

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak atsiri semakin tahun semakin meningkat produksinya seiring dengan meningkatnya perkembangan industri modern seperti industri parfum, kosmetik, makanan, aroma terapi dan obat-obatan. Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam baik hayati maupun non hayati. Kekayaan sumber daya alam hayati terlihat dari melimpahnya bermacam-macam jenis flora yang tersebar di berbagai wilayah di seluruh pelosok tanah air. Sumber daya hayati ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri, obat-obatan dan bahan perdagangan lain yang menghasilkan devisa negara serta pendorong pertumbuhan ekonomi negara. Selain terkenal rempah-rempahnya, Indonesia juga terkenal dengan minyak atsirinya. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak atsiri terbesar terutama penghasil minyak nilam yang cukup penting diperdagangkan di dunia karena produksinya mencapai 1200 dalam metrik ton. Saat ini, di pasar dunia terdapat lebih 80 jenis minyak atsiri yang diperdagangkan. Indonesia sendiri memiliki 40 jenis minyak atsiri yang dapat diperdagangkan, namun hanya sekitar 14 jenis yang diekspor, seperti: minyak nilam, minyak pala, minyak sereh wangi, minyak kenanga, minyak akar wangi, minyak kayu putih, minyak cengkeh, minyak lada, minyak jahe (Direktorat Tanaman Semusim, 2002).

Nilam (*Pogostemon Cablin Benth*) adalah suatu semak tropis penghasil sejenis minyak atsiri yang dinamakan sama (minyak nilam). Dalam perdagangan internasional, minyak nilam dikenal sebagai minyak *patchouli*. Aroma minyak nilam dikenal berat dan kuat serta telah berabad-abad digunakan sebagai wangi-wangian (parfum) dan bahan dupa atau setinggi pada tradisi timur. Harga jual minyak nilam termasuk yang tertinggi apabila dibandingkan dengan minyak atsiri lainnya. Tumbuhan nilam berupa semak yang bisa mencapai satu meter. Tumbuhan ini menyukai suasana teduh, hangat, dan lembab. Mudah layu jika terkena sinar matahari langsung atau kekurangan air. Bunganya menyebarkan bau wangi yang kuat. Bijinya kecil. Perbanyakannya biasanya dilakukan secara vegetatif. Minyak nilam Indonesia sangat digemari pasar Amerika dan Eropa terutama digunakan untuk bahan baku industri pembuatan minyak wangi, kosmetika, farmasi dan industri yang lainnya. Pada tahun 2004, mencapai 2074 ton atau senilai US\$ 27,137 juta, selanjutnya beberapa tahun terakhir di pasaran Internasional

minyak nilam mengalami fluktuasi harga yang sangat tajam dan posisinya mulai terancam oleh Negara Brazil, Cina, India, dan Vietnam (Dirjenbun, 2006).

Salah satu penyebab menurunnya produksi minyak nilam untuk pasar international sendiri adalah metode yang kurang efisien dalam memproduksi minyak nilam itu sendiri. Ada beberapa metode yang sering digunakan dalam produksi minyak nilam adalah dengan cara:

1. Menggunakan uap air (*steam distillation*)
2. Ekstraksi menggunakan pelarut (*solvent extraction*)
3. Pengempaan (*expression*)

Pada metode pertama merupakan metode pengambilan minyak atsiri dengan metode paling tua. Meskipun proses pengambilan minyak atsiri melalui metode penyulingan merupakan model tertua, tetapi hingga kini termasuk yang paling banyak dilakukan oleh para perajin minyak atsiri di berbagai negara, khususnya negara yang sedang berkembang termasuk Indonesia. Sampai sekarang metode penyulingan masih banyak digunakan para perajin karena peralatannya sederhana, pengoperasiannya mudah, dan biaya pembuatannya pun relatif murah. Ekstraksi dengan pelarut atau pengempaan untuk memperoleh minyak atsiri sangat jarang dilakukan. Penyulingan minyak atsiri menggunakan uap air baik secara langsung maupun tidak langsung adalah metode yang paling banyak digunakan. Model penyulingan dengan uap air terbagi atas tiga yaitu penyulingan dengan air, dengan uap air, dan dengan uap dan air. Penyulingan (distilasi) adalah proses dengan memaksa minyak untuk berdifusi dari sel. Bila dengan air, maka bahan dicampur langsung dengan air kemudian dididihkan. Bila dengan uap, maka bahan terletak di atas uap air yang mendidih kemudian uap air akan menuju bahan dan membawa minyak yang dikandung bahan. Dan yang ke tiga dengan air dan uap, yaitu model penyulingan dengan meletakkan bahan yang akan disuling di atas rak berlubang-lubang di atas air yang telah dipanaskan.

Banyak usaha yang dilakukan untuk meningkatkan hasil yang lebih baik. Diantaranya adalah dengan cara membekukan daun nilam basah atau segar dan juga daun nilam kering dengan temperatur masing-masing sampai dengan $-13,8^{\circ}\text{C}$, $-19,6^{\circ}\text{C}$, dan $-24,8^{\circ}\text{C}$ yang dihasilkan bahwa semakin tinggi suhu distilasi dan semakin rendah suhu pembekuan pada daun nilam maka hasil rendemen juga semakin meningkat (Andhika, 2014). Selanjutnya adalah dengan pengaruh lama penyimpanan terhadap rendemen dan kualitas minyak atsiri daun jeruk manis serta komponen utama yang dikandung dimana penyimpanan dengan waktu yang lebih panjang kulit jeruk manis

memiliki rerata rendemen sebesar 1,80%, sedangkan pada penyimpanan pendek memiliki rerata rendemen sebesar 1,12%. Sedangkan untuk presentase kandungannya sendiri waktu penyimpanan pendek mempunyai kualitas lebih bagus daripada penyimpanan jangka panjang (Sembiring, Natalia Br, 2014). Penelitian dengan cara *microwave assisted hydrodistillation* yang mana semakin tinggi penggunaan daya radiasi *microwave assisted hydrodistillation* yang digunakan maka kebutuhan energi ekstraksi semakin meningkat. Semakin meningkatnya daya *microwave assisted hydrodistillation* maka rendemen minyak nilam semakin bertambah, secara berturut turut pada daya 140 Watt, 280 Watt, 420 Watt, 560 Watt, dan 700 Watt diperoleh rendemen minyak nilam sebesar 0%, 1,33%, 2,375%, 2,85%, dan 3,8% (Indra, 2014). Dari penelitian tersebut dihasilkan bahwa penggunaan *microwave* dapat menghasilkan minyak atsiri dengan waktu yang lebih cepat daripada menggunakan metode biasa. Sehingga dengan waktu yang lebih singkat itu bisa didapatkan lebih banyak minyak nilam dengan *microwave* daripada menggunakan distilasi tanpa menggunakan *microwave*.

Masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapat hasil minyak atsiri yang lebih baik. Banyak pula ditemukan metode-metode baru untuk mendapatkan hasil rendemen yang baik dan dengan waktu yang lebih singkat, salah satu metode baru adalah menggunakan distilasi dengan gelombang mikro. Maka dari penelitian menggunakan *microwave* ini sangatlah diperlukan dikarenakan distilasi menggunakan *microwave* terbukti mendapatkan hasil yang lebih baik. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian distilasi minyak daun nilam menggunakan *microwave* terhadap rendemen yang dihasilkan yang diharapkan agar mendapatkan hasil minyak nilam yang lebih baik baik dalam kuantitas maupun kualitasnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu bagaimana pengaruh berbagai tingkat daya radiasi *microwave steam distillation* terhadap peningkatan rendemen minyak atsiri pada tekanan atmosfer.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjawab rumusan masalah diatas dan menghindari meluasnya permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini perlu dilakukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Daun yang digunakan adalah daun nilam jawa (*Pogostemon heyneanus*)
2. Temperatur awal lingkungan dianggap sama pada setiap pengujian (27°C)
3. Tekanan yang digunakan sebesar tekanan atmosfer (1 atm)
4. Ukuran potongan daun nilam kurang lebih 2 cm
5. Kondisi microwave dianggap tidak ada kebocoran
6. Daun nilam kering sebelum distilasi mengandung kadar air 17-22,5%.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh berbagai tingkat daya radiasi *microwave steam distillation* terhadap peningkatan rendemen minyak atsiri pada tekanan atmosfer.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui daya yang tepat untuk hasil yang optimal dalam produksi minyak atsiri yang baik dengan metode *microwave steam distillation*.
2. Sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya, terutama tentang metode distilasi menggunakan gelombang mikro.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Berbagai penelitian dengan tujuan untuk memaksimalkan proses distilasi daun nilam sudah dilakukan dengan berbagai cara, adalah dengan peningkatan temperatur distilasi, berbagai komposisi daun dan batang daun nilam, temperatur vakum yang dilakukan pada ketel dan variasi yang dilakukan pada macam daun nilam yang digunakan untuk proses distilasi.

Destilasi minyak esensial dengan menggunakan gelombang mikro diteliti oleh Farhat pada tahun 2009 untuk membandingkannya dengan metode distilasi uap secara konvensional. Tujuan dari penelitiannya adalah untuk mengetahui efisiensi dari penggunaan *microwave* dan untuk menjelaskan bagaimanakah ekstraksi menggunakan *microwave* dapat mempercepat proses ekstraksi tanpa mengubah komposisi dan sifat minyak esensial. Hasil yang didapatkan adalah proses ekstraksi paling cepat dengan menggunakan daya *microwave* 400 Watt. Sedangkan untuk uap yang digunakan paling cepat pada kapasitas uap dengan massa 60g/min. Sedangkan efisiensi paling tinggi untuk proses ekstraksi menggunakan *microwave* adalah pada kondisi aliran massa uap sebesar 25g/min dan daya *microwave* sebesar 200 Watt.

Pengaruh gelombang mikro untuk pengambilan minyak atsiri dari daun nilam selain menggunakan variasi daya dilakukan penelitian lagi menggunakan variasi steam dengan temperatur distilasi 105°C, 110°C, 115°C, dan 120°C dengan daun nilam kering, basah, dan dibasahi dengan perlakuan daun dicacah dan utuh dilakukan oleh Novita Setya H, pada tahun 2012. Dari hasil penelitian diperoleh rendemen minyak yang dihasilkan dengan menggunakan pelarut lebih besar daripada menggunakan *steam* untuk daun nilam utuh maupun daun nilam cacah, yaitu berkisar antara 1,3567-2,4566% sedangkan dengan menggunakan *steam* berkisar antara 1,4604-1,9485%. Perlakuan dengan daun cacah lebih baik daripada daun utuh, rendemen minyak atsiri yang dihasilkan yaitu sebesar 2,4566% untuk metode dengan menggunakan pelarut dan 1,9485 untuk metode yang menggunakan *steam*.

Menggunakan variasi daya pada *microwave* terhadap volume dan waktu minyak nilam yang dihasilkan dengan metode *microwave distillation* dilakukan oleh Indra Mukhlison Huda pada tahun 2014 dengan hasil semakin tinggi daya *microwave* assisted hydrodistillation maka kebutuhan energi ekstraksi semakin meningkat. Pada daya 280

Watt energi yang dibutuhkan tiap ml minyak nilam sebesar 2952 kilojoule, pada daya 420 Watt energi yang dibutuhkan tiap ml minyak nilam sebesar 2620,8 kJ, pada daya 560 Watt didapatkan energi yang dibutuhkan tiap ml minyak nilam sebesar 2755,2 kJ dan pada daya 700 watt didapatkan energi yang dibutuhkan untuk tiap ml minyak nilam sebesar 2803,5 kJ. Sedangkan untuk metode hydro distillation, energi yang dibutuhkan untuk tiap ml minyak nilam adalah sebesar 3856,67 kJ. Serta Semakin meningkatnya daya *microwave assisted hydrodistillation* maka rendemen minyak nilam semakin bertambah. Pada metode *microwave assisted hydrodistillation* secara berturut turut pada daya 140 Watt, 280 Watt, 420 Watt, 560 Watt, dan 700 Watt diperoleh rendemen minyak nilam sebesar 0%, 1,33%, 2,375%, 2,85%, dan 3,8%.

Selain menggunakan daun nilam diadakan penelitian tentang minyak atsiri dengan menggunakan kulit buah jeruk yaitu optimasi penggunaan *microwave* untuk mengekstraksi pectin dari kulit buah jeruk juga dilakukan oleh Prakash pada tahun 2013. Dari penelitian tersebut didapat kesimpulan bahwa kondisi optimum untuk mengekstraksi pectin dari kulit jeruk adalah pada kondisi daya microwave 422 Watt, waktu iridasi 169 detik, pH 1,4 dan perbandingan *solid-liquid* 1:16,9 g/ml didapatkan kandungan pectin maksimal yaitu sebesar 18,24%.

Berbagai penelitian tersebut belum didapatkan hasil yang optimal. Maka dilakukan lagi oleh penulis untuk meneliti tentang peningkatan rendemen minyak atsiri dengan *microwave steam distillation* pada tekanan atmosfer menggunakan variasi berbagai tingkat daya radiasi yang nantinya diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan minyak atsiri yang lebih optimal.

2.2 Minyak Atsiri

Minyak atsiri merupakan salah satu hasil sisa proses metabolisme dalam tanaman, yang terbentuk karena reaksi antara berbagai persenyawaan kimia dengan adanya air. Minyak ini disebut juga mudah menguap (*volatile*), minyak eteris atau minyak esensial karena pada suhu biasa (suhu kamar) mudah menguap diudara terbuka. Minyak tersebut di sintesis dalam sel kelenjar pada jaringan tanaman dan ada juga yang terbentuk dalam pembuluh resin, misalnya minyak terpentin dari pohon pinus. Minyak atsiri selain dihasilkan oleh tanaman dapat juga terbentuk dari hasil degradasi trigliserida oleh enzim atau dapat dibuat secara sintesis. Minyak atsiri berwarna bening tidak berwarna, tetapi jika didiamkan akan berwarna kekuningan atau kecoklatan dan mengental. Minyak atsiri sudah banyak diproduksi di negara – negara maju dunia, di

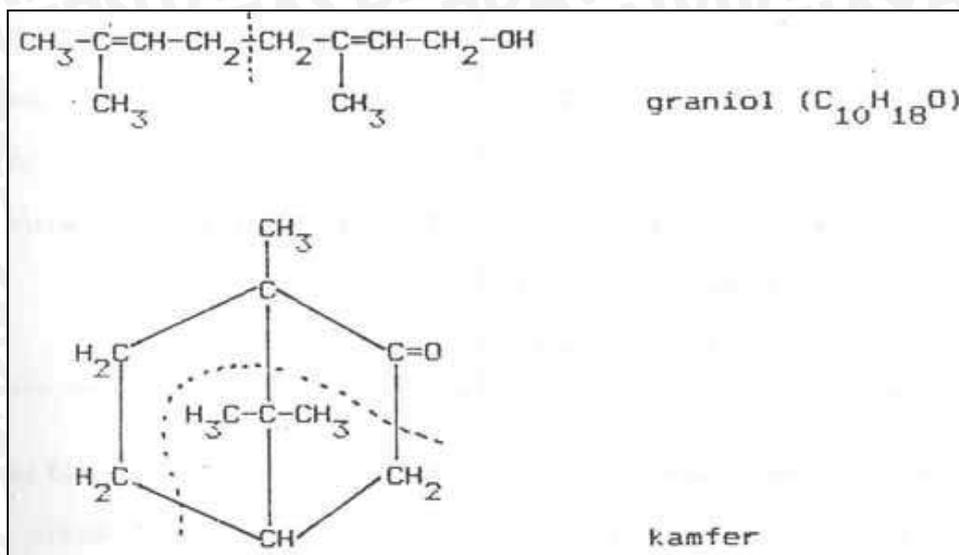
bawah ini adalah negara yang memproduksi minyak atsiri menurut *Perfumer & Flavorist, 2009. A preliminary report on the world production of some selected essential oils and countries*, Vol. 34, Januari 2009.

Tabel 2.1 Produksi Minyak Atsiri pada tahun 2008 di berbagai Negara

Produksi minyak atsiri pada tahun 2008		
Minyak atsiri	Produksi dalam metrik ton	Negara
Orange oils	51000	USA, Brasil, Argentina
Cornmint oils	32000	India, China, Argentina
Lemon oils	9200	Argentina, Italy, Spain
Eucalyptus oils	4000	China, India, Australia, South Africa
Peppermint oils	3300	India, USA, China
Clove leaf oil	1800	Indonesia, Madagascar
Spearmint oils	1800	China, Sri Lanka
Cedarwood oils	1650	USA, China
Litsea cubeba oil	1200	USA, China
Patchouli oil	1200	Indonesia, India
Lavandin oil Grosso	1100	France
Corymbia Citriodora	1000	China, Brazil, India, Vietnam

2.2.1 Komposisi Kimia Minyak Atsiri

Umumnya komposisi pada minyak atsiri adalah berbeda, hal ini dikarenakan perbedaan tiap jenis tanaman penghasil, kondisi iklim, tanah tempat tumbuh, umur panen, metode ekstraksi yang digunakan dan cara penyimpanan minyak. Minyak atsiri umumnya terjadi dari berbagai campuran persenyawaan kimia yang terbentuk dari unsur karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O) serta beberapa persenyawaan kimia yang mengandung unsur Nitrogen dan Belerang (Ketaren, 1985). Komponen utama minyak atsiri adalah terpena dan turunan terpena yang mengandung atom oksigen. Terpenoid merupakan senyawa yang berada pada jumlah cukup besar pada tanaman. Terpenoid yang terkandung dalam minyak atsiri menimbulkan bau harum atau bau khas dari tanaman. Struktur molekul pada minyak atsiri bisa ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Struktur Molekul Pada Minyak Atsiri
Sumber : Rumondang. 2004

2.2.2 Manfaat Minyak Atsiri

Selain terkenal karena baunya yang wangi, minyak atsiri memiliki banyak sekali manfaat yang bisa digunakan oleh manusia, manfaat minyak atsiri antara lain adalah :

1. Aromaterapi

Minyak atsiri memiliki efek menenangkan, karena minyak atsiri yang tercium ffoleh hidung akan berikatan dengan reseptor penangkap aroma. Reseptor setelah menerima aroma ini akan mengirimkan sinyal ke dalam otak dan otak inilah yang akan mengatur emosi seseorang. Maka dari itulah banyak minyak atsiri digunakan sebagai aromaterapi untuk manangani masalah psikis seseorang.

2. Pestisida

Minyak atsiri yang mengandung metil eugenol, zat yang digunakan petani untuk mengusir lalat buah. Minyak atsiri yang mengandung zat ini contohnya adalah minyak pala dan minyak salam.

3. Bahan tambahan makanan

Dalam hal makanan minyak atsiri dapat digunakan sebagai penambah aroma dan rasa, khususnya untuk makanan olahan. Minyak atsiri dapat menambah cita rasa makanan.

4. Wewangian

Karena aroma yang wangi minyak atsiri banyak digunakan sebagai wewangian. Tidak hanya sebagai campuran parfum, minyak atsiri dapat digunakan sebagai campuran sabun, sampo, tonik rambut dan lainnya. Minyak atsiri juga dapat berperan sebagai pengikat bau.

2.3 Minyak Nilam

Minyak nilam adalah salah satu minyak atsiri yang menjadi andalan ekspor dari Indonesia. Minyak nilam sendiri berasal dari tanaman nilam (*Pogostemon cablin benth*) yang merupakan salah satu komoditi non migas yang belum dikenal meluas oleh masyarakat Indonesia. Nilam adalah tanaman yang berbau wangi, berdaun halus, dan berbatang segi empat. Saat ini Indonesia menjadi penyuplai 90% minyak nilam di seluruh dunia dan 70% berasal dari aceh. Selama ini minyak nilam dari Indonesia banyak di ekspor ke Singapura, Amerika Serikat, Perancis, Inggris, Jerman, India, dan Spanyol. Di Indonesia terdapat tiga jenis nilam yang dapat dibedakan menurut karakter morfologinya, kandungan PA dan kualitas minyak serta ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Ketiga jenis nilam tersebut adalah 1). *P. cablin Benth.* Syn. *P. Pathcouli Pellet* var. *Suavis Hook* disebut nilam aceh, 2). *P. heyneanus Benth* disebut nilam jawa seperti pada gambar 2.2, dan 3). *P. Hortenis Becker* disebut nilam sabun (Guenther 1952). Dari ketiga jenis nilam tersebut, yang paling banyak dibudidayakan adalah nilam aceh karena hasil minyaknya tinggi yakni $> 2,5 \%$ (Nuryani & Hadipoentyanti, 1994). Nilam jawa yang kadar minyaknya $< 2,0 \%$ dan berkualitas rendah tetap diusahakan karena jenis nilam ini toleran terhadap nematoda, sedangkan nilam aceh tidak tahan nematoda (Nuryani *et al.*, 2001a & 2001b).



Gambar 2.2 Daun Nilam Jawa
Sumber : Swasanti. 2013

Minyak nilam dapat diperoleh dengan cara tiga macam, yaitu (1) direbus, (2) dikukus, dan (3) penyulingan dengan uap langsung. Minyak nilam atau yang disebut *patchouli oil* digunakan sebagai bahan baku pengikat (fiksatif) dari kandungan

utamanya patchouli alcohol ($C_{15}H_{26}$) dan sebagai bahan untuk wewangian (Parfum) agar aroma keharumannya bertahan lebih lama. Selain itu, minyak nilam digunakan sebagai salah satu bahan campuran produk kosmetik (di antaranya untuk pembuatan sabun, pasta gigi, sampo, lotion dan deodorant), kebutuhan industri makanan (di antaranya untuk essence atau penambah rasa), kebutuhan farmasi (untuk pembuatan obat anti radang, antifungi, antiserangga, serta dekongestan), kebutuhan aroma terapi, bahan baku compound dan pengawet barang, serta berbagai kebutuhan industri lainnya (Mangun, 2008).

Minyak nilam mempunyai banyak keunggulan. Selain bermanfaat bagi berbagai ragam kebutuhan industri, masa panen tanaman nilam relatif singkat dan pengendalian tanaman relative mudah dan potensi pasarnya sudah jelas. Pola perdagangan minyak nilam tidak terkena kuota ekspor dan sampai saat ini belum ditemukan bahan sintetis atau bahan pengganti yang dapat menyamai manfaat minyak nilam ini. Oleh sebab itu, kondisi dan potensi minyak nilam tersebut merupakan basic power (Mangun, 2008). Standar mutu minyak nilam belum seragam untuk seluruh dunia, karena setiap negara penghasil dan pengeksport menentukan standar mutu minyak nilam sendiri, misalnya standar mutu minyak nilam dari Indonesia (SNI 06-2385-1998) Spesifikasi minyak nilam menurut SNI dapat dilihat Tabel 2.2

Tabel 2.2 Standar Mutu Minyak Nilam Indonesia berdasarkan SNI- 06-2385-2006

No	Jenis Uji	Satuan	Syarat
1	Warna	-	Kuning muda – coklat kemerahan
2	Bobot Jenis 25°C/25 °C	-	0,950 – 0,975
3	Indeks bias (nD20)	-	1,507 – 1,515
4	Kelarutan dalam etanol 90 % pada suhu 20°C ± 3°C	-	Larutan jernih atau opalesensi ringan dalam perbandingan volume 1 :10
5	Bilangan asam	-	Maks. 8
6	Bilangan ester	-	Maks. 20
7	Putaran optic	-	(-)48° – (-)65°
8	<i>Patchoulli Alcohol</i> ($C_{15}H_{26}O$)	%	Min. 30
9	Alpha copaene ($C_{15}H_{24}$)	%	Maximum 0,5
10	Kandungan besi (Fe)	mg/kg	Maxsimum 25

Sumber : Balitro, (2003:18)

1. Bobot Jenis

Berat jenis merupakan salah satu kriteria penting dalam menentukan mutu dan kemurnian minyak atsiri. Nilai berat jenis minyak atsiri didefinisikan sebagai perbandingan antara berat minyak dengan berat air pada volume air yang sama dengan volume minyak pada yang sama pula. Berat jenis sering dihubungkan dengan fraksi berat komponen-komponen yang terkandung didalamnya. Semakin besar fraksi berat yang terkandung dalam minyak, maka semakin besar pula nilai densitasnya. Biasanya berat jenis komponen terpen teroksidasi lebih besar dibandingkan dengan terpen tak teroksidasi (Sastrohamidjojo, 2004)

2. Indeks Bias

Indeks bias merupakan perbandingan antara kecepatan cahaya di dalam udara dengan kecepatan cahaya didalam zat tersebut pada suhu tertentu. Indeks bias minyak atsiri berhubungan erat dengan komponen-komponen yang tersusun dalam minyak atsiri yang dihasilkan. Sama halnya dengan berat jenis dimana komponen penyusun minyak atsiri dapat mempengaruhi nilai indeks biasnya. Semakin banyak komponen berantai panjang seperti sesquiterpen atau komponen bergugus oksigen ikut tersuling, maka kerapatan medium minyak atsiri akan bertambah sehingga cahaya yang datang akan lebih sukar untuk dibiaskan. Hal ini menyebabkan indeks bias minyak lebih besar. Menurut *Guenther*, nilai indeks juga dipengaruhi salah satunya dengan adanya air dalam kandungan minyak nilam tersebut. Semakin banyak kandungan airnya, maka semakin kecil nilai indeks biasnya. Ini karena sifat dari air yang mudah untuk membiaskan cahaya yang datang. Jadi minyak atsiri dengan nilai indeks bias yang besar lebih bagus dibandingkan dengan minyak atsiri dengan nilai indeks bias yang kecil (Sastrohamidjojo, 2004).

3. Putaran Optik

Sifat optik dari minyak atsiri ditentukan menggunakan alat polarimeter yang nilainya dinyatakan dengan derajat rotasi. Sebagian besar minyak atsiri jika ditempatkan dalam cahaya yang dipolarisasikan maka memiliki sifat memutar bidang polarisasi ke arah kanan (dextrorotary) atau ke arah kiri (laevorotary). Pengukuran parameter ini sangat menentukan kriteria kemurnian suatu minyak atsiri (Sastrohamidjojo, 2004)

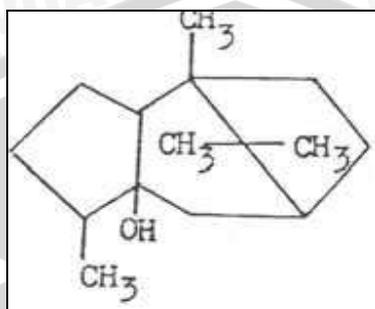
4. Bilangan Asam

Bilangan asam menunjukkan kadar asam bebas dalam minyak atsiri. Bilangan asam yang semakin besar dapat mempengaruhi terhadap kualitas minyak atsiri. Yaitu senyawa-senyawa asam tersebut dapat merubah bau khas dari minyak atsiri. Hal ini dapat disebabkan oleh lamanya penyimpanan minyak dan adanya kontak antara minyak atsiri yang dihasilkan dengan sinar dan udara sekitar ketika berada pada botol sampel minyak pada saat penyimpanan. Karena sebagian komposisi minyak atsiri jika kontak dengan udara atau berada pada kondisi yang lembab akan mengalami reaksi oksidasi dengan udara (oksigen) yang dikatalisi oleh cahaya sehingga akan membentuk suatu senyawa asam. Jika penyimpanan minyak tidak diperhatikan atau secara langsung kontak dengan udara sekitar, maka akan semakin banyak juga senyawa-senyawa asam yang terbentuk. Oksidasi komponen-komponen minyak atsiri terutama golongan aldehid dapat membentuk gugus asam karboksilat sehingga akan menambah nilai bilangan asam suatu minyak atsiri. Hal ini juga dapat disebabkan oleh penyulingan pada tekanan tinggi (temperatur tinggi), dimana pada kondisi tersebut kemungkinan terjadinya proses oksidasi sangat besar. Bilangan asam adalah ukuran dari asam lemak bebas, serta dihitung berdasarkan berat molekul dari asam lemak atau campuran asam lemak. Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah milligram KOH 0,1N yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak (Sastrohamidjojo, 2004)

5. Kelarutan dalam Alkohol

Telah diketahui bahwa alkohol merupakan gugus OH. Karena alkohol dapat larut dengan minyak atsiri maka pada komposisi minyak atsiri yang dihasilkan tersebut terdapat komponen-komponen terpen teroksigenasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan *Guenther* bahwa kelarutan minyak dalam alkohol ditentukan oleh jenis komponen kimia yang terkandung dalam minyak. Pada umumnya minyak atsiri yang mengandung persenyawaan terpen teroksigenasi lebih mudah larut daripada yang mengandung terpen. Makin tinggi kandungan terpen makin rendah daya larutnya atau makin sukar larut, karena senyawa terpen tak teroksigenasi merupakan senyawa nonpolar yang tidak mempunyai gugus fungsional. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin kecil kelarutan minyak atsiri pada alkohol (biasanya alkohol 90%) maka kualitas minyak atsirinya semakin baik (Sastrohamidjojo, 2004)

Minyak nilam terdiri dari persenyawaan terpen dengan alkohol-alkohol. Aldehid dan ester-ester memberikan bau khas misalnya patchouli alkohol. Patchouli alkohol merupakan senyawa yang menentukan bau minyak nilam dan merupakan komponen yang terbesar. Komponen penyusun dari minyak nilam adalah benzaldehid, karyofilen, patchoulena, bulnesen dan patchouli alkohol (Ketaren, 1985). Ditunjukkan pada gambar 2.3, struktur *Patchoulli alcohol* menurut W.Treibs (1949) adalah:



Gambar 2.3. Struktur rantai molekul *Patchoulli alcohol*
Sumber : Baser dan Buchbauer (2010:137)

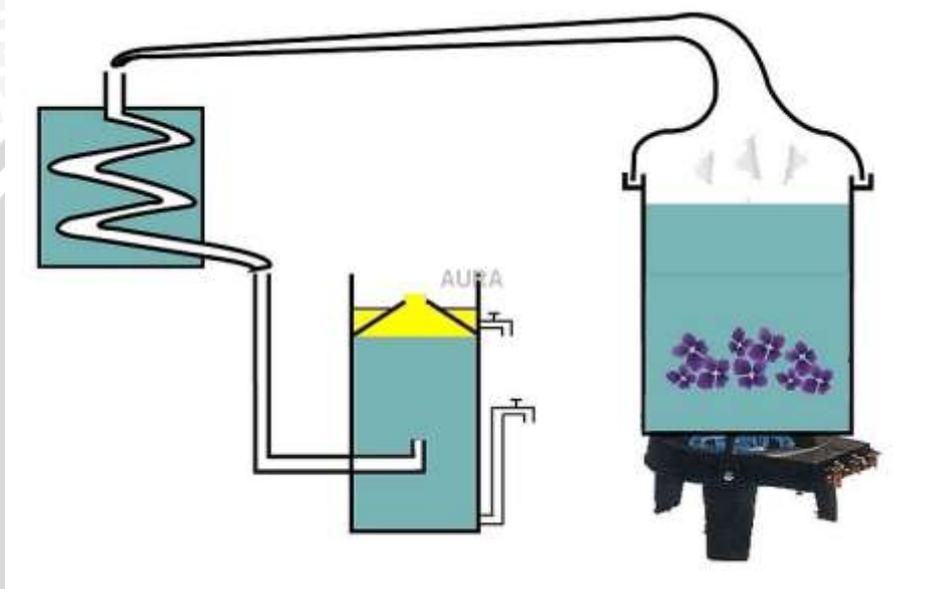
2.4 Distilasi

Distilasi adalah suatu metode pemisahan campuran yang digunakan untuk memisahkan zat-zat penyusun suatu campuran yang berupa larutan. Cara melakukan distilasi adalah dengan cara mendidihkan dan kemudian mendinginkan. Pertama campuran yang dipisahkan dipanaskan sampai titik didih zat yang akan dilakukan pemisahan. Karena zat yang akan dipisahkan mempunyai titik didih yang lebih rendah daripada larutan. Zat tersebut akan menguap lebih dahulu. Uap dari zat tersebut lalu didinginkan sehingga menjadi cairan yang diinginkan. Cara yang sudah sering dilakukan untuk merusak sel-sel daun adalah dengan mencacah dan mengeringkan daun sebelum proses distilasi, namun cara ini hanya merusak sel secara makro. Menurut penelitian, pengeringan secara konvensional dapat mengakibatkan penyusutan jaringan terluar yang mengakibatkan permeabilitasnya menurun, sehingga cairan dalam sel sulit untuk menguap atau berdifusi keluar (Tsuruta dan Hayashi, 2006). Menurut Ketaren (1985), ada tiga cara distilasi daun nilam yaitu :

2.4.1 Metode Distilasi Air (*Hydro Distillation*)

Metode ini adalah metode tertua dan paling umum dari ekstraksi minyak atsiri karena ekonomis dan aman. Metode ini kebanyakan digunakan kebanyakan untuk produksi minyak atsiri dengan skala kecil. Pada distilasi air, tanaman direndam dalam air mendidih secara langsung. Tanaman dibiarkan mengapung di dalam air tersebut dan

langsung dikontakkan secara langsung dengan api. Permasalahan dalam metode *Hydro Distillation* adalah sulitnya mengontrol pemanasan karena pembakarannya yang masih menggunakan kayu. Hal ini dapat menyebabkan terlalu panas dan terbakarnya tanaman itu sendiri. Seperti dilihat pada gambar 2.4 prinsip kerjanya adalah ketel diisi air sampai hampir separuh volume tangki baru dipanaskan. Kemudian tanaman dimasukkan sebelum air di dalam ketel mendidih. Hasil uap dari pemanasan dialirkan melalui kondensor agar mengembun yang kemudian cairan itu dikumpulkan pada satu wadah.



Gambar 2.4. Instalasi *Hydro Distillation*
Sumber : *Aura*. 2014

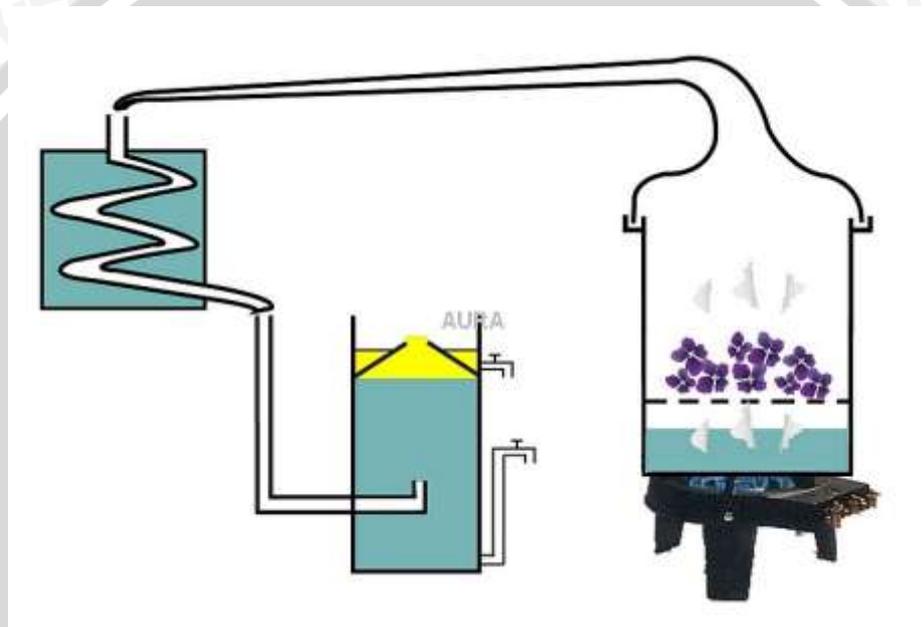
2.4.2 Penyulingan dengan Air dan Uap (*Water and Steam Distillation*)

Untuk menghilangkan kelemahan metode distilasi air, maka dikembangkanlah modifikasi teknik lain untuk distilasi yang disebut dengan *water and steam distillation* atau disebut juga distilasi uap basah. Dapat dilihat pada gambar 2.5 pada proses *Water and Steam Distillation* tanaman diletakkan di atas rak atau saringan berlubang yang mana di bawahnya ada air yang mendidih. Kontak secara langsung antara tanaman dan dasar tungku pemanas harus dihindari. Air dapat dipanaskan dengan berbagai cara yaitu dengan uap jenuh yang basah dan bertekanan rendah (Guenther, 1987). Sedangkan untuk faktor yang mempengaruhi difusi uap melalui bahan baku dan kalenjar minyak ditentukan oleh :

- Kepadatan bahan dalam ketel penyulingan
- Temperatur dan tekanan uap
- Berat jenis dan kadar air bahan

d. Berat molekul dari komponen kimia dalam minyak.

Keunggulan menggunakan metode ini adalah dihasilkannya minyak yang tinggi serta hasil yang produksi minyak yang lebih tinggi pula. Untuk masalah waktu, metode ini memerlukan waktu yang relatif lebih cepat dibanding metode lainnya. Keunggulan lainnya adalah penggunaan bahan bakar yang lebih hemat dikarenakan waktunya yang lebih cepat. Karena konstruksi yang sangat sederhana, murah dan pengoperasian yang mudah, penyulingan ini sangat populer dengan produsen minyak atsiri di negara berkembang. Umumnya produksi dengan metode ini memiliki kapasitas untuk menahan 100 kg sampai 2000 kg bahan tanaman.

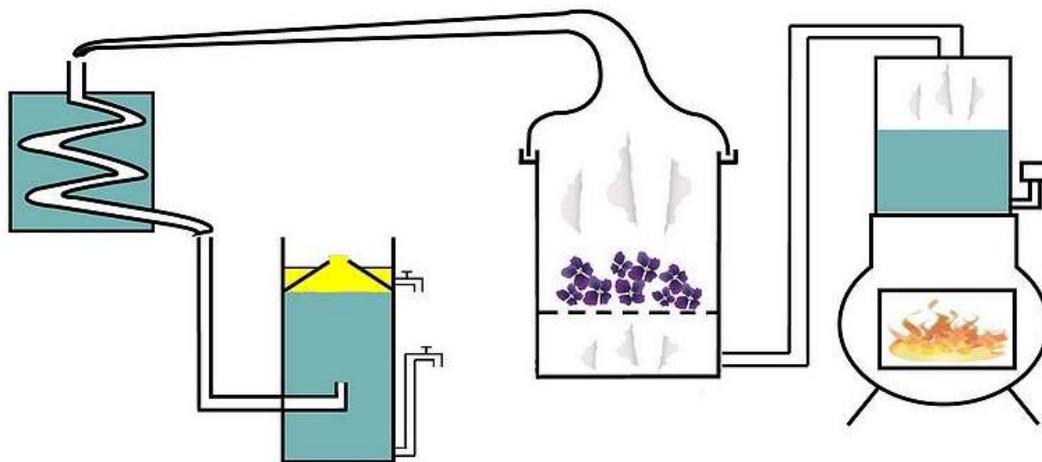


Gambar 2.5. Instalasi *Water and Steam Distillation*
Sumber : *Aura*. 2014

2.4.3 Distilasi Uap (*Steam Distillation*)

Metode *steam distillation* adalah salah satu metode destilasi yang paling banyak digunakan untuk mengekstraksi minyak atsiri dalam skala produksi yang besar. Seperti pada gambar 2.6 uap pada metode ini dihasilkan dari *boiler* yang berasal dari luar ruang tangki. Uap yang digunakan adalah uap jenuh atau *superheated steam* pada tekanan lebih dari 1 atm. Uap dialirkan melalui pipa yang terletak di bawah bahan, dan uap bergerak ke atas melalui bahan yang terletak di atas saringan (Guenther, 1987). Dengan temperatur yang tinggi hal ini sangat menguntungkan digunakan untuk tanaman yang memerlukan titik didih yang tinggi, seperti kayu dan akar. Keuntungan dari metode

steam distillation adalah kita dapat mengganti tanaman yang diekstraksi dengan mudah tanpa harus mengurus masalah air pula.



Gambar 2.6. *Steam Distillation*

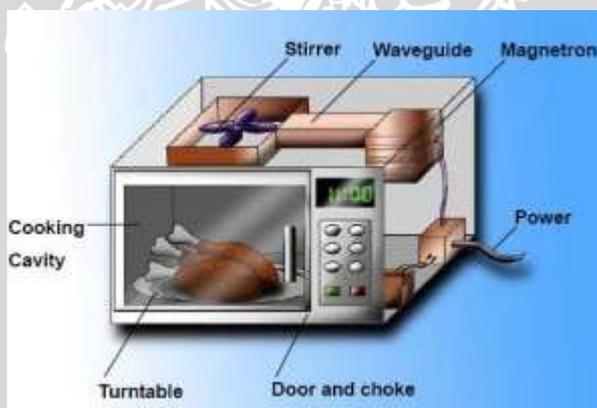
Sumber : *Aura*. 2014

2.5 Gelombang Mikro

Microwave oven adalah oven yang menggunakan bantuan microwave (gelombang mikro) untuk memasak makanan. Sebenarnya gelombang ini merupakan gelombang radio, tetapi panjang gelombangnya lebih kecil dari gelombang radio biasa. Panjang gelombangnya termasuk ultra-short (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro. Dari sinilah lahir istilah microwave. Gelombang mikro adalah salah satu gelombang radio dengan frekuensi tinggi dengan rentang 300-300000 MHertz (Wujie, 2003). *Microwave* bekerja dengan cara melewatkan radiasi gelombang mikro pada molekul air, lemak, maupun gula yang sering terdapat pada material. Molekul-molekul akan menyerap energi elektromagnetik tersebut atau disebut pemanasan dielektrik (*dielectric heating*). Molekul molekul pada tanaman bersifat elektrik dipol (*electric dipoles*), dengan maksud memiliki molekul dengan muatan negatif pada satu sisi dan muatan positif pada sisi yang lain. Akibatnya, dengan medan elektrik yang berubah-ubah yang diinduksikan melalui gelombang mikro pada masing-masing sisi akan berputar untuk saling mensejajarkan diri satu sama lain. Pergerakan molekul ini akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antara molekul yang satu dengan molekul lainnya. Energi panas yang dihasilkan oleh peristiwa inilah yang

berfungsi sebagai agen pemanasan bahan makanan di dalam dapur microwave (Kingston , 1997).

Menurut Fuller (1990) dalam Yuniarti (2007), salah satu sifat dari gelombang mikro (microwave) adalah mudah diserap oleh molekul air atau material yang mengandung air. Kayu dengan kandungan air cukup tinggi dapat menyerap gelombang mikro dalam jumlah besar sehingga akan timbul panas dan tekanan dalam kayu. Penggunaan gelombang mikro yang dikontrol dapat mengeringkan kayu dengan cepat dan seragam dibandingkan dengan cara konvensional (Saltiel et al.,1995 dalam Yuniarti, 2007). Panas yang ditimbulkan umumnya berasal dari dalam kayu sehingga ruangan tempat mengeringkan tidak perlu dipanaskan (Roussy dan Pearce, 1995 dalam Yuniarti, 2007). Kelemahannya, kayu dapat mengalami kerusakan struktur apabila intensitas yang diberikan tinggi. Ini pernah terjadi pada penelitian pengolahan kayu dengan teknologi gelombang mikro menggunakan aplikator terowong (*wave guide*) yang tengah dikembangkan Australia. Agar pemanfaatan gelombang mikro dapat dilakukan secara efektif, pemahaman mengenai perubahan pada waktu yang diolah dengan gelombang ini perlu diketahui terlebih dahulu.



Gambar 2.7 Bagian-bagian *microwave*

Sumber : Utami. 2010

Seperti pada gambar 2.7 ,terdapat bagian-bagian utama di dalam *microwave*, terdapat magnetron yaitu sebuah tabung vakum elektronik yang menghasilkan pancaran gelombang radio yang sangat pendek (*microwave*). Gelombang tersebut dipancarkan ke *stirrer*, *stirrer* adalah sebuah kincir yang terbuat dari logam atau pengaduk. *Stirrer* ini berputar selama magnetron memancarkan gelombang radio sehingga gelombang radio tersebut terpancarkan dan terdistribusi secara merata ke dalam ruang masak dari *microwave*. Dalam ruang masak, gelombang *microwave* yang sudah didistribusikan

akan mengubah arah molekul-molekul bahan makanan (terutama air). Perubahan tersebut terjadi dengan sangat cepat yaitu sekitar 2450 megahertz atau 2,45 milyar siklus perdetik. Perubahan sedemikian cepat menimbulkan panas yang akhirnya memasak makanan tersebut. *Microwave* memasak makanan dengan cepat karena panas langsung ditimbulkan di dalam makanan itu sendiri, berbeda dengan *oven* konvensional yang cuma memanaskan dinding tempat makanan dan udara di sekitarnya.

Pada proses distilasi minyak nilam, *microwave* digunakan untuk mempercepat proses distilasi, sehingga akan diperoleh minyak atsiri dengan waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan cara konvensional atau tanpa menggunakan *microwave*. *Microwave* dapat memaksa kalenjar sel-sel di dalam daun agar lebih cepat keluar dari daun. Sel yang dipaksa tersebut akan membutuhkan waktu lebih cepat daripada proses distilasi tanpa adanya proses pemaksaan dari gelombang mikro. Sel minyak tersebut akan berdifusi dengan molekul uap yang nantinya akan didinginkan melewati kondenser agar berubah bentuk ke fase cair berupa minyak.

Perpindahan panas yang terjadi pada *microwave* adalah sebagai berikut :

1. Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas dari suatu bagian benda ke bagian benda lainnya pada benda yang sama, atau dari satu benda ke benda lainnya dengan adanya kontak fisik. Pada *microwave* proses konduksi terjadi karena adanya kontak langsung dengan sumber panas, papan yang langsung bersentuhan dengan panas papan lainnya.

2. Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas dari satu titik ke titik lainnya dalam suatu fluida, gas, atau cairan melalui pergerakan campuran fluida yang memiliki perbedaan suhu dan identitas. Konveksi pada *microwave* terjadi ketika uap panas naik atau uap berputar di dalam ruangan tertutup seperti oven. Panas uap ini akan memanaskan bagian dalam maupun luar tanaman

3. Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas dari suatu benda ke benda lainnya, tanpa adanya kontak fisik, melalui gerakan gelombang. Radiasi pada *microwave* terjadi ketika adanya gelombang elektromagnetik yang membuat molekul-molekul air bergerak. Pada perpindahan panas secara radiasi terjadi paling mendominasi, dikarenakan dengan menggunakan tombol pengatur daya, kita bisa menambahkan daya radiasi ke dalam tungku *microwave*.

2.6 Hipotesis

Semakin besar daya yang digunakan pada *microwave steam distillation* sehingga proses distilasi menghasilkan volume minyak atsiri semakin cepat terjadi, dikarenakan kenaikan temperatur yang semakin cepat, maka proses yang dilakukan semakin cepat pula.



BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang akan digunakan di dalam penelitian ini adalah metode *true experimental research* atau disebut penelitian nyata. Jenis penelitian ini dapat dipergunakan untuk memperoleh data sebab akibat melalui eksperimen guna mendapatkan data empiris yang secara langsung digunakan ke obyek yang akan diteliti.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September 2014 sampai selesai. Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laboratorium Motor Bakar dan Laboratorium Otomasi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan harganya dapat diubah-ubah dengan metode tertentu untuk mendapatkan nilai variabel terikat dari obyek penelitian, sehingga dapat diperoleh hubungan antara keduanya. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah daya *microwave* distilasi, yaitu sebesar, 140 Watt, 280 Watt, 420 Watt, 560 Watt dan tanpa daya *microwave*.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah volume minyak atsiri yang dihasilkan, rendemen yang dihasilkan dan waktu distilasi.

3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya ditentukan peneliti dan dikondisikan konstan. Dalam penelitian ini variabel terkontrolnya adalah 200 gram daun nilam kering dengan kadar air 17-22,5%, daun nilam kering dicacah ± 2 cm, dan air boiler 5 liter.

3.3 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. *Microwave*

Microwave dengan pemanfaatan radiasi gelombang mikro digunakan sebagai pemanas.

Spesifikasi *microwave* yang digunakan :

Daya input : 1000 Watt

Daya output : 120 Watt, 240 Watt, 360 Watt, 480 Watt, 700 Watt

Frekuensi : 2450 MHz

Kapasitas : 20 Liter

b. Boiler Air

Boiler air digunakan untuk tempat memanaskan air agar menghasilkan *steam*. *Steam* ini akan dialirkan ke dalam *microwave*.

c. *Data Logger*

Data Logger digunakan untuk mengukur suhu uap dari dalam *microwave* yang terhubung dengan termokopel.

d. Termokopel tipe K

Termokopel merupakan sensor yang digunakan untuk mengubah suatu besaran fisik berupa temperatur menjadi bentuk elektris berupa beda potensial, termokopel yang digunakan dalam penelitian ini adalah termokopel tipe K.

e. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan sebagai penampung minyak nilam hasil destilasi sekaligus sebagai pengukur volume minyak nilam.

f. Bak penampung air

Bak penampung air digunakan sebagai penampung air dingin yang akan dialirkan ke kondensor dengan bantuan pompa.

Spesifikasi bak penampung air :

- Kapasitas : 16 liter

g. Kondensor kaca

Kondensor kaca berfungsi sebagai heat exchanger untuk mengubah uap jenuh menjadi cair hasil distilasi.

h. Pompa

Pompa digunakan untuk mengalirkan air pendingin dari bak penampung air ke kondensor yang kemudian kembali lagi ke dalam bak penampung air.

i. Timbangan Digital

Timbangan digital dengan ketelitian dua digit digunakan untuk menimbang massa spesimen untuk pengujian.

j. *Moisture analyzer*

Moisture analyzer digunakan untuk mengukur kadar air pada daun nilam kering.

k. Kompor

Kompor digunakan sebagai pemanas *boiler* untuk menghasilkan *steam*.

l. Bahan Bakar Gas

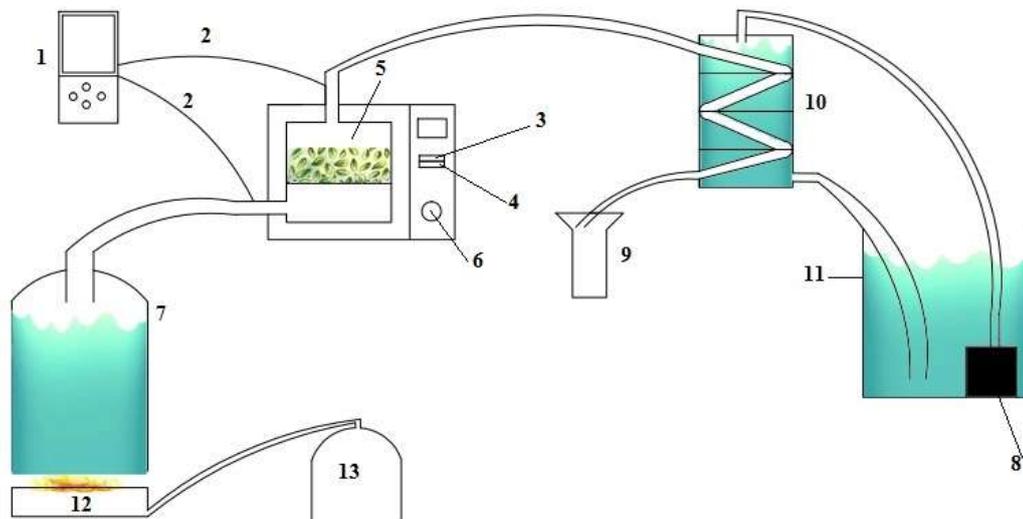
Bahan bakar gas berfungsi sebagai bahan bakar untuk memanaskan *boiler* berupa LPG (*Liquid Petroleum Gas*).

m. Regulator LPG

Regulator LPG digunakan untuk mengatur debit aliran gas yang masuk untuk memanaskan boiler.

3.5 Instalasi Penelitian

Pada gambar 3.1 adalah instalasi distilasi dengan menggunakan metode *Steam microwave distillation*. Alat utama yang digunakan pada instalasi ini adalah *microwave*. Di dalam *microwave*, terdapat wadah plastik sebagai tempat campuran daun nilam dan uap air yang dipisahkan dengan sekat berlubang. *Microwave* dimodifikasi dengan memberikan lubang saluran pada bagian atas dan samping, kemudian lubang saluran tersebut diberi pipa yang terbuat dari kaca. Kemudian salah satu pipa kaca dihubungkan dengan selang yang terhubung dengan saluran masuk kondensor spiral yang terbuat dari kaca. Sedangkan pada lubang pipa lainnya diberikan pipa dari kaca yang berfungsi sebagai sambungan dari *boiler* ke *microwave* sebagai tempat mengalirkan *steam*. *Boiler* diisi dengan air yang dipanaskan dengan kompor berbahan bakar gas LPG, sehingga air dapat berubah wujud menjadi *steam*. Alat yang lainnya adalah bak penampung air yang digunakan sebagai penampung air dingin yang akan dialirkan ke kondensor dengan bantuan pompa. Kemudian Digital Multimeter dihubungkan dengan termokopel yang sensornya berada di dalam wadah plastik yang akan mengukur temperatur *steam*.



Gambar 3.1 Skema Gambar Instalasi Penelitian *Steam Microwave Distillation*

Keterangan gambar :

1. *Data Logger*
2. Termokopel tipe K
3. Pengatur daya *microwave*
4. Pengatur *timer*
5. Tempat daun nilam
6. Panel *start*
7. *Boiler* air
8. Pompa
9. Gelas ukur
10. Kondensor kaca
11. Wadah plastik berisi air pendingin
12. Kompor gas
13. Bahan bakar gas

3.6 Prosedur Penelitian

a. Prosedur penelitian meliputi persiapan yaitu :

1. Menimbang daun

Daun nilam kering dipisahkan dari batangnya maupun pengotor, kemudian ditimbang menggunakan timbangan elektrik sampai sebesar 100 gram.

2. Pemotongan daun

Agar kontak dengan gelombang mikro semakin banyak maka daun nilam kering yang sudah ditimbang sebesar 100 gram kemudian dipotong potong ± 2 cm.

3. Pengujian kadar air

Setelah daun dipotong kemudian diambil beberapa lembar potongan daun untuk diuji kadar air yang terkandung pada daun nilam kering tersebut menggunakan *moisture analyzer*.

4. Menyiapkan instalasi penelitian

Sebelum melakukan penelitian menyiapkan alat penelitian, dan menyusun rangkaian alat penelitian apakah sudah sesuai dengan skema alat penelitian.

5. Pengecekan instalasi penelitian

Setelah instalasi alat disiapkan, instalasi kembali dicek apakah ada kesalahan dalam memasang alat penelitian agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan dalam melakukan penelitian.

b. Proses destilasi

1. Panaskan boiler sampai dengan suhu 95°C .

2. Daun yang telah dicacah dimasukkan ke dalam wadah kemudian dimasukkan ke dalam *microwave*, lalu tutup *microwave*.

3. Mengatur daya *microwave* sesuai dengan variasi lalu atur waktu destilasi pula pada *microwave*, lalu tekan tombol *start*.

4. Menyalakan pompa untuk mengalirkan air pendingin pada kondensor kaca.

5. Mencatat volume minyak nilam pada penampungan minyak setiap 10 menit sampai jumlah minyak nilam tidak bertambah lagi.

6. Matikan *microwave*

7. Ambil minyak menggunakan suntikan untuk dipindahkan ke dalam botol sampel.
8. Bersihkan alat dan wadah untuk digunakan dengan variasi yang berbeda.

c. Pengujian nilai rendemen

1. Botol sampel kosong diletakkan diatas timbangan elektrik sampai keadaan stabil, kemudian timbangan elektrik di nol kan.
2. Mengambil minyak nilam menggunakan suntikan 1 cc sesuai dengan pertambahan waktu 20 menit untuk dipindahkan ke botol sampel.
3. Mencatat berat minyak nilam yang terdapat pada timbangan elektrik.
4. Menghitung nilai rendemen dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat minyak nilam}}{\text{berat spesimen uji}} \times 100\%$$

Keterangan satuan :

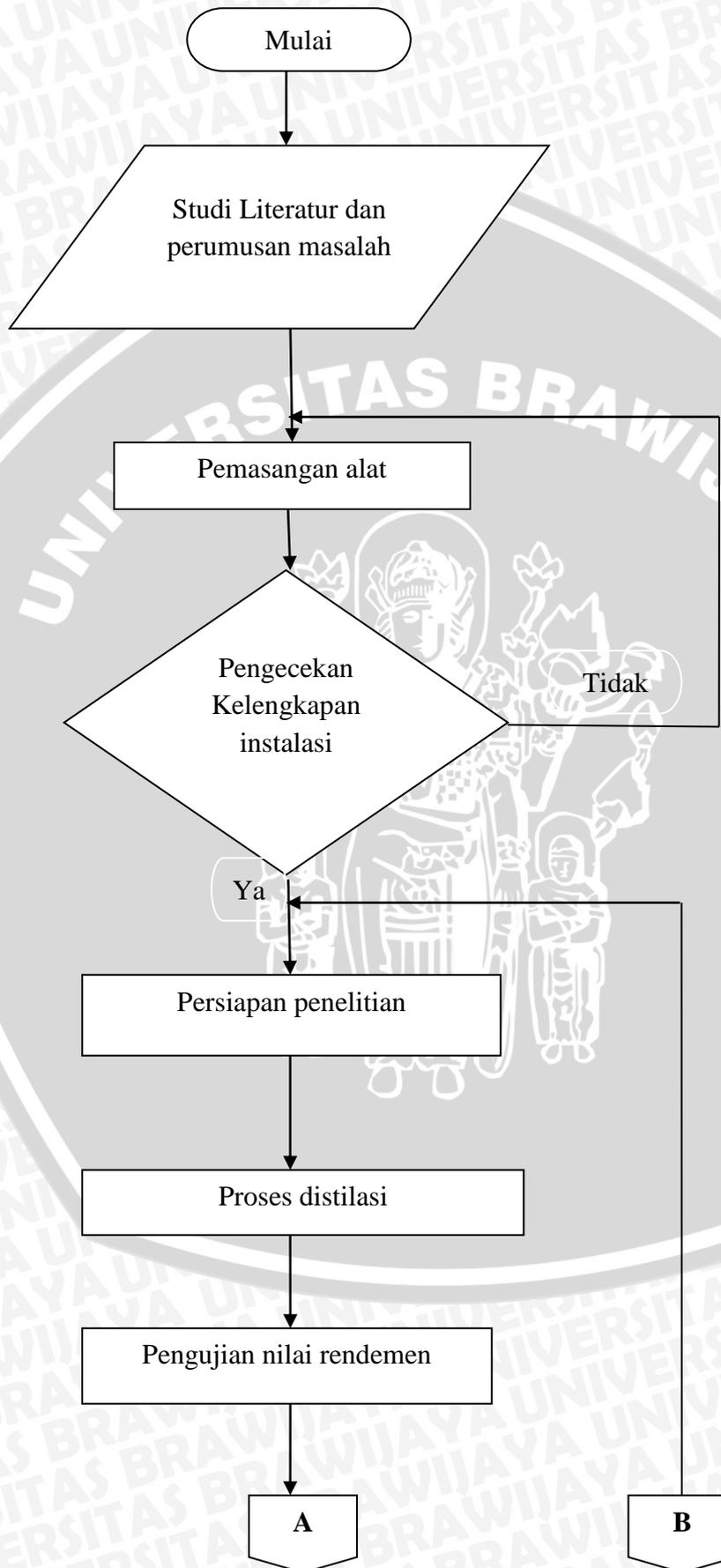
Rendemen = (%)

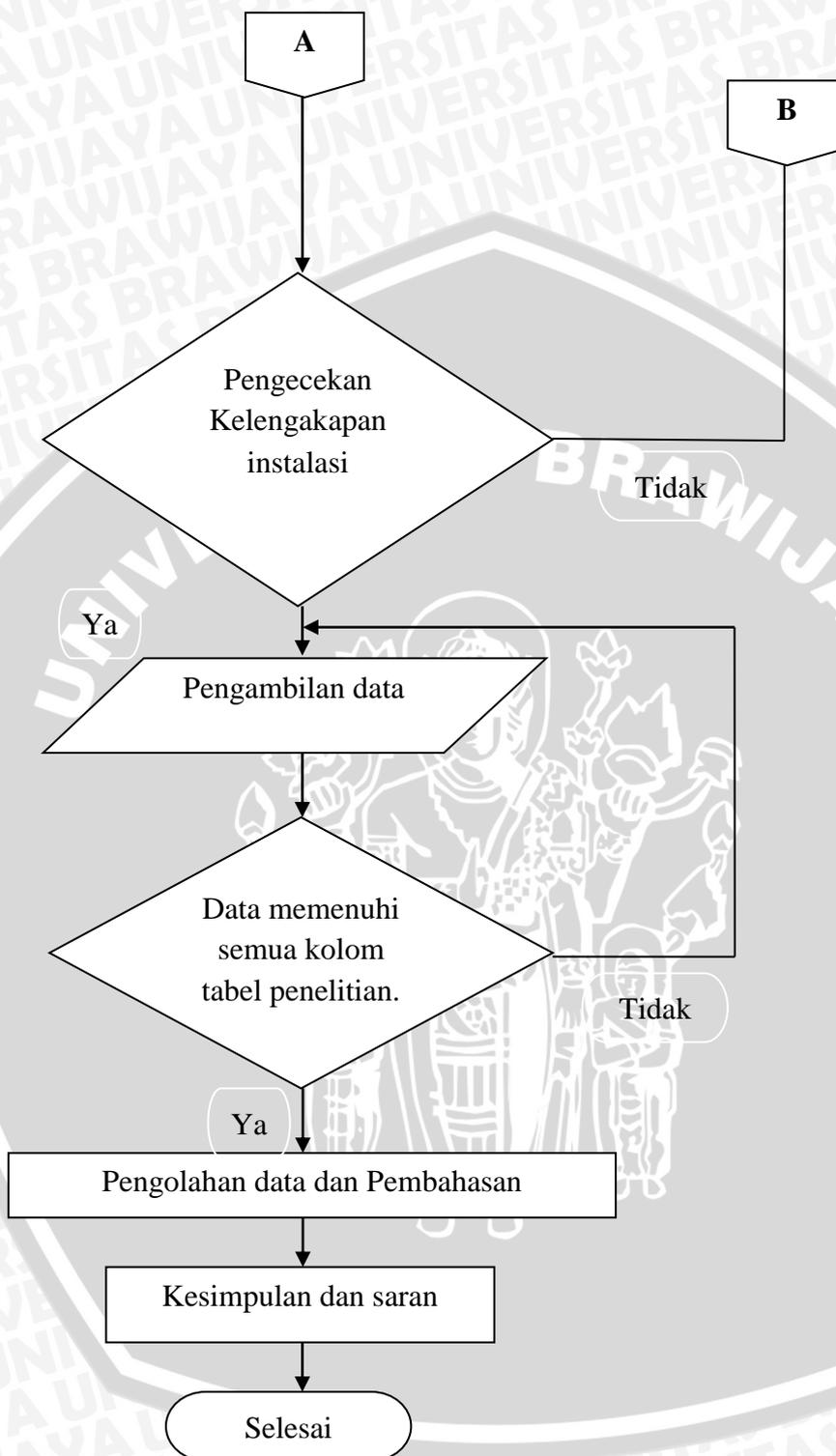
Berat minyak nilam = (gram)

Berat spesimen uji = (gram)



3.7 Diagram Alir Penelitian





BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Penelitian dengan Metode *Microwave Steam Distillation*

Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan metode *microwave steam distillation* dengan berbagai variasi daya yang telah ditentukan tungku gelombang mikro telah menghasilkan beberapa data. Data penelitian dengan menggunakan metode *microwave steam distillation* yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.1; 4.2; 4.3; 4.4; dan 4.5

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian *microwave steam distillation* pada Daya 140 Watt

daya : 140 watt				
waktu (menit)	minyak (ml)	berat (gr)	rendemen (%)	PH
0	0	0	0	
10	0,8	0,64	0,64	
20	1,2	0,96	0,96	
30	1,4	1,12	1,12	
40	1,8	1,44	1,44	
50	2,2	1,76	1,92	
60	2,4	1,92	1,92	
70	2,6	2,08	2,08	
80	2,8	2,24	2,24	
90	3,0	2,4	2,4	
100	3,2	2,56	2,56	
110	3,4	2,72	2,72	
120	3,6	2,88	2,88	
130	3,8	3,04	3,04	
140	4	3,2	3,2	
150	4	3,2	3,2	
160	4	3,2	3,2	
170	4	3,2	3,2	

5

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian *microwave steam distillation* pada Daya 280 Watt

daya : 280 watt

waktu (menit)	minyak (ml)	berat (gr)	rendemen (%)	PH
0	0	0	0	
10	0,4	0,32	0,32	
20	1,2	0,96	0,96	
30	2	1,6	1,6	
40	2,4	1,92	1,92	
50	2,8	2,24	2,24	
60	3,2	2,56	2,56	
70	3,2	2,56	2,56	
80	3,4	2,72	2,72	
90	3,4	2,72	2,72	
100	3,6	2,88	2,88	
110	3,7	2,96	2,96	
120	4	3,2	3,2	
130	4,2	3,36	3,36	
140	4,2	3,36	3,36	
150	4,2	3,36	3,36	
160	4,2	3,36	3,36	

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian *microwave steam distillation* pada Daya 420 Watt

daya : 420 watt

waktu (menit)	minyak (ml)	berat (gr)	rendemen (%)	PH
0	0	0	0	
10	0,6	0,48	1,48	
20	2	1,6	1,6	
30	2,2	1,76	1,76	
40	3	2,4	2,4	
50	3,4	2,72	2,72	
60	3,8	3,04	3,04	
70	4	3,2	3,2	
80	4,4	3,52	3,52	
90	4,8	3,84	3,84	
100	5	4	4	
110	5,2	4,16	4,16	
120	5,4	4,16	4,16	
130	5,4	4,16	4,16	
140	5,4	4,16	4,16	

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian *microwave steam distillation* pada Daya 560 Watt

daya : 560 watt

waktu (menit)	minyak (ml)	berat (gr)	rendemen (%)	PH
0	0	0	0	
10	0,6	1,48	1,48	
20	2,6	2,08	2,08	
30	2,8	2,24	2,24	
40	3	2,4	2,4	
50	3,2	2,56	3,56	
60	3,4	2,72	3,73	5
70	3,8	3,04	3,04	
80	3,8	3,04	3,04	
90	3,8	3,04	3,04	
100	3,8	3,04	3,04	
110	3,8	3,04	3,04	
120	3,8	3,04	3,04	

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian *microwave steam distillation* pada Daya 0 Watt

daya : 0 watt

waktu (menit)	minyak (ml)	berat (gr)	rendemen (%)	PH
0	0	0	0	
10	0,2	0,16	0,16	
20	0,4	0,32	0,32	
30	0,6	0,48	0,48	
40	1,0	0,8	0,8	
50	1,4	1,12	1,12	
60	1,8	1,44	1,44	
70	2,2	1,76	1,76	
80	2,6	2,08	2,08	
90	3,0	2,4	2,4	
100	3,2	2,56	2,56	5
110	3,3	2,64	2,64	
120	3,4	2,72	2,72	
130	3,6	2,88	2,88	
140	3,8	3,04	3,04	
150	3,8	3,04	3,04	
160	3,9	3,12	3,12	
170	4	3,2	3,2	
180	4	3,2	3,2	
190	4	3,2	3,2	
200	4	3,2	3,2	

Tabel 4.6 Data Temperatur pada Masuk dan Keluar Tungku Gelombang Mikro

waktu (menit)	Temperatur distilasi									
	0		140		280		420		560	
	in (°C)	out (°C)	in (°C)	out (°C)	in (°C)	out (°C)	in (°C)	out (°C)	in (°C)	out (°C)
0	95.26	36.01	95.65	36.01	95.01	37.52	95.08	35.25	95.06	30.48
10	95.6	96.76	96.74	99.68	95.94	99.03	96.28	98.93	94.36	98.84
20	95.21	96.35	96.82	98.49	96.22	99.26	97.56	99.28	95.34	99.85
30	95.32	95.85	97.16	99.06	96.74	99.62	97.06	99.01	94.56	99.87
40	95.25	96.71	97.31	99.19	96.99	99.67	96.2	98.79	95.81	99.8
50	96.41	96.4	98.05	99.37	97.35	99.57	96.35	99.23	95.38	99.24
60	95.73	96.47	97.97	99.47	97.25	99.48	96.72	100.05	96.35	100.2
70	95.65	96.52	98.09	99.55	97.26	99.48	96.61	99.73	96.17	100.08
80	95.14	95.79	97.74	99.36	96.77	99.3	97.14	99.89	96.24	100.03
90	95.31	96.8	97.73	99.33	96.79	99.25	99.29	100.14	96.07	100.13
100	95.76	96.73	98.1	99.44	96.63	99.4	97.67	99.48	96.69	100.3
110	96.51	95.63	98.29	99.69	96.97	99.3	96.73	100.05	96.56	100.35
120	95.54	95.89	98.33	99.5	96.83	99.36	97.93	100.15	96.24	100.06
130	95.46	95.53	98.4	99.59	96.93	99.25	97.86	99.25		
140	95.94	96.69	98.58	99.68	96.9	99.21	97.63	100.23		
150	96.2	96.53	98.32	99.57	96.77	99.2	97.25	100.12		
160	95.3	96.41	98.27	99.49	97.27	99.19				
170	95.43	96.62	98.38	99.56						
180	95.25	96.13								
190	96.39	96.85								
200	95.87	96.12								

Tabel 4.7 Data Hasil Perhitungan Energi *microwave steam distillation*

Daya (Watt)	Waktu (min)	Waktu (sec)	Energi (kJ)	Energi per ml minyak nilam (kJ/ml)
0	204	12240	0	0
140	177	10620	1486,8	371,7
280	160	9600	2688	640
420	152	9120	3830,4	709,3
560	123	7380	4132,8	737,8

Untuk melakukan distilasi pada proses *microwave steam distillation* ini dibutuhkan energi dari LPG yang digunakan untuk memanaskan *boiler* air untuk menghasilkan uap yang akan masuk ke tungku gelombang mikro. Energi yang dipakai dalam tungku gelombang mikro terdapat pada tabel 4.8 di bawah ini

Tabel 4.8 Data Hasil Perhitungan Energi LPG

Daya Mikrowave	berat LPG		selisih (kg)	LHV (kJ/kg)	Energi (kjoule)	Energi per ml minyak nilam (kJ/ml)
	sebelum (kg)	sesudah (kg)				
0	8	7,6	0,4	46280	18512	4628
140	6	5,66	0,34	46280	15735	3933,75
280	5,5	5,2	0,3	46280	13884	3305,71
420	8	7,75	0,25	46280	11570	2142,6
560	7,7	7,5	0,2	46280	9256	2435,79

4.1.2 Analisa Kebutuhan Energi Distilasi

- Metode *Microwave Distillation*

Contoh Perhitungan

a. Perhitungan Rendemen

1. Nilai rendemen pada daya 420 Watt

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{\text{berat minyak nilam}}{\text{berat spesimen uji}} \times 100\% \\ &= \frac{4,16 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 4,16\% \end{aligned}$$

b. Perhitungan Energi pada *Microwave*

1. Energi pada daya 420 Watt

$$\begin{aligned} E &= P \times t \\ &= 420 \text{ Watt} \times 9120 \text{ sec} \\ &= 420 \frac{\text{Joule}}{\text{Sec}} \times 9120 \text{ Sec} \\ &= 3830,4 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Energi per mili liter minyak nilam pada daya 420 Watt

$$\begin{aligned} \text{Energi per ml minyak nilam} &= \frac{E}{\text{Volume Minyak Nilam}} \\ &= \frac{3830,4 \text{ kJ}}{5,4 \text{ ml}} \\ &= 709,3 \frac{\text{kJ}}{\text{ml}} \end{aligned}$$

- Perhitungan Energi LPG

Contoh Perhitungan

a. Perhitungan Energi

1. Energi pada LPG pada daya 420 watt

$$E = \text{Massa LPG} \times \text{LHV LPG}$$

$$= 0,25 \text{ kg} \times 46280 \text{ kJ/kg}$$

$$= 11570 \text{ kJ}$$

2. Energi per mili liter minyak nilam pada LPG

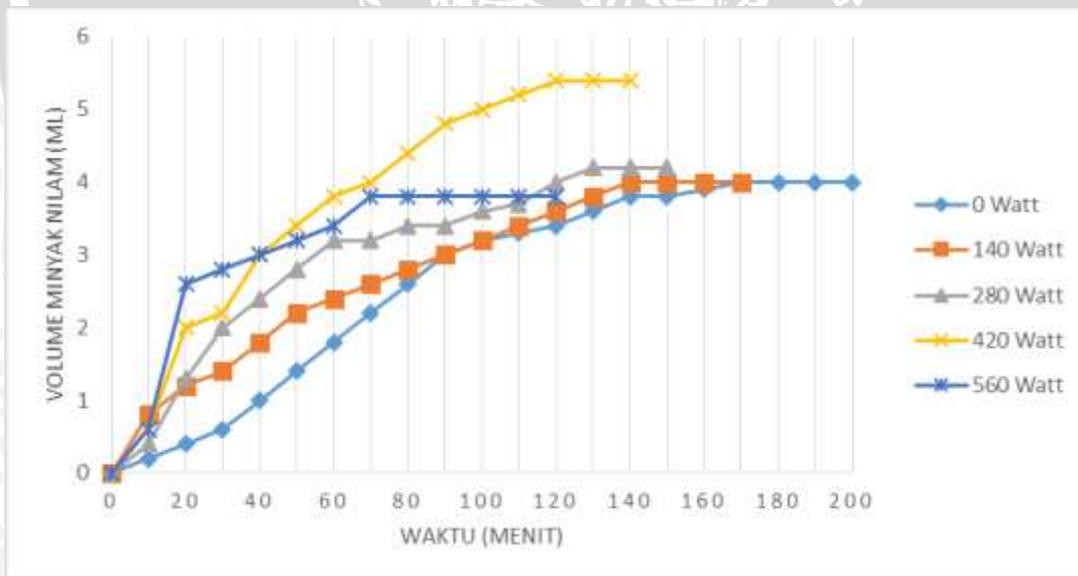
$$\text{Energi per ml minyak nilam} = \frac{E}{\text{Volume Minyak Nilam}}$$

$$= \frac{11570 \text{ kJ}}{5,4 \text{ ml}}$$

$$= 2142,6 \frac{\text{kJ}}{\text{ml}}$$

4.2 Analisa Grafik dan Pembahasan

4.2.1 Analisa Grafik Pengaruh Daya Gelombang Mikro terhadap Volume Minyak Nilam dan Waktu Distilasi



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Daya Tungku Gelombang Mikro terhadap Volume Minyak Nilam dan Waktu Distilasi

Gambar 4.1 diatas adalah grafik pengaruh daya gelombang mikro terhadap volume minyak nilam dan waktu distilasi. Variasi daya yang digunakan pada grafik

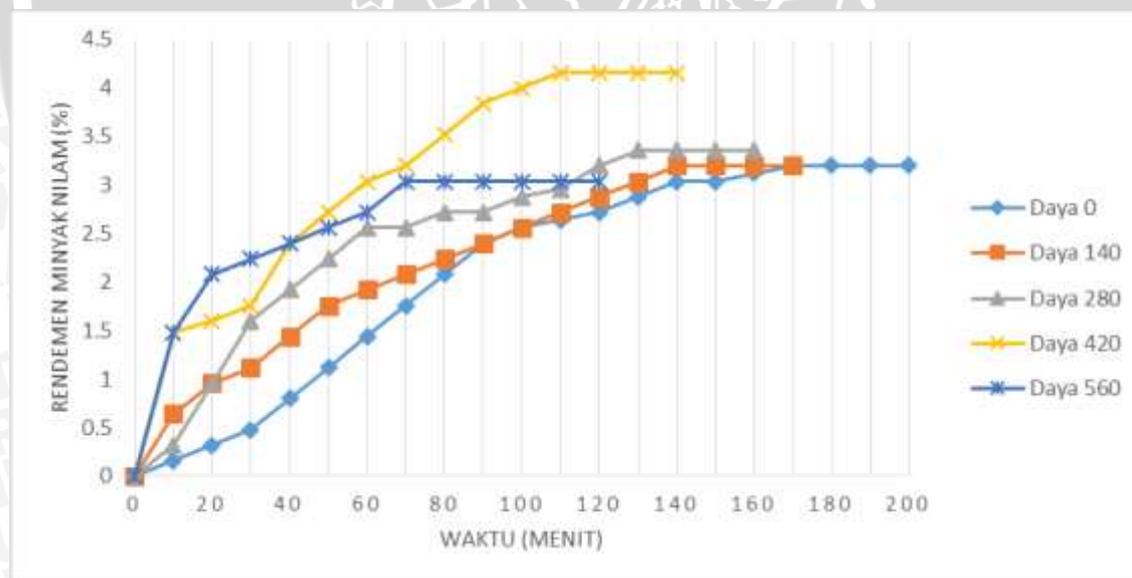
pengaruh daya tungku gelombang mikro terhadap volume minyak nilam dan waktu distilasi yaitu 0 Watt, 140 Watt, 280 Watt, 420 Watt, 560 Watt.

Dengan melihat pada gambar 4.1 mengenai grafik pengaruh daya gelombang mikro terhadap volume minyak nilam dan waktu distilasi dapat kita lihat bahwa dengan metode *microwave steam distillation* pada daya 420 Watt didapat volume minyak nilam paling banyak yaitu sebesar 5,4 ml, sedangkan volume minyak nilam pada daya 560 Watt yang seharusnya mendapat volume paling banyak hanya didapat volume minyak yaitu sebesar 3,8 ml. Tetapi pada daya 560 Watt terlihat pada grafik sampai dengan waktu 30 menit mengalami penambahan volume minyak paling cepat, tetapi setelah melewati waktu 30 menit penambahan volume minyak mulai berkurang, hal ini dikarenakan setelah mendapat temperatur uap air yang tinggi ditambahkan dengan dengan daya radiasi dari tungku microwave dengan daya tinggi sebesar 560 Watt yang hal ini menyebabkan sebagian daun nilam didalam tungku *microwave* ada yang terbakar, dikarenakan daya *microwave* yang tinggi membuat suhu daun terlalu tinggi, sehingga menyebabkan hasil volume minyak nilam yang tidak maksimal pada daya radiasi microwave 560 Watt. Sedangkan untuk metode konvensional yaitu pada 0 Watt didapatkan volume minyak sebanyak 4 ml yang sama dengan hasil 140 Watt yaitu sebanyak 4 ml juga, walaupun sama tapi membutuhkan waktu lebih lama dikarenakan tanpa ada bantuan dari *microwave*. Hal ini sudah sesuai dengan hipotesis dimana Semakin besar daya yang digunakan pada *microwave* pada *steam distillation* menggunakan *microwave* maka semakin cepat proses destilasi terjadi, dikarenakan kenaikan temperatur yang semakin cepat maka volume minyak nilam yang dihasilkan semakin cepat pula. Hal tersebut dikarenakan ketika proses distilasi menggunakan gelombang mikro, minyak yang berada dalam sel-sel daun akan dipaksa keluar dengan menggunakan gelombang mikro, yaitu molekul molekul minyak akan berorientasi menyesuaikan dengan gelombang mikro hingga pada lapisan dalam sel.

Untuk *microwave steam distillation*, pada daya 420 Watt didapat volume minyak nilam paling tinggi yaitu sebesar 5,4 ml. Jika kita lihat volume minyak yang dihasilkan berturut turut dari daya yang paling tinggi ke daya yang paling rendah pada daya 420 Watt, 280 Watt, 140 Watt, 0 Watt dan 560 Watt adalah sebesar 5,4 ml, 4,2 ml, 4 ml, 4 ml, dan 3,8 ml. Hal ini terlihat tidak seharusnya pada daya 560 Watt mendapatkan volume minyak yang paling sedikit. Tetapi hal ini seperti yang dijelaskan pada sebelumnya bahwa pada waktu 30 menit proses distilasi beberapa daun nilam pada

tungku gelombang mikro ada yang hangus sehingga tidak mendapatkan hasil yang maksimal. Sedangkan untuk waktu distilasi berturut turut dari daya *microwave* yang paling tinggi ke daya *microwave* yang paling rendah pada daya 560 Watt, 420 Watt, 280 Watt, 140 Watt, dan 0 Watt adalah sebesar 123 menit, 152 menit, 160 menit, 177 menit dan 204 menit. Menurut hipotesis, semakin besar daya *microwave* maka akan semakin cepat proses distilasinya. Hal ini sudah sesuai dengan hipotesis dimana jika kita mengambil volume minyak nilam yang dihasilkan pada volume yang sama, contoh pada volume minyak nilam 2,6 ml, pada daya 560 Watt volume minyak nilam mencapai 2,6 ml pada menit ke 20, pada daya 420 Watt pada menit ke 40, pada daya 280 Watt pada menit ke 60, pada daya 140 Watt pada menit ke 70, dan pada daya 0 Watt atau konvensional pada menit ke 80. Hal ini dikarenakan semakin besar daya *microwave* maka kenaikan temperatur akan semakin cepat, sehingga proses distilasi akan berjalan semakin cepat.

4.2.2 Analisa Grafik Pengaruh Daya Gelombang Mikro terhadap Rendemen Minyak Nilam dan Waktu Distilasi



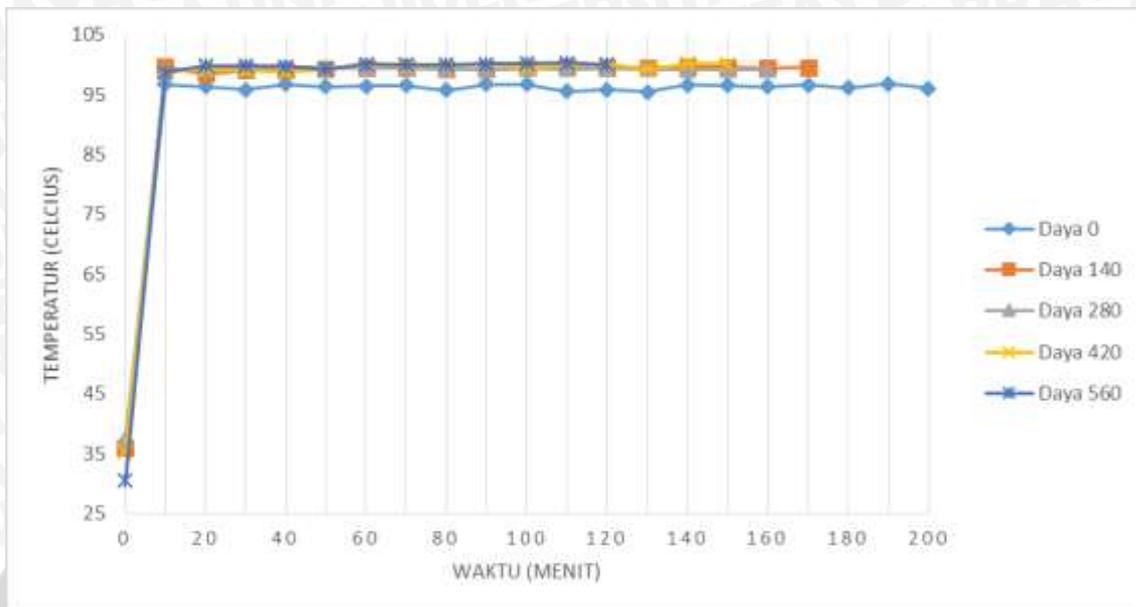
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Daya Gelombang Mikro terhadap Rendemen Minyak Nilam dan Waktu Distilasi

Dari gambar 4.2 grafik diatas adalah grafik pengaruh daya gelombang mikro terhadap rendemen minyak nilam dan waktu distilasi. Variasi daya yang digunakan pada grafik pengaruh daya tungku gelombang mikro terhadap volume minyak nilam dan waktu distilasi yaitu 0 Watt atau konvensional, 140 Watt, 280 Watt, 420 Watt, 560 Watt.

Dengan melihat pada gambar 4.2 grafik pengaruh daya gelombang mikro terhadap rendemen minyak nilam dan waktu distilasi dapat kita lihat bahwa dengan metode *microwave steam distillation* pada daya 420 Watt didapat rendemen minyak nilam paling banyak yaitu sebesar 4,16%, sedangkan rendemen minyak nilam pada daya 560 Watt yang seharusnya mendapat rendemen paling banyak hanya didapat rendemen minyak yaitu sebesar 3,04%. Tetapi pada daya 560 Watt terlihat pada grafik sampai dengan waktu 30 menit mengalami penambahan rendemen minyak paling cepat, tetapi setelah melewati waktu 30 menit penambahan rendemen minyak mulai berkurang, hal ini dikarenakan setelah mendapat temperatur uap air yang tinggi ditambahkan dengan daya radiasi dari tungku microwave dengan daya tinggi sebesar 560 Watt yang hal ini menyebabkan sebagian daun nilam didalam tungku *microwave* ada yang terbakar, sehingga menyebabkan hasil rendemen minyak nilam yang tidak maksimal pada daya radiasi microwave 560 Watt. Hal ini sudah sesuai dengan hipotesis dimana Semakin besar daya yang digunakan pada *microwave* pada *steam distillation* menggunakan *microwave* maka semakin cepat proses destilasi terjadi, dikarenakan kenaikan temperatur yang semakin cepat maka rendemen yang dihasilkan semakin cepat pula. Hal tersebut dikarenakan ketika proses distilasi menggunakan gelombang mikro, minyak yang berada dalam sel sel daun akan dipaksa keluar dengan menggunakan gelombang mikro, yaitu molekul molekul minyak akan berorientasi menyesuaikan dengan gelombang mikro hingga pada lapisan dalam sel.

Pada metode *microwave steam distillation* secara berturut turut pada daya 420 Watt, 280 Watt, 140 Watt, 0 Watt dan 560 Watt diperoleh rendemen minyak nilam sebesar 4,16%, 3,36%, 3,2%, 3,2% 3,04%. Rendemen terbanyak ada pada daya 420 Watt yaitu sebesar 4,16% tetapi untuk waktu yang paling cepat untuk menghasilkan rendemen ada pada daya radiasi 560Watt. Hal ini terlihat tidak seharusnya pada daya 560 Watt mendapatkan volume minyak yang palig sedikit. Tetapi hal ini seperti yang dijelaskan pada sebelumnya bahwa pada waktu 30 menit proses distilasi beberapa daun nilam pada tungku gelombang mikro ada yang hangus sehingga tidak mendapatkan hasil yang maksimal.

4.2.3 Analisa Grafik Pengaruh Daya Gelombang Mikro terhadap Temperatur Keluar dari Tungku Distilasi

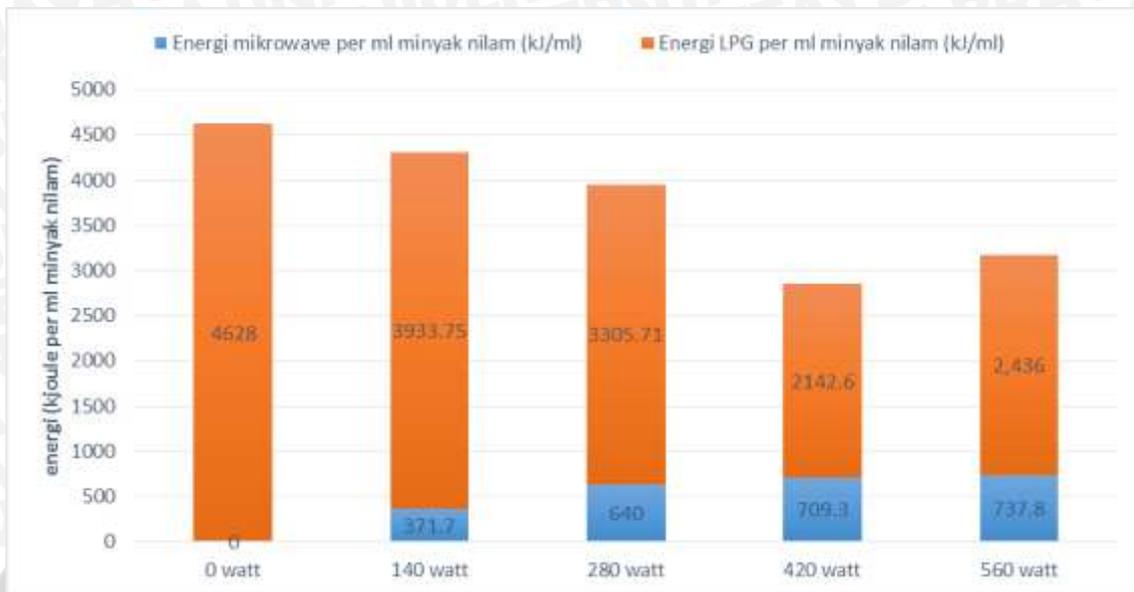


Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Daya Gelombang Mikro terhadap Temperatur Keluar *Microwave* pada Proses Distilasi

Pada Gambar 4.3 yang menunjukkan grafik pengaruh daya gelombang mikro terhadap temperatur keluar *microwave* pada proses distilasi. Pada grafik tersebut menunjukkan hubungan antara temperatur keluar ke *microwave* dengan waktu distilasi pada berbagai variasi daya gelombang mikro dan metode *microwave steam distillation*.

Grafik di atas membahas kenaikan temperatur keluar dari *microwave* pada berbagai daya gelombang mikro. Pengujian ini dilakukan ketika temperatur masuk ke *microwave* kurang lebih telah mencapai temperatur sebesar 95°C. Pada daya gelombang mikro berturut turut pada daya 560 Watt, 430 Watt, 280 Watt, dan 140 Watt. Temperatur paling tinggi adalah pada daya gelombang mikro sebesar 560 Watt yaitu sebesar 100,35°C. Hal ini sudah sesuai dengan dasar teori, yaitu semakin besar daya gelombang mikro maka proses untuk menaikkan temperatur akan semakin besar, hal ini dikarenakan semakin besar daya gelombang mikro maka akan semakin besar juga energi yang dikeluarkan untuk menaikkan temperatur uap distilasi. Sehingga jika semakin besar energi yang dikeluarkan maka akan semakin cepat kenaikan temperatur yang terjadi.

4.2.4 Analisa Grafik Energi *Microwave* dan LPG yang Dibutuhkan Tiap ml Minyak Nilam Pada Variasi Daya Gelombang Mikro



Gambar 4.4 Grafik Energi *Microwave* dan LPG yang Dibutuhkan Tiap ml Minyak Nilam Pada Variasi Daya Gelombang Mikro

Gambar 4.4 menunjukkan grafik hubungan energi *microwave* dan LPG yang dibutuhkan untuk menghasilkan tiap ml volume minyak nilam. Variasi daya gelombang mikro yang digunakan adalah 560 Watt, 420 Watt, 280 Watt, 140 Watt dan 0 Watt atau konvensional.

Analisa energi gelombang mikro yang dibutuhkan untuk tiap ml minyak nilam adalah dengan menghitung energi yang dikeluarkan gelombang mikro selama proses distilasi pada temperatur uap air awal masuk ke tungku gelombang mikro sekitar 95°C. Kemudian waktu distilasi yang didapat dikalikan dengan daya gelombang mikro yang didapat, setelah diketahui energi yang dikeluarkan selama proses distilasi, jumlah energi tersebut dibagi dengan volume minyak nilam yang didapat. Sedangkan untuk menganalisa energi dari LPG yang digunakan yaitu dengan cara mengukur berat LPG sebelum proses distilasi dimulai, kemudian setelah proses distilasi selesai berat LPG kembali diukur untuk mengetahui selisihnya. Setelah selisih berat LPG diketahui maka akan dikalikan dengan LHV LPG. Jumlah energi yang didapat dibagi dengan volume minyak nilam yang diperoleh. Pada analisa ini, berturut turut pada daya gelombang mikro 560 Watt, 420 Watt, 280 Watt, 140 Watt, dan 0 Watt energi yang dibutuhkan untuk tiap ml rendemen minyak nilam adalah sebesar 737,8 kJ; 709,3 kJ; 640 kJ; 371,7 kJ; dan 0 kJ, pada metode konvensional tidak membutuhkan energi karena tidak

membutuhkan daya radiasi *microwave*. Energi gelombang mikro per ml minyak nilam yang paling besar yaitu pada daya 560 Watt yaitu sebesar 737,8 kJ. Sedangkan energi gelombang mikro per ml minyak nilam yang paling kecil yaitu pada daya 140 Watt yaitu sebesar 371,7 kJ. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi daya yang dipakai pada tungku gelombang mikro maka energinya semakin besar pula. Sedangkan untuk energi pada LPG, berturut turut pada daya gelombang mikro 0 Watt, 140 Watt, 280 Watt, 420 Watt dan 560 Watt energi yang dibutuhkan untuk tiap ml rendemen minyak nilam adalah sebesar 4628 kJ; 3933,75 kJ; 3305,71 kJ; 2142,6 kJ; dan 2436 kJ. Energi LPG per ml minyak nilam yang paling besar yaitu pada daya 0 Watt yaitu sebesar 4628 kJ. Sedangkan energi LPG per ml minyak nilam yang paling kecil yaitu pada daya 420 Watt yaitu sebesar 2142,6 kJ, pada daya 420 Watt Hal ini dikarenakan pada daya 0 Watt membutuhkan waktu pemanasan *boiler* paling lama yaitu 204 menit, dibandingkan dengan pada variasi daya yang lainnya. Sedangkan pada daya 420 Watt membutuhkan energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang lainnya dikarenakan dengan waktu lebih lama yaitu 152 menit, pada daya 560 Watt dengan waktu paling cepat yaitu 123 menit, pada daya 420 Watt menghasilkan lebih banyak volume minyak nilam. Sehingga total energi paling besar terdapat pada daya 0 Watt 4628 kJoule/ml. Untuk total energi paling sedikit terdapat pada daya 420 Watt yaitu sebesar 2851,9 kJoule/ml. Karena pada daya 420 Watt walaupun waktu proses distilasi lebih lama daripada menggunakan daya 560 Watt, tetapi menghasilkan volume minyak yang lebih banyak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian pengaruh daya *microwave steam distillation* terhadap rendemen minyak nilam yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin meningkat daya *microwave steam distillation* maka volume minyak nilam yang dihasilkan semakin meningkat sampai kondisi minyak nilam di dalam daun habis.
2. Semakin meningkat daya *microwave steam distillation* maka waktu distilasi yang dibutuhkan semakin berkurang.
3. Semakin meningkat daya *microwave steam distillation* maka kenaikan temperatur akan semakin tinggi.
4. Pada daya 560 watt didapatkan energi *microwave* yang dibutuhkan untuk tiap ml minyak nilam sebesar 737,8 kJ, pada daya yang lebih rendah yaitu pada daya 420 Watt didapatkan energi yang dibutuhkan tiap ml minyak nilam sebesar 709,3 kJ, pada daya 280 Watt energi yang dibutuhkan tiap ml minyak nilam sebesar 640 kJ, pada daya 140 Watt energi yang dibutuhkan tiap ml minyak nilam sebesar 371,7 kJ, dan pada metode konvensional tidak membutuhkan energi dari *microwave*.
5. Pada daya 560 watt didapatkan energi LPG yang dibutuhkan untuk tiap ml minyak nilam sebesar 2435,79 kJ, pada daya yang lebih rendah yaitu pada daya 420 Watt didapatkan energi yang dibutuhkan tiap ml minyak nilam sebesar 2142,6 kJ, pada daya 280 Watt energi yang dibutuhkan tiap ml minyak nilam sebesar 3305,71 kJ, pada daya 140 Watt energi yang dibutuhkan tiap ml minyak nilam sebesar 3933,75 kJ, dan pada secara konvensional energi yang dibutuhkan 4628 kJ.

5.2 Saran

1. Untuk melakukan penelitian berikutnya sebaiknya diteliti lebih mendalam mengenai komposisi minyak nilam hasil *microwave steam distillation* apakah memenuhi standar SNI.
2. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai wadah yang digunakan pada *microwave steam distillation*.