		
				Aliran Hasil Penyulingan (ml/s)	Hasil (ml)	Jumlah (ml)
1	1	32	0	0	0	0
2	2	86,4	1	0	0	0
3	3	86,4	1	3,83	175	175
4	4	86,4	1	3,83	40	205
5	5	86,4	1	3,83	20	225
6	6	86,4	1	3,83	15	240
7	7	86,4	1	3,83	0	240

## BAB IV

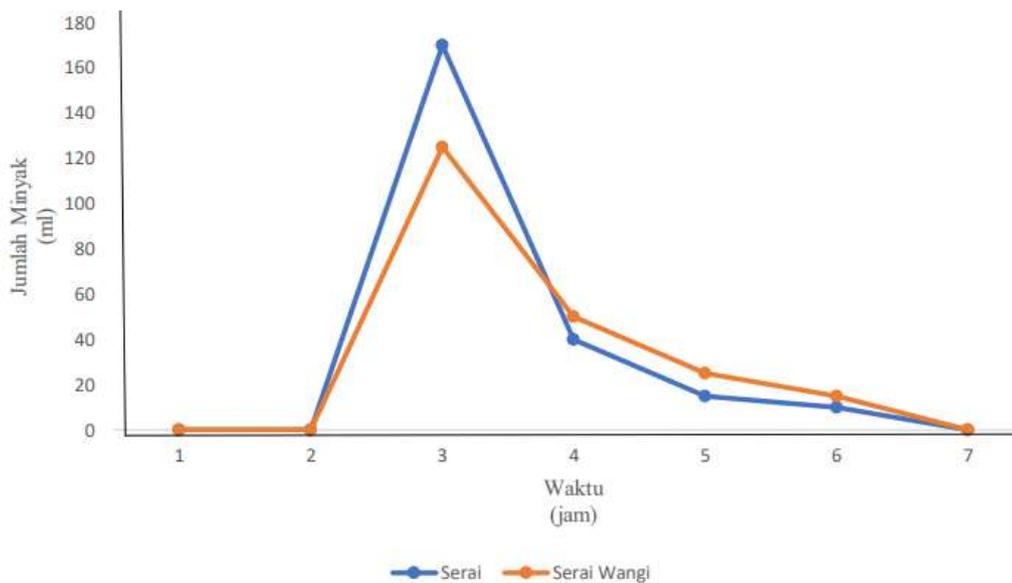
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Grafik Hasil Pengujian Alat

Di bawah ini merupakan tampilan grafik perbandingan hasil pengujian yang telah dilakukan.

##### 4.1.1. Hasil Perbandingan Penyulingan Serai Dengan Serai Wangi

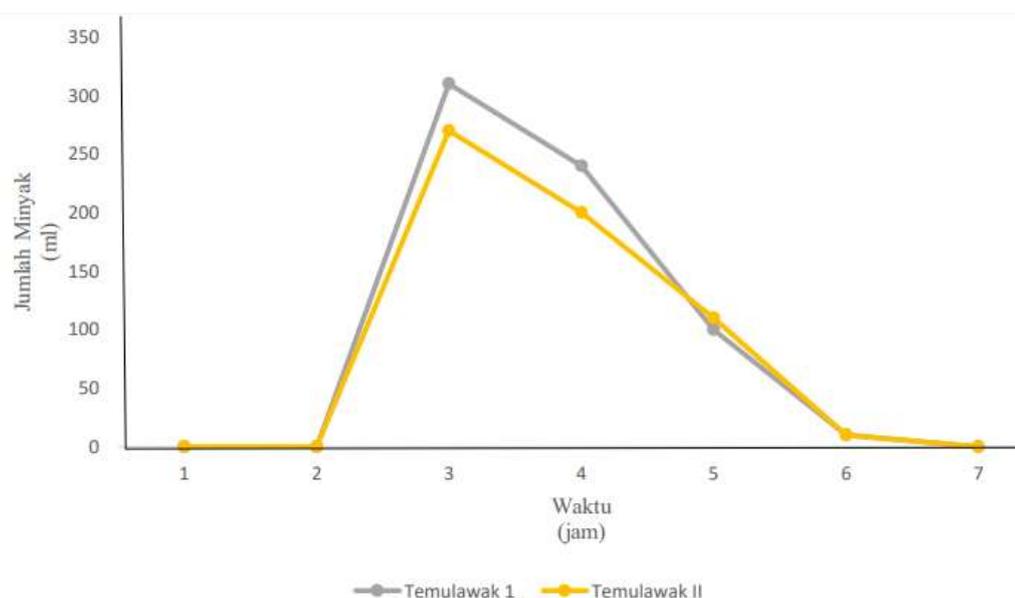
Gambar 4.1. menunjukkan perbandingan proses penyulingan serai dengan serai wangi. Hasil keluaran minyak pada serai secara berurutan dari keluaran pertama hingga terakhir adalah 170, 40, 15, dan 10 ml. Sedangkan pada serai wangi keluaran minyak pada jam pertama hingga terakhir secara berurutan adalah 125, 50, 25, dan 15 ml. Jumlah hasil dari penyulingan serai lebih banyak dari pada serai wangi yaitu 235 ml pada serai, sedangkan pada serai wangi adalah 215.



Gambar 4. 1. Perbandingan hasil penyulingan serai dan serai wangi

#### 4.1.2. Hasil Perbandingan Penyulingan Temulawak I Dengan Temulawak II

Gambar 4.2. menunjukkan perbandingan proses penyulingan temulawak I dengan temulawak II. Hasil keluaran minyak pada temulawak I secara berurutan dari keluaran pertama hingga terakhir adalah 310, 240, 100, dan 10 ml. Sedangkan pada temulawak II keluaran minyak pada jam pertama hingga terakhir secara berurutan adalah 270, 200, 110, dan 10 ml. Jumlah hasil dari penyulingan temulawak I lebih banyak dari pada temulawak II yaitu 660 ml pada temulawak I, sedangkan pada temulawak II adalah 590 ml.

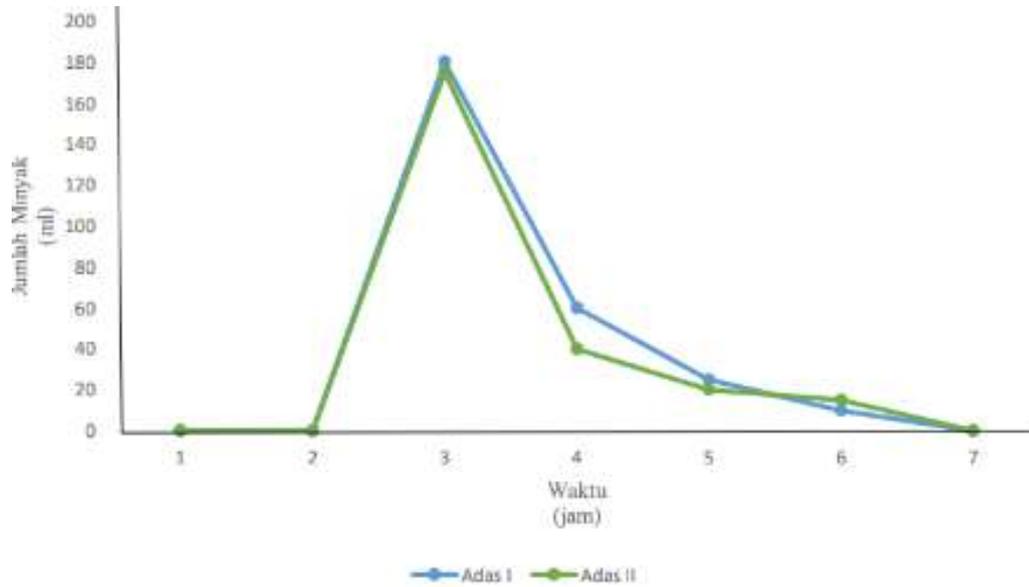


Gambar 4. 2. Grafik perbandingan hasil penyulingan temulawak I dan temulawak II

#### 4.1.3. Hasil Perbandingan Penyulingan Adas I Dengan Adas II

Gambar 4.3. menunjukkan perbandingan proses penyulingan adas I dengan adas II. Hasil keluaran minyak pada adas I secara berurutan dari keluaran pertama hingga terakhir adalah 180, 60, 25, dan 10 ml. Sedangkan pada adas II keluaran minyak pada jam pertama hingga terakhir secara berurutan adalah 175, 40, 20, dan 10 ml.

15 ml. Jumlah hasil dari penyulingan adas I lebih banyak dari pada adas II yaitu 275 ml pada adas I, sedangkan pada adas II adalah 240 ml.



Gambar 4. 3. Grafik perbandingan hasil penyulingan adas I dan adas II

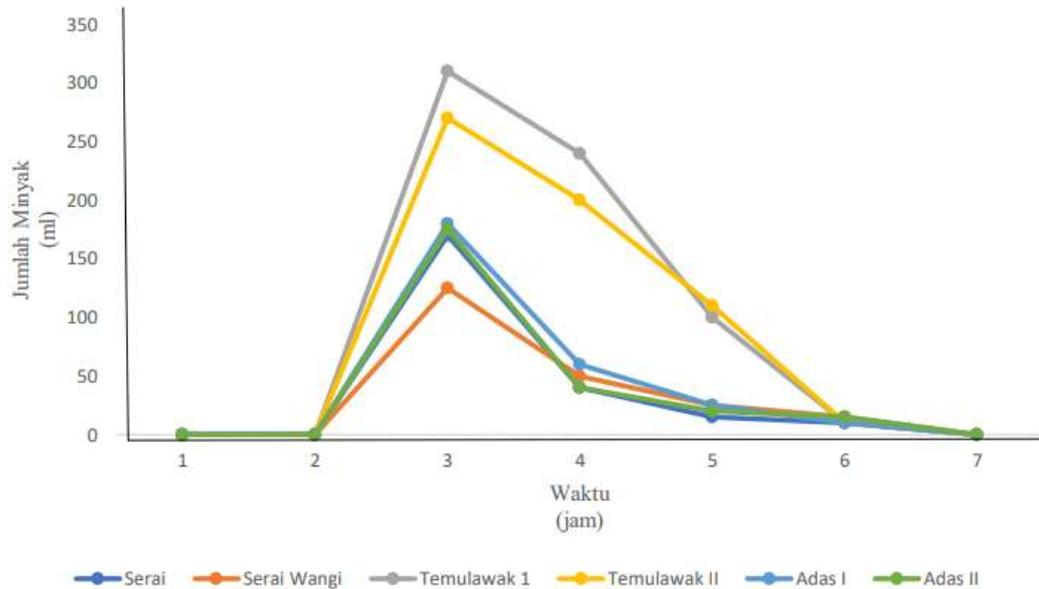
## 4.2 Grafik Perbandingan Hasil Penyulingan

Berikut ini merupakan tabel hasil perbandingan penyulingan minyak atsiri menggunakan berbagai macam tumbuhan yang mengandung minyak atsiri.

Tabel 4. 1. Tabel perbandingan hasil penyulingan

No.	Bahan	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Debit aliran penyulingan (ml/s)	Jumlah hasil penyulingan (ml)
1	Serai	86,4	1	3,83	235
2	Serai wangi	86,4	1	3,83	215
3	Temulawak I	86,4	1	3,83	660
4	Temulawak II	86,4	1	3,83	590
5	Adas I	86,4	1	3,83	275
6	Adas II	86,4	1	3,83	240

Dapat disimpulkan bahwa dari hasil penyulingan dengan menggunakan bahan temulawak I mendapatkan hasil paling banyak yaitu sebesar 660 ml dan hasil paling sedikit adalah menggunakan bahan serai wangi yaitu sebesar 215 ml. Hasil dari penyulingan dapat dipengaruhi dari kualitas bahan baku. Grafik perbandingan hasil penyulingan dapat dilihat pada (Gambar 4.4).



Gambar 4. 4. Perbandingan hasil penyulingan

#### 4.3 Perhitungan Hasil Pengujian Alat

##### 1. Kapasitas Efektif Alat

Kapasitas efektif alat dilakukan dengan menghitung banyaknya minyak serai yang dihasilkan (ml) tiap satuan waktu yang dibutuhkan selama penyulingan tersebut (jam).

a. Kapasitas efektif dengan bahan serai.

$$KEA = \frac{V_{\text{jumlah rata-rata hasil penyulingan serai}}}{t_{\text{waktu minyak keluar}}}$$

$$KEA = \frac{225 \text{ ml}}{5 \text{ jam}}$$

$$KEA = \frac{225 \text{ ml}}{18000 \text{ s}}$$

$$KEA = 0,0125 \text{ ml/s atau } 0,0000000125 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Kapasitas efektif dengan bahan temulawak.

$$KEA = \frac{V_{\text{jumlah rata-rata hasil penyulingan temulawak}}}{t_{\text{waktu minyak keluar}}}$$

$$KEA = \frac{625 \text{ ml}}{5 \text{ jam}}$$

$$KEA = \frac{625 \text{ ml}}{18000 \text{ s}}$$

$$KEA = 0,03472 \text{ ml/s atau } 0,00000003472 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Kapasitas efektif dengan bahan adas.

$$KEA = \frac{V_{\text{jumlah rata-rata hasil penyulingan adas}}}{t_{\text{waktu minyak keluar}}}$$

$$KEA = \frac{257.5 \text{ ml}}{5 \text{ jam}}$$

$$KEA = \frac{257.5 \text{ ml}}{18000 \text{ s}}$$

$$KEA = 0,0143 \text{ ml/s atau } 0,0000000143 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kapasitas efektif rata-rata dari proses penyulingan yang telah dilakukan adalah sebesar :

$$= \frac{\text{Total KEA}}{\text{Jumlah bahan}}$$

$$= \frac{0,0125+0,0347+0,0143}{3}$$

$$= 0,0205 \text{ ml/s}$$

dimana :

KEA = Kapasitas efektif alat ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

V = Volume minyak atsiri yang dihasilkan ( $\text{m}^3$ )

t = Waktu yang dibutuhkan selama penyulingan (s)

## 2. Peningkatan fungsi alat

Peningkatan fungsi alat dapat diketahui dengan membagi kapasitas efektif yang diperoleh alat terhadap kapasitas efektif alat lain di UKM tersebut untuk membandingkan kinerja alat penyuling minyak atsiri atau dapat dituliskan dengan rumus

$$\eta \text{ alat} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

$$\eta \text{ alat} = \frac{100}{80}$$

$$\eta \text{ alat} = 1,25\%$$

dimana :

$\eta$  = Kinerja Alat (%)

*Output* = Kapasitas alat ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

*Input* = Kapasitas alat lain ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

## 3. Rendemen

Dari grafik diatas dapat diambil data hasil penyulingan dari masing – masing bahan dan dihitung rendemen dari alat tersebut sebagai beriku :

1. Rendemen dari bahan serai.

$$\text{RE} = \frac{BA}{BB} \times 100\%$$

$$\text{RE} = \frac{0,235}{100} \times 100\%$$

$$\text{RE} = 0,00235\%$$

2. Rendemen dari bahan serai wangi.

$$\text{RE} = \frac{BA}{BB} \times 100\%$$

$$RE = \frac{0,215}{100} \times 100\%$$

$$RE = 0,00215\%$$

3. Rendemen dari bahan temulawak I.

$$RE = \frac{BA}{BB} \times 100\%$$

$$RE = \frac{0,660}{100} \times 100\%$$

$$RE = 0,0066\%$$

4. Rendemen dari bahan temulawak II.

$$RE = \frac{BA}{BB} \times 100\%$$

$$RE = \frac{0,590}{100} \times 100\%$$

$$RE = 0,0059\%$$

5. Rendemen dari bahan adas I.

$$RE = \frac{BA}{BB} \times 100\%$$

$$RE = \frac{0,275}{100} \times 100\%$$

$$RE = 0,00275\%$$

6. Rendemen dari bahan adas II.

$$RE = \frac{BA}{BB} \times 100\%$$

$$RE = \frac{0,240}{100} \times 100\%$$

$$RE = 0,00240\%$$

Jadi untuk rata-rata rendemen dari ketel penyulingan minyak atsiri adalah

$$\frac{0,00235\%+0,00215\%+0,0066\%+0,0059\%+0,00275\%+0,00240\%}{6} = 0,003691\%$$

Dimana : BA = Berat minyak hasil penyulingan (kg)

BB= Berat bahan yang disuling

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Alat ketel penyulingan minyak atsiri ini memiliki ukuran tinggi ketel 190 cm. Dengan tinggi tabung adalah 120 cm dan diameter tabung adalah 80 cm. Dibuat dari *stainless steel* dengan ketebalan plat 4 mm.

Dari pengujian alat ketel penyulingan dengan menggunakan bahan temulawak I dapat menghasilkan minyak atsiri paling banyak yaitu sebesar 660 ml. Dan minyak atsiri paling sedikit didapat dari bahan pengujian serai wangi dan pala yang menghasilkan minyak sebesar 215 ml. Dengan menggunakan bahan bakar kayu sebesar 1,074 kg/s atau 3.866,4 kg kayu per jam nya.

Alat ini juga memiliki kapasitas efektif rata-rata sebesar 0,0205 ml/s. Rendemen rata-rata sebesar 0,003691% dan juga perbandingan kinerja alat sebesar 1,25%. Debit aliran penyulingan sebesar 3,83 ml/s. Selain itu juga alat ini mampu menghasilkan laju aliran masa uap sebesar 1,0696 kg/s dan debit aliran uap sebesar 0,0011 m<sup>3</sup>/s

#### **5.2 Saran**

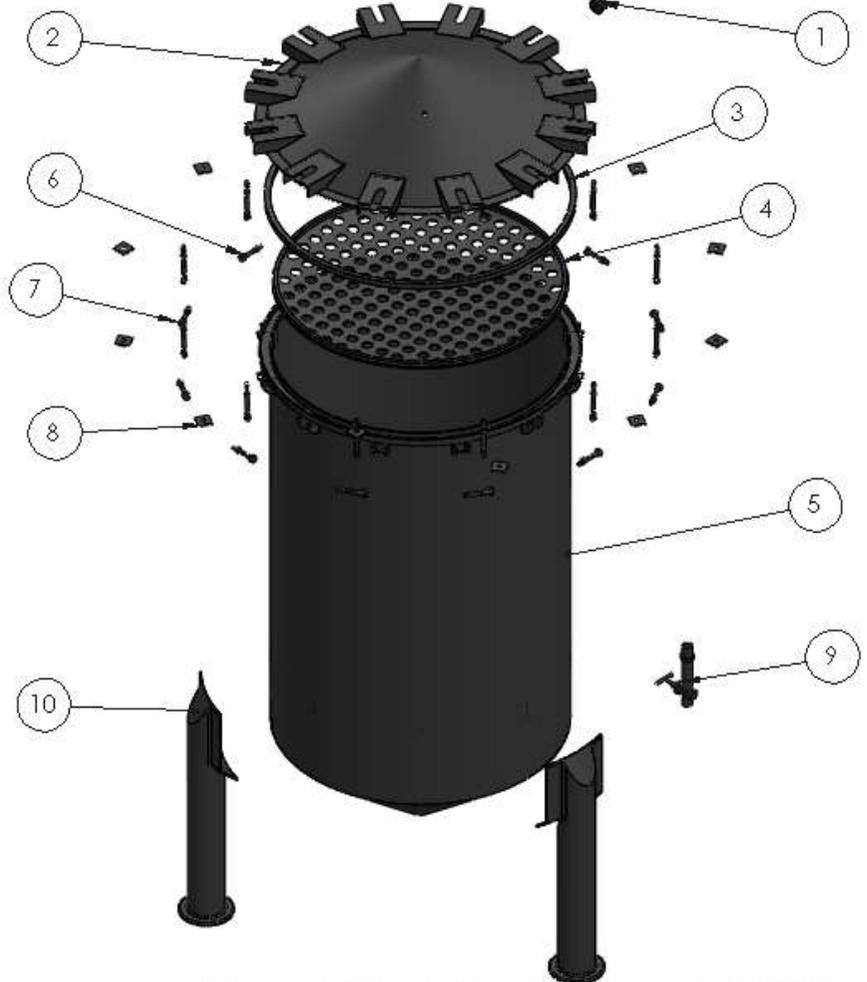
Perlu adanya penambahan komponen termometer pada ketel agar dapat terukur dengan lebih tepat, mengingat pengukuran saat ini masih melalui endapan air uap yang dialirkan dari kran bawah ketel penyulingan.

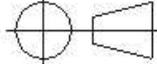
## DAFTAR PUSTAKA

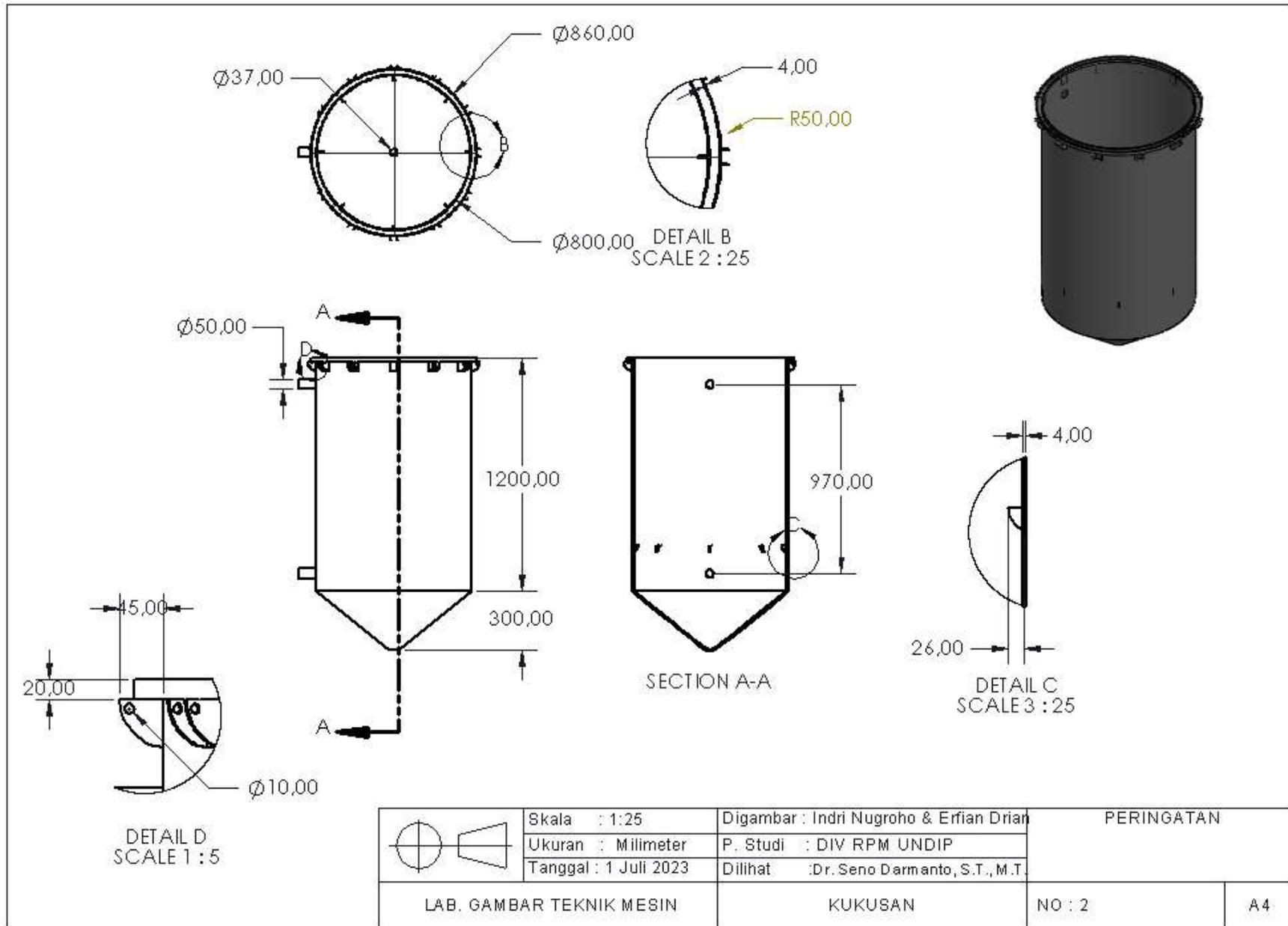
- Aryani, F., Noorcahyati, & Arbainsya. (2020). Pengenalan Atsiri(Melaleuca cajuputi): Prospek Pengembangan, Budidaya Dan Penyulingan.
- Al Ayubi, T. A., & Wardhana, E. M. (2017). *Laju Aliran Massa & Debit Aliran* . Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Institute Sepuluh Nopember Surabaya. <https://www.scribd.com/document/340511726/laju-Aliran-Massa-Debit-Aliran>
- Aulidya, V. (2016). Rancang Bangun Alat Penyuling Minyak Atsiri Tipe Uap dan Air.
- Bambang, S. (2007). Penentuan Kondisi Operasi Optimal Pada Penyulingan Minyak Nilam. TEKNIK: Volume 28, Nomor 1, Tahun 2007.
- Dika, D. R. (2020). Perancangan Alat Penyulingan Minyak Nilam Kondensor Dan Separator. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(1), 15.
- Euro Inox. (2007). *Stainless Steel: Tables of Technical Properties Second Edition*.
- Holman, J.P. 1987. *Heat Transfer*. New York: Mcgraw-Hill.
- Jayanudin, J., & Hartono, R. (2011). Proses Penyulingan Minyak Atsiri Dengan Metode Uap Berbahan Baku Daun Nilam. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 7(1), 67. <https://doi.org/10.36055/tjst.v8i1.6706>
- Luthfi, M., Winarso, R., & Wibowo, R. (2018). Rancang Bangun Boiler Dan Tangki Penguapan Minyak Atsiri Pada Mesin Destilator Dengan Metode Uap Berbahan Baku Daun Serai (Cymbopogon Nardus). *Jurnal Crankshaft*, 1(1), 9-20.

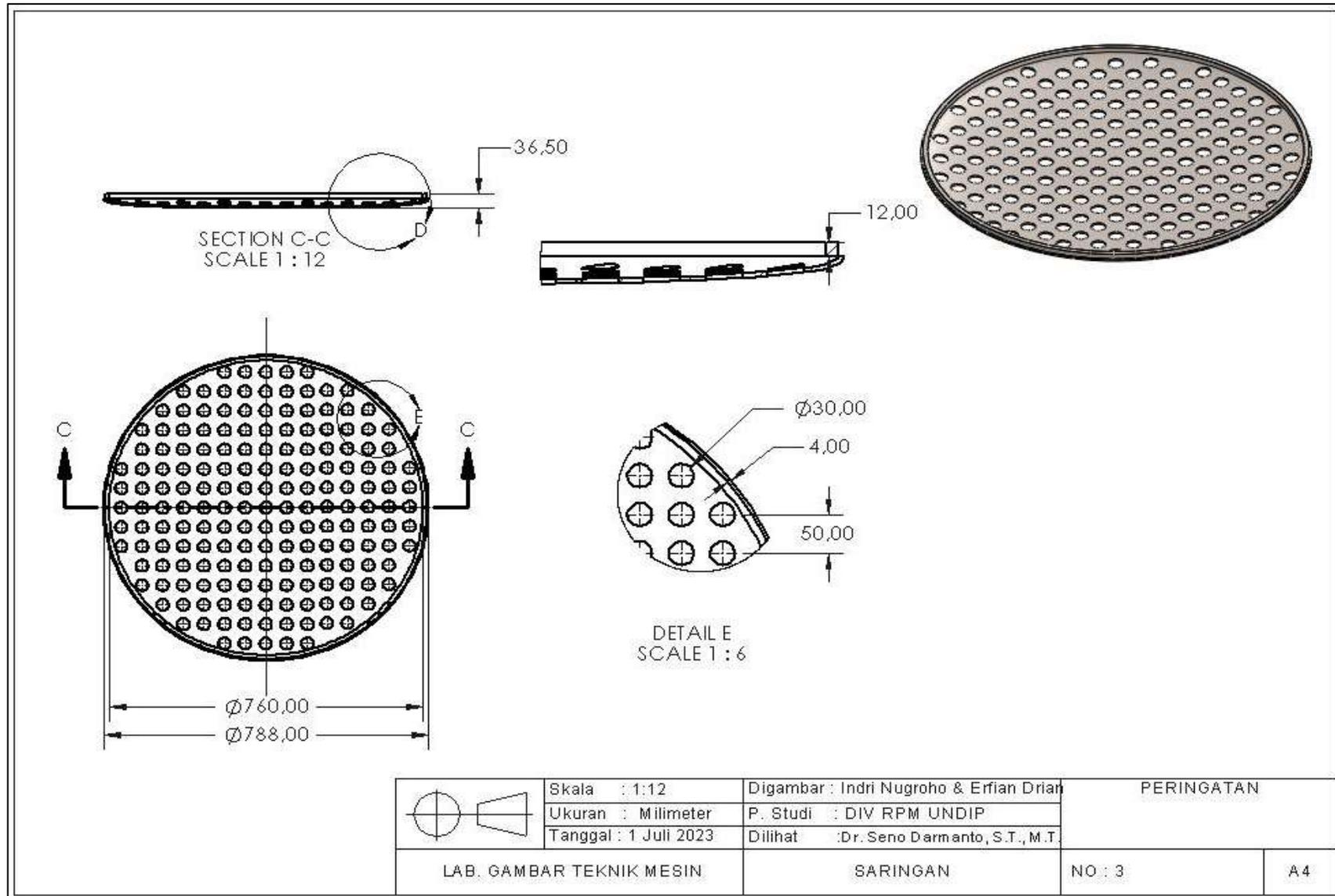
- Novita Setya H, Aprilia Budiarti, dan M. (2012). Proses Pengambilan Minyak Atsiri Dari Daun Nilam Dengan Pemanfaatan Gelombang Mikro (Microwave). *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), 1–5.
- Pribadi, D. (2021). Analisis Perpindahan Panas Kondensor pada Alat Penyulingan Minyak Atsiri Kapasitas 5 Kilogram (Doctoral dissertation).
- Ridwan, M., Darmanto, S., Nugroho, A., & Tadeus, D. Y. (2020, Desember). Rancang Bangun Peralatan Penyulingan Minyak Atsiri Skala Kecil. In Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat UNDIP 2020 (Vol. 1, No. 1).
- Safitri, A., & Sinaga, J. P. (2021). *Extracting Essential Oil From Fragrant Lemongrass Plants By Steam-Hydro Distillation Method Using Microwave As A Heater. Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi*, 19(01).
- Setiawan, D., & Irawan, D. (2012). Analisa Pipa Alur Spiral Pada Alat Penyuling Bioetanol. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 1(2), 42445–42454. <https://doi.org/10.24127/trb.v1i2.654>
- Syafrizal, M. (2021). Perancangan Alat Destilasi Penyulingan Minyak Atsiri Berbahan Baku Daun Serai Wangi Dengan Metode Uap dan Air (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).

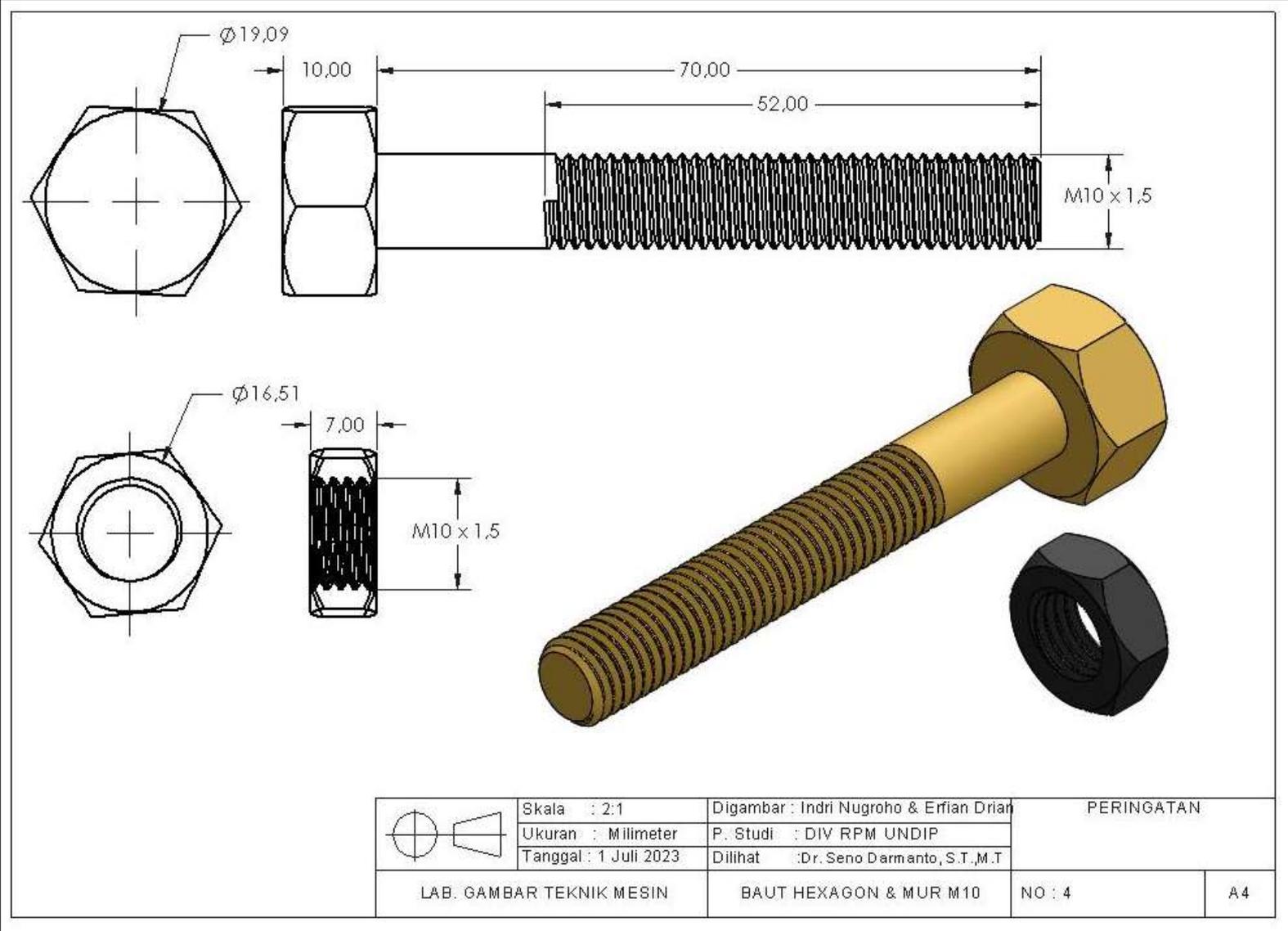
No.	Nama	Jumlah
1	Pressure Gauge	1
2	Tutup Ketel	1
3	Seal Karet	1
4	Saringan	1
5	Tabung Kukusan	1
6	Baut Hexagon dan Mur M10	12
7	Baut Eye Bolt dan Mur M10	12
8	Ring Plat Kotak	12
9	Kran	1
10	Dudukan/Kaki	3

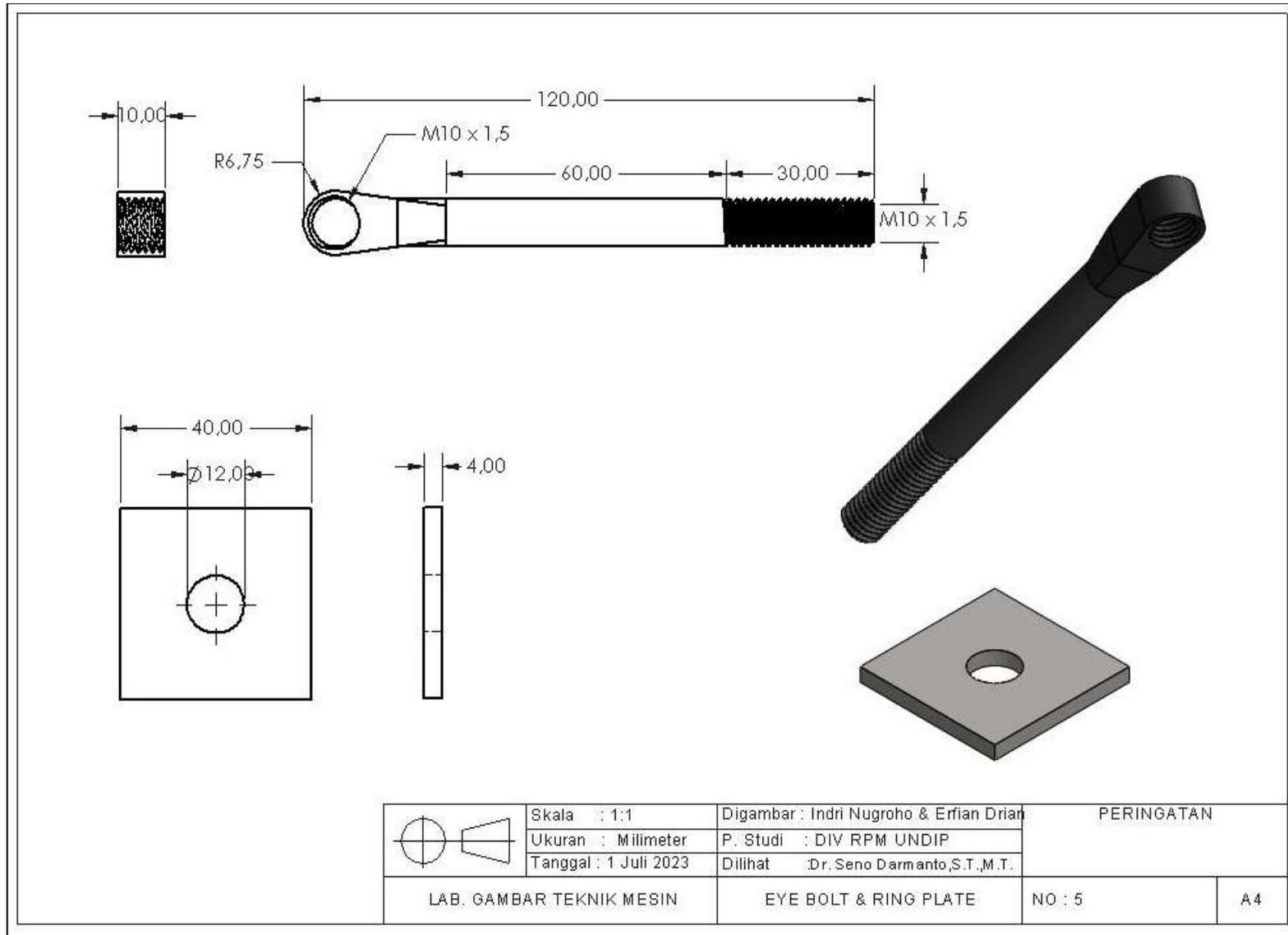


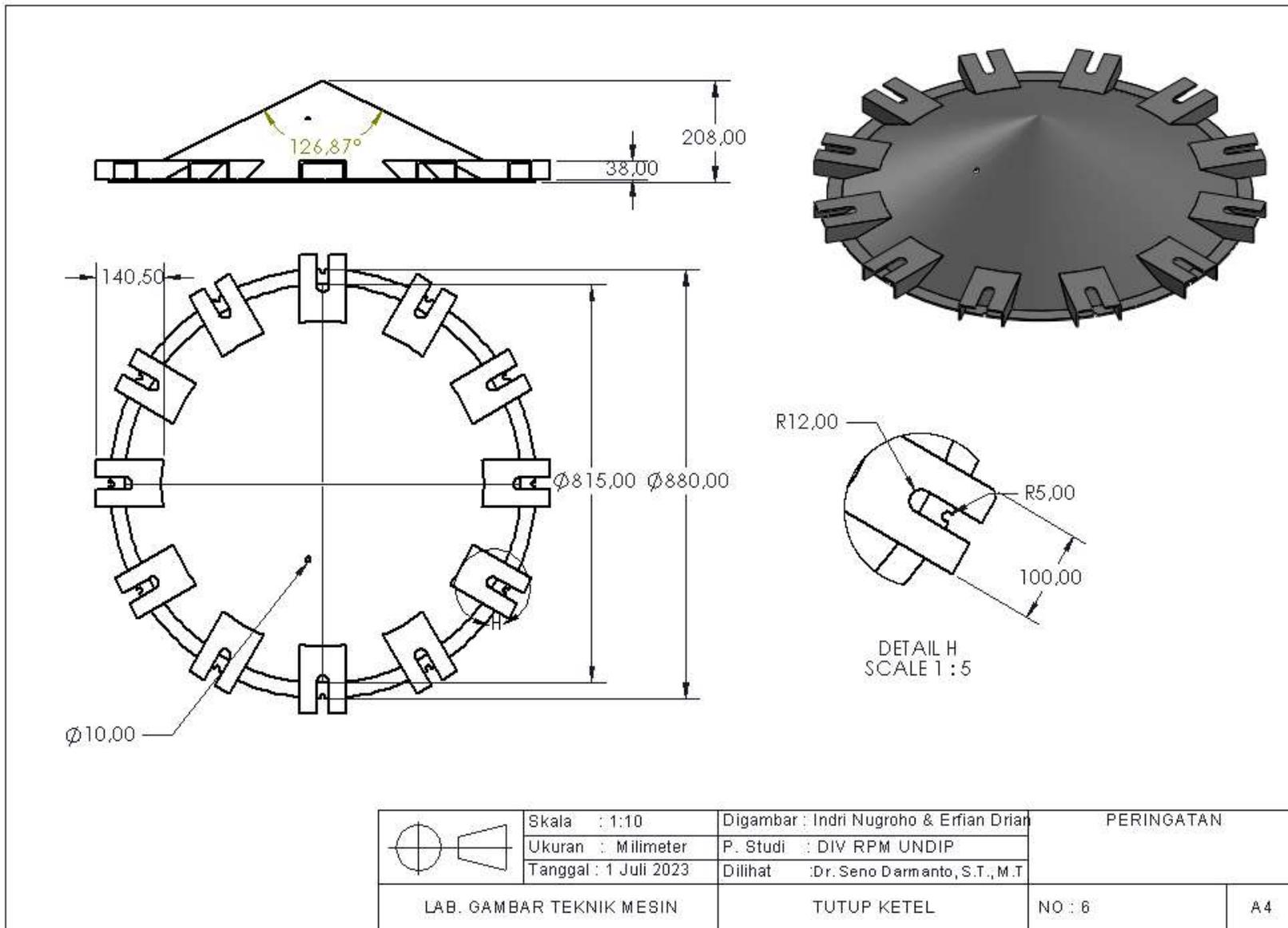
	Skala : 1:20	Digambar : Indri Nugroho& Erfian Drian	PERINGATAN	
	Ukuran : Milimeter	P. Studi : DIV RPM UNDIP		
	Tanggal : 1 Juli 2023	Dilihat : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.		
LAB. GAMBAR TEKNIK MESIN	KETEL PENYULINGAN	NO : 1	A4	

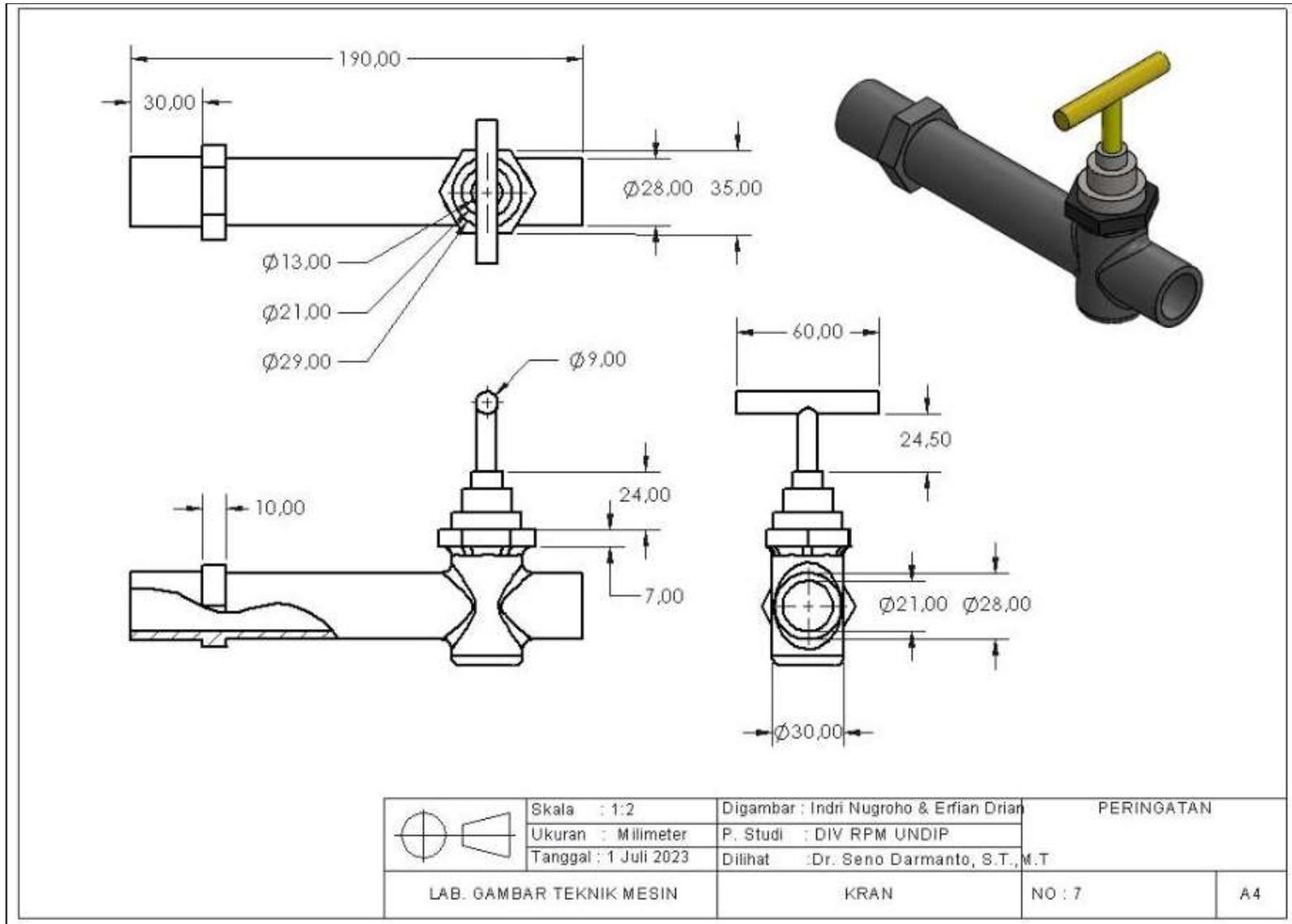


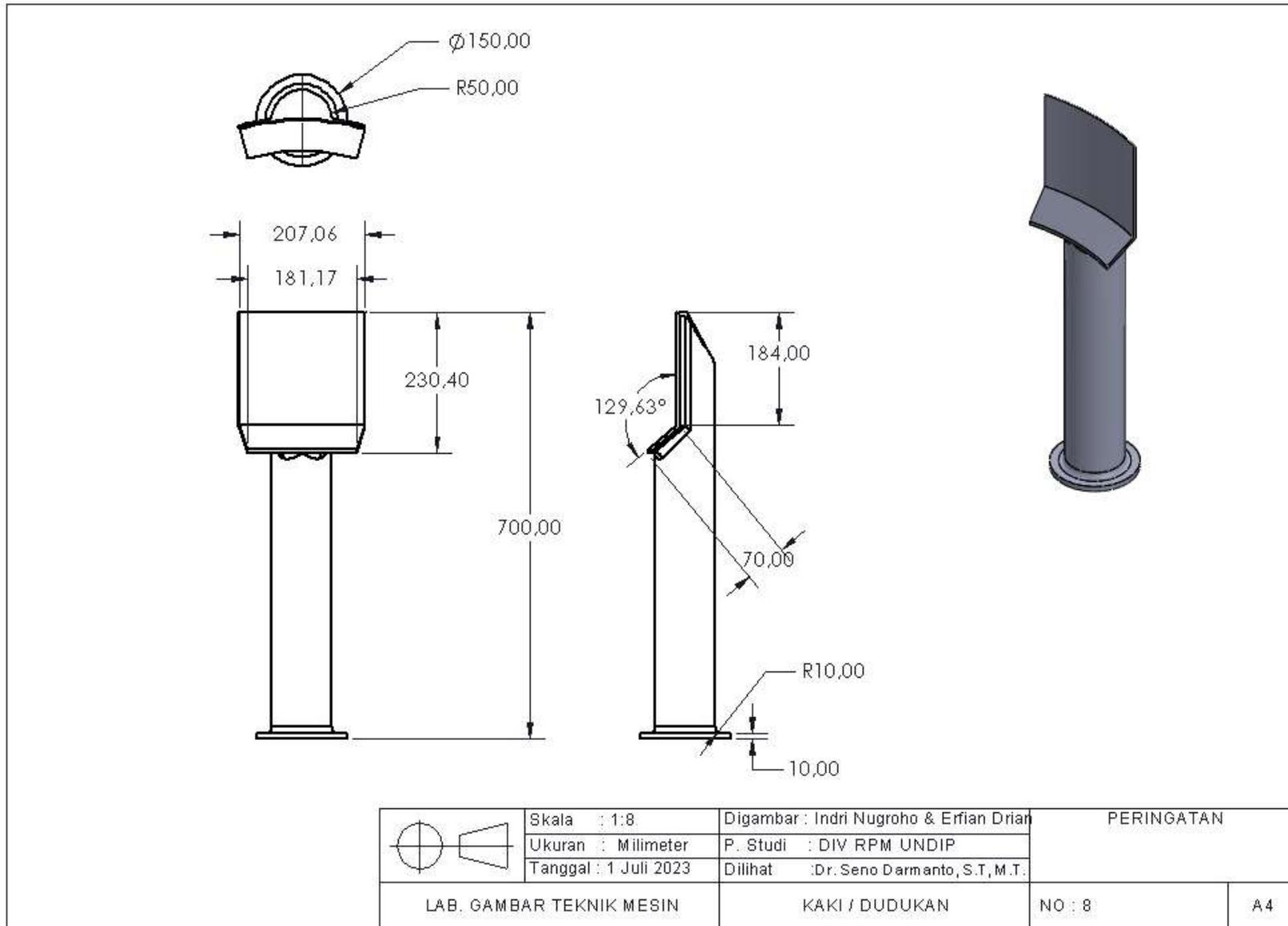


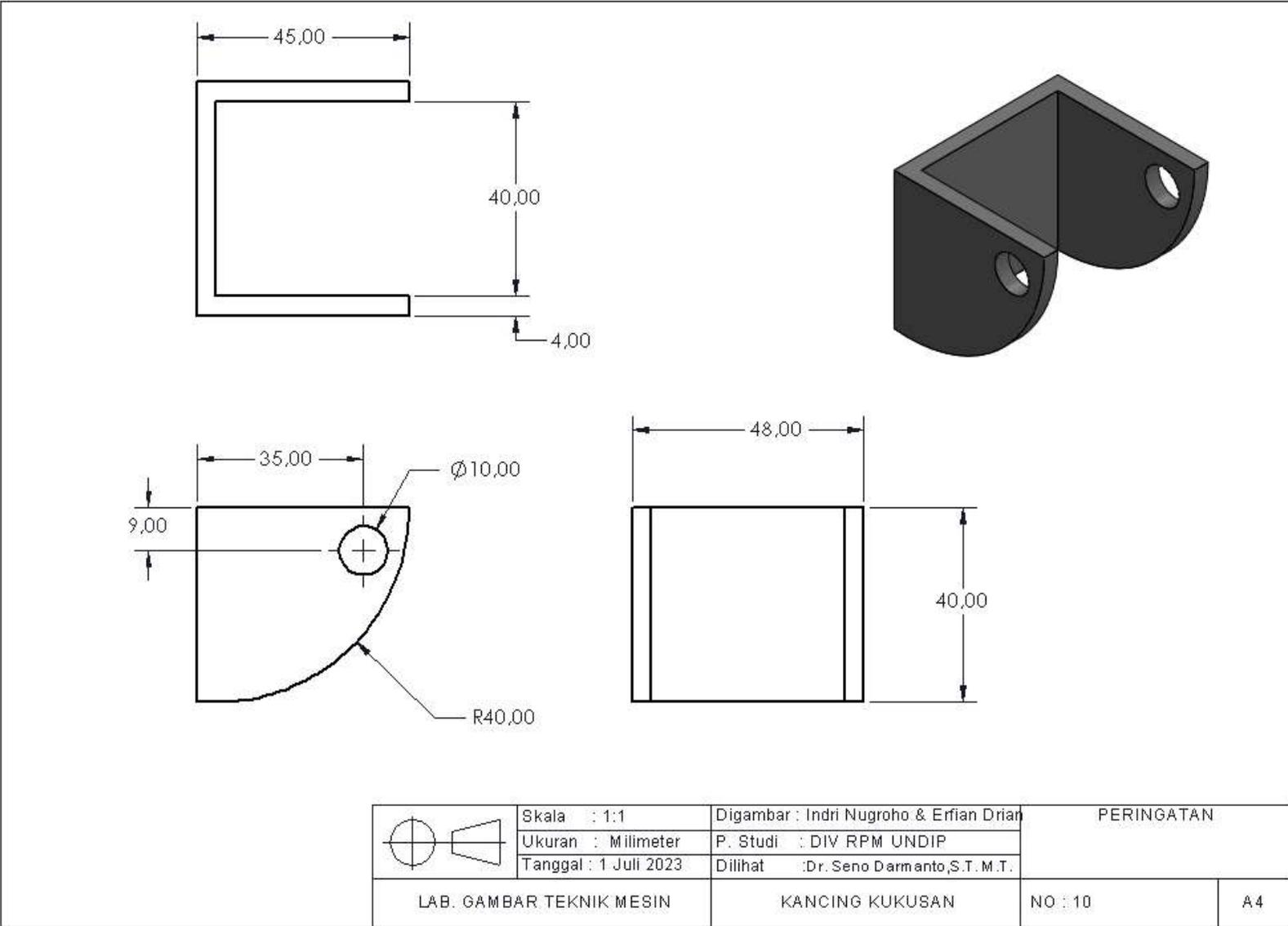


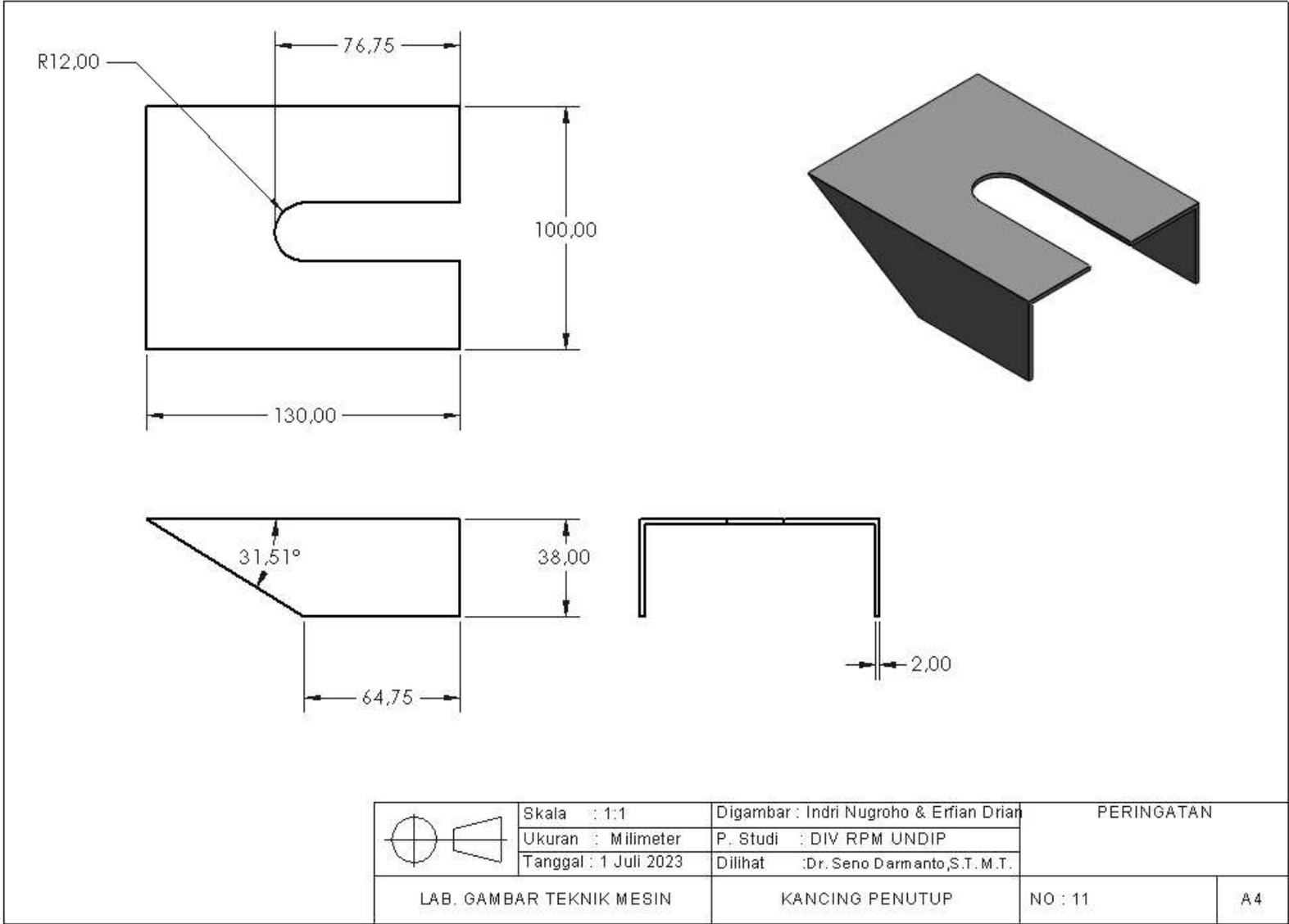


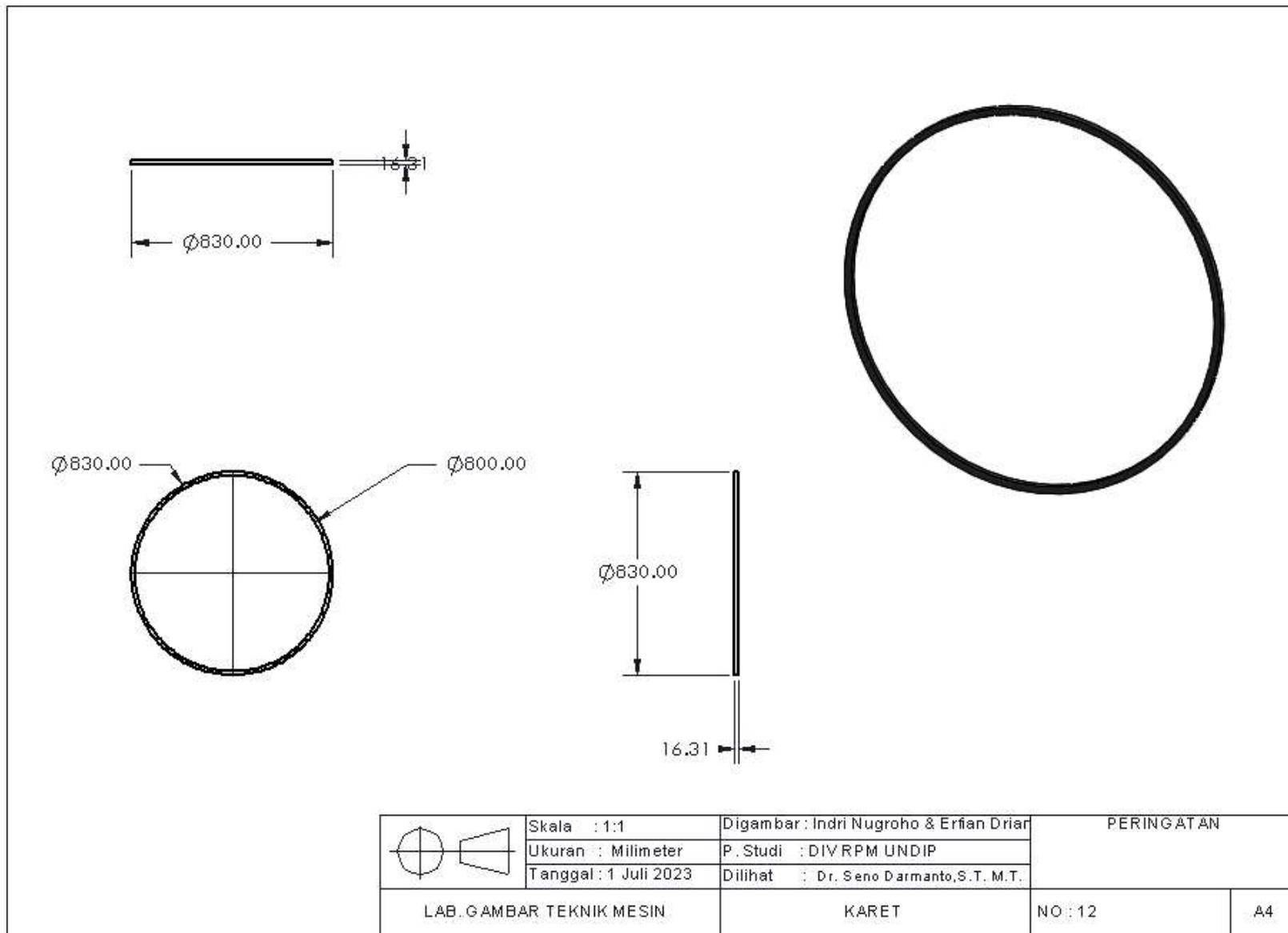














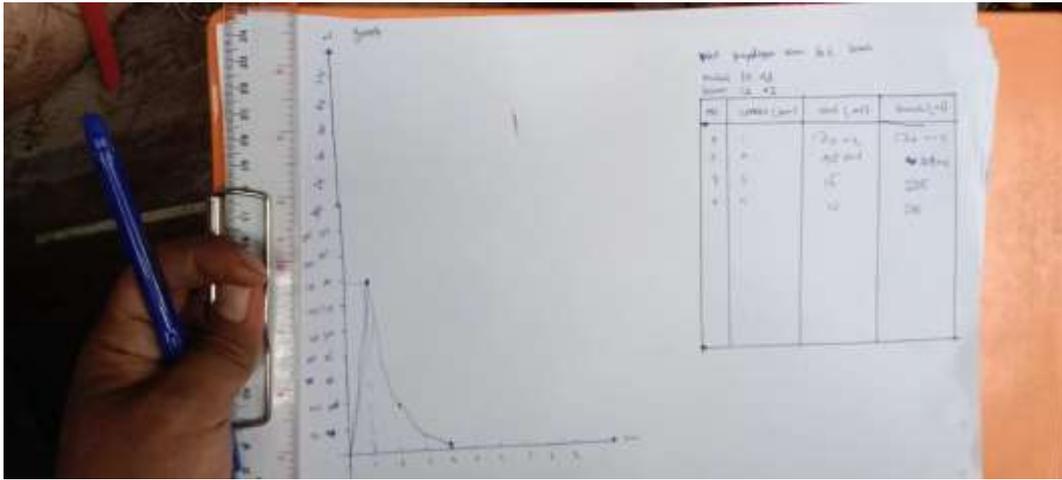
## Lampiran 13. Dokumentasi proses pemindahan



Lampiran 14. Dokumentasi proses perakitan







## Lampiran 17. Jadwal pelaksanaan kegiatan

**Jadwal Pelaksanaan Kegiatan**

No	Kegiatan	Bulan ke-					
		1	2	3	4	5	6
1.	Pengumpulan data	■					
2.	Observasi alat	■					
3.	Pembuatan alat		■				
4.	Pengujian			■	■		
5.	Penyusunan Laporan					■	■

### Anggaran Biaya

#### A. Biaya pembuatan ketel penguap

No.	Nama barang	Volume	satuan	Biaya satuam (Rp)	Jumlah
<b>A. Bahan</b>					
1.	Plat Stainless 2x2 m	1	lembar	4.000.000	Rp4.000.000,00
2.	Pipa Stainless Ø 10 cm	3	buah	150.000	Rp450.000,00
3.	Mur baut Ø 5 mm p 5 cm	12	buah	2.500	Rp30.000,00
4.	Mur baut Ø 5 mm p 10 cm	12	buah	5.000	Rp60.000,00
5.	Karet / shell Ø 80 cm	1	buah	70.000	Rp70.000,00
6.	Elektroda	1	dus	135.000	Rp135.000,00
7.	Mata gerinda potong	1	dus	60.000	Rp60.000,00
8.	Mata gerinda amplas	5	buah	6.500	Rp32.500,00
<b>B. Jasa</b>					
1.	Jasa Pengerolan Plat	2	m	4.000	Rp8.000,00
2.	Pengelasan argon	2,5	m	300.000	Rp1.050.000,00
<b>TOTAL</b>					Rp5.895.000,00

#### B. Biaya pengujian alat

No	Nama barang	Volume	satuan	Biaya satuam (Rp)	Jumlah
<b>A. Bahan</b>					
1.	Serai	200	kg	2.500	Rp500.000,00
2.	Serai Wangi	200	kg	3.500	Rp700.000,00
3.	Temulawak	200	kg	5.000	Rp1.000.000,00
4.	Daun Adas	200	kg	4.000	Rp800.000,00
3.	Kayu Bakar	21	m <sup>3</sup>	12.000	Rp252.000,00
<b>B. Alat</b>					
1.	Gelas ukur 1000 ml	1	unit	213.000	Rp213.000,00
2.	Thermometer	1	unit	100.000	Rp100.000,00
<b>TOTAL</b>					Rp3.556.000,00

Total untuk biaya pembuatan dan pengujian ketel penguap penyulingan minyak atsiri adalah :

**Biaya pembuatan alat + biaya pengujian alat = Total biaya**

$$\text{Rp}5.895.000 + \text{Rp}3.556.000 = \text{Rp}9.451.000$$