DESTILASI MINYAK ATSIRI DARI SEREH DAPUR (*Cymbopogon ciratus*) DENGAN DESTILATOR *Shell Tube*

SKRIPSI

P. HAMSIA BINTI P. PABI

1522060021

PROGRAM STUDI AGROINDUSTRI D-IV

JURUSAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN

POLITEKNIK PERTANIAN NEGERI PANGKAJENE KEPULAUAN

2019

HALAMAN PENGESAHAN

DESTILASI MINYAK ATSIRI DARI SEREH DAPUR
(*Cymbopogon ciratus*) DENGAN DESTILATOR *Shell Tube*

SKRIPSI

Oleh:

P. HAMSIA BINTI P. PABI
15 22 06 00 21

Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi Pada Program Studi Agroindustri Di Politeknik Pertanian Negeri Pangkep

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Andi Ridwan Makkulawu, S.T, M.Si	**Dr. Ir. Zaimar, M. T**
NIP. 19750626 200112 1 001	**NIP. 19650610 199903 1 001**

Diketahui oleh:

Direktur	Ketua Jurusan
Dr. Ir. Darmawan, M.P	**Dr. Andi Ridwan Makkulawu, S.T, M.Si**
NIP. 19670202 199803 1 002	**NIP. 19750626 200112 1 001**

Tanggal Lulus:

HALAMAN PERSETUJUAN PENGUJI

Judul	:Destilasi Minyak Atsiri Dari Sereh Dapur (*Cymbopogon Ciratus*) Dengan Destilator *Shell Tube*
Nama Mahasiswa	: P. Hamsia Binti P. Pabi
NIM	: 15 20 06 00 21
Program Studi	: Agroindusri D-IV
Jurusan	: Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan

Menyetujui,

Tim Penguji:

1. Dr. Andi Ridwan Makkulawu, S.T, M. Si (.....)
2. Dr. Ir. Zaimar, M. T (.....)
3. Ir. Imran Muhtar, M. Si (.....)
4. A. Ita Juwita, S.Si, M. Si (.....)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama mahasiswa	: P. Hamsia Binti P. Pabi
NIM	: 15 20 06 00 21
Program Studi	: Agroindustri D-IV
Perguruan Tinggi	: Politeknik Pertanian Negeri Pangkep

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tugas akhir yang saya tulis dengan judul "Destilasi Minyak Atsiri Dari Sereh Dapur (*Cymbopogon Ciratus*) Dengan Destilator *Shell Tube*", adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tugas akhir ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Pangkep, Juli 2019

Yang menyatakan

P. Hamsia Binti P. Pabi

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah : (1). Menentukan waktu yang diperlukan untuk menghasilkan suhu 100^{o}C dengan berbagai jenis tube pada destilator; (2). Menentukan volume destilat yang dihasilkan selama proses penyulingan; (3). Mengevaluasi rendemen yang dihasilkan setiap tube, menentukan jumlah bahan bakar yang digunakan selama proses penyulingan, menentukan efesiensi energi yang keluar dari dinding dan tutup ketel suling. Metode yang digunakan yaitu dengan metode uap dan air dengan menggunakan destilator tanpa tube, tube I, tube II, dan tube III. Parameter yang diuji yaitu laju destilat yang dihasilkan, rendemen yang dihasilkan, konsumsi bahan bakar, waktu yang diperlukan untuk pencapaian suhu 100^{o}C, efesiensi kehilangan energi. Waktu yang paling cepat untuk pencapaian suhu 100^{o}C yaitu pada tube II selama 1 jam 15 menit dan waktu yang paling lama pada tanpa tube selama 2 jam 33 menit, Laju destilat yang dihasilkan tertinggi pada tube II dengan nilai 12,18 l dan terendah pada tube I dengan nilai 7,93 l. Pada rendemen yang dihasilkan tertinggi yaitu pada tube I dengan nilai 0,71% dan terendah pada tanpa tube dengan nilai 0,36%, Energi yang digunakan yang paling banyak pada tube I dan tube II sebanyak 1.580.037,5 KJ dan yang paling sedikit yaitu pada tube II dan tube III yaitu sebanyak 1.053.358,3 KJ, efesiensi energy yang keluar dari ketel suling yang paling tinggi yaitu Tanpa tube dengan jumlah 2,06 KJ dan yang paling rendah yaitu tube III dengan jumlah 2,01 KJ. Dari jenis tube yang digunakan dan yang didapatkan yang paling bagus adalah tube II dapat dilihat dari laju destilat, pencapaian suhu dan penggunaan bahan bakar.

Kata Kunci : Sereh dapur, Penyulingan, Minyak Atsiri, Rendemen Minyak Atsiri.

ABSTRACT

The objectives of this study are: (1). Determine the time needed to produce a temperature of 100^{o}C on a shell tube destilator device; (2). Determine the volume of distillate produced during the distillation process; (3). Evaluate the yield produced by each tube; (4). Determine the amount of fuel used during the distillation process; (5). Determine the efficiency of the energy coming out of the wall and the lid of the distilled kettle. The method used is by the method of Steam and Water using a distilator without a tube, Tube I, Tube II, and Tube III. The parameters tested were the distillate rate produced, yield produced, fuel consumption, time needed to reach 100oC, efficiency of energy loss. The fastest time to reach 100^{o}C is on Tube II for 1 hour 15 minutes and the longest time on No tube for 2 hours 33 minutes, the highest distillation rate on Tube II with a value of 12,18 l and the lowest on Tube I with a value of 7,93 l, the highest yield produced is on Tube I with a value of 0.71% and the lowest in No tube with a value of 0.36%, the energy used most on Tube I and Tube II is 1.580.037.5 KJ and the least i.e. on Tube II and Tube III which is as much as 1.053.358.3 KJ, the energy efficiency that comes out of the highest distilled kettle is without tube with the amount of 2.06 KJ and the lowest is Tube III with the amount of 2.01 KJ. The best type of Tube used and obtained is Tube II can be seen from the rate of distillate, the achievement of temperature and fuel use is caused by several indicators, namely the level of dryness of raw materials, and still conventional oil distillation.

Keywords: Kitchen lemongrass, Distillation, Essential Oils, Essential Oils.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan hidaya-Nya lah kita masih diberi kesehatan dan kesempatan, sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul "Destilasi Minyak Atsiri dari Sereh Dapur (*cymbopogon ciratus*) dengan Destilator *Shell Tube*". Serta penulis mengucapkan terimah kasih kepada segenap keluarga tercinta terutama dengan kedua orang tua saya, Ayah handa P. Pabi serta Ibunda Yansi yang telah memberikan bantuan moril maupun material serta doa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Secara khusus penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Andi Ridwan M, S. T M.Si, sebagai pembimbing I Laporan Tugas Akhir
2. Bapak Dr. Ir. Zaimar, M.T, sebagai pembimbing II Laporan Tugas Akhir
3. Ibu Zulfitriany Dwiyanti Mustaka, SP, MP, Selaku Ketua Program Studi Agroindustri.
4. Bapak Dr. Andi Ridwan M., S. T M.SI, Selaku Ketua Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan.
5. Bapak Dr. Ir. Darmawan, MP., selaku Direktur Politeknik Pertanian Negeri Pangkep.
6. Dosen beserta Teknisi Program Studi Agroindustri Politeknik Pertanian Negeri Pangkep.
7. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Program Studi Agroindustri.

Tanpa adanya bantuan dari orang-orang tersebut saya tidak dapat menyelesaiakan laporan tugas akhir dengan baik.

Pangkep, Juli 2019

P. HAMSIA BINTI P. PABI

DAFTAR ISI

Hal

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PERSETUJUAN PENGUJI iii

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN iv

ABSTRAK v

ABSTRACT vi

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL x

DAFTAR GAMBAR xi

I. PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan masalah 2

1.3 Tujuan 2

II. TINJAUAN PUSTAKA 3

2.1 Sereh dapur 3

2.2 Minyak Atsiri 5

2.3 Minyak Atsiri sereh dapur 6

2.4 Proses Penyulingan minyak atsiri 6

2.4.1 Teori penyulingan 6

2.4.2 Peralatan penyulingan 9

2.5 Kehilangan Energi pada Proses Penyulingan 16

2.5.1 Konduksi 16

2.5.2 Konveksi 17

2.5.3 Radiasi 17

III. METODOLOGI 18
3.1 Waktu dan Tempat 18
3.2 Alat dan Bahan 18
3.2.1 Alat 18

3.2.2 Bahan 18

3.3 Metode Penyulingan 18
3.4 Perhitungan Rendemen 19
3.5 Parameter yang Diuji 20
3.6 Analisis Efesiensi Energi Peralatan Penyulingan 21
3.7 Diagram Alir Proses Penyulingan Minyak Atsiri 24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 25
1.1 Pencapaian suhu 100^{o}C 25
1.2 Laju Distilat 26
1.3 Rendemen Hasil Penyulingan Minyak Atsiri 28
1.4 Efesiensi penggunaan bahan bakar 29
1.5 Konsumsi Bahan Bakar 30
1.6 Kehilangan energi 31

V. PENUTUP 33
5.1 Kesimpulan 33
5.2 Saran 33

DAFTAR PUSTAKA 34

LAMPIRAN 35

RIWAYAT HIDUP 41

DAFTAR TABEL

Hal

Tabel 1 Kandungan utama sereh dapur 4

Tabel 2 Pencapaian suhu 100^{o}C 25

Tabel 3 Laju Distilat 26

Tabel 4 Rendemen penyulingan 28

Tabel 5 biaya penggunaan bahan bakar 29

Tabel 6 Konsumsi bahan bakar 30

Tabel 7 Kehilangan energy pada dinding dan tutup destilator 31

DAFTAR GAMBAR

Hal

Gambar 1 Sereh dapur 4
Gambar 2 Prototipe Ketel Suling 10
Gambar 3 Dandang Biasa 12
Gambar 4 Dandang Modifikasi 12
Gambar 5 Kondensor 13
Gambar 6 Alat Proses Penyulingan Minyak Atsiri 16
Gambar 7 Diagram Alir Proses Penyulingan Minyak Atsiri Sereh Dapur 24
Gambar 8 Pencapaian suhu 25
Gambar 9 Laju destilat 27
Gambar 10 Rendemen 28
Gambar 11 Efesiensi penggunaan biaya bahan bakar 29
Gambar 12 Konsumsi bahan bakar 30
Gambar 13 Kehilangan energi pada dinding dan tutup destilator 32

I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia merupakan penghasil minyak atsiri terbesar di dunia dimana memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi dimana diantaranya merupakan minyak atsiri dari serai dapur yang banyak dijumpai. Serai terbagi atas dua jenis yaitu serai dapur dan serai wangi.

Serai dapur (*Cymbopogon citratus*) merupakan tumbuhan yang masuk ke dalam family rumput-rumputan atau Poaceae dikenal juga dengan nama serai dapur. Tanaman ini dikenal dengan istilah Lemongrass karena memiliki aroma yang kuat seperti lemon, sering ditemukan tumbuh alami di negara-negara tropis. Tanaman serai mampu tumbuh sampai 1-1,5m. Panjang daunnya mencapai 70-80cm dan lebarnya 2-5cm, berwarna hijau muda, kasar dan mempunyai aroma yang kuat (Wijayakusumah, 2005).

Minyak atsiri yang dihasilkan dengan menggunakan bahan baku dari serai dapur yang telah melewati proses penyulingan yang dihasilkan dari daun, bunga, buah, biji, kulit biji, batang, akar atau rimpang yang memiliki ciri yaitu mudah menguap dan beraroma khas.

Sereh dapur merupakan tumbuhan yang dikenal dikalangan masyarakat sebagai bumbu dapur yang memiliki harga pasaran yang relatif murah maka dari itu untuk meningkatkan nilai ekonomi dari tanaman sereh tersebut dilakukan modifikasi dengan cara penyulingan untuk mendapatkan minyak atsiri yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan juga seperti kita ketahui sereh dapur banyak dijumpai dimana-mana khususnya daerah Sulawesi selatan.

Tanaman sereh dapur (*cyimbopogon ciratus*) yaitu tanaman yang menghasilkan minyak atsiri dengan kadar sitronellal 30 - 45% dan geraniol 65-90%. Pada tanaman sereh dapur sendiri terbagi atas beberapa bagian yang menghasilkan minyak atrisi yaitu pada daun, batang dan akar tanaman sereh dapur. Selain senyawa sitral ada juga senyawa lainnya yaitu sitronelal, dan

geraniol (Wijesekara, 1973). Gabungan ketiga komponen utama minyak sereh dikenal sebagai total senyawa yang dapat diasetilasi. Ketiga komponen ini menentukan intensitas bau harum, nilai dan harga minyak sereh.

Melihat kurangnya pemanfaatan daun sereh maka dari itu dilakukan modifikasi untuk melakukan penyulingan dengan menggunakan alat destilator *shell tube* dimana dilakukan dengan tiga perlakuan yaitu menggunakan tanpa tube yaitu tanpa memiliki pipa dimana hanya terdapat lubang-lubang pada dandang, tube 1 yaitu menggunakan satu pipa yang melekat ditengah dandang, tube 2 yaitu menggunakan dua pipa yang melekat pada dandang dimana posisinya berada di samping kiri dan kanan, dan tube 3 yaitu menggunakan tiga pipa yang melekat pada dandang dimana posisinya berada di samping kiri dan kanan dan juga pada tengah dandang penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perlakuan mana yang bagus untuk dikembangkan.

1.2 Rumusan masalah

Bagaimana pengaruh penyulingan dengan menggunakan tube 1, tube 2, tube 3, dan tanpa tube dalam melakukan penyulingan minyak atsiri sereh dapur untuk memberikan biaya terendah dan efesiensi energy tertinggi.

1.3 Tujuan penelitian

1. Menentukan waktu yang diperlukan untuk menghasilkan suhu $100^{o}C$ dengan berbagai jenis tube pada destilator.
2. Menentukan kapasitas destilat yang dihasilkan selama proses penyulingan.
3. Mengevaluasi rendemen yang dihasilkan setiap tube, jumlah bahan bakar dan efesiensi energi yang di keluarkan dari destilator.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sereh dapur

Sereh dapur (*Cymbopogon citratus*) termasuk dalam 5 tanaman utama diantara bermacam-macam tanaman di daerah tropis selain kunyit, temulawak, kencur, akar wangi, lengkuas dan lain-lain. Sereh dapur merupakan salah satu komoditi yang mempunyai potensi untuk dikembangkan penggunaannya, baik sebagai bahan makanan maupun sebagai bahan baku industri. Sebagai bahan makanan, sereh dapur banyak digunakan sebagai bumbu dalam beberapa makanan olahan. Sedangkan sebagai bahan baku industri sereh dapur dapat diolah menjadi minyak sereh dapur maupun menjadi sitral. Pengembangan sereh dapur disamping memberikan komoditi alternatif kepada petani, juga merupakan diversifikasi ekspor yang berarti akan menjadi salah satu sumber devisa di sektor nonmigas.

Tanaman serai genus Cymbopogon meliputi hampir 80 spesies, tetapi hanya beberapa jenis yang menghasilkan minyak atsiri yang mempunyai arti ekonomi dalam perdagangan. Tanaman serai yang diusahakan di Indonesia terdiri dari dua jenis yaitu *Cympogon citratus* dan *Cympogon nardus* L. Sereh wangi terdiri dari 2 jenis yaitu lenabatu dan mahapengiri jenis mahapengiri mempunyai ciri-ciri daunnya lebih lebar dan pendek, disamping itu menghasilkan minyak dengan kadar sitronellal 30-45% dan geraniol 65-90%. Sedangkan jenis lenabatu menghasilkan minyak dengan kadar sitronellal 7-15% dan geraniol 55-65% (Wijoyo, 2009).

Serai umumnya tumbuh sebagai tanaman liar di tepi jalan atau kebun, tetapi dapat ditanam dalam berbagai kondisi di daerah tropis yang lembab, cukup sinar matahari, dan bercurah hujan relatif tinggi. Guna memberi nilai tambah pada daun sereh dapur maka dari itu dilakukan modifikasi dengan melakukan penyulingan untuk mengubah sereh dapur menjadi minyak atsiri dimana kita ketahui minyak atsiri dari sereh dapur merupakan komoditas ekspor yang sangat potensial dan seperti kita ketahui bahwa kebutuhan minyak atsiri dari tahun ketahun selalu meningkat khususnya minyak atsiri pada tanaman sereh dapur.



Gambar 1. Sereh Dapur

Kedudukan taksonomi tanaman serai menurut Santoso (2007) :

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Trachebionta
Divisi : Spermatophyta
Sub Divisi : Angiospermae
Kelas : Monocotyledonae
Sub Kelas : Commelinidae
Ordo : Poales
Famili : Graminae/Poaceae
Genus : Cymbopogon
Species : Cymbopogon citratus.

Kandungan utama dari sereh dapur adalah sitral, komposisi lengkap yang terdapat di dalam minyak atsiri dari tanaman ini antara lain:

Table 1. Kandungan Utama Sereh Dapur

Komponen sereh dapur	Kadar (%)
Sitronelal	75-85%
Geraniol	12-18%
Sitronelol	11-15%
Geranil asetat	3-8%
Sitronelil asetat	2-4%

2.2 Minyak atsiri

Minyak atsiri adalah zat berbau yang terkandung dalam tanaman. Minyak ini disebut juga minyak menguap, minyak eteris, minyak esensial karena pada suhu biasa (suhu kamar) mudah menguap di udara terbuka. Istilah esential dipakai karena minyak atsiri mewakili bau dari tanaman asalnya. Dalam keadaan segar dan murni tanpa pencemaran, minyak atsiri umumnya tidak berwarna. Namun, pada penyimpanan lama minyak atsiri dapat teroksidasi dan membentuk resin serta warnanya berubah menjadi lebih tua (Gunawan, 2010).

Minyak atsiri, minyak mudah menguap atau minyak terbang merupakan campuran dari senyawa yang berwujud cairan atau padatan yang memiliki komposisi maupun titik didih yang beragam. Penyulingan dapat di defenisikan sebagai proses pemisahan komponen-komponen suatu campuran yang terdiri dari atas dua cairan atau lebih berdasarkan perbedaan tekanan uap mereka atau berdasarkan perbedaan titik didih komponen-komponen senyawa tersebut (Sastrohamidjojo, 2004).

Minyak atsiri dihasilkan dari bagian jaringan tanaman tertentu seperti akar, batang, kulit, daun, bunga, buah, atau biji. Sifat minyak atsiri yang menonjol antara lain mudah menguap pada suhu kamar, mempunyai rasa getir, berbau wangi sesuai dengan aroma tanaman yang menghasilkannya, dan umumnya larut dalam pelarut organik (Lutony, 2002).

Menurut kataren (1985) minyak atsiri dapat diekstrak dengan 4 cara yaitu, penyulingan (destillator), pengepresan (pressing), ekstraksi dengan pelarut menguap (solvent extraction), dan ekstraksi dengan lemak padat (enfleurasi). Umunya metode yang paling sering digunakan adalah penyulingan. Minyak atsiri dalam industry digunakan untuk pembuatan kosmetik, parfum, antiseptik, obat-obatan, flavouring agent dalam bahan pangan atau minuman dan sebagai pencampur rokok kretek.

2.3 Minyak atsiri sereh dapur

Minyak atsiri dari tanaman sereh dapur dalam perdagangan dikenal dengan nama Lemongrass Oil. Kandungan utama minyak sereh dapur adalah sitral dan juga mengandung sitronelal, metilheptan, n-desil aldehida, linalool, geraniol. Minyak sereh dapur merupakan salah satu jenis minyak atsiri terpenting. Minyak atsiri ini digunakan untuk menghasilkan sitral yang merupakan konstituen utama dari minyak sereh dapur. Sitral merupakan bahan pembuat ionon. Minyak sereh dapur memiliki bau lemon yang keras karena mengandung kadar sitral yang tinggi (75% sampai 85%) sehingga minyak sereh dapur dinamakan lemongrass oil. Minyak sereh dapur dapat digunakan sebagai bahan baku dalam industri kosmetik, sabun (Guenther, 1990).

Isolasi minyak atsiri adalah usaha memisahkan minyak atsiri dari tanaman atau bagian tanaman asal. Minyak atsiri dalam tanaman terdapat pada bagian dalam rambut kelenjar dan sel kelenjar. Bila tanaman itu tetap utuh, minyak atsiri tetap berada dalam kelenjar pada batang tanaman sehingga sukar untuk dipisahkan. Minyak atsiri hanya dapat dipisahkan dari sel tanaman bila ada uap air atau pelarut lain yang sampai ke tempat minyak tersebut, yang selanjutnya akan membawa butir-butir minyak menguap secara bersamaan. Agar minyak atsiri itu lebih cepat kontak dengan penyari maka bagian-bagian tanaman harus dipotong-potong (Koensoemardiyah, 2010). Pada dasarnya pemotongan merupakan upaya menjadikan bahan tanaman menjadi lebih kecil hingga mempermudah lepasnya minyak atsiri setelah bahan tersebut ditembus uap (Sastrohamidjojo, 2004).

2.4 Proses penyulingan minyak atsiri

2.4.1 Teori penyulingan

Penyulingan adalah salah satu cara untuk mendapatkan minyak atsiri dengan cara mendidihkan bahan baku yang dimasukkan ke dalam ketel hingga terdapat uap yang diperlukan atau dengan cara mengalirkan uap jenuh

(*saturated or superheated*) dari ketel pendidih air ke dalam ketel penyuling (Hieronymus 1990).

Penyulingan merupakan proses pemisahan komponen berupa cairan atau padat dari dua macam campuran atau lebih berdasarkan titik uapnya. Metode penyulingan biasanya dilakukan terhadap minyak atsiri yang tidak larut dalam air (Rochim, 2009).

Ada tiga macam cara penyulingan yang dapat digunakan untuk memperoleh minyak atsiri yaitu :

a) Penyulingan dengan air

Pada metode ini, bahan tanaman yang akan disuling mengalami kontak langsung dengan air mendidih. Bahan tersebut mengapung di atas air atau terendam secara sempurna, tergantung dari berat jenis dan jumlah bahan yang disuling. Ciri khas dari metode ini ialah kontak langsung antara bahan dengan air mendidih. Oleh karena itu, sering disebut penyulingan langsung. Minyak atsiri dari beberapa jenis bahan seperti bubuk buah badam dan bunga mawar cocok diproduksi dengan cara ini, sebab seluruh bagian bahan harus tercelup dan bergerak bebas dalam air mendidih. Jika disuling dengan metode uap langsung, bahan ini akan merekat dan membentuk gumpalan besar yang kompak, sehingga uap tidak dapat berpenetrasi ke dalam bahan (Lutony, 2002).

b) Penyulingan dengan uap dan air

Penyulingan minyak atsiri untuk jenis tanaman semak dan daun sebaiknya dilakukan dengan metode penyulingan uap dan air (*water and steam distillation*). Cara penyulingan uap dan air merupakan penyulingan dengan tekanan uap rendah yang tidak menghasilkan uap dengan cepat sehingga panjangnya waktu penyulingan menjadi hal yang sangat penting, artinya hal tersebut baik jika ditinjau dari mutu dan rendemen minyak yang dihasilkan.

Pada model penyulingan ini, bahan tanaman yang akan di suling diletakkan di atas rak-rak atau saringan berlubang. Kemudian ketel penyulingan

diisi dengan air sampai permukaannya tidak jauh dari bawah saringan. Ciri khas dari model ini yaitu uap selalu dalam keadaan basah, jenuh dan tidak terlalu panas. Bahan yang disuling hanya berhubungan dengan uap dan tidak dengan air panas. (Lutony, 2002)

Pada penyulingan dengan uap dan air akan dihasilkan uap dalam keadaan basah. Ketel suling harus selalu terisi oleh air, maka uap yang dihasilkan tidak mungkin berupa uap kering, tetapi merupakan uap jenuh atau basah. Air akan tercampur dalam uap pada keadaan perbandingan tertentu, sehingga terbentuk suatu campuran antara uap dan air yang disebut uap basah (Kulshrestha, 1989).

Keuntungan penyulingan dengan uap dan air, yaitu uap air selalu jernih, basah dan tidak terlalu panas, bahan berhubungan dengan uap saja, tidak dengan air mendidih. Kelemahan penyulingan dengan uap dan air, yaitu tidak dapat menghasilkan minyak dengan cepat, karena tekanan uap yang dihasilkan relatif rendah, untuk mendapat rendemen minyak yang tinggi, perlu waktu penyulingan yang panjang.

c) Penyulingan dengan uap

Penyulingan dengan uap pada dasarnya hanya dengan mengalirkan uap yang bertekanan tinggi. Pada cara ini ketel perebus air dipisahkan dari ketel penyuling, yakni ketel yang berisi bahan. Uap air yang dihasilkan pada ketel perebus air, dialirkan pada sebuah pipa ke dalam ketel penyuling. Bahan yang disuling diletakkan di atas piringan yang berlubang-lubang di dalam ketel. Piringan boleh lebih dari satu dan disusun secara bertingkat. Cara untuk memudahkan bergeraknya uap air ke tingkat yang lebih tinggi, yaitu harus disediakan ruang kosong antara bahan yang terletak pada piringan dibawahnya dengan piringan di atasnya, antara piringan yang terletak pada susunan yang paling bawah dan alas ketel harus ada ruang yang kosong sebagai tempat penampungan uap air yang dihasilkan oleh ketel perebus. Uap jernih yang dihasilkan (dengan tekanan lebih dari 1 atmosfir) di alirkan ke dalam ketel penyulingan. Bersamaan dengan uap air ini, minyak atsiri akan ikut terbawa,

selanjutnya pipa penyalur disalurkan melalui ketel ketiga yang berfungsi sebagai kondensor. Setelah mengalami proses kondensasi, campuran minyak dan air kemudian dicampur pada bak pemisah campuran, dengan adanya perbedaan berat jenisnya maka air dapat dipisahkan dari minyak. Penyulingan dengan cara ini akan menghasilkan minyak yang bermutu tinggi (Sudaryani, dkk., 1998).

2.4.2 Peralatan Penyulingan

Cara penyulingan dan penanganan bahan baku dapat mempengaruhi rendemen dan mutu minyak nilam yang dihasilkan. Namun demikian bahan yang digunakan dalam pembuatan peralatan-peralatan penyulingan juga mempunyai peranan dalam mempengaruhi mutu minyak hasil sulingan. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan peralatan penyulingan adalah logam yang digunakan untuk tempat bahan dan pipa pendingin (Harris, 1993).

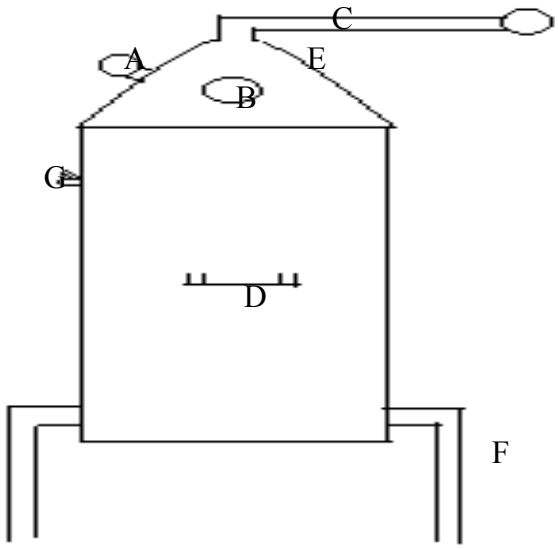
Logam yang digunakan untuk bahan peralatan penyulingan harus tidak bereaksi dengan uap air dan uap minyak. Bila bereaksi atau bersenyawa, hasil minyak akan rusak dan tidak laku dijual. Logam yang terbukti tidak bereaksi atau bersenyawa dengan minyak atsiri adalah baja tahan karat (*stainless steel*) dan kaca tahan panas. Logam-logam lainnya seperti: alumunium, tembaga, timah putih, besi biasa, dan seng ada yang bereaksi dengan minyak atsiri tertentu, ada yang tidak, bergantung pada jenis minyak yang disuling (Harris, 1993). Menurut Rusli (2003), bahan konstruksi alat suling akan mempengaruhi mutu minyak terutama dalam karakteristik warnanya. Alat penyulingan dari bahan plat besi tanpa galvanis akan menghasilkan minyak yang berwarna gelap dan keruh karena karat.

Menurut Ketaren (1985), peralatan yang biasanya digunakan dalam penyulingan terdiri atas ketel uap, ketel suling, bak pendingin (kondensor) dan labu pemisah minyak (*florentine flask*). Penyulingan dengan sistem uap dan air tidak menggunakan ketel uap.Peralatan-peralatan inilah yang menjadi salah satu faktor penentu rendemen minyak atsiri yang dihasilkan.

a) Ketel Suling

Ketel penyulingan berfungsi sebagai wadah atau bejana untuk menempatkan bahan tanaman yang akan disuling. Dalam ketel tersebut terdapat air atau uap yang berhubungan dengan bahan tanaman dan menguapkan minyak atsiri yang terkandung didalamnya. Ketel suling berbentuk silinder yang memiliki diameter yang hampir sama atau sedikit lebih kecil dari tingginya (Sastrohamidjojo, 2004). Pada penyulingan dengan air dan uap, sebaiknya ukuran diameter sama dengan ukuran tingginya. Hubungan antara tinggi dan diameter ketel yang digunakan tergantung dari sifat porositas bahan yang diolah. Ketel yang berukuran tinggi baik untuk bahan yang bersifat kamba, sedangkan ketel yang lebih rendah baik untuk bahan yang bersifat kompak.Ketel suling dilengkapi dengan penutup yang dapat ditutup rapat dan saringan atau dasar semu diatas dasar ketel suling untuk penyulingan dengan uap dan air.Pada tutup dipasang pipa untuk mengalirkan uap ke kondensor (Ketaren, 1985).

Pada penyulingan yang dirancang sketsa ketel suling dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Prototipe ketel suling

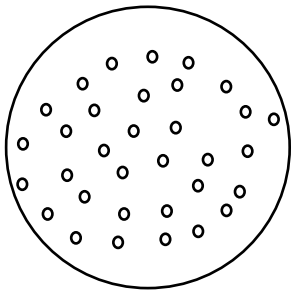
Keterangan :

A	: Pengukur tekanan	E	: Tutup ketel
B	: Pengukur suhu	F	: Kaki ketel suling
C	: Pipa penghubung ketel ke kondensor		
D	: Ketel suling	G	: Katup pengatur uap

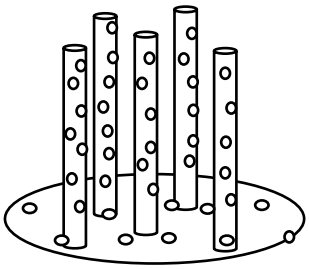
Ketel suling yang digunakan terbuat dari *stainless steel* berbentuk silinder dengan diameter 44,5 cm dan tinggi 150 cm. Berat yang dapat diisikan yakni hingga 25 kg dan volume yang dapat diisikan air adalah 156 liter. Selain itu ketel suling ini dilengkapi dengan tutup ketel yang dilengkapi dengan 10 buah mur dan baut serta karet pada bagian atas ketel untuk mencegah kebocoran saat penyulingan berlangsung.

Tutup ketel mempunyai pipa yang disambungkan pada kondensor Selain itu didalam ketel suling dipasang suatu dandang yang berada 50 cm diatas dasar ketel suling yang berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan bahan yang akan disuling sehingga air yang mendidih tidak kontak dengan bahan yang disuling. Dandang bersifat tidak permanen sehingga bisa dilepaskan dari ketel suling untuk mempermudah pembersihan ketel suling. Saringan terbuat dari plat *stainless steel* yang berlubang, pada bagian tengah terdapat bagian yang menjadi tumpuan untuk mengangkat rak yang terbuat dari kawat. Dandang yang digunakan pada penyulingan ini ada dua jenis yakni dandang biasa dan dandang modifikasi, sketsa dandang yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4. Selain itu ketel suling dilengkapi dengan *Mano meter*untuk mengetahui tekanan uap dan *Termometer* untuk mengetahui suhu di dalam ketel suling

Pipa penghubung antara ketel dan pendingin diletakkan pada bagian atas tutup ketel. Pipa yang menghubungkan ketel dan kondensor terbuat dari *stainless steel* dengan panjang 108,5cm dan diameter 2,3cm.



Gambar 3. Dandang Biasa



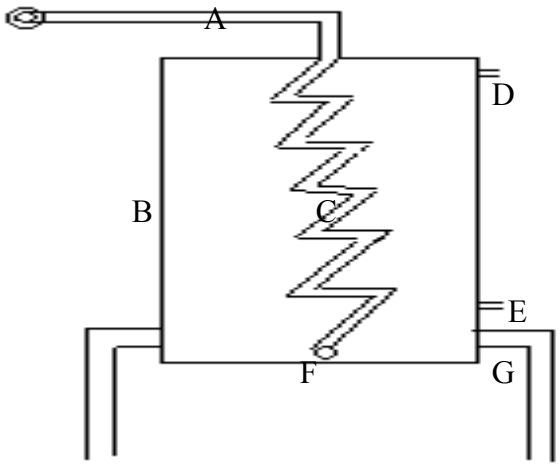
Gambar 4. Dandang Modifikasi

b) Pendingin (Kondensor)

Kondensor adalah peralatan pindah panas yang digunakan untuk mengubah uap menjadi fase cair dengan menghilangkan panas laten yang dimiliki uap. Proses pendinginan dilakukan dengan menggunakan zat cair yang lebih dingin yang disebut pendingin (McCabe, 1986). Kondensor adalah alat yang berupa bak atau tabung silinder dan di dalamnya terdapat pipa lurus atau berbentuk spiral yang berfungsi untuk menguapkan uap menjadi bentuk cair. Kondensor terdiri atas beberapa tipe yaitu: lingkaran (*coil*), segi empat, zigzag, dan banyak pipa (*multitubular*) (Rusli, 2003).

Menurut Bernasconi *et al* dalam Fatahna (2005), perpindahan panas yang baik pada alat-alat penukar panas dapat dicapai dengan mengatur perbedaan suhu yang besar antara bahan dan media pendingin, laju alir yang besar dari bahan dan media pendingin, permukaan penukar panas yang bersih dan luas permukaan perpindahan panas yang besar serta dinding yang tipis. Cara pengembunan uap yang paling sempurna adalah dengan mengalirkan air pendingin berlawanan arah dengan aliran uap minyak.Hal tersebut dapat dilakukan dengan memasukkan air pendingin dari bagian bawah kondensor dan dikeluarkan dari bagian atas dengan demikian destilat yang keluar benar-benar berbentuk cairan (Harris, 1993).

Pada penyulingan yang dirancang sketsa kondensor dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kondensor

Keterangan :

A : Pipa penghubung kondensor dengan ketel suling

B : Kondensor

C : Pipa uap

D : Pipa air pendingin keluar

E : Pipa air pendingin masuk

F : Pipa destilat

G : Kaki penyangga kondensor

Kondensor yang digunakan adalah jenis penukar panas berbentuk silinder dengan air sebagai media pendingin. Kondensor ini terdiri dari pipa dan bak kondensor.Pipa pada kondensor terdiri dari 2 pipa dengan bentuk spiral atau zigzag. Bak kondensor terbuat dari *stainless steel* dengan volume bak kondensor 156 liter.

Besarnya energi panas yang dapat dibebaskan oleh uap sewaktu mengembun dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Q = U\ A\ \Delta T_{LMTD}$$

Dimana :

Q : Energi Yang Dilepaskan Oleh Uap Air, (J)

U : Konstanta Pindah Panas Kondensor (W/m2.°K)

A : Luas area pindah panas kondensor, (m^2)

ΔT_{LMTD} : Selisih suhu rataan logaritmik (°K)

Harga U tergantung dari bentuk pipa. Jika pipa berbentuk *coil* maka nilai U-nya = 40. Bila berbentuk tubular maka nilai U-nya = 200 (Ketaren, 1985).

Cara pengembunan uap yang paling sempurna adalah dengan mengalirkan air pendingin berlawanan arah dengan aliran uap minyak. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memasukkan air pendingin dari bagian bawah kondensor dan dikeluarkan dari bagian atas dengan demikian destilat yang keluar benar-benar berbentuk cairan (Harris, 1993).

c) Pemisah Minyak (Separator)

Menurut Lutony dan Rahmawati (1994), penampung hasil kondensasi adalah alat untuk menampung distilat yang keluar dari kondensor lalu memisahkan minyak dari air suling.Jumlah air suling selalu lebih besar dari jumlah minyak, dalam hal ini diperlukan agar air suling tersebut terpisah dengan baik dari minyak atsiri.

Pemisahan minyak dan air dapat terjadi karena perbedaan bobot jenis. Jika bobot jenis minyak lebih kecil dari satu, maka minyak akan berada di atas lapisan air sedangkan apabila bobot jenis minyak lebih dari satu, maka minyak akan berada pada bagian dasar separator. Dengan demikian perlu direkayasa alat pemisah untuk menampung hasil minyak atsiri yang lebih berat atau lebih ringan dari air. Pada penyulingan air serta penyulingan uap dan air maka air suling yang telah dipisahkan dari separator dapat dikembalikan ke dalam ketel suling untuk digunakan pada proses berikutnya. Proses penyulingan yang berksinambungan ini disebut kohobasi (Sastrohamidjojo, 2004).

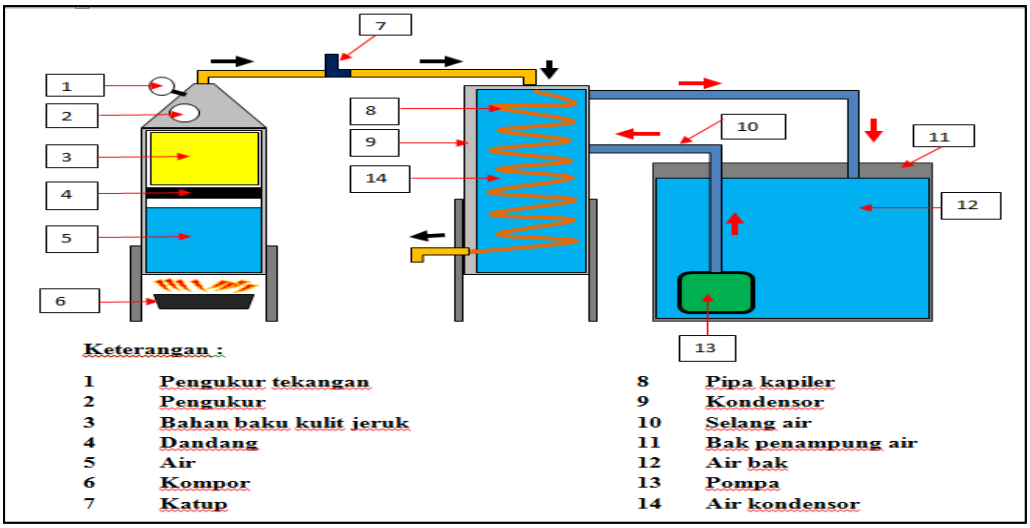
Minyak jeruk pamelo larut dalam air sehingga diperlukan bahan pemisah untuk mengikat minyak jenuhnya. Pada penelitian ini maka digunakan corong pemisah sebagai separator dan larutan Hexan sebagai bahan yang mengikat

minyak jeruk pamelo. Diperlukan waktu yang lama dalam proses pemisahannya dan penggunaan jumlah larutan hexan yang sesuai.Sketsa separator dapat dilihat Lampiran.

d) Tungku Pembakaran

Tungku pembakaran merupakan tempat terjadinya proses pembakaran selama penyulingan berangsung dengan menggunakan bahan bakar yaitu LPG. Pada tungku pembakaran digunakan kompor yang mampu memanaskan ketel suling secara merata.

Untuk bagian lengkap alat proses penyulingan yang digunakan dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Alat Proses Penyulingan Minyak Atsiri

2.4.3 Pemisah Minyak (Separator)

Menurut Lutony dan Rahmawati (1994), penampung hasil kondensasi adalah alat untuk menampung distilat yang keluar dari kondensor lalu memisahkan minyak dari air suling. Jumlah air suling selalu lebih besar dari

jumlah minyak, dalam hal ini diperlukan agar air suling tersebut terpisah dengan baik dari minyak atsiri.

Pemisahan minyak dan air dapat terjadi karena perbedaan bobot jenis. Jika bobot jenis minyak lebih kecil dari satu, maka minyak akan berada di atas lapisan air sedangkan apabila bobot jenis minyak lebih dari satu, maka minyak akan berada pada bagian dasar separator. Dengan demikian perlu direkayasa alat pemisah untuk menampung hasil minyak atsiri yang lebih berat atau lebih ringan dari air. Pada penyulingan air serta penyulingan uap dan air maka air suling yang telah dipisahkan dari separator dapat dikembalikan ke dalam ketel suling untuk digunakan pada proses berikutnya. Proses penyulingan yang berkesinambungan ini disebut kohobasi (Sastrohamidjojo, 2004).

2.5 Kehilangan Energi Pada Proses Penyulingan

Energi dikenal dalam berbagai bentuk, beberapa diantaranya yang dijumpai dalam bidang teknik kimia adalah : energi dalam, energi kinetik, energi potensial, energi mekanis, dan panas. Hampir semua operasi yang dijalankan untuk proses penyulingan melibatkan pembangkitan, penyerapan, dan kehilangan energi dalam bentuk panas. Energi berupa panas dapat berpindah dari dari suatu sistem ke lingkungannya atau sebaliknya. Ilmu perpindahan panas adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana energi dalam bentuk panas berpindah dari suatu zat ke zat lain yang suhunya lebih rendah (Kamil dan Pawito, 1983). Terdapat 3 tipe perpindahan panas yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

2.5.1 Konduksi

Perpindahan energi panas secara konduksi adalah perpindahan energi panas melewati massa yang tidak bergerak. Elektron-elektron bebas dari atom-atom benda yang dilaluinya memegang peranan penting dalam perpindahan energi panas secara konduksi. Molekul-molekul zat yang dilewati energi panas secara konduksi tidak berpindah, maka perpindahan energi panas secara konduksi hanya

terjadi dalam zat padat. Zat-zat yang banyak mengandung elektron bebas mudah dialiri panas seperti tembaga, alumunium, besi baja dan lain sebagainya (Kamil dan Pawito, 1983).

2.5.2 Konveksi

Aliran energi panas secara konveksi disertai oleh perpindahan massa zat yang dilaluinya. Perpindahan panas secara konveksi terjadi pada zat cair dan gas. Perpindahan panas secara konveksi merupakan gabungan antara perpindahan panas secara konduksi dan perpindahan massa. Cara energi panas berpindah dinamakan konveksi bebas atau sering disebut juga konveksi alami tetapi jika perpindahan panas tersebut berlangsung karena paksaan suatu alat seperti blower, kipas, pompa dan lain sebagainya, perpindahan energi panas tersebut dinamakan konveksi paksa (Kamil dan Pawito, 1983).

2.5.3 Radiasi

Pancaran (radiasi) adalah perpindahan kalor melalui gelombang dari suatu zat ke zat lain. Perpindahan kalor radiasi terjadi dengan perantara foton dan juga gelombang elektromagnet. Apabila sejumlah energi kalor menimpa suatu permukaan, sebagian akan dipantulkan, sebagian akan diserap kedalam bahan dan sebagian akan menembus bahan. Setiap benda diatas temperatur nol absolut memancarkan energi dalam bentuk radiasi. Tingkat radiasi yang dipancarkan tergantung pada suhu benda tersebut. Konstanta ε menggambarkan kapasitas suatu benda mengabsorbsi dan memancarkan radiasi (Kamil dan Pawito, 1983).

III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember sampai dengan Mei 2019. Penelitian dilakukan di laboratorium Workshop Agroindustri Politeknik Pertanian Negeri Pangkep, Sulawesi Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mesin penyulingan minyak atsiri, mesin pompa atau penghisap air, bak silinder pendingin dan penampung air, ember dan baskom, gelas ukur besar, termometer, stopwatch, botol sebagai penampung minyak, timbangan, alat penyaring, dan kompor.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu daun Sereh dapur didapatkan di Kabupaten Pinrang. Terdapat juga bahan pendukung seperti air dan gas LPG 3 kg sebagai bahan bakar.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan yaitu metode penyulingan menggunakan sistem penyulingan uap dan air yaitu dengan cara dikukus dan tanpa udara atau vakum. Prinsip penyulingan dengan cara ini adalah dengan menggunakan tekanan uap rendah. Pada cara ini bahan tidak berhubungan dengan air.

Bahan diletakkan di atas piringan. Piringan dibuat dari plat atau seng yang diberi lubang (sepeti ayakan) yang dilengkapi dengan pipa-pipa yang terdapat lubang dibagian sisi pipa tersebut, dan terletak beberapa sentimeter di atas air di dalam ketel. Setelah air mendidih, uap air akan keluar melalui lubang-lubang

piringan dan terus mengalir melalui sela-sela bahan. Bersama uap air ini akan ikut terbawa minyak atsiri yang terkandung dalam bahan. Uap air yang timbul disalurkan melalui pipa, dan selanjutnya masuk ke ketel pendingin. Dalam ketel pendingin ini uap air berkondensasi menjadi air dan minyak. Campuran antara minyak dan air ditampung pada bak pemisah cairan, karena perbedaan berat jenisnya air akan terpisah dari minyak, yaitu turun ke bawah permukaan minyak, selanjutnya air dan minyak ini dipisahkan (Sudaryani, dkk, 1998).

Keuntungan penyulingan dengan uap dan air, yaitu:

a) Uap air selalu jernih, basah dan tidak terlalu panas.
b) Bahan berhubungan dengan uap saja, tidak dengan air mendidih.

Kelemahan penyulingan dengan uap dan air, yaitu:

a) Tidak dapat menghasilkan minyak dengan cepat, karena tekanan uap yang dihasilkan relatif rendah.
b) Untuk mendapat rendemen minyak yang tinggi, perlu waktu penyulingan yang panjang.

3.4. Perhitungan Rendemen

Rendemen adalah perbandingan jumlah (kuantitas) yang dihasilkan dari ekstraksi tanaman aromatik. Rendemen menggunakan satuan (%). Semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan menandakan nilai minyak atsiri yang dihasilkan semakin banyak pula.

Kualitas minyak yang dihasilkan biasanya berbanding terbalik dengan jumlah rendemen yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan maka semakin rendah mutu yang di dapatkan.

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung rendemen yaitu:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{Jumlah\ minyak\ yang\ dihasilkan}{Jumlah\ bahan\ sebelum\ penyulingan}\ x\ 100$$

3.5 Parameter yang diuji.

Parameter yang diuji dalam penelitian ini yaitu:

a) Laju Distilat yang dihasilkan.

Berapa banyak distilat yang dihasilkan dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan distilat tersebut.

b) Rendemen yang dihasilkan.

Membandingkan jumlah yang dihasilkan dari penyulingan menggunakan dandang tanpa tube, tube 1, tube 2, tube 3 dari volume distilatnya.

c) Konsumsi bahan bakar.

Bahan bakar yang digunakan yaitu berupa gas LPG 3 kg. Menentukan jumlah gas rata-rata yang digunakan.

d) Suhu.

Menentukan berapa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu 100ºC pada proses pembuatan minyak atsiri sereh dapur menggunakan penyulingan dandang tanpa tube, tube 1, tube 2, tube 3.

e) Kehilangan energi.

Menentukan berapa banyak energy yang keluar dari dinding ketel dan tutup ketel selama penyulingan.

3.6 Analisis Efisiensi Energi Peralatan Penyulingan

Analisis energi selama proses penyulingan meliputi kehilangan energi konveksi alamiahEnergi yang dihasilkan kompor LPG tidak seluruhnya digunakan untuk penyulingan, tetapi ada sebagian panas yang hilang ke lingkungan melalui dinding ketel suling dan tutup ketel suling.

a) Kehilangan energi dinding ketel suling

Kehilanagan energi melalui dinding ketel suling dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$Q_k = h\ A_k\ (T_{ok} - T_u)$ .....(1)

Dimana :

Q_k = Panas yang hilang melalui dinding ketel suling, Kj

H = Koefisien konveksi udara lingkungan, W/m^2K

A_k = Luas permukaan dinding ketel, m^2

T_{ok} = Suhu dinding luar ketel, K

T_u = Suhu udara lingkungan, K

Nilai h dapat dicari dengan persamaan :

$$h = \frac{N_{Nu}\ k}{L_k} \quad \text{.....(2)}$$

Dimana :

N_{Nu} = Angka Nusselt

k = Konduktivitas panas udara lingkungan, W/mK

L_k = Tinggi ketel suling, m

Menurut McCabe (1986), N_{Nu} pada silinder tegak dapat dicari dengan persamaan :

$N_{Nu} = 0{,}59\ (N_{Gr}N_{Pr})^{0{,}25}$ .....(3)

Untuk jangkauan $10^4 < N_{Gr}N_{Pr} < 10^9$, atau

$N_{Nu} = 0{,}13(N_{Gr}N_{Pr})^{0{,}333}$ .....(4)

Untuk jangkauan $10^9 < N_{Gr}N_{Pr} < 10^{12}$

Nilai N_{Gr} dapat dicari dengan persamaan :

$$N_{Gr} = \frac{L^3 \rho^2 \beta g \Delta T}{\mu^2} \quad \text{.....(5)}$$

Diaman :

L = Tinggi dinding ketel suling, m

ρ = Densitas udara, kg/m^3

β = Koefisien ekspansi termal, 1/K

g = Percepatan gravitasi, m/s

ΔT = Perbedaan suhu permukaan dinding ketel suling dan udara, K

μ = viskositas udara, kg/m s

Nilai N_{pr} dapat dicari dengan persamaan :

$$N_{Pr} \frac{C_P \mu}{k} \quad \text{.....(6)}$$

Dimana :

C_p = Kalor spesifik udara, Joule/kg °C

μ = Viskositas udara, kg/m s

k = Konduktifitas panas udara lingkungan, W/mK

b) Kehilangan energi melalui tutup ketel suling

Kehilangan energi melalui tutup ketel suling dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$Q_t = h\ A_t(T_{ot} - T_u) \quad \text{.....(1)}$$

Dimana :

Q_t = Panas yang hilang melalui pipa, kj

H = Koefisien konveksi udara lingkungan, W/m^2K

A_k = Luas permukaan dinding ketel, m^2

T_{ot} = Suhu dinding luar dinding ketel, K

T_u = Suhu udara lingkungan, K

Nilai h dapat dicari dengan persamaan :

$$h = \frac{N_{Nu}\, k}{D_{op}} \quad \text{.....(2)}$$

Dimana :

N_{Nu} = Angka Nusselt

K = Konduktivitas panas udara lingkungan, W/mK

D_{op} = Tinggi ketel suling, m

Menurut McCabe (1986), N_{Nu} pada plat horizontal yang di panaskan menghadap ke atas dapat dicari dengan persamaan :

$N_{Nu} = 0{,}54\ (N_{Gr}N_{Pr})^{0{,}25}$ .....(3)

Untuk jangkauan $10^5 < N_{Gr}N_{Pr} < 10^7$, atau

$N_{Nu} = 0{,}14(N_{Gr}N_{Pr})^{0{,}333}$ .....(4)

Untuk jangkauan $2x10^7 < N_{Gr}N_{Pr} < 3x10^{10}$

Nilai N_{Gr} dapat dicari dengan persamaan :

$$N_{Gr} = \frac{D^3 \rho^2\ \beta\ g\ \Delta T}{\mu^2} \quad \text{.....(5)}$$

Dimana :

D = Diameter tutup ketel, m

ρ = Densitas udara, kg/m^3

β = Koefisien ekspansi termal, 1/K

g = Percepatan gravitasi, m/s

ΔT = Perbedaan suhu permukaan dinding ketel suling dan udara, K

μ = viskositas udara, kg/m s

Nilai N_{pr} dapat dicari dengan persamaan :

$$N_{Pr} = \frac{C_P\ \mu}{k} \quad \text{.....(6)}$$

Dimana :

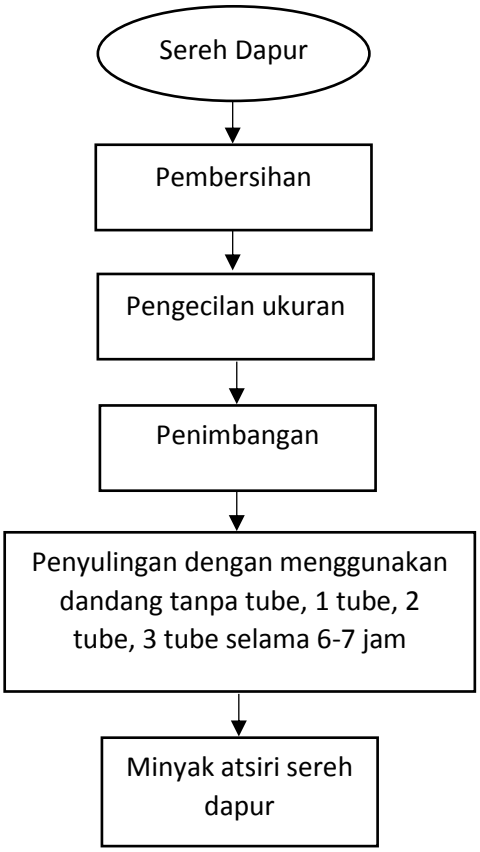
C_p = Kalor spesifik udara, Joule/kg °C

μ = Viskositas udara, kg/m s

k =Konduktifitas panas udara lingkungan, W/mK

3.7 Diagram alir proses penyulingan

Adapun diagram alir proses penyulingan minyak atsiri



Gambar 7. Diagram Alir Proses Penyulingan Minyak Atsiri Sereh Dapur