

Rancang Bangun Mesin Distilasi Minyak Atsiri Dengan Sistem Pendingin Kontinu Sebagai Sarana Praktikum Dan Produksi *Essential Oil* Di Laboratorium Rekayasa Pangan

Design and Construction of An Essential Oil Distillation Machine With A Continuous Cooling System As A Means Of Practicum and Essential Oil Production In The Food Engineering Laboratory

Angga Herviona Ikhwanudin^{1*}, Nurul Widadi¹, Guntoro¹, Ahmad Zainal Abidin¹, Jefry Oktanuriawan¹

¹Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

[*angga_herviona@polije.ac.id](mailto:angga_herviona@polije.ac.id)

ABSTRAK

Distilator minyak atsiri terdiri dari ketel suling, kondensor, bak air pendingin, dan corong pisah. Rancang bangun alat ini bertujuan untuk membuat mesin distilasi minyak atsiri yang dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran dalam praktikum, penelitian dan pengabdian masyarakat. Metode penelitian yang digunakan yaitu penelitian dan pengembangan yang terdiri dari perancangan, pembuatan, pengujian kinerja alat dan pengujian kualitas minyak atsiri. Prosedur distilasi minyak atsiri pada penelitian ini adalah metode kukus. Bahan yang digunakan adalah daun dan ranting kayu putih, daun serai wangi, daun dan ranting jeruk purut. Pengujian kinerja alat yang dilakukan terdiri dari laju penyulingan, rendemen minyak atsiri, suhu proses penyulingan, sifat fisik bahan, konsumsi bahan bakar, kinerja air pendingin, dan efisiensi konsumsi bahan bakar. Pengujian kualitas minyak atsiri yang dihasilkan terdiri dari uji bau, warna, indeks bias, bobot jenis, dan kandungan zat melalui uji GCMS. Alat ini berhasil dibuat dan menghasilkan minyak atsiri kayu putih, serai wangi, dan jeruk purut. Rendemen minyak atsiri daun serai wangi adalah 0,208%, daun kayu putih sebesar 0,37%, dan daun jeruk purut sebesar 0,575%. Sedangkan hasil uji untuk bobot jenis minyak atsiri daun serai wangi sebesar 0,8712, daun kayu putih sebesar 0,9130, dan daun jeruk purut sebesar 0,8528. Hasil uji untuk indeks bias minyak atsiri daun serai wangi sebesar 1,475, daun kayu putih sebesar 1,489, dan daun jeruk purut sebesar 1,448. Laju penyulingan minyak atsiri yang dihasilkan yaitu 0,00249 kg/jam (daun kayu putih), 0,00272 kg/jam (daun serai), dan 0,00828 kg/jam (daun jeruk purut). Efisiensi energi alat distilasi rata-rata yang dihasilkan yaitu 48,79 %.

Kata kunci — Distilasi, Kukus, Minyak Atsiri

ABSTRACT

An essential oil distillator consists of a distillation kettle, condenser, cooling water tank, and separating funnel. The design of this tool aims to create an essential oil distillation machine that can be used as a learning tool in practicums, research and community service. The research method used is research and development consisting of design, manufacture, testing of tool performance and testing of essential oil quality. The essential oil distillation procedure in this study is the steam method. The materials used are eucalyptus leaves and twigs, citronella leaves, and kaffir lime leaves and twigs. The performance testing of the tool carried out consists of distillation rate, essential oil yield, distillation process temperature, physical properties of materials, fuel consumption, cooling water performance, and fuel consumption efficiency. Testing of the quality of the essential oil produced consists of odor, color, refractive index, specific gravity, and substance content tests through GCMS tests. This tool was successfully made and produced eucalyptus, citronella, and kaffir lime essential oils. The yield of essential oil of citronella leaves was 0.208%, eucalyptus leaves 0.37%, and kaffir lime leaves 0.575%. Meanwhile, the test results for the specific gravity of essential oil of citronella leaves were 0.8712, eucalyptus leaves 0.9130, and kaffir lime leaves 0.8528. The test results for the refractive index of essential oil of citronella leaves were 1.475, eucalyptus leaves 1.489, and kaffir lime leaves 1.448. The distillation rate of essential oils produced was 0.00249 kg/hour

OPEN ACCESS

© 2025. Angga Herviona Ikhwanudin, Nurul Widadi, Guntoro, Ahmad Zainal Abidin, Jefry

Oktanuriawan



Creative Commons
Attribution 4.0 International License

(eucalyptus leaves), 0.00272 kg/hour (lemongrass leaves), and 0.00828 kg/hour (kaffir lime leaves). The average energy efficiency of the distillation equipment produced was 48.79%.

Keywords — Distillation, Essential Oil, Steamed

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki 40 jenis minyak atsiri yang diperdagangkan dan diekspor. Beberapa diantaranya menguasai ekspor dunia yaitu minyak nilam, cananga, akar wangi, serai wangi, pala, dan cengkeh. Daerah tujuan ekspor antara lain meliputi Eropa, Amerika, Australia, Afrika, China, India, dan ASEAN. Namun ekspor minyak atsiri di Indonesia masih berupa produk setengah jadi (Gunawan, 2009)

Prodi Teknologi Rekayasa Pangan Jurusan Teknologi Pertanian merupakan salah satu prodi yang ada di Politeknik Negeri Jember. Mata kuliah yang ditempuh di prodi ini salah satunya adalah mata kuliah mesin dan peralatan pengolahan pangan. Mesin dan peralatan pengolahan mempelajari kinerja berbagai mesin di bidang pengolahan pangan salah satunya adalah mesin distilasi. Mahasiswa mempelajari ekstraksi *essential oil* dari berbagai bahan sampel seperti daun kayu putih dan batang serai merah melalui proses distilasi sederhana menggunakan mesin distilasi.

Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan merupakan salah satu laboratorium yang memfasilitasi mahasiswa dalam melakukan kegiatan pendidikan maupun penelitian mengenai distilasi. Laboratorium ini memiliki mesin distilasi akuades dan alat distilasi sederhana terbuat dari kaca tahan panas untuk percobaan sederhana dalam skala kecil (1000 mL). Namun, untuk kegiatan praktikum ekstraksi *essential oil* dengan metode distilasi, laboratorium ini belum memiliki fasilitas mesin yang memadai sehingga harus menyewa mesin tersebut dari luar.

Laboratorium TRP melayani kegiatan pendidikan dan penelitian baik dari dosen maupun mahasiswa. Salah satu kegiatan penelitian yang cukup sering dilakukan adalah ekstraksi minyak atsiri dengan metode distilasi. Alat yang digunakan adalah alat distilasi kaca dengan kondensor sederhana dan kapasitas labu didih 1000 mL. Bahan yang sering diekstrak diantaranya kulit jeruk semboro, kulit jeruk lemon, batang serai, bunga mawar, dan daun kayu putih. Ada beberapa perlakuan penelitian diantaranya pelarut distilasi menggunakan n-heksana dan aquades, bahan sampel diberi sengatan listrik 20 kV selama waktu tertentu untuk membuka pori – pori bahan sehingga hasil ekstraksi menjadi lebih maksimal, dan perlakuan dari sumber panas baik menggunakan *heating matle*, *hot plate*, dan *microwave*. Namun terkadang ada beberapa bahan sampel yang tidak menghasilkan minyak, diduga karena jumlah bahan yang diekstrak terlalu sedikit, sehingga perlu mesin dengan kapasitas bahan yang lebih besar dibanding alat yang sudah ada. Mesin distilasi akuades juga tidak bisa digunakan untuk ekstraksi minyak atsiri, karena ada potensi pencemaran mesin sehingga aquades yang dihasilkan akan tercemar dan kualitas menurun atau bahkan tidak layak digunakan sebagai pelarut kembali.

Kabupaten Jember memiliki potensi yang tinggi untuk produksi minyak atsiri, dikarenakan memiliki beberapa tumbuhan yang potensial seperti serai, jeruk, lemon, dan kayu putih. Menurut Jember Dalam Angka 2024, bahwa tanaman serai memiliki luas produksi 13.496 m² dengan kemampuan panen 105.689 kg per tahun,

tanaman jeruk nipis memiliki luas produksi 2.898 m² dengan kemampuan panen 40.049 kg per tahun, tanaman mawar memiliki luas produksi 35.899 m² dengan kemampuan panen 607.721 tangkai per tahun, jeruk siam dengan produksi 1.688.777 kuintal per tahun, jeruk lemon dengan produksi 1.364 kuintal per tahun.(BPS Jember, 2024)

Minyak atsiri memiliki potensi komersial yang dapat digunakan sebagai aromaterapi dan pengharum ruangan. Selain itu, masih minimnya produsen minyak atsiri di Jember menjadikan produk ini memiliki sedikit saingan. Berdasarkan informasi dari website resmi gudangatsiri jember bahwa 10 g minyak atsiri bunga mawar dijual seharga Rp.420.000,-, 10 mL minyak atsiri bunga lavender dijual seharga Rp. 560.000,-, dan 10 mL minyak atsiri lemon dijual seharga Rp. 400.000,-. Oleh karena itu, produksi minyak atsiri merupakan bisnis yang potensial untuk dilakukan.

Laboratorium TRP telah memiliki beberapa produk penelitian hasil penelitian PLP dan PNB 2020 dan 2021 mengenai mesin destilasi akuades. Sehingga pada tahun ini, Laboratorium TRP akan melanjutkan penelitian mengenai mesin destilasi untuk ekstraksi minyak atsiri. Dari latar belakang di atas, dapat disimpulkan bahwa melanjutkan roadmap penelitian PLP PNB 2021 mengenai mesin destilasi penting dilakukan untuk mengoptimalkan potensi teknologi tersebut dalam bidang teknik pangan, meningkatkan kualitas pendidikan, dan meningkatkan daya saing perguruan tinggi.

Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang produk mesin destilasi minyak atsiri sebagai sarana praktikum dan produksi essential oil di Lab Rekayasa Pangan
 2. Melakukan uji kinerja terhadap produk yang sudah dibuat berdasarkan standar yang berlaku
 3. Memproduksi minyak atsiri sesuai standar SNI dan dapat dikomersilkan
 4. Menyusun metode destilasi menggunakan mesin destilasi yang sudah dibuat untuk menghasilkan minyak atsiri sesuai SNI
 4. Memudahkan tenaga pengajar dalam melakukan pendampingan praktikum
- Referensi ilmiah diperlukan untuk mendukung penelitian ini agar dapat berjalan

sesuai yang diharapkan. Peneliti melakukan studi literatur yang dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Hasil Penelitian Destilasi Sederhana Tahun 2020

Alat destilasi sederhana yang dibuat oleh penulis pada tahun 2020 menggunakan thermostat sebagai kontrol suhu pemanasan(Ikhwanudin et al., 2020)



Gambar 1. Destilasi Sederhana PNB 2020

2. Optimalisasi kondensor dan otomatisasi kontrol Destilasi Sederhana Tahun 2021

Pada tahun 2021, penulis melakukan modifikasi di bagian pendeteksi indikator ketinggian air di kolom destilasi. Penulis memasang sensor ketinggian air di indikator air, untuk mematikan mesin destilasi secara otomatis apabila ketinggian air di kolom destilasi ada di level tertentu.(Ikhwanudin et al., 2022)

3. Arduino UNO

Pada tahun 2022, penulis membuat berbagai macam proyek sistem otomatisasi menggunakan mikrokontroler arduino UNO. Salah satunya yaitu kunci pintu otomatis, dimana kunci pintu dapat dibuka maupun ditutup secara otomatis menggunakan servo dan perintah dari arduino UNO. (Ikhwanudin et al., 2023) Pada penelitian ini, penulis juga menggunakan arduino dan termokopel tipe K untuk menguji temperatur saat uji kinerja alat destilasi minyak atsiri.

4. Hasil Penelitian modifikasi destilasi sederhana Tahun 2023

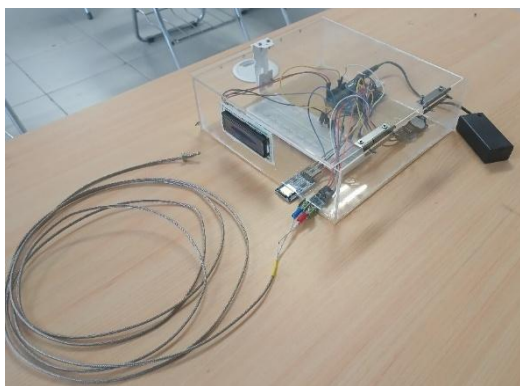
Alat destilasi sederhana hasil penelitian tahun 2020 telah dimodifikasi pada tahun 2023 untuk mengoptimalkan pendinginan air kondensor dan penyaringan sumber air sebagai bahan baku akuades.(Ikhwanudin, 2024)



Gambar 2. Hasil Modifikasi Distilator 2024

5. Hasil Penelitian Data Logger Suhu Tahun 2024

Data logger suhu digunakan untuk mengukur suhu objek dan dapat menyimpan data di micro SD. Data logger suhu dapat dibuat menggunakan arduino UNO dan termokopel tipe K yang dapat mengukur suhu hingga 600⁰ C. Selain itu terdapat LCD I2C sebagai display suhu, micro SD adapter sebagai port untuk micro SD yang berfungsi sebagai penyimpanan data dan RTC DS1302 sebagai penunjuk waktu. Kemudian sebagai sumber daya yaitu digunakan baterai 9 V. (Herviona Ikhwandudin et al., 2024)



Gambar 3. Prototipe Data Logger Suhu

6. Uji Kinerja Alat Penyuling Minyak Atsiri SNI 8028-1:2014

Pengujian kinerja alat penyuling minyak atsiri menyesuaikan dengan SNI 8028-1:2014 mengenai uji kinerja alat ketel suling metode kukus. Syarat mutu yang diharuskan untuk diuji yaitu konstruksi alat, spesifikasi alat, bahan dan dimensi alat, laju penyulingan, tekanan ketel suling, rendemen, waktu penyulingan, suhu air pendingin, uji kualitas bahan awal, dan konsumsi bahan bakar.(Badan Standardisasi Nasional, 2014)

7. Syarat mutu minyak kayu putih (SNI 06-3954-2006)

Syarat mutu minyak kayu putih menyesuaikan dengan SNI 06-3954-2006. Persyaratan kualitas minyak kayu putih dapat dilihat pada table di bawah ini.(SNI, 2006)

Tabel 1. Syarat mutu minyak kayu putih

No	Jenis uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan		
1.1	Warna	-	Jernih sampai kuning kehijauan
1.2	Bau	-	Khas kayu putih
2.	Bobot Jenis 20°C/20 °C	-	0,900 – 0,930
3.	Indeks bias (n _D ²⁰)	-	1,450 – 1,470
4.	Kelarutan dalam etanol 70 %	-	1:1 sampai 1:10 jernih
5.	Putaran optik	-	(-) 4° s/d 0°
6.	Kandungan sineol	%	50 – 65

8. Syarat mutu minyak daun jeruk purut

Syarat mutu minyak daun jeruk purut menyesuaikan dengan *Ultra International*, B.V Tahun 2016. Persyaratan kualitas minyak daun jeruk purut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Syarat mutu minyak daun jeruk purut

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Warna		Jernih hingga kuning terang
2	Bau		Khas jeruk purut
3	Bobot jenis 20°C		0,850 – 0,870
4	Indeks Bias (n _D ²⁰)		1,440 – 1,460

9. Syarat mutu minyak daun serai (SNI 3953:2019)

Syarat mutu minyak daun serai menyesuaikan dengan SNI 3953:2019. Persyaratan kualitas minyak daun serai dapat dilihat pada table di bawah ini.(Badan Standardisasi Nasional, 2019)

Tabel 3. Syarat mutu minyak daun serai

Karakteristik	Persyaratan	Metode uji
Tampilan	Cairan jernih, terkadang sedikit opalesen, tidak kental	-
Warna	Kuning pucat sampai coklat muda kekuningan	-
Bau	Agak manis, floral, menyerupai mawar, menyerupai lemon, khas seraiwangi	-
Bobot jenis relatif pada 20 °C, d ₄ ²⁰	0,880 - 0,902	SNI 8581 ISO 279
Indeks bias pada 20 °C	1,4663 - 1,4770	SNI 8582 ISO 280
Putaran optik pada 20 °C	antara -5° dan +1°	SNI 8583 ISO 592
Kelarutan dalam etanol, 80 % (fraksi volume) pada 20 °C	Diperlukan tidak lebih dari 2 bagian volume etanol 80 % (fraksi volume), untuk menghasilkan larutan jernih dengan 1 bagian volume minyak atsiri. Terkadang opalesen dapat muncul pada penambahan etanol berikutnya.	SNI 8585 ISO 875

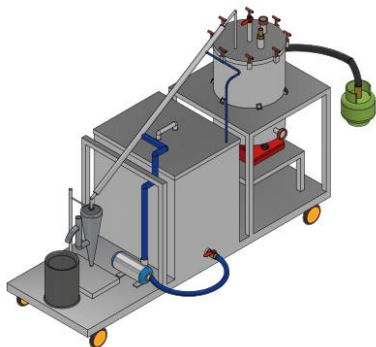
2. Metodologi

2.1. Alat

Penelitian ini memerlukan berbagai kombinasi alat untuk dapat menghasilkan alat distilator minyak atsiri. Rincian detail dan spesifikasi alat yang diperlukan sebagai berikut:

1. Kolom Distilasi

Kolom distilasi digunakan sebagai wadah untuk menampung bahan baku pembuatan minyak atsiri serta pelarut yang berupa air. Di dalam kolom distilasi terdapat saringan yang digunakan untuk memisahkan antara air dan bahan baku pembuat minyak atsiri. Sumber panas untuk memanaskan kolom distilasi menggunakan kompor gas. Kolom distilasi terbuat dari material *food grade* yaitu stainless steel 304. Desain kolom distilasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Desain Kolom Distilasi

2. Kondensor

Kondensor digunakan untuk mendinginkan uap air hasil distilasi sehingga uap air yang berbentuk gas akan berubah menjadi titik-titik air. Kondensor terbuat dari material tembaga yang dapat membuat uap air lebih cepat dingin dibandingkan dengan material stainless steel.

3. Freezer

Freezer digunakan sebagai tempat penyimpanan hasil minyak atsiri yang didapatkan. Minyak atsiri memiliki sifat volatile (mudah menguap) sehingga harus disimpan dalam suhu rendah (4°C)

4. Botol Kaca

Botol kaca digunakan sebagai tempat menyimpan minyak atsiri. Botol kaca yang digunakan berukuran 10 mL dan berwarna

coklat untuk mencegah sinar matahari masuk ke dalam wadah botol.

5. Peralatan penunjang lainnya

Untuk menunjang penelitian ini diperlukan beberapa sarana penunjang diantaranya yaitu:

- Filter air
- Nampan
- Pisau
- Timbangan analitik
- Refraktometer
- Piknometer
- Termometer

2.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Air

Air digunakan sebagai media untuk menguapkan minyak atsiri, air yang digunakan berasal dari air RO. Perbandingan air dan bahan sampel yang digunakan yaitu 1:3 (air 3 dan bahan sampel 1)

2. Daun Kayu Putih

Daun kayu putih digunakan sebagai bahan yang akan diekstrak minyak atsirinya. Daun kayu putih yang digunakan sebanyak 2 kg sekali proses. Bagian yang digunakan untuk didistilasi adalah bagian daunnya saja

3. Daun Jeruk Purut

Bagian yang digunakan sebagai bahan baku adalah daun dan ranting kecil.

4. Daun Serai

Bagian yang digunakan sebagai bahan baku adalah daun serai

2.3. Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan. Metode penelitian merupakan metode yang digunakan untuk meneliti, merancang, memproduksi, dan menguji validitas produk yang telah dihasilkan. Desain penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan untuk membuat produk yang belum ada dan dibutuhkan dalam kegiatan tridharma laboratorium teknologi rekayasa pangan khususnya dalam mata kuliah Mesin dan

Peralatan Pengolahan. Penelitian ini menghasilkan produk distilator minyak atsiri.

1. Pengumpulan Data dan Informasi

Pengumpulan data dan informasi dalam penelitian ini menggunakan teknik wawancara dan studi literatur. Tahapan teknik wawancara dimaksudkan untuk memperoleh informasi mengenai desain dan konstruksi yang diperlukan untuk membuat distilator minyak atsiri yang standar. Wawancara dilakukan kepada dosen politeknik negeri jember yang ahli di bidang distilasi. Tahapan studi literatur dimaksudkan untuk memperoleh informasi mengenai standar SNI dipergunakan untuk mendesain, membuat, dan menguji alat distilator minyak atsiri.

2. Pembuatan Alat

Perancangan dan pembuatan alat dilakukan di laboratorium logam dan kayu. Material yang digunakan merupakan material food grade yaitu stainless steel 304 dan tembaga *high grade*

3. Uji Kinerja Alat

Uji kinerja alat diperlukan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat dapat digunakan sesuai fungsi yang diharapkan. Uji kinerja yang dilakukan yaitu:

- Kapasitas mesin
- Efisiensi mesin
- Uji GCMS minyak atsiri yang dihasilkan
- Uji minyak kayu putih sesuai SNI 3954:2014
- Uji alat penyuling metode kukus sesuai SNI 8028-1:2014

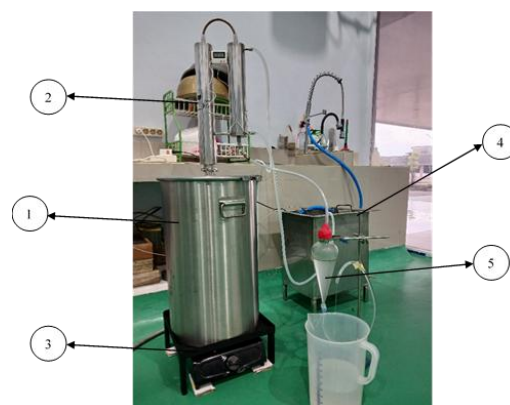
3. Pembahasan

Pelaksanaan penelitian ini dimulai pada tanggal 28 Juni 2024 sampai dengan 26 November 2024. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu berupa mesin penyuling minyak atsiri yang terdiri dari ketel suling kapasitas 60 L, kondensor dengan pipa tembaga dan stainless steel 304, bak air pendingin, kompor dan tatakan ketel, corong pisah 500 mL, minyak atsiri daun serai, minyak atsiri daun kayu putih, minyak atsiri daun jeruk purut beserta hasil uji fisiknya sesuai SNI. Adapun mesin yang dimaksud

beserta keterangan bagian mesin dan fungsinya dapat dijabarkan sebagai berikut:

3.1. Mesin Penyuling Minyak Atsiri

Mesin penyuling minyak atsiri digunakan untuk mengekstrak minyak atsiri dari bahan tanaman menggunakan metode *hydro distillation* yaitu distilasi menggunakan media air. Metode distilasi yang digunakan yaitu metode kukus, sehingga bahan tanaman akan berada di atas dari air di dalam ketel suling. Adapun gambar mesin penyuling beserta keterangannya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

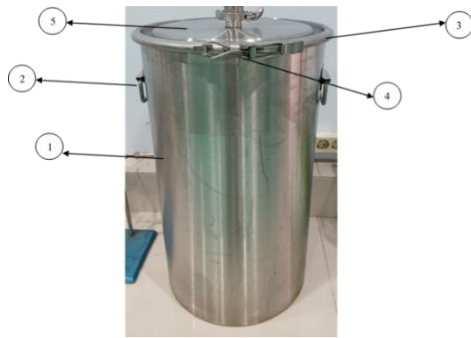


Gambar 5. Mesin *Penyuling Minyak Atsiri*
Keterangan gambar:

1. Ketel suling 60 L
2. Kondensor
3. Kompor
4. Bak air pendingin
5. Corong pisah

3.2. Ketel Suling

Ketel suling digunakan untuk wadah bahan yang akan diekstrak minyak atsirinya sekaligus sebagai wadah untuk air yang digunakan sebagai distilasi. Di dalam ketel suling ini terdapat saringan sebagai penahan bahan sampel dengan ketinggian 22,5 cm dari dasar ketel suling. Saringan ketel suling terbuat dari stainless steel 304 dilengkapi dengan kaki penyangga yang terbuat dari besi hollow stainless steel ukuran 1,07 x 1,07 cm dengan ketebalan 1,25 mm. Ketel suling ini juga dilengkapi dengan penutup ketel suling yang terdapat seal plastik, flange yang terbuat dari stainless steel dengan ketebalan 1,65 mm, dan pengunci flange yang terbuat dari stainless steel dengan ketebalan 2,19 mm.



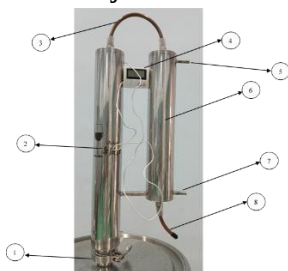
Gambar 6. Ketel Suling

Keterangan Gambar:

1. Ketel suling
2. Tuas *handle*
3. *Flange*
4. Pengunci *Flange*
5. Tutup Ketel

3.3. Kondensor

Kondensor digunakan sebagai sarana pendingin uap hasil pemanasan air dan bahan sampel di ketel suling. Pada saat proses penyulingan, air berubah menjadi uap air. Uap air ini bergerak ke atas ketel, selama bergerak ke atas ketel, uap air ini terhambat oleh bahan sampel yang dikondisikan sepadat mungkin dan tidak ada udara atau celah yang bisa dilewati, sehingga uap air ini pasti akan melewati pori pori dari bahan sampel. Saat melewati pori – pori tersebut lah uap air membawa minyak atsiri dari bahan sampel dan dibawa ke kondensor untuk didinginkan dengan proses kondensasi. Proses kondensasi ini terjadi di alat kondensor, uap air bersama minyak atsiri masuk melalui pipa kondensor 1 yang terbuat dari stainless steel 304, kemudian masuk ke pipa tembaga yang diselimuti oleh pipa kondensor 2. Pipa kondensor 2 sebagai wadah air pendingin dengan suhu rendah dan pipa tembaga sebagai wadah uap air dan minyak atsiri dengan suhu tinggi. Karena suhu tinggi dan suhu rendah bertemu, disinilah terjadi proses kondensasi yang merubah uap air dan minyak atsiri menjadi titik – titik air.



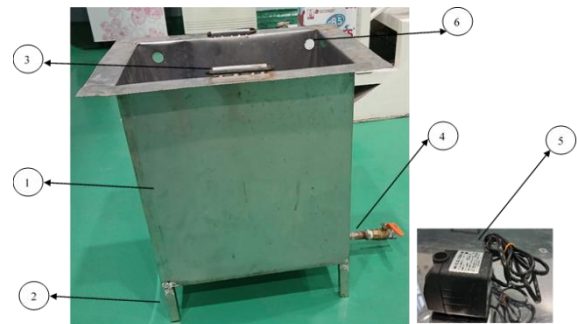
Gambar 7. Kondensor

Keterangan Gambar:

1. Klem pengunci kondensor (dilengkapi dengan seal karet untuk menghindari kebocoran)
2. Pipa kondensor 1
3. Pipa tembaga
4. Thermometer digital
5. Jalur selang air pendingin keluar
6. Pipa kondensor 2
7. Jalur selang air pendingin masuk
8. Jalur air distilat keluar

3.4. Bak Air Pendingin

Bak air pendingin digunakan untuk wadah air pendingin. Air pendingin kondensor ditampung di dalam bak air pendingin, kemudian dialirkan ke kondensor menggunakan pompa *submersible*.



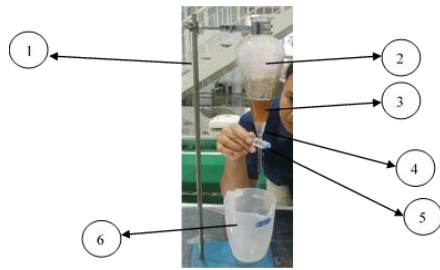
Gambar 8. Bak Air Pendingin

Keterangan:

1. Bak air pendingin
2. Kaki bak
3. Handle bak
4. Pipa drain/penguras
5. Pompa *submersible*
6. Lubang selang

3.5. Corong Pisah

Corong pisah digunakan sebagai alat untuk memisahkan air distilat dan minyak atsiri yang dihasilkan selama proses penyulingan. Titik – titik air hasil kondensasi di pipa kondensor, kemudian dialirkan ke corong pisah. Di corong pisah inilah terjadi pemisahan larutan dengan perbedaan berat jenis yaitu air distilat dan minyak atsiri. Pemisahan dilakukan dengan cara mengeluarkan air distilat hingga batas yang terlihat antara air distilat dan minyak atsiri. Kemudian minyak atsiri diambil dan diukur volume dan beratnya.



Gambar 9. Corong Pisah

Keterangan gambar:

1. Tiang statif
2. Corong pisah
3. Minyak atsiri
4. Air distilat
5. Kran corong pisah
6. Gelas ukur

3.5. Tatakan Ketel Suling

Tatakan ketel suling digunakan untuk penyangga ketel suling supaya dapat diletakkan kompor gas di bagian bawah ketel suling tersebut. Tatakan ini membantu proses pengapian berjalan efektif (tidak terlalu dekat dengan ketel suling dan tidak terlalu jauh dari ketel suling).



Gambar 10. Tatakan Ketel Suling

3.6. Kompor Gas

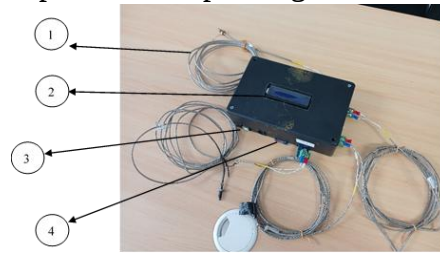
Kompor gas digunakan untuk memanaskan ketel suling dan memasak air di ketel suling hingga menjadi uap air. Kompor yang digunakan yaitu kompor gas 1 tungku dengan dimensi 27 x 35 x 10 cm. Regulator kompor gas yang digunakan merupakan regulator yang dapat menghasilkan gas bertekanan sehingga dapat meningkatkan suhu dan efisiensi pemanasan ketel suling.



Gambar 11. Kompor Gas

3.7. Data Logger Suhu

Data logger suhu digunakan untuk melakukan uji kinerja suhu alat penyuling minyak atsiri. Suhu yang diukur yaitu di bagian api kompor, suhu air pendingin, dan suhu uap air.



Gambar 12. Data Logger Suhu

Keterangan gambar:

1. Termokopel tipe K
2. LCD I2C
3. Port adaptor
4. Micro SD

3.8. Jangka Sorong dan Mikrometer Sekrup

Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter dari ranting sampel yang akan didistilasi, sedangkan micrometer sekrup digunakan untuk mengukur ketebalan dari material mesin ketel suling minyak atsiri.

3.9. Refraktometer

Refraktometer digunakan untuk mengukur indeks bias dari minyak atsiri yang dihasilkan. Setiap minyak atsiri memiliki standar indeks bias yang berbeda sesuai SNI nya masing-masing. Spesifikasi dari alat refraktometer ini sebagai berikut:

Merk/Type : Atago N-3000E

Range ukur : 1,435 – 1,520

3.10. Timbangan analitik, Piknometer, dan Oven

Timbangan analitik digunakan untuk proses pengujian kadar air sampel bahan dan bobot jenis minyak atsiri, piknometer digunakan untuk pengukuran bobot jenis minyak atsiri, dan oven digunakan untuk pengukuran kadar air dan bobot jenis minyak atsiri.

3.11. Gelas Ukur

Gelas ukur 5L digunakan untuk proses pengukuran air distilat, gelas ukur 50 mL digunakan untuk mengukur minyak atsiri.

3.12. Pengujian Kinerja Mesin Penyulingan Minyak Atsiri

Pengujian kinerja mesin penyuling minyak atsiri mengacu pada SNI 8028-1:2014 mengenai syarat mutu dan metode uji alat penyuling

minyak atsiri sistem kukus. Pengujian alat penyuling ini dilakukan dengan 3 jenis bahan sampel dalam waktu pengujian yang berbeda yaitu daun dan ranting kayu putih, daun serai wangi, daun dan ranting jeruk purut.

3.12.1. Bahan dan Dimensi alat penyuling

Bahan dan dimensi dari alat penyuling minyak atsiri dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Bahan dan Dimensi alat penyuling

Bagian	Komponen	Satuan	Bahan	Dimensi
Ketel suling	Dinding ketel	Mm	Pelat Baja Tahan	1,38
	Saringan	Mm	Karat SUS 304	0,83
	Penyangga saringan	Mm		1,25
	Flange atas	Mm		1,65
	Pengunci flange	Mm		2,19
Bagian pendingin / kondensor	Pipa pendingin	Mm	Pelat Baja Tahan Karat SUS 304	1,50
	Pipa uap suling	Mm	Tembaga	1,90
Bak air pendingin	Dinding bak	Mm	Pelat Baja Tahan Karat SUS 304	1,88
	Pipa drain	Mm	Pipa air Stainless steel	1,50
Pemisah air dan minyak	Tiang statif	Mm	Pelat Baja Tahan Karat SUS 304	10,00
	Corong pisah	Mm	Kaca Pyrex	1,70
Selang air pendingin		Mm	Silicon tahan panas	1,95

3.12.2. Unjuk Kerja Alat Penyuling

Pengujian unjuk kerja alat penyuling minyak atsiri dilakukan dengan 3 bahan baku, yaitu daun dan ranting kayu putih, daun dan ranting jeruk purut, serta daun serai. Hasil unjuk kerja untuk ketiga bahan baku tersebut dapat dilihat pada table di bawah ini.

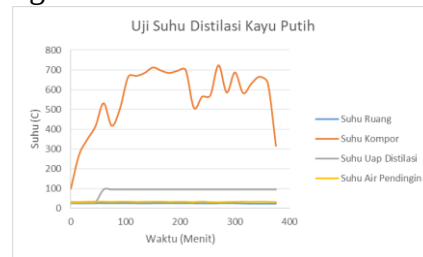
Tabel 5. Hasil Unjuk Kerja Alat Penyuling

Parameter	Kayu Putih	Serai	Jeruk Purut
Laju Penyulingan (kg/jam)	0,00249	0,00272	0,00828
Rendemen (%)	0,37	0,208	0,575
Kadar Air Sampel (%)	71,7	69,8	58,2
Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Jam)	0,272	0,296	0,32
Konsumsi air pendingin (L)	937,5	1012,5	937,5
Effisiensi Energi (%)	47,23	51,85	47,28
Berat Sampel (kg)	3,7	7,7	7,2
Berat Minyak Atsiri (kg)	0,01369	0,01602	0,04141
Volume Minyak Atsiri (mL)	16	19	50

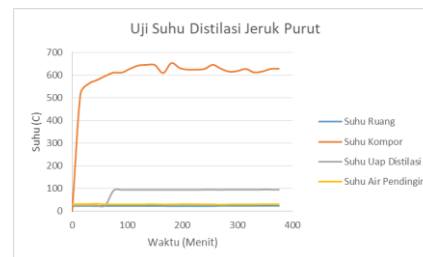
Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa rendemen yang paling tinggi adalah minyak atsiri daun jeruk purut dan efisiensi konsumsi bahan bakar yang paling tinggi adalah minyak atsiri daun serai.

3.12.3. Uji Suhu Proses Distilasi

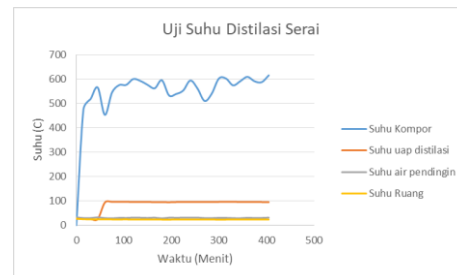
Selama proses distilasi, dilakukan pengukuran suhu pada 4 titik yaitu suhu ruang, suhu kompor, suhu uap air distilasi, dan suhu air pendingin. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini.



Gambar 13. Uji Suhu Distilasi Kayu Putih



Gambar 14. Uji Suhu Distilasi Jeruk Purut



Gambar 15. Uji Suhu Distilasi Serai

Berdasarkan grafik di atas dapat diambil kesimpulan bahwa rata-rata suhu kompor yang digunakan yaitu 500 – 600 °C dan suhu uap distilasi adalah 95 - 97 °C

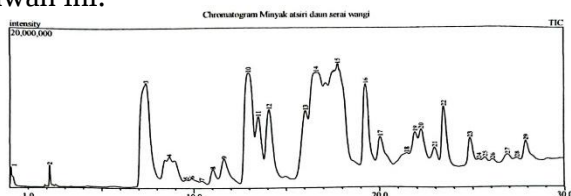
3.12.4. Uji Kualitas Minyak Atsiri Daun Serai Wangi

Pengujian kualitas minyak atsiri daun serai wangi dilaksanakan di laboratorium rekayasa pangan pada hari Selasa, 16 Juli 2024. Bahan sampel daun serai wangi diambil dari tanaman serai wangi di Desa Kemuning Jember. Hasil pengujian kualitas minyak atsiri daun serai wangi dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 5. Uji Kualitas Minyak Atsiri Daun Serai Wangi (SNI 3953:2019)

No	Jenis Uji	Persyaratan	Hasil Pengujian
1	Warna	Kuning Pucat sampai coklat muda kekuningan	Kuning jernih kehijauan
2	Bau	Agak manis, floral, menyerupai mawar, menyerupai lemon, khas seraiwangi	Dominan lemon, sedikit mint, bau segar
3	Bobot jenis 20°C	0,880 – 0,902	0,8712
4	Indeks Bias (nD ²⁰)	1,4663 – 1,4770	1,475

Pengujian GCMS juga dilakukan untuk mengetahui kandungan yang ada pada minyak atsiri daun serai wangi yang dihasilkan. Hasil uji GCMS dapat dilihat pada grafik dan table di bawah ini.



Gambar 16. Grafik Chromatogram Minyak Atsiri Daun Serai Wangi

Tabel 6. Data kandungan minyak atsiri daun serai wangi

Peak#	R.Time	Area%	Name
1	0.061	0.35	BICYCLO[2.2.1]HEPTANE-1-CARBOXY
2	2.153	0.31	2-Propanone (CAS)
3	7.397	11.31	.beta.-Myrcene
4	8.668	1.55	1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (E)- (CAS)
5	9.578	0.28	.gamma.-Terpinene
6	9.885	0.48	2,6-DIMETHYL HEPT-5-EN-1-AL
7	10.437	0.19	.ALPHA.-TERPINOLENE
8	11.043	0.85	2-EXO-5-ENDO-PROTOADAMANTANE
9	11.650	2.16	L-LINALOOL
10	12.937	10.02	CITRONELLA
11	13.512	4.09	(S)-cis-Verbenol
12	14.081	5.49	Carane, 4,5-epoxy-, (E)-
13	16.010	4.44	.beta.-Citronellol
14	16.582	13.51	Z-Citral
15	17.747	18.54	Citral
16	19.249	6.19	Geranyl acetate
17	20.047	3.20	trans-Caryophyllene
18	21.464	1.94	CIS-.ALPHA.-BISABOLENE
19	21.914	2.43	Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)- (C/
20	22.240	2.69	Butanoic acid, 3,7-dimethyl-6-octenyl ester (
21	22.956	1.42	NAPHTHALENE, 1,2,3,4,4A,5,6,8A-OCTA
22	23.462	3.50	Butanoic acid, 3,7-dimethyl-2,6-octadienyl e
23	24.875	1.59	Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(1-propenyl)- (C/
24	25.333	0.27	endo-1-bourbonanol
25	25.672	0.43	(-)-Caryophyllene oxide
26	26.082	0.30	Veridiflorol
27	26.906	0.71	Globulol
28	27.432	0.28	.delta.-Cadinol
29	27.921	1.47	geranyl hexanoate
		100.00	

Berdasarkan data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa minyak atsiri daun serai wangi yang dihasilkan belum sepenuhnya memenuhi standar SNI yaitu nilai bobot jenis masih dibawah nilai SNI walaupun tidak terlalu signifikan selisihnya. Sedangkan dari uji GCMS

dapat dilihat bahwa kandungan zat tertinggi yaitu citral sebesar 18,54 %.

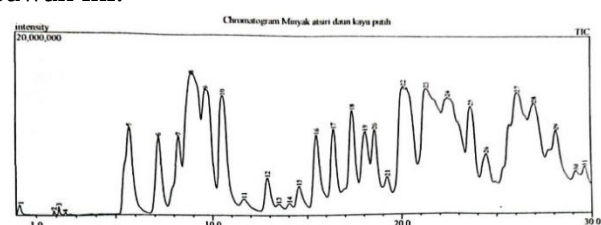
3.12.5. Uji Kualitas Minyak Atsiri Daun Kayu Putih.

Pengujian kualitas minyak atsiri daun kayu putih dilaksanakan di laboratorium rekayasa pangan pada hari Selasa, 16 Juli 2024. Bahan sampel daun kayu putih diambil dari tanaman kayu putih di Desa Pujon Jember. Hasil pengujian kualitas minyak atsiri daun kayu putih dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 7. Uji Kualitas Minyak Atsiri Daun Kayu Putih (SNI 06-3954-2006)

No	Jenis Uji	Persyaratan	Hasil Pengujian
1	Warna	Jernih sampai kuning kehijauan	Hijau jernih
2	Bau	Khas kayu putih	Hangat khas kayu putih, sedikit manis
3	Bobot jenis 20°C	0,900 – 0,930	0,913
4	Indeks Bias (nD ²⁰)	1,45 – 1,47	1,489

Pengujian GCMS juga dilakukan untuk mengetahui kandungan yang ada pada minyak atsiri daun kayu putih yang dihasilkan. Hasil uji GCMS dapat dilihat pada grafik dan tabel di bawah ini.



Gambar 17. Grafik Chromatogram Minyak Atsiri Daun Kayu Putih

Tabel 8. Data kandungan minyak atsiri daun kayu putih

Peak#	R.Time	Area%	Name
1	0.176	0.13	7-Heptadecene, 1-chloro- (CAS)
2	1.882	0.03	n-Hexylmethylamine
3	2.126	0.07	2-Propanone (CAS)
4	2.450	0.03	2-Butanone (CAS)
5	5.673	3.73	.ALPHA.-PINENE, (-)-
6	7.186	2.45	2-.BETA.-PINENE
7	8.229	2.75	.ALPHA.-TERPINENE
8	8.875	9.94	1,8-Cineole
9	9.625	5.93	.gamma.-Terpinene
10	10.500	5.15	.ALPHA.-TERPINOLENE
11	11.645	0.53	1,6-OCTADIEN-3-OL-, 3,7-DIMETHYL-
12	12.876	0.98	CITRONELLA
13	13.480	0.14	CIS-LIMONENE OXIDE
14	14.047	0.13	Carane, 4,5-epoxy-, (E)-
15	14.547	0.71	3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methyleth
16	15.456	2.58	3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha., .alpha., 4-
17	16.365	2.41	Z-Citral
18	17.339	3.51	Citral
19	18.031	2.76	.alpha.-Vlangene
20	18.532	2.56	.ALPHA.-TERPINENYL ACETATE
21	19.212	0.76	Geranyl acetate
22	20.054	8.62	trans-Caryophyllene
23	21.283	9.82	1,4,8-CYCLOUNDECATRIENE, 2,6,6,9-T
24	22.416	9.07	.BETA.-ELEMENE
25	23.632	3.82	Selina-3,7(11)-diene (CAS)
26	24.449	1.77	.alpha.-Calacorene
27	26.132	9.20	Veridiflorol
28	27.023	5.16	3a(1H)-Azulene, 2,3,4,5,8,8a-hexahydro-6,
29	28.170	4.07	Juniper camphor
30	29.202	0.69	Juniper camphor
31	29.680	0.70	4,7,7-Trimethyl-3-oxo-2-oxabicyclo[2.2.1]he
		100.00	



Berdasarkan data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa minyak atsiri daun kayu putih yang dihasilkan belum sepenuhnya memenuhi standar SNI yaitu nilai indeks bias masih diatas nilai SNI walaupun tidak terlalu signifikan selisihnya. Sedangkan dari uji GCMS dapat dilihat bahwa kandungan zat tertinggi yaitu sineol sebesar 9,94 %.

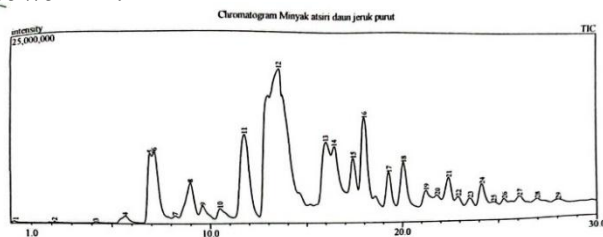
3.12.6. Uji Kualitas Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut

Pengujian kualitas minyak atsiri daun jeruk purut dilaksanakan di laboratorium rekayasa pangan pada hari Selasa, 16 Juli 2024. Bahan sampel daun jeruk purut diambil dari tanaman jeruk purut di Desa Bangsalsari Jember. Hasil pengujian kualitas minyak atsiri daun jeruk purut dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 9. Uji Kualitas Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut (Ultra International, B.V. 2016)

No	Jenis Uji	Persyaratan	Hasil Pengujian
1	Warna	Jernih hingga kuning terang	Kuning pucat kecoklatan
2	Bau	Khas jeruk purut	Khas jeruk purut
3	Bobot jenis 20°C	0,850 – 0,870	0,8528
4	Indeks Bias (nD ²⁰)	1,440 – 1,460	1,448

Pengujian GCMS juga dilakukan untuk mengetahui kandungan yang ada pada minyak atsiri daun jeruk purut yang dihasilkan. Hasil uji GCMS dapat dilihat pada grafik dan table di bawah ini.



Gambar 18. Grafik Chromatogram Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut

Dokumentasi hasil minyak atsiri selama penelitian dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 19. Minyak Atsiri Hasil Penelitian
Tabel 10. Data kandungan minyak atsiri daun jeruk purut

Peak#	R.Time	Area%	Name
1	0.164	0.03	7-Heptadecene, 1-chloro- (CAS)
2	2.135	0.02	2-Propanone (CAS)
3	4.199	0.03	CYCLOPENTANE, 1-METHYL-3-(1-MET
4	5.673	0.56	.ALPHA.-PINENE, (-)-
5	6.958	3.04	Sabinene
6	7.177	5.15	trans-Geraniol
7	8.211	0.07	.ALPHA. TERPINENE
8	8.999	3.66	trans-Sabinene hydrate
9	9.614	1.22	.gamma.-Terpinene
10	10.496	1.10	(+)-2-CARENE
11	11.755	8.43	Linalool
12	13.514	35.11	CITRONELLA
13	15.935	5.84	.beta.-Citronellol
14	16.377	2.61	Z-Citral
15	17.376	4.40	Citral
16	17.928	8.53	Citronellyl acetate
17	19.230	2.75	Geranyl acetate
18	19.994	4.36	trans-Caryophyllene
19	21.202	2.00	.alpha.-Humulene (CAS)
20	21.787	1.12	.alpha.-Gurjunene (CAS)
21	22.368	2.63	.gamma.-Gurjunene
22	22.894	0.93	.delta.-Cadinene (CAS)
23	23.514	0.83	Farnesol
24	24.106	1.85	1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, (1
25	24.739	0.47	Hedycaryl
26	25.279	0.86	trans-Farnesol
27	26.076	1.05	Veridiflorol
28	26.988	0.86	Cubenol
29	28.052	0.48	Elemol
		100.00	

Berdasarkan data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa minyak atsiri daun jeruk purut yang dihasilkan telah memenuhi standar. Sedangkan dari uji GCMS dapat dilihat bahwa kandungan zat tertinggi yaitu Citronella sebesar 35,11 %.

3.13. Keunggulan dan Kelemahan Mesin Distilasi

Berdasarkan hasil pengujian kinerja alat dan pengujian kualitas produk minyak atsiri yang dihasilkan, dapat disimpulkan mesin ini bisa berfungsi dengan baik. Mesin ini memiliki keunggulan dibanding mesin distilasi lainnya yaitu kapasitas yang tidak terlalu besar yaitu antara 1 – 10 kg bahan dengan volume total tabung distilasi adalah 60 Liter. Mesin ini menggunakan tenaga kompor gas sebagai sumber panas utama sehingga ekonomis walaupun efisiensinya masih di bawah 50%. Mesin ini menggunakan pipa kapiler pendingin yang terbuat dari tembaga, dimana tembaga merupakan jenis konduktor terbaik sehingga proses kondensasi bisa berjalan optimal. Ada

beberapa kelemahan yang masih ada di alat ini yaitu belum adanya *safety valve* sehingga untuk faktor keamanan apabila tekanan berlebih masih kurang. Selain itu, mesin ini tidak memiliki indikator ketinggian air, sehingga pengguna tidak bisa melihat seberapa air yang masih tersisa di kolom distilasi yang dapat berpotensi kehabisan air dan terjadi panas yang berlebih yang mengakibatkan bahan menjadi gosong.

4. Kesimpulan dan saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa alat distilator minyak atsiri telah berhasil di buat. Uji coba terhadap pembuatan minyak atsiri daun kayu putih, minyak atsiri daun serai, dan minyak atsiri daun jeruk purut telah berhasil. Rendemen yang dihasilkan untuk pembuatan minyak atsiri daun serai wangi adalah 0,208%, rendemen minyak atsiri daun kayu putih sebesar 0,37%, dan rendemen minyak atsiri daun jeruk purut sebesar 0,575%. Sedangkan hasil uji untuk bobot jenis minyak atsiri daun serai wangi sebesar 0,8712, minyak atsiri daun kayu putih sebesar 0,9130, dan minyak atsiri daun jeruk purut sebesar 0,8528. Hasil uji untuk indeks bias minyak atsiri daun serai wangi sebesar 1,475, indeks bias minyak atsiri daun kayu putih sebesar 1,489, dan indeks bias minyak atsiri daun jeruk purut sebesar 1,448. Sedangkankan efisiensi alat penyuling minyak atsiri saat menyuling serai wangi sebesar 51,85%, saat menyuling kayu putih sebesar 47,23%, dan saat menyuling jeruk purut sebesar 47,28%. Secara garis besar kualitas minyak atsiri yang dihasilkan hampir seluruh parameter sesuai dengan standar. Sedangkan kandungan tertinggi pada minyak atsiri daun serai adalah citrl sebesar 18,45 %, kandungan terbesar pada minyak atsiri daun kayu putih adalah sineol sebesar 9,94%, dan kandungan terbesar pada minyak atsiri daun jeruk purut adalah citronella sebesar 35,11%.

4.2. Saran

Saran terhadap kegiatan penelitian selanjutnya yaitu mengembangkan pengujian terhadap aneka tanaman lain untuk di ekstrak

minyak atsiri nya seperti bunga mawar, jahe, cengkeh, pala, dan lain-lain.

5. Ucapan Terima Kasih

Kami sampaikan ucapan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Jember, Ketua Jurusan Teknologi Pertanian, Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M), Kepala Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan, Kepala Laboratorium Logam dan kayu, Kepala UPA Biosain, Staf bagian keuangan Politeknik Negeri Jember, Tim Penguji, Civitas akademika Politeknik Negeri Jember serta semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik (BPS). (2024). Kabupaten Jember dalam Angka 2024. Katalog 1102001.3509. BPS Jember, Jember.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). Sni 8028-1:2014. *Sni 8028-1:2014*, 1–62.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI Minyak atsiri seraiwangi , tipe Jawa*.
- Gunawan, W. (2009). Kualitas Dan Nilai Minyak Atsiri , Implikasi. *Kualitas Dan Nilai Minyak Atsiri, Implikasi Pada Pengembangan Turunannya*, 21(38), 1–11.
- Herviona Ikhwanudin, A., Oktanuriawan, J., Rekayasa Pangan, T., Pertanian, T., & Negeri Jember, P. (2024). Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Data Logger Suhu Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Sebagai Sarana Praktikum Di Laboratorium Rekayasa Pangan. *Journal of Food Industrial Technology*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.25047/jofit.v1i1.4613>
- Ikhwanudin, A. H. (2024). *Modifikasi sistem pendingin dan filtrasi mesin distilator sederhana untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas akuades di laboratorium rekayasa pangan*. 1(1), 9–18.
- Ikhwanudin, A. H., Narendro, M. P., & Widadi, N. (2020). Rancang Bangun Alat Destilasi Sederhana Untuk Memenuhi Kebutuhan Akuades Di Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan. *Pengabdian Masyarakat: Poljie Proceedings Series*, 4(1), 284–290. <https://proceedings.polije.ac.id/index.php/p>



pm/article/view/79

- Ikhwanudin, A. H., Narendro, M. P., & Widadi, N. (2022). Optimalisasi Kondensor dan Otomasi Kontrol Mesin Distilator Sederhana Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan. *Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.25047/plp.v1i1.2984>
- Ikhwanudin, A. H., Narendro, M. P., & Widadi, N. (2023). Rancang Bangun Model Kit Mikrokontroler Berbasis Arduino UNO untuk Praktikum Otomasi dan Pengendalian Automatik di Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan. *Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium*, 2(1), 1–11. <https://doi.org/10.25047/plp.v2i1.3630>
- SNI. (2006). Minyak kayu putih. *Badan Standar Nasional ICS 71.100.60*, 1–12. <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DetailSNI/7179>

