

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak atsiri atau dikenal sebagai minyak eterik (*essential oil*), minyak terbang (*volatile oil*) dan minyak aromatik (*aromatic oil*). Minyak atsiri memiliki sifat-sifat seperti mudah menguap pada suhu kamar, mempunyai rasa getir, berbau wangi sesuai dengan bau tanamannya, dan umumnya larut dalam pelarut organik dan tidak larut dalam air. Minyak atsiri dapat digunakan sebagai bahan pembuatan kosmetik, parfum, antiseptik, obat-obatan, serta sebagai aromaterapi. Minyak atsiri dapat diperoleh dari semua bagian dari tumbuhan yaitu mulai dari akar, daun, batang, maupun bunga dari berbagai tanaman. Beberapa tanaman penghasil minyak atsiri yaitu diantaranya: nilam, jahe, kenanga, cengkeh dan kayu putih. Dewasa ini, di perdagangan dunia terdapat lebih dari 80 jenis minyak atsiri. Dari seluruh jenis minyak atsiri dunia Indonesia memiliki 40 jenis minyak atsiri yang diperdagangkan. Dan terdapat sekitar 14 jenis diantaranya seperti minyak nilam, minyak sereh wangi, minyak jahe, minyak kayu putih, minyak pala, minyak lada, minyak kenanga, minyak akar wangi, dan minyak cengkeh menjadi komoditi ekspor (Direktorat Tanaman Semusim, 2002). Sebanyak 1200 ton lebih minyak nilam berhasil diekspor setiap tahun dengan nilai \pm US \$ 25 juta atau 60% dari total nilai ekspor minyak atsiri Indonesia (BPS, 2005). Minyak nilam yang di produksi oleh Indonesia sudah dikenal dan diterima dengan baik diberbagai negara pengimpor minyak nilam karena memiliki beberapa keunggulan. Agus dan Ludi (2004) menyatakan minyak nilam Indonesia memiliki aroma sangat harum dan tahan lama sehingga disegani oleh negara pengimpor minyak nilam.

Tanaman nilam (*Pogostemon sp.*) merupakan salah satu jenis tanaman penghasil minyak atsiri terbanyak di Indonesia. Tanaman nilam (*Pogostemon sp.*) adalah tanaman berupa semak yang dapat tumbuh diberbagai macam jenis tanah dengan pH tanah 5-7. Negara tropis seperti Indonesia mempunyai curah hujan dan kelembaban yang cukup tinggi yang mampu menyediakan kebutuhan air bagi tanaman nilam, oleh karena itu tanaman nilam dapat tumbuh dengan baik di Indonesia. Di pasar perdagangan internasional, nilam diperdagangkan dalam bentuk minyak yang dikenal dengan nama *patchouli oil*.

Minyak nilam dapat dihasilkan dengan beberapa cara antara lain teknik distilasi dan ekstraksi. Dari kedua teknik ini metode distilasi adalah metode paling tua yang diterapkan untuk proses pengambilan minyak nilam. Namun hingga sekarang distilasi merupakan

metode yang paling banyak digunakan untuk mengambil minyak atsiri di berbagai negara termasuk Indonesia. Meskipun proses distilasi yang dilakukan pada daun nilam dapat mengakibatkan kehilangan kandungan minyak karena terjadi penguapan pada saat proses distilasi. Diantaranya ada tiga metode yang dapat digunakan untuk distilasi minyak nilam, yaitu: *hydro distillation*, *steam-hydro distillation*, dan *steam distillation*. Menurut penelitian sebelumnya (Anshory dan Hidayat, 2009) metode *steam-hydro distillation* dapat menghasilkan rendemen minyak nilam yang lebih baik jika dibandingkan dengan metode *hydro distillation*, dan *steam distillation*. Namun, diperlukan waktu yang relatif lama untuk mendapatkan minyak nilam dengan kualitas yang bagus dengan menggunakan metode *steam-hydro distillation*.

Beberapa cara dilakukan untuk mendapatkan jumlah rendemen minyak yang lebih banyak. Beberapa upaya dilakukan terlebih dahulu seperti pengeringan, fermentasi, pengecilan ukuran, pelayuan, dan pemotongan. Upaya tersebut dilakukan untuk meningkatkan hasil penyulingan. kandungan air di dalam daun nilam menghalangi keluarnya minyak nilam. Namun, perlakuan pradistilasi berupa pengeringan juga masih belum optimal karena minyak nilam masih terikat pada jaringan daun.

Perlakuan pradistilasi tambahan diperlukan untuk memecahkan jaringan daun nilam secara mikro agar hasil distilasi semakin optimal. Perlakuan pradistilasi berupa fermentasi menggunakan enzim suatu mikroorganisme merupakan salah satu metode untuk memecahkan dinding sel dari daun nilam. Dan pecahnya dinding sel menyebabkan minyak nilam dapat diambil secara optimal. Namun menurut penelitian yang telah dilakukan, distilasi secara konvensional dapat menyebabkan rendemen minyak nilam cenderung berwarna kecoklatan dan keruh.

Metode *microwave assisted extraction* dapat membantu mempercepat proses distilasi dan menghemat penggunaan daya pada prosesnya. Panas yang dihasilkan *microwave* mampu memanaskan dan menguapkan kandungan air di dalam sel sampel, sehingga tekanan pada dinding sel daun nilam meningkat. Akibat tekanan dari dalam membuat sel membengkak (*swelling*), dinding sel terdorong, meregang, dan pecahnya sel tersebut (Alupululai, 2012). Sel tumbuhan yang telah rusak dapat membuat minyak di dalam tumbuhan nilam keluar (Jain, 2009). Pada *microwave* kita juga dapat menentukan daya yang dipakai dalam distilasi. Dan menurut Indra (2014) semakin meningkatnya daya *microwave-assisted extraction* maka rendemen minyak nilam semakin bertambah begitu juga tekanan yang diberikan pada saat distilasi seperti yang telah diteliti oleh Sony (2014). Semakin tinggi

tekanan saat proses distilasi maka rendemen minyak nilam yang dihasilkan semakin meningkat.

Dari beberapa ulasan diatas diketahui bahwa metode distilasi secara *steam-hydro distillation* dapat menghasilkan jumlah rendemen minyak nilam yang lebih banyak dibandingkan dengan metode *hydro distillation* dan *steam distillation*. Selain itu distilasi dengan bantuan *microwave* juga dapat mempersingkat waktu yang diperlukan saat proses distilasi. Semakin tinggi daya dari *microwave* dan tekanan yang diberikan saat proses distilasi juga diketahui dapat meningkatkan jumlah dari rendemen minyak nilam. Perlakuan pradistilasi berupa fermentasi juga terbukti dapat meningkatkan jumlah rendemen minyak nilam. Panas yang dihasilkan *microwave* juga tidak merusak hasil rendemen minyak nilam seperti yang dihasilkan pada distilasi konvensional, sehingga dapat menghasilkan kualitas minyak nilam yang baik. Oleh karena itu penelitian kali ini dibuat dengan sedemikian rupa untuk mengoptimalkan proses distilasi minyak nilam agar mendapatkan jumlah minyak nilam yang banyak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas dapat dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tekanan terhadap hasil distilasi dengan metode *microwave assisted extraction* secara *steam-hydro distillation* pada daun nilam terfermentasi?
2. Bagaimana pengaruh tekanan terhadap hasil distilasi dengan metode *microwave assisted extraction* secara *steam-hydro distillation* pada daun nilam tanpa fermentasi?
3. Bagaimana perbandingan antara jumlah rendemen minyak atsiri pada daun nilam terfermentasi dengan jumlah rendemen minyak atsiri pada daun nilam tanpa fermentasi?
4. Bagaimana pengaruh peningkatan tekanan terhadap kebutuhan energi setiap ml distilasi minyak nilam pada daun nilam terfermentasi dan tanpa fermentasi?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup dari penelitian, maka perlu diberi batasan masalah sebagai berikut:

1. Proses distilasi yang digunakan adalah distilasi uap dan air (*steam-hydro distillation*) dengan bantuan *microwave*;

2. Distilasi hanya dilakukan pada daun;
3. Daun nilam yang digunakan adalah daun nilam aceh (*Pogostemon Cablin benth*);
4. Kondisi daun nilam kering mengandung kadar air 18,5-22,5% sebelum proses distilasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas dapat diberikan tujuan penulisan makalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh tekanan terhadap hasil distilasi dengan metode *microwave assisted extraction* secara *steam-hydro distillation* pada daun nilam terfermentasi;
2. Untuk mengetahui pengaruh tekanan terhadap hasil distilasi dengan metode *microwave assisted extraction* secara *steam-hydro distillation* pada daun nilam tanpa fermentasi;
3. Untuk mengetahui perbandingan antara rendemen minyak atsiri pada daun nilam terfermentasi dengan jumlah rendemen minyak atsiri pada daun nilam tanpa fermentasi.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Agar kita dapat mengetahui tekanan optimum distilasi untuk mendapatkan rendemen minyak nilam yang baik dengan metode *microwave assisted steam-hydro distillation*;
2. Agar kita dapat mengetahui perbandingan rendemen minyak nilam antara diberi perlakuan pradistilasi berupa fermentasi atau tidak tidak diberi perlakuan berupa fermentasi;
3. Agar kita dapat mengetahui variabel-variabel yang dapat mempengaruhi peningkatan jumlah rendemen minyak nilam;
4. Sebagai literatur untuk memperbaiki penelitian atau penerapan yang akan dilakukan selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Banyak penelitian yang telah dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas rendemen dari suatu minyak atsiri. Beberapa cara dilakukan seperti membandingkan metode distilasi yang terbaik, memberi perlakuan pradistilasi pada objek, meningkatkan temperatur distilasi, meningkatkan tekanan distilasi, melakukan distilasi dengan bantuan gelombang mikro dan sebagainya. Seperti halnya penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti berikut.

Joko Santoso (2013) melakukan penelitian mengenai pengambilan minyak atsiri dari daun dan batang cengkeh menggunakan metode *hydrodistillation* dan *steam-hydro distillation* secara konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan proses ekstraksi terbaik dan meningkatkan nilai tanaman cengkeh. Kesimpulan dari penelitian ini adalah metode yang paling baik digunakan untuk pengambilan minyak atsiri adalah metode *steam-hydro distillation* dengan kenaikan rendemen sebesar 0,5-14 %.

Metode distilasi yang lain juga diteliti dan dibandingkan oleh Wildan (2013) namun dengan bantuan *microwave*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode *steam distillation* dan *steam-hydro distillation* dengan *microwave* terhadap jumlah rendemen serta mutu minyak daun cengkeh. Kesimpulan dari penelitian ini adalah pengambilan minyak cengkeh dengan menggunakan *steamhydro distillation* dengan *microwave* menghasilkan rendemen lebih banyak 0.07% sampai 1.77%, daripada *steam distillation* untuk daun cengkeh utuh 0.03% sampai 1.96% untuk daun cengkeh. Dapat kita asumsikan bahwa dari tiga metode distilasi (*hydrodistillation*, *steam distillation* dan *steam-hydro distillation*), metode *steam-hydro distillation* merupakan metode yang paling baik yang dapat digunakan untuk menaikkan jumlah rendemen minyak atsiri.

Penelitian dengan menggunakan bantuan *microwave* dilakukan oleh Indra (2014). Penelitian ini mengenai pengaruh daya *microwave-assisted hydrodistillation* terhadap kebutuhan energi ekstraksi dan rendemen minyak nilam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya yang dibutuhkan *microwave* untuk menghasilkan jumlah rendemen minyak nilam paling banyak. Dan kesimpulan dari penelitian ini didapatkan semakin meningkatnya daya *microwave-assisted extraction* maka rendemen minyak nilam semakin

bertambah. Dengan 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%. Dan dari penelitian ini terbukti bahwa semakin tinggi daya yang digunakan *microwave* maka semakin banyak pula hasil rendemen minyak nilam yang didapatkan.

Selanjutnya Sony (2014) juga melakukan penelitian dengan bantuan *microwave*. Penelitian kali ini mengenai produksi minyak nilam pada berbagai tekanan dengan metode *microwave hydro distillation*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan saat proses distilasi terhadap jumlah rendemen minyak nilam. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa semakin tinggi tekanan saat proses distilasi maka rendemen minyak nilam yang dihasilkan semakin meningkat.

Begitu juga dengan Ferry (2014) melakukan penelitian mengenai pengaruh lama fermentasi dan temperatur distilasi terhadap volume minyak nilam. Pada penelitian kali ini daun nilam kering diberi perlakuan tambahan sebelum didistilasi berupa fermentasi menggunakan jamur kapang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu fermentasi daun nilam dan berapa temperatur maksimal yang dibutuhkan dalam proses distilasi. Kesimpulan dari penelitian ini didapatkan waktu fermentasi yang dapat menghasilkan minyak nilam paling banyak yaitu fermentasi selama delapan hari.

Dari beberapa penelitian sebelumnya dapat diketahui begitu banyak cara yang dilakukan dengan tujuan untuk memperbanyak jumlah rendemen minyak atsiri. Selain jumlah rendemen, kualitas dari minyak atsiri juga perlu diperhatikan. Terdapat kemungkinan untuk memperbanyak jumlah dan memperbaiki kualitas dari minyak atsiri jika dilakukan pengujian dengan menggabungkan variabel-variabel yang bermanfaat.

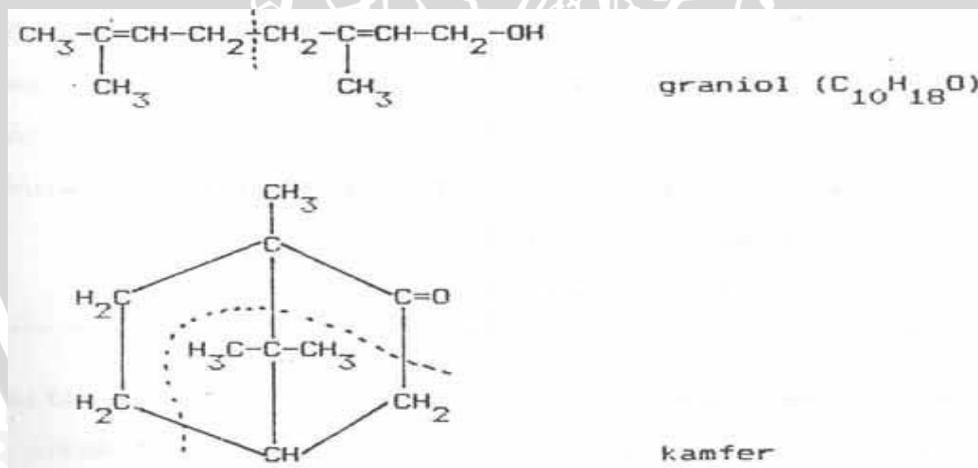
2.2 Minyak Aisiri

Minyak atsiri atau dikenal sebagai minyak eterik (*essential oil*), minyak terbang (*volatile oil*) dan minyak aromatik (*aromatic oil*). Minyak atsiri memiliki sifat-sifat seperti mudah menguap pada suhu kamar, mempunyai rasa getir, berbau wangi sesuai dengan bau tanamannya, dan umumnya larut dalam pelarut organik dan tidak larut dalam air. Minyak atsiri merupakan komoditi ekstrak alami dari jenis tumbuhan. Minyak atsiri merupakan sisa metabolisme alami pada tanaman yang terbentuk karena reaksi antara berbagai senyawa kimia dengan adanya air. Minyak tersebut disintesis dalam sel kelenjar pada jaringan tanaman dan juga terbentuk dalam pembuluh resin (Ketaren, 1985).

Minyak atsiri dapat ditemukan dalam setiap bagian tanaman, yaitu dari daun, tangkai, batang, bunga, biji, dan akar (Richards, 1944). Keberadaan minyak atsiri dalam tanaman

terkandung dalam berbagai organ, seperti rambut kelenjar pada famili *Labiatae*, di dalam sel-sel parenkim pada famili *Piperaceae*, di dalam saluran minyak pada famili *Umbelliferae*, dan di dalam rongga lisigen dan skizogen pada famili *Pinaceae* dan *Rutaceae*, dan terkandung dalam semua jaringan pada famili *conafeae* (Gunawan et. al., 2004).

Minyak atsiri merupakan zat cair yang mudah menguap, larut dalam pelarut organik, namun tidak dapat larut dalam air murni. Minyak atsiri dapat diperoleh dengan beberapa macam cara jika dilihat berdasarkan sifat-sifat minyak atsiri tersebut, yaitu: penyulingan (*distillation*), pressing (*eks-pression*), dan ekstraksi dengan pelarut (*solvent extraction*) absorpsi oleh uap lemak padat (*eufleurage*) (Ames et. al., 1968). Minyak atsiri terbentuk dari berbagai campuran senyawa kimia yaitu unsur karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O) serta beberapa senyawa kimia yang mengandung unsur Nitrogen dan Belerang (Ketaren, 1985). Komponen utama penyusun minyak atsiri adalah terpena dan turunan terpena yang mengandung atom oksigen. Terpena atau terpenoid merupakan senyawa yang berada pada jumlah cukup besar pada tanaman. Terpenoid yang terkandung dalam minyak atsiri menimbulkan aroma harum atau aroma khas dari tanaman. Struktur molekul pada minyak atsiri bisa ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur molekul pada minyak atsiri
Sumber: Bulan (2004)

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Gunawan dan Mulyani, sifat-sifat minyak atsiri adalah sebagai berikut:

- Tersusun oleh macam-macam komponen senyawa;
- Memiliki aroma khas, pada umumnya memiliki aroma tanaman asalnya;
- Mempunyai rasa getir, memberi rasa hangat/panas atau dingin ketika menyentuh kulit, tergantung pada senyawa pembentuknya;

- Mudah menguap pada suhu kamar pada keadaan murni;
- Pada umumnya tidak dapat bercampur dengan air murni;
- Mudah larut dalam pelarut organik;
- Memiliki indeks bias yang cukup tinggi;
- Tidak stabil terhadap pengaruh lingkungan, seperti oksigen di udara, sinar ultraviolet matahari, dan panas lingkungan.

2.3 Minyak Nilam

Minyak nilam merupakan salah satu dari jenis minyak atsiri yang dapat diperoleh dari tanaman nilam (*Pogostemon sp.*). Minyak nilam berwarna kuning cerah hingga coklat gelap keemasan dan agak kental. Minyak nilam merupakan salah satu minyak atsiri yang potensial dalam komoditi ekspor, karena minyak nilam memiliki beberapa keunggulan dan dibutuhkan dalam industri parfum, kosmetik, sabun, farmasi, wewangian, *flavouring agent* dan lain-lain. Standar mutu minyak nilam menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) dapat dilihat Tabel 2.1.

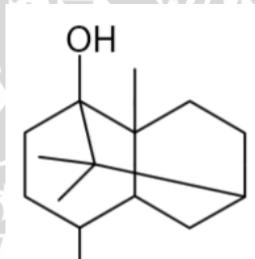
Tabel 2.1 Standar Mutu Minyak Nilam Indonesia.

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 opalensi ringan dengan perbandingan volume 1 :10 bagian
5	Bilangan asam	-	Maks. 8
6	Bilangan ester	-	Maks. 20
7	Putaran optik	-	(-)48° – (-)65°
8	<i>Patchoulli Alcohol</i> (C ₁₅ H ₂₆ O)	%	Min. 30
9	<i>Alpha copaene</i> (C ₁₅ H ₂₄)	%	Maksimum 0,5
10	Kandungan besi (Fe)	mg/kg	Maksimum 25

Sumber: SNI- 06-2385-2006

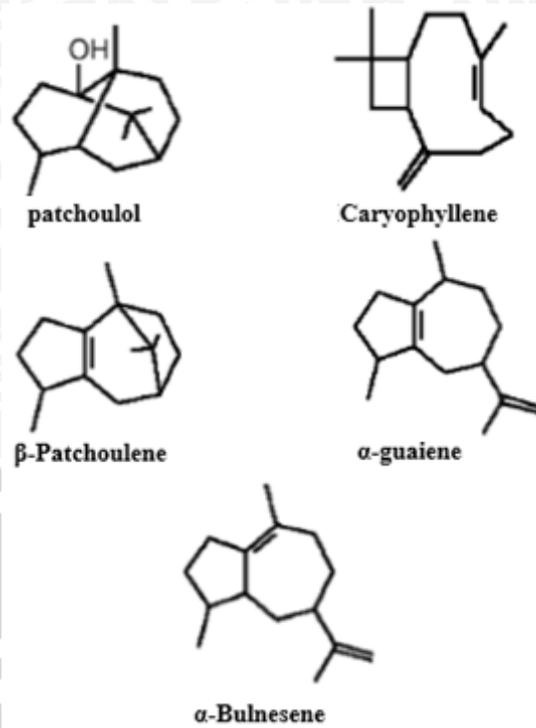
Minyak nilam umumnya digunakan sebagai fiksasi yang belum dapat digantikan oleh minyak lain di dalam industri hingga sekarang. Titik didih yang tinggi dari minyak nilam dapat dimanfaatkan sebagai zat pengikat dalam industri parfum. Zat pengikat merupakan senyawa yang memiliki titik didih lebih tinggi daripada zat pewangi. Zat pengikat ditambahkan di dalam parfum dengan tujuan untuk mengikat aroma wangi dan mencegah penguapan zat pewangi yang terlalu cepat, sehingga aroma wangi akan lebih bertahan lama (Ketaren, 1985).

Minyak nilam sudah tersebar luas dan banyak digunakan dalam industri modern. Di perdagangan internasional minyak nilam biasa disebut sebagai *patchouli oil*, kata *patchouli* berasal dari bahasa Tamil yaitu “*patchai*” yang berarti hijau dan “*ellai*” yang berarti daun dan kata “*patcholi*” berarti suatu tanaman yang banyak terdapat di tanah Hindustan. Pada awalnya tanaman nilam digunakan sebagai pewangi selendang oleh masyarakat India karena aromanya yang khas (Guenther, 1949). Tingkat mutu dan harga minyak nilam tergantung pada jumlah kandungan *patchouli* alkohol yang merupakan komponen minyak nilam. Kadar *patchouli* mencapai 50-60% tidak larut dalam air, larut dalam pelarut organik. Gambar 2.2 berikut menunjukkan struktur kimia dari *patchouli* alkohol.



Gambar 2.2 Struktur kimia *patchouli* alkohol
Sumber: Baser et. al. (2010)

Patchouli alkohol ($C_{15}H_{26}O$) adalah sebuah terpena yang memiliki nama lain berdasarkan IUPAC *3,4,4 α ,5,6 β ,7,8,8 α -Octahydro, 4 α ,8 α ,9,9-tetramethyl, 1,6-methanonaphthalen1 β (2H)-ol*. Tatanama IUPAC adalah sistem penamaan senyawa kimia dan menjelaskan bahasa kimia secara umum. Secara umum *patchouli* alkohol tersusun oleh *caryophyllene*, *β -patchoulene*, *α -guaiene* and *α -bulnesene*, gambar 2.3 merupakan gambar dari stuktur kimia dari penyusun *patchouli* alkohol dan tabel 2.2 merupakan komponen kimia penyusun minyak nilam.



Gambar 2.3 Struktur kimia penyusun *patchouli* alkohol.
Sumber: Baser et. al. (2010)

Tabel 2.2 Komponen Kimia Penyusun Minyak Nilam.

Komponen	Jumlah (%)	Titik Didih (°C)
<i>Seskwiterpene</i>	40-45	
<i>Patchouli</i> alkohol	55-60	
<i>Benzaldehida</i>		214
<i>Euglenol benzoate</i>		69-70
<i>Sinnamat aldehida</i>		208
Alkohol		54-95
<i>Semikarbozome</i>		134-135

Sumber: Ketaren (1985)

Selain digunakan dalam industri parfum, beberapa aktivitas biologi ditemukan dalam minyak nilam. Senyawa *patchoulol* dan α -*patchoulene* dalam minyak nilam potensial sebagai aktivitas antijamur (Sonwa, 2001). Senyawa berupa α -*bulnesene* merupakan anti inflamasi terhadap PAF (*Platelet Activating Factor*) yaitu sebuah *phospholipid* mediator yang dihasilkan berbagai sel pada saat terkena penyakit alergi, asma, inflamasi, dan lain-lain (Chieh, 2005).

2.4 Tanaman Nilam

Tanaman nilam (*pogostemon sp.*) merupakan jenis tumbuhan perdu yang memiliki akar serabut, berdaun bulat lonjong, memiliki batang berkayu dengan diameter 10-20mm, dan memiliki batang yang dikelilingi oleh cabang bertingkat-tingkat. Tanaman nilam termasuk dalam famili *Labiatae*, ordo *Lamilales*, kelas *Dicotyledoneae*, subdivisi *Angiospermae*, dan divisi *Spermatophyta*. Semua bagian dari tanaman ini mengandung minyak atsiri dan kandungan minyak terbesar dapat ditemukan dari daunnya (Krismawati, 2005). Tanaman nilam telah banyak dimanfaatkan sebagai obat tradisional dengan memanfaatkan masing-masing bagian dari tanaman ini. Akarnya dapat digunakan sebagai obat pencahar, bagian daun dapat dimanfaatkan sebagai obat luka, disentri, sebagai deodoran, gangguan haid, bawahir, sielagogum, stomakikum, stemutatori, penyakit empedu, dan obat peluruh haid. Semua bagian dari tanaman nilam juga dapat dimanfaatkan sebagai obat sakit kepala, emetik, obat diare, dan insektisida (Kasahara et. al, 1995). Bentuk daun nilam dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Tanaman Nilam*

Sumber: Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur (2013)

Tanaman nilam di Indonesia terdapat tiga jenis, yaitu *Pogostemon cablin Benth.*, *Pogostemon heyneanus Benth* dan *Pogostemon hortensis Backer*. Berikut penjelasan mengenai tiga jenis tanaman nilam:

1. *Pogostemon cablin Benth*

Pogostemon cablin Benth juga sering disebut sebagai nilam aceh karena nilam ini dikenal pertama kali dan ditanam secara meluas di wilayah Aceh, walaupun sebenarnya tanaman ini berasal dari Filipina dan dapat dijumpai di Brazil, Paraguay,

dan Madagaskar. Daun nilam aceh memiliki bentuk seperti jantung, di bawah daun terdapat bulu-bulu rambut sehingga daun bewarna pucat. Nilam aceh memiliki kualitas minyak sangat tinggi dan memiliki kadar minyak 2,5% hingga 5%. Tanaman nilam *Pogostemon cablin Benth* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Pogostemon cablin Benth*
Sumber: Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur (2013)

2. *Pogostemon heyneanus Benth*

Pogostemon heyneanus Benth juga sering disebut sebagai nilam jawa karena banyak ditemukan tumbuh secara liar di hutan Jawa. walaupun sebenarnya tanaman ini berasal dari India. Daun dan ranting tanaman jenis ini tidak memiliki bulu halus dengan ujung daun agak meruncing serta daun lebih tipis daripada *Pogostemon cablin Benth*. Selain itu tanaman ini juga memiliki bunga. Nilam jawa memiliki kualitas yang buruk dengan kadar minyak sekitar 0,5 hingga 1,5% dari berat daun kering. Bentuk tanaman nilam *Pogostemon heyneanus Benth* dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Pogostemon heyneanus Benth*
Sumber: Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur (2013)

3. *Pogostemon hortensis* Backer

Pogostemon hortensis Backer juga disebut sebagai nilam sabun karena nilam ini sering digunakan sebagai bahan dari sabun pada zaman dahulu. Bentuk dari tanaman nilam sabun mirip dengan tanaman nilam jawa namun tidak memiliki bunga.



Gambar 2.7 *Pogostemon hortensis* Backer
Sumber: Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur (2013)

Dari ketiga jenis nilam tersebut, yang paling banyak dibudidayakan adalah nilam aceh karena kadar minyaknya yang relatif tinggi yaitu sebesar 2,5-5%, serta kualitas minyak yang baik yaitu dengan kadar *patchouli* alkohol lebih >30%. Sedangkan nilam jawa dan nilam sabun memiliki kadar minyak yang relatif rendah yaitu <2,0% dan berkualitas rendah.

2.5 Fermentasi

Beberapa cara dilakukan untuk mendapatkan jumlah rendemen minyak yang lebih banyak. Beberapa upaya dilakukan terlebih dahulu seperti pengeringan, fermentasi, pengecilan ukuran, pelayuan, dan pemotongan. Upaya tersebut dilakukan untuk meningkatkan hasil penyulingan. kandungan air di dalam daun nilam menghalangi keluarnya minyak nilam. Namun, perlakuan pradistilasi berupa pengeringan juga masih belum optimal karena minyak nilam masih terikat pada jaringan daun. Perlakuan pradistilasi tambahan diperlukan untuk memecahkan jaringan daun nilam secara mikro agar hasil distilasi semakin optimal. Perlakuan pradistilasi berupa fermentasi menggunakan enzim suatu mikroorganisme merupakan salah satu metode untuk memecahkan dinding sel dari daun nilam. Dan pecahnya dinding sel menyebabkan minyak nilam dapat diambil secara optimal.

Fermentasi merupakan proses perubahan biokimia dari substrat karena adanya aktifitas mikroba dan enzim yang dikeluarkan oleh mikroba tersebut (Mollendorff, 2008). Terjadinya fermentasi dapat menyebabkan perubahan sifat dari obyek sebagai akibat pemecahan kandungan-kandungan objek tersebut (Winarno, 1984). Fermentasi pada dasarnya merupakan proses enzimatik, enzim yang bekerja mungkin sudah dipisahkan dari selnya atau masih dalam keadaan terikat di dalam sel. Reaksi enzim yang terjadi pada proses fermentasi yang menggunakan sel mikroba mungkin terjadi sepenuhnya di dalam sel mikroba karena enzim bersifat intraselular. Pada proses lainnya reaksi enzim terjadi di luar sel karena enzim yang bekerja bersifat ekstraselular (Fardiaz, 1989).

2.6 *Trichoderma Viride*

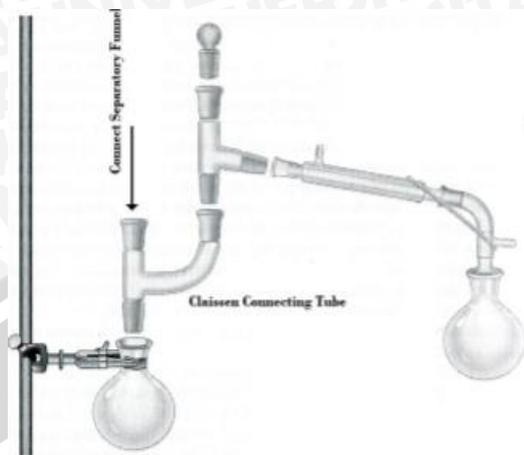
Trichoderma sp. adalah fungi yang hidup dalam tanah yang dapat diisolasi dari akar tanaman dan dapat ditemui di lahan pertanian dan perkebunan. *Trichoderma sp.* Memiliki sifat saprofit pada tanah, kayu, dan beberapa jenis lain bersifat parasit pada fungi lain. *Trichoderma sp.* termasuk dalam kingdom Fungi, divisi *Amastigomycota*, subdivisi *deuteromycotina*, kelas *Deuteromycetes*, ordo *Moniliales*, family *moniliaceae* dan gen *Trichoderma*.

Trichoderma viride merupakan spesies dari *Trichoderma* adalah salah satu jenis fungi yang bersifat selulolitik karena dapat menghasilkan enzim selulase. Banyak fungi yang bersifat selulolitik tetapi tidak banyak yang menghasilkan enzim selulase yang cukup banyak seperti *Trichoderma viride*. *Trichoderma viride* juga merupakan fungi yang potensial memproduksi selulase dalam jumlah yang relatif banyak untuk mendegradasi selulosa dan menghancurkan selulosa tingkat tinggi serta memiliki kemampuan mensintesis beberapa faktor esensial untuk melarutkan bagian selulosa yang terikat kuat dengan ikatan hidrogen. Enzim selulase berfungsi sebagai agen pengurai yang spesifik untuk menghidrolisis ikatan kimia dari selulosa dan turunannya. Selain itu terjadi pula perombakan senyawa-senyawa yang kompleks menjadi lebih sederhana yang terjadi karena proses fermentasi.

2.7 Distilasi

Distilasi atau penyulingan adalah pemisahan komponen-komponen suatu campuran dari berbagai jenis cairan berdasarkan perbedaan tekanan uap masing-masing komponen tersebut (Stephen, 1940). Namun distilasi sederhana tidak dapat dilakukan pada pemurnian dari senyawa cair yang tidak dapat larut dalam air, melainkan harus didistilasi dengan distilasi uap. Distilasi uap dilakukan dengan cara mengalirkan uap air ke dalam media sehingga

bagian dari media yang dapat menguap berubah menjadi uap pada temperatur yang lebih rendah dari pada dengan pemanasan langsung.



Gambar 2.8 Distilasi
Sumber: Lehman (2005)

Gambar 2.8 menunjukkan rangkaian distilasi secara umum. Ada tiga cara distilasi yang dapat dilakukan pada daun nilam yaitu: distilasi air (*water distillation/hydro distillation*), distilasi air dan uap (*water and steam distillation/steam-hydro distillation*), dan distilasi uap (*direct steam distillation*). Masing-masing cara distilasi ini memiliki cara dan mekanisme yang berbeda-beda.

Berikut penjelasan dari masing-masing cara distilasi minyak nilam:

1. Distilasi air (*hydrodistillation*).

Proses paling sederhana dan tertua untuk memperoleh minyak esensial dari tanaman yaitu dilakukan dengan cara distilasi air. Pada metode distilasi air bahan tanaman hampir seluruhnya terendam oleh air pelarut. Pada metode ini, air mendidih secara langsung kontak dengan bahan yang akan disuling. Bahan tersebut akan menguap di atas air atau terendam secara sempurna tergantung dari berat jenis dan jumlah bahan yang digunakan. Air dipanaskan dengan metode pemanasan secara langsung (Guenther, 1987).

Prinsip kerja dari distilasi air adalah sebagai berikut: bejana distilasi diisi air hingga volumenya hampir separuh, lalu dipanaskan. Sebelum air dalam bejana mendidih, bahan baku dimasukkan ke dalam bejana penyulingan. Dengan demikian penguapan air dan minyak atsiri dalam ketel berlangsung bersamaan. Kemudian uap yang dihasilkan dialirkan melalui kondensor dan minyak nilam yang dihasilkan akan menetes dan ditampung dalam tempat penampung. Cara penyulingan seperti ini

disebut penyulingan langsung (*direct distillation*). Penyulingan dengan cara ini cenderung sederhana, mudah dilakukan dan tidak perlu modal banyak. Namun kadar minyak yang dapat dihasilkan hanya sedikit.

2. Distilasi air dan uap (*steam-hydro distillation*).

Cara lain yang dapat digunakan adalah distilasi air dan uap (*steam-hydro distillation*). Distilasi air dan uap dibuat untuk mengeliminasi kelemahan metode distilasi air (*hydro distillation*). Jika dibandingkan dengan metode distilasi air penyulingan minyak atsiri dengan cara ini memang sedikit lebih modern dan produksi minyaknya pun relatif lebih baik. Pada proses penyulingan ini bahan diletakkan di atas saringan pemisah berlubang. Ketel suling diisi dengan air sampai permukaan air berada tidak jauh di bawah saringan pemisah. Pemanasan air dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan uap jenuh yang basah dan bertekanan rendah (Guenther, 1987).

Metode distilasi air dan uap lebih unggul dalam menghasilkan produksi minyak dibandingkan metode distilasi air. Karena uap berpenetrasi secara merata ke dalam jaringan dari bahan. Metode ini juga memerlukan waktu yang relatif lebih cepat dibanding metode distilasi air. Keunggulan lainnya adalah penggunaan bahan bakar yang lebih hemat karena waktu yang dibutuhkan lebih cepat. Konstruksi metode ini juga sederhana, murah dan pengoperasian yang mudah menyebabkan penyulingan dengan metode ini sangat populer di dalam produsen minyak atsiri di negara berkembang sebagai contoh Indonesia.

3. Distilasi uap (*steam distillation*).

Metode *steam distillation* ini menggunakan dua tungku yang terpisah. Bahan tanaman yang didistilasi dalam satu tungku dan uap dihasilkan dari luar tangki dalam generator uap atau boiler. Uap yang digunakan dapat berupa uap jenuh atau *superheated steam* pada tekanan lebih dari satu bar. Uap dialirkan melalui pipa yang terletak di bawah media, dan uap bergerak ke atas melewati media yang terletak di atas sekat pemisah (Guenther, 1987). Keuntungan dari metode *steam distillation* adalah kita dapat mengganti bahan yang didistilasi dengan mudah tanpa harus mengurus masalah air.

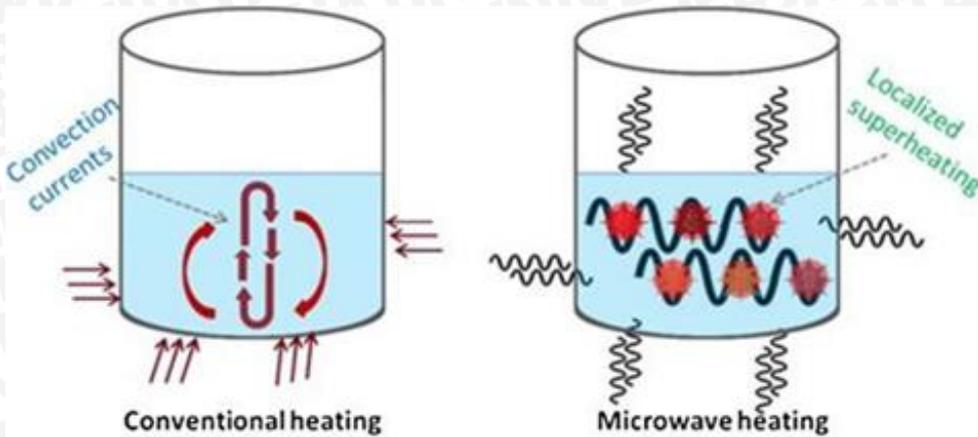
2.8 Microwave Assisted Extraction

Microwave Assisted Extraction (MAE) merupakan teknik untuk mengekstraksi atau mengisolasi bahan-bahan terlarut di dalam tanaman dengan menggunakan bantuan energi berupa gelombang mikro. MAE merupakan ekstraksi dengan memanfaatkan gelombang mikro yang dapat menghasilkan energi radiasi panas untuk mempercepat ekstraksi melalui pemanasan pelarut secara cepat dan efisien (Jain, 2009). Gelombang mikro yang dipancarkan dapat mengurangi aktivitas enzimatis yang merusak senyawa target ekstraksi atau isolasi (Salas, 2010). Gelombang mikro merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang antara 1.0-100.0 cm dan frekuensi antara 0.3-30 GHz (Taylor, 2005). Diantara frekuensi-frekuensi tersebut yang paling banyak digunakan untuk tungku gelombang mikro (*microwave oven*) 2.45 GHz yaitu pada panjang gelombang 12.25 cm.

Teknik MAE dapat diterapkan pada fasa cair atau gas dengan cara cairan digunakan sebagai pelarut maupun fasa gas yang digunakan sebagai media pengekstrak. Proses ekstraksi yang dikenakan pada obyek dengan fasa cair didasarkan pada prinsip perbedaan kemampuan menyerap energi dari *microwave* pada masing-masing senyawa di dalam bahan tanaman. Teknologi *microwave assisted extraction* telah banyak diaplikasikan tidak hanya pada pengolahan bahan makanan. Aplikasi yang saat ini sedang banyak dikaji mengenai MAE adalah isolasi minyak atsiri dari bahan tanaman menggantikan teknologi konvensional seperti distilasi uap (*hydrodistillation*), ekstraksi dengan lemak (*enfleurage*), dan ekstraksi pelarut (*solvent extraction*) (Guenther, 1948).

Keuntungan yang didapat dari proses MAE terutama adalah kebutuhan waktu untuk distilasi seluruh minyak atsiri dibandingkan proses-proses konvensional sebelumnya. Pemilihan daya secara tepat berguna untuk menghindari suhu degradatif senyawa target dan kelebihan tekanan saat proses distilasi. Daya pada gelombang mikro dipengaruhi oleh waktu dan suhu distilasi. Kombinasi dari daya rendah hingga sedang dan waktu distilasi yang panjang merupakan potensi untuk mendapatkan kondisi terbaik. Penggunaan suhu tinggi dan daya tinggi dapat mengintensifkan pemecahan dinding sel dari tumbuhan. Dari berbagai penelitian yang dilakukan menggunakan metode MAE antara lain mengenai pengambilan saponin dari *chestnut* (Kerem, 2005) dan pengambilan minyak lada hitam (Ramanadhan, 2005), dapat diketahui bahwa MAE memiliki berbagai kelebihan dibandingkan dengan teknologi konvensional seperti distilasi air (*hydrodistillation*), ekstraksi pelarut (*solvent extraction*) dan ekstraksi dengan lemak (*enfleurage*).

Mekanisme pemanasan akibat gelombang mikro berbeda dengan pemanasan yang terjadi pada mekanisme pemanasan konvensional. Mekanisme pemanasan akibat gelombang mikro dapat kita lihat pada gambar 2.9 berikut.



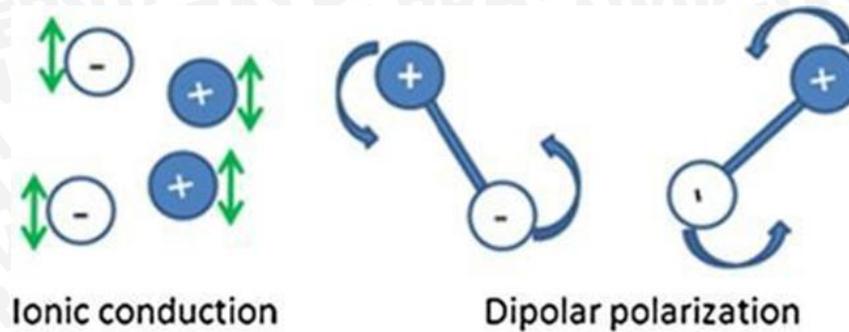
Gambar 2.9 Mekanisme pemanasan konvensional dan pemanasan menggunakan gelombang mikro

Sumber: Gude (2013)

Gambar 2.9 menunjukkan ilustrasi mekanisme pemanasan konvensional dan pemanasan menggunakan gelombang mikro. Pada metode pemanasan konvensional, perpindahan panas terjadi mulai dari titik terluar kemudian diikuti pemanasan pada bagian cairan yang ada di dalam wadah. Efek pemanasan konvensional tergantung pada konduktivitas termal bahan, *specific heat*, dan densitas yang mengakibatkan temperatur permukaan yang tinggi yang disebabkan karena perpindahan panas dimulai dari bagian paling luar menuju bagian dalam material. (Gude, 2013)

Pemanasan menggunakan gelombang mikro mempunyai beberapa keuntungan, seperti pemanasan tanpa bersentuhan (mengurangi panas berlebihan pada permukaan material), mengurangi gradien termal, pemanasan berdasarkan tipe material dan pemanasan secara volumetrik, pemanasan dimulai dengan cepat dan efek pemanasan berhenti dengan cepat, panas dimulai dari dalam material, perpindahan energi berdasarkan perpindahan panas secara radiasi (Gude, 2013)

Perpindahan energi dari gelombang mikro pada material dikarenakan oleh mekanisme *dipolar polarization*, *ionic conduction*, dan *interfacial polarization* yang menyebabkan *superheating* secara cepat pada material seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Ionic conduction* dan *dipolar polarization* pada material
Sumber: Gude (2013)

Jika sebuah molekul terkena radiasi gelombang mikro maka *dipole* mencoba untuk mensejajarkan dengan bentuk gelombang mikro. Jika gelombang mikro terus dipancarkan secara cepat (*oscillating*), *dipole* akan secara terus menerus mengikuti gerak gelombang tersebut. Pergantian orientasi dari molekul tersebut akan menyebabkan gesekan dan akan menimbulkan panas (Gude, 2013). Panas radiasi yang dihasilkan dari gelombang mikro dapat memanaskan dan menguapkan air pada sel di dalam media. Sehingga tekanan pada dinding sel meningkat. Akibatnya, sel membengkak (*swelling*) dan tekanan tersebut mendorong dinding sel dari dalam, meregangkan, dan memecahkan sel tersebut (Alupululai et al., 2012). Rusaknya sel dari biomassa membuat senyawa target keluar dan terekstraksi dengan lebih mudah (Jain, 2009)

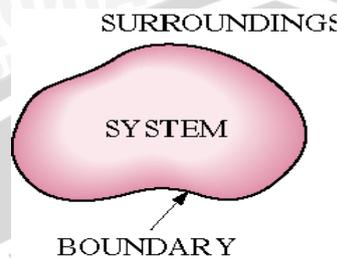
Metode alternatif pengambilan minyak nilam yang ditawarkan adalah menggunakan teknologi *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Senyawa yang bersifat termolabil cocok dengan teknologi tersebut karena memiliki kontrol terhadap temperatur yang lebih baik dibandingkan proses pemanasan konvensional (Ventakesh dan Raghavan, 2004). Kelebihan proses MAE adalah: cocok untuk komponen yang bersifat termolabil, waktu ekstraksi lebih singkat, mengurangi penggunaan pelarut, akurasi dan presisi lebih tinggi, mengurangi konsumsi energi dan menyertakan proses pengadukan sehingga peristiwa perpindahan massa meningkat sehingga pemanasan menggunakan *microwave* dapat dikatakan sebagai pemanasan yang efisien dan efektif.

2.9 Termodinamika

2.9.1 Konsep Dasar Termodinamika

Salah satu konsep dasar hukum termodinamika yang paling mendasar yang telah ada di alam adalah prinsip konservasi energi. Yang menyatakan bahwa selama interaksi energi, energi dapat berubah dari menjadi bentuk lain tetapi jumlah energi selalu konstan karena energi bersifat kekal dan tidak dapat diciptakan atau dihancurkan.

Suatu sistem biasa maupun sistem termodinamika didefinisikan sebagai suatu daerah atau ruang. Dan wilayah diluar sistem tersebut disebut sebagai lingkungan. Permukaan nyata atau imajiner yang memisahkan sistem dari lingkungannya disebut batas. Batas dari sistem ini dapat berupa batas permanen yang tidak dapat bergerak atau batas yang dapat bergerak. Perbedaan antara sistem, lingkungan dan batas dapat dilihat pada gambar 2.11.

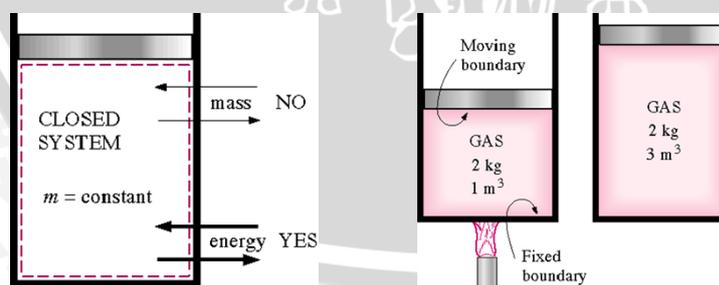


Gambar 2.11 Sistem, lingkungan, dan batas
Sumber: Cengel (2006)

Sistem tersebut dapat dianggap terbuka atau tertutup tergantung pada berubah atau tidaknya massa dan volume dalam ruang. Berikut penjelasan mengenai sistem dalam termodinamika:

a. Sistem tertutup

Sebuah sistem tertutup terdiri dari jumlah massa yang tetap dan tidak ada massa dapat melintasi batas sistem. Batas sistem tertutup dapat bergerak dan tidak harus diam permanen. Contoh sistem tertutup yang paling banyak kita ketahui yaitu pada ruang bakar kendaraan bermotor pada perangkat silinder piston dimana volume tidak harus tetap. Namun, energi dalam bentuk panas dan kerja dapat menyeberangi batas-batas sistem tertutup. Gambaran dari sistem tertutup dapat kita lihat pada gambar 2.12.

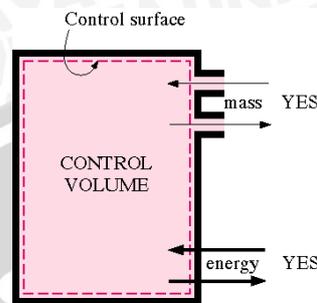


Gambar 2.12 Sistem tertutup
Sumber: Cengel (2006)

b. Sistem terbuka

Dalam sistem terbuka dari suatu termodinamika massa dan energi yang dapat melintasi sistem dengan baik. contoh sistem terbuka adalah pompa, kompresor, turbin,

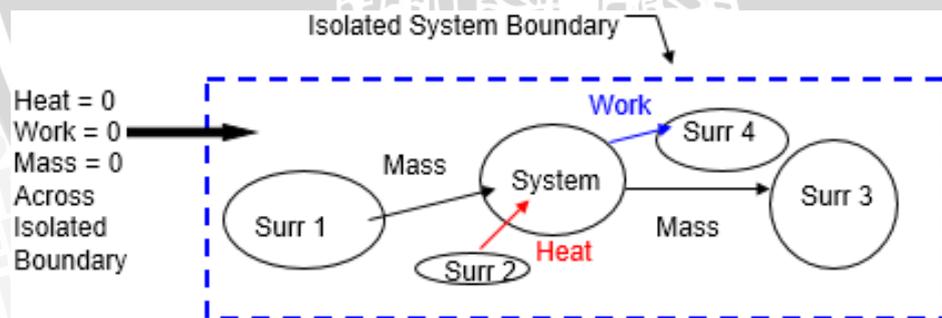
katup, dan penukar panas (*heat exchangers*). Sedangkan kontrol permukaan (*control surface*) adalah bagian dari sistem yang membatasi perpindahan massa dan energi pada sistem. Pada penelitian kali ini sistem termodinamika yang digunakan adalah sistem terbuka. Gambaran dari sistem terbuka dapat kita lihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Sistem terbuka
Sumber: Cengel (2006)

c. Sistem terisolasi

Sistem terisolasi adalah sistem dimana tidak ada panas atau kerja yang dapat menyeberangi batas sistem. Sistem terisolasi adalah sistem tertutup tanpa energi melintasi batas-batas dan biasanya koleksi sistem utama dan sekitarnya yang bertukar massa dan energi di antara mereka sendiri dan tidak ada sistem lain. Dengan kata lain tidak ada pertukaran massa dan energi sistem dengan lingkungan. Contoh: tabung gas yang terisolasi.



Gambar 2.14 Sistem terisolasi
Sumber: Cengel (2006)

Sistem terbuka dan sistem tertutup pada termodinamika sangat berbeda, sangat penting bagi kita untuk mengetahui jenis sistem tersebut tertutup atau terbuka sebelum kita menganalisa sistem tersebut. Di dalam suatu sistem terdapat pula beberapa properti yang harus kita ketahui. Beberapa sifat termodinamika yang berlaku pada penelitian kali ini adalah

tekanan (P), temperatur (T), Volume (V), dan massa (m). Properti dalam termodinamika dibedakan menjadi dua yaitu intensif dan ekstensif. Beberapa Sifat ekstensif adalah massa, Volume, energi total. Beberapa Sifat Intensif adalah suhu, tekanan, usia, warna. Berikut penjelasan mengenai beberapa properti tersebut.

a. Tekanan

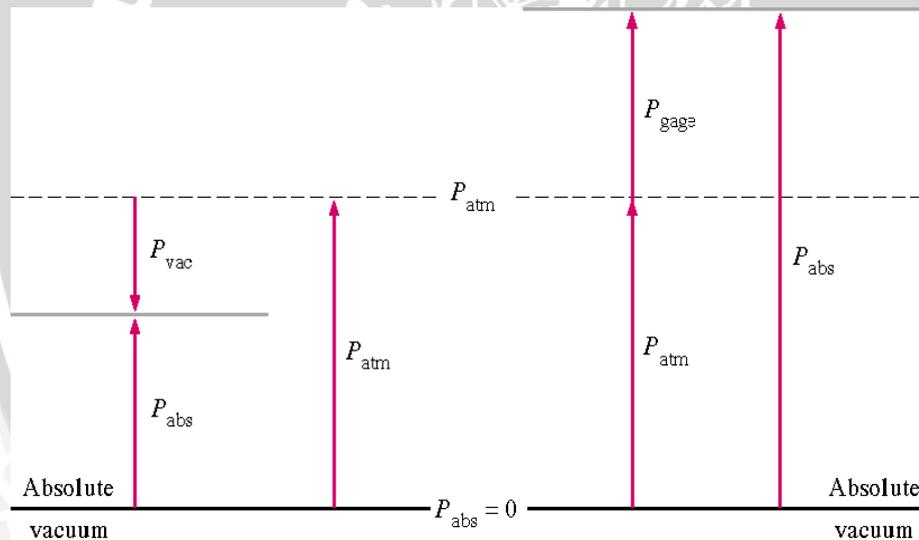
Gaya setiap satu satuan luas disebut tekanan. Dan satuannya dalam SI adalah pascal atau N/m^2 .

$$P = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas}} = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

$$1 \text{ mPa} = 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10^6 \text{ kPa} \quad (2.2)$$

Tekanan yang digunakan dalam semua perhitungan adalah tekanan absolut yang diukur relatif terhadap tekanan nol mutlak. Tekanan alat ukur diukur relatif terhadap tekanan atmosfer yang disebut sebagai (*gauge pressure*).

$$P_{abs} = P_{atm} \pm P_{gauge} \quad (2.3)$$



Gambar 2.15 Perbedaan antar tekanan
Sumber: Cengel (2006)

b. Temperatur

Meskipun kita kenal dengan temperatur/suhu sebagai ukuran panas atau dingin, tidak mudah untuk memberikan definisi yang tepat dari itu. Suhu dianggap sebagai properti termodinamika yang merupakan ukuran dari kandungan energi dari massa. Suhu suatu sistem adalah sifat yang menentukan apakah sistem itu setimbang termal dengan sistem lain atau tidak. Beberapa sistem dikatakan memiliki suhu yang sama jika sistem-sistem tersebut memiliki kesetimbangan termal. Jika dua sistem dengan

temperatur yang berbeda diletakkan dalam kontak termal, maka kedua sistem tersebut pada akhirnya akan mencapai temperatur yang sama. Kesetimbangan termal ini sesuai dengan hukum ke nol termodinamika yang berbunyi “Jika benda pertama dan kedua terpisah namun berada dalam kesetimbangan termal dengan benda ketiga, maka benda pertama dan kedua berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain”.

2.9.2 Kalor Dan Energi

1. Energi

Energi adalah suatu besaran kapasitas atau kemampuan untuk melakukan kerja/usaha. Bentuk-bentuk energi antara lain adalah energi potensial, kinetik, termal, kimia, nuklir dan lain lain. Proses perpindahan energi melalui dua cara yaitu berupa panas maupun kerja. Panas (Q) adalah bentuk perpindahan energi dari suatu benda atau sistem kepada benda atau sistem lainnya melalui kontak termal ketika keduanya memiliki perbedaan temperatur. Kerja adalah bentuk perpindahan energi dari suatu benda atau sistem kepada benda atau sistem lainnya besarnya diukur dari perubahan pada batasan mekanis yang umum seperti tekanan, volume.

Energi yang dapat menyeberangi batas sistem tertutup hanya dengan berupa panas atau kerja. Perpindahan energi melintasi batas sistem karena semata-mata terdapat perbedaan suhu antara sistem dan sekitarnya disebut panas. Energi ditransfer melintasi batas sistem yang dapat dianggap sebagai energi yang dikeluarkan untuk mengangkat suatu beban disebut kerja. Panas dan kerja adalah mekanisme transportasi energi antara sistem dan sekitarnya.

Perbedaan fasa pada dasarnya adalah bentuk perubahan struktur dari suatu molekul. Pada setiap fasa, molekul bergerak secara acak dengan tiga jenis gerakan: getaran, rotasi dan translasi. Dari sinilah energi dalam (U) didefinisikan sebagai jumlah energi kinetik molekul akibat gerakan getaran, rotasi dan translasi tersebut.

Besarnya energi dalam sangat dipengaruhi oleh tekanan dan temperatur. Naiknya temperatur akan mempercepat gerakan molekul baik berupa getaran, rotasi maupun translasi, yang meningkatkan energi dalam. Namun peningkatan tekanan menyebabkan terbatasnya gerakan molekul, sehingga secara langsung menurunkan energi dalam walaupun pengaruhnya tidak terlalu besar.

2. Panas (*heat*)

Panas merupakan suatu energi yang dapat berpindah melewati sistem karena terdapat perbedaan temperatur. Panas merupakan suatu bentuk energi yang dapat

menimbulkan perubahan temperatur benda sehingga sering diistilahkan sebagai tranfer panas (*heat transfer*). Jenis-jenis kalor:

a. Panas jenis atau *specific heat*.

Panas jenis merupakan suatu energi yang diperlukan untuk meningkatkan temperatur suatu zat persatuan massa sebesar satu derajat. Terdapat dua macam panas jenis dalam termodinamika, C_v yaitu panas jenis pada volume konstan dan C_p yaitu panas jenis pada tekanan konstan.

b. Kapasitas panas atau *heat capacity*

Heat capacity mirip dengan *specific heat*/panas jenis, namun kapasitas panas memasukkan besaran massa. Berikut perbedaan kapasitas panas dan panas jenis di dalam persamaan.

$$m \cdot c = C \quad (2.4)$$

keterangan :

m = Massa (Kg)

c = Pans Jenis (J/KgK)

C = Kapasitas panas (J/K)

c. Panas pelelehan/pencairan/laten atau *Heat of fusion*

Heat of fusion merupakan suatu energi yang diperlukan untuk mencairkan atau melelehkan benda padat. Misal air dalam fase padat atau es dengan suhu 0°C menjadi air cair 0°C memiliki $H_{\text{fus}} = 330\text{J/g}$, hal ini berarti untuk mencairkan es per-gram diperlukan energi sebesar 330J.

d. panas penguapan atau *Heat of vaporization*

Heat of vaporization merupakan suatu energi yang diperlukan untuk menguapkan suatu zat. Misal zat air dalam fase cair 99°C diuapkan menjadi uap air 99°C memiliki $H_{\text{vap}} = 220\text{J/g}$, hal ini berarti untuk menguapkan air diperlukan energi sebanyak 220J.

2.9.2 Zat Murni Dan Perubahan Fasa

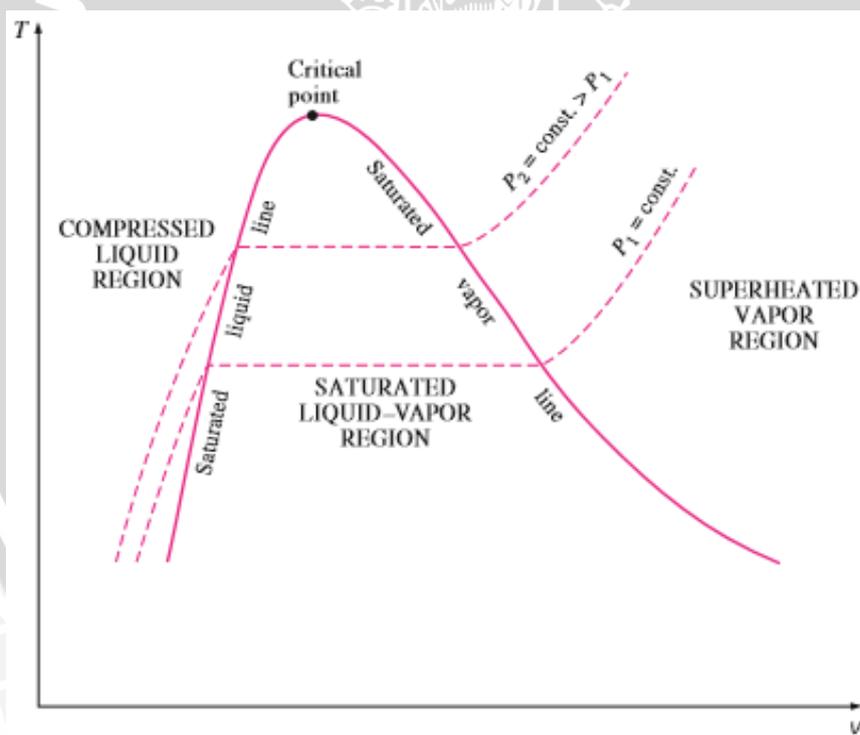
1. Zat Murni

Zat murni merupakan zat yang pada semua komponennya memiliki komposisi kimia yang tetap. Contoh zat murni misalnya CO_2 , air, nitrogen, udara, helium, dan lain-lain. Zat murni dapat berupa campuran zat yang homogen pada seluruh bagiannya. Tetapi campuran tidak dapat bercampur secara homogen seperti minyak dengan air tidak termasuk zat murni.

Zat murni dapat berubah menjadi beberapa fasa yaitu fasa padat, fasa cair dan fasa gas. Jarak antar molekul fasa padat paling kecil dan gaya ikat antar molekul paling besar, fasa cair mempunyai gaya ikat yang lebih kecil dibanding fasa padat, dan fasa gas memiliki gaya ikat antar molekul paling kecil. Fasa padat memiliki posisi molekul relatif tetap, molekul bergerak secara osilasi pada fasa cair, dan pada fasa gas molekulmolekul bergerak bebas dan saling bertabrakan satu sama lainnya. Dalam penelitian kali ini zat murni yang digunakan adalah air.

2. Diagram fasa

Pada keadaan yang berbeda perubahan fasa dapat terjadi pada zat murni. Air akan menjadi gas pada temperatur sekitar 100°C pada tekanan 1 atm, tetapi temperatur perubahan fasanya lebih tinggi pada tekanan lebih tinggi pula. Diagram perubahan fasa dari suatu zat murni dapat digambarkan dari sifat tersebut diatas secara lengkap. Contoh diagram perubahan fasa diperlihatkan pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 (a) Grafik T-v dan (b) Grafik P-v
Sumber: Cengel (2006)

Garis lengkung merupakan garis fasa, garis sebelah kiri merupakan garis liquid jenuh dan garis sebelah kanan merupakan garis uap jenuh. Titik puncaknya merupakan titik kritis yaitu kondisi fasa liquid dan gas terjadi bersamaan. Titik kritis air terjadi pada tekanan kritis (P_{cr}) = 22,09MPa, dan temperatur kritis (T_{cr}) = $374,14^{\circ}\text{C}$. Daerah diantara

garis garis uap jenuh dan liquid jenuh merupakan daerah terjadinya campuran antara fasa cair dan fasa gas.

Pada penelitian kali ini perubahan fasa yang terjadi hanyalah sebatas pada perubahan dari cair-cair jenuh-uap jenuh. Kebutuhan energi perubahan wujud dari cair menjadi cair jenuh kita hitung menggunakan persamaan:

$$Q = m \cdot L \quad (2.5)$$

Keterangan:

L = Kalor Laten (J/Kg)

m = Massa (Kg)

Kalor uap air = 540 kal/g atau 2.268.000 J/kg

Sedangkan energi kalor pada fase kenaikan suhu dari cair jenuh menjadi uap jenuh kita hitung menggunakan persamaan:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (2.6)$$

Keterangan :

c = Kalor Jenis (J/KgK)

m = Massa (Kg)

ΔT = Perubahan Suhu (K)

Kalor jenis air = 4.200 J/kgK atau 1 kal/g°C

Dengan melihat diagram fase dan penerapan rumus diatas, perhitungan kalor sangat dipengaruhi oleh temperatur pada saat proses perubahan fase. Semakin tinggi tekanan yang diberikan akan menyebabkan temperatur penguapan yang di butuhkan juga semakin metingkat. Peningkatan tekanan dan peningkatan temperatur ini akan mengakibatkan sel di dalam daun nilam cepat rusak sehingga pengambilan minyak nilam akan semakin mudah.

Semakin tinggi tekanan dan temperatur penguapan juga menyebabkan proses perubahan fase yang terjadi akan semakin cepat. Dan hal ini akan menyebabkan kebutuhan energi yang dikeluarkan oleh *microwave* akan semakin kecil. Hal ini dapat dibuktikan dengan persamaan perhitungan energi pada *microwave* yaitu sebagai berikut:

$$E = P \times t \quad (2.7)$$

Keterangan:

E = Energi (KJoule)

P = Daya (Watt)

t = waktu (detik)

Di sisi lain, semakin tinggi temperatur dan tekanan yang diberikan pada zat murni (air) akan menyebabkan penurunan entalpi penguapan dari air tersebut. Entalpi penguapan adalah kalor yang dibebaskan atau diserap pada penguapan 1 mol zat atau dalam hal ini satuan yang digunakan adalah kiloJoule/kilogram.

<u>Saturated water—Pressure</u>			<u>Saturated water—Temperature</u>		
		<u>Enthalpy,</u> <u>kJ/kg</u>			<u>Enthalpy,</u> <u>kJ/kg</u>
Press., <i>P</i> kPa	Sat. temp., <i>T</i> _{sat} °C	Evap., <i>h</i> _{fg}	Temp., <i>T</i> °C	Sat. press., <i>P</i> _{sat} kPa	Evap., <i>h</i> _{fg}
100	99.61	2257.5	100	101.42	2256.4
200	120.21	2201.6	120	198.67	2202.1
300	133.52	2163.5	130	270.28	2173.7
			135	313.22	2159.1

Gambar 2.17 Properti air
Sumber: Cengel (2006)

Dari gambar 2.17 terlihat bahwa semakin tinggi temperatur maka entalpi penguapan semakin kecil. Begitu juga dengan peningkatan tekanan. Semakin tinggi tekanan maka entalpi penguapan juga akan semakin kecil. Keduanya antara temperatur dan tekanan adalah berbanding terbalik dengan entalpi penguapan.

2.10 Rendemen

Rendemen dalam penelitian kali ini adalah selisih antara berat minyak nilam yang dihasilkan dengan berat bahan baku yang digunakan, dalam satuan persen. Persentase rendemen dapat digunakan sebagai nilai keberhasilan proses produksi dan sebagai dasar perhitungan biaya produksi. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya rendemen. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil rendemen minyak nilam yaitu: jenis tanaman (*Pogostemon cablin Benth*, *Pogostemon heyneanus Benth* dan *Pogostemon hortensis Backer*), waktu panen, umur tanaman, perlakuan pasca panen sebelum penyulingan, perubahan bentuk daun, dan metode penyulingan serta tekanan dalam saat penyulingan dan energi untuk pemanasan (Herlina et. al., 2005).

2.11 Hipotesis

Fermentasi dapat memecahkan dinding sel daun nilam sehingga minyak nilam keluar secara optimal. Semakin tinggi tekanan menyebabkan semakin kecil entalpi penguapan air yang membuat energi penguapan yang diperlukan juga semakin kecil. Semakin tinggi tekanan dan temperatur distilasi dapat mempermudah proses distilasi karena biomassa sangat rentan rusak ketika dikenai temperatur dan tekanan yang tinggi. Sehingga peningkatan tekanan dan temperatur dapat menyebabkan laju perpindahan massa minyak nilam semakin cepat dan energi yang dibutuhkan semakin sedikit.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian nyata. Metode penelitian nyata atau *true experimental research* merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menguji suatu perlakuan dengan membandingkannya dengan perlakuan lainnya. Penelitian ini menunjukkan unjuk kerja *steam-hydro distillation* dengan Bantuan *microwave*.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2016 sampai selesai. Dan tempat yang digunakan adalah Laboratorium Motor Bakar, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

3.3 Variabel Penelitian

Terdapat tiga variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Variabel bebas

Nilai dari variabel ini dapat ditentukan sendiri oleh peneliti dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Dalam penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah tekanan yang digunakan pada bejana distilasi, yaitu satu bar; dua bar; dan tiga bar.

2. Variabel terikat

Nilai dari variabel terikat merupakan nilai yang tidak dapat ditentukan melainkan hasil dari variabel bebas suatu penelitian dan hasilnya dapat diketahui apabila telah penelitian selesai dilakukan. Dalam penelitian ini, variabel terikatnya yaitu volume minyak yang dihasilkan, dan konsumsi energi *microwave*.

3. Variabel terkontrol

Nilai dari variabel terkontrol dapat ditentukan sendiri oleh peneliti dan dikondisikan/dikontrol secara konstan. Variabel terkontrol dari penelitian ini adalah daya *microwave* sebesar 700Watt, daun nilam setiap spesimen seberat 100 gram dengan kadar air 18,5-22,5%, tiga spesimen difermentasi selama delapan hari menggunakan *Trichoderma viride*, dan tiga spesimen tanpa fermentasi.

3.4 Spesimen uji

Media/spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah daun nilam aceh (*Pogostemon cablin benth*). Dengan ketentuan tiga spesimen berupa daun nilam kering seberat 100 gram difermentasi selama delapan hari menggunakan *Trichoderma viride*. Dan tiga spesimen berupa daun nilam kering seberat 100 gram tanpa difermentasi.



Gambar 3.1 Daun nilam kering dan daun nilam kering terfermentasi

3.5 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

a. Microwave

Microwave digunakan sebagai media bantu untuk memanaskan dengan memanfaatkan radiasi gelombang mikro. *Microwave* yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Daya input : 1000 Watt
2. Daya output : 140 Watt, 280 Watt, 420 Watt, 560 Watt, 700 Watt
3. Frekuensi : 2450 MHz
4. Kapasitas : 20 Liter

b. Kondensor kaca

Kondensor kaca berfungsi sebagai *heat exchanger* yang dimanfaatkan untuk mendinginkan uap hasil distilasi agar menjadi cair. Kondensor ini secara keseluruhan terbuat dari kaca dan memanfaatkan kaca spiral (koil) didalamnya agar pendinginan yang lebih optimal.

c. Bejana distilasi

Bejana distilasi terbuat dari kaca dengan tutup yang terbuat dari plastik mempunyai volume 3,7 liter. Terdapat sekat pemisah pada wadah yang bertujuan untuk memisahkan air mendidih dan daun nilam. Wadah kaca ini merupakan wadah/bejana distilasi untuk dimasukkan ke dalam *microwave*.

d. *Data logger*

Data logger digunakan untuk mengambil data berupa perubahan temperatur pada bejana distilasi selama pengujian berlangsung. *Data logger* ini memiliki spesifikasi channel input yang berbeda sebagai berikut:

Input:

- 0-24mA;
- 0-50mV;
- 0-10 V;
- NTC;
- PT-100;
- *Thermocouple*;
- *Pulse Counter*;
- *Frequency*;
- *User Defined sensors*.

e. 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 dengan skala temperatur 0°C-1370°C.

f. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menampung campuran minyak nilam dan air hasil distilasi, selain itu digunakan untuk mengukur minyak yang dihasilkan selama variabel waktu yang telah ditentukan. Gelas ukur ini terbuat dari kaca dan memiliki kapasitas 50ml.

g. *Pressure Gauge*

Pressure Gauge berfungsi untuk alat ukur tekanan. Di dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur tekanan di dalam bejana distilasi saat beroperasi. Satuan dalam *pressure gauge* yang digunakan adalah bar.

h. *Check Valve*

Check Valve berfungsi sebagai katup pengatur aliran didalam saluran. Dalam penelitian kali ini juga digunakan sebagai pengontrol tekanan.

i. Timbangan Elektrik

Timbangan elektrik berfungsi untuk mendapatkan massa dari suatu benda. Di dalam penelitian ini, timbangan elektrik digunakan untuk menimbang massa spesimen untuk pengujian dan menimbang massa minyak nilam yang dihasilkan.

j. *Moisture analyzer*

Moisture analyzer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar air suatu bahan. Pada penelitian ini, *moisture analyzer* digunakan untuk mengukur kadar air spesimen uji yaitu daun nilam kering.

k. Pompa

Pompa pada penelitian ini digunakan untuk mensirkulasikan air pendingin dari bak penampung air ke dalam kondensor kemudian kembali lagi ke dalam bak penampung air.

Spesifikasi pompa yang digunakan :

- Head: 80 cm
- Debit: 960 Liter/jam

l. Kamera

Kamera berfungsi untuk mendokumentasikan gambar alat alat dan juga spesimen uji. Di samping itu kamera juga untuk mengambil gambar minyak hasil distilasi *microwave* selama variabel waktu yang sudah ditentukan.

m. Bak penampung air

Bak penampung air digunakan untuk menampung air dingin yang kemudian dialirkan ke kondensor dengan bantuan pompa. Bak penampung air yang digunakan memiliki kapasitas 16 liter.

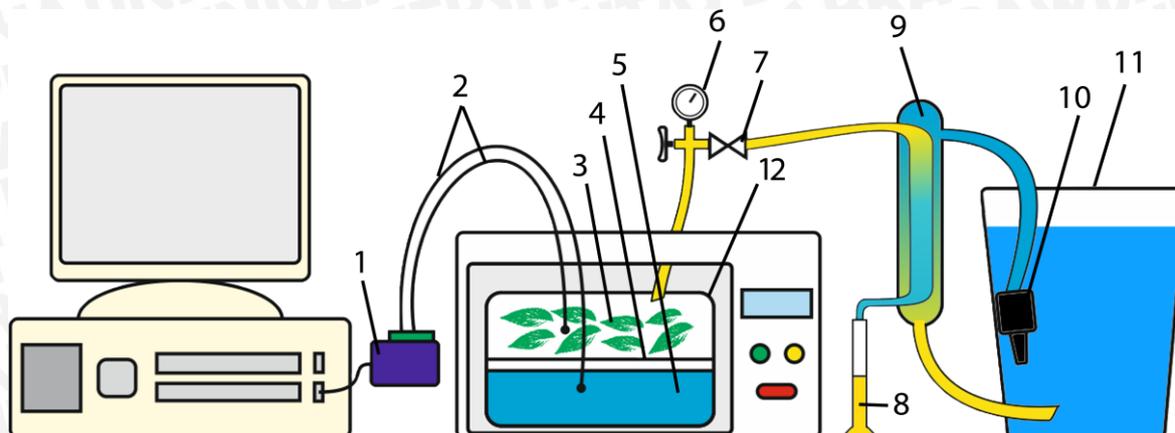
n. Suntikan

Suntikan pada penelitian ini berfungsi untuk mengambil minyak nilam yang dihasilkan, selain itu suntikan juga berfungsi untuk mengukur minyak nilam yang dihasilkan kemudian dihitung rendemennya. Spesifikasi suntikan yang digunakan memiliki kapasitas 6 ml.

o. Wadah plastik

Wadah plastik yang digunakan mempunyai volume 0,8 liter, wadah plastik pada penelitian ini digunakan untuk tempat fermentasi daun nilam secara anaerob.

3.6 Instalasi Penelitian



Gambar 3.2 Skema instalasi

Keterangan:

1. *Data logger*;
2. *Thermocouple*;
3. Daun nilam;
4. Sekat pemisah;
5. Air
6. *Pressure gauge*;
7. *Check valve*;
8. Destilat;
9. Kondensor kaca;
10. Pompa;
11. Bak penampung air;
12. Bejana distilasi.

3.7 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang pertama kali dilakukan adalah menyiapkan instalasi penelitian. Dimulai dari mengumpulkan peralatan yang dibutuhkan dan merangkai hingga sesuai dengan skema instalasi. Kemudian kita harus menyiapkan spesimen pengujian sesuai dengan rancangan. Spesimen berupa daun nilam kering yang telah dipilih dan dipisahkan dari batang dan pengotor. Daun nilam dikeringkan hingga kadar airnya berkisar 18,5-22,5%. Selanjutnya daun ditimbang seberat 100 gram dan dimasukkan ke dalam kantong plastik klip, perlakuan ini dilakukan hingga didapatkan spesimen sebanyak enam kantong plastik

klip. Kemudian diambil sebanyak tiga spesimen untuk difermentasi menggunakan jamur kapang (*Tichoderma viride*) seberat 0,4 gram untuk setiap 100 gram daun nilam. Fermentasi dilakukan pada wadah plastik tertutup (fermentasi anaerob) selama delapan hari.

Sebelum melakukan penelitian, langkah pertama yang dilakukan adalah mengisi air dengan suhu sekitar 80-100°C dibagian bawah sekat bejana distilasi. Diikuti dengan memasukkan daun nilam kering yang telah terfermentasi/tanpa fermentasi (sesuai dengan variabel penelitian) dibagian atas sekat wadah kaca. Kemudian wadah kaca yang berisi spesimen uji dimasukkan ke dalam *microwave* dan ditutup. Daya *microwave* sesuai dengan variabel yaitu 700 Watt dan waktu distilasi diatur sesuai kebutuhan. Setelah semuanya diatur distilasi dapat dimulai dengan menekan tombol *start* pada *microwave*. Kemudian menyalakan pompa untuk mengalirkan air pendingin pada kondensor kaca. Saat proses distilasi berjalan tekanan pada distilator harus dijaga sesuai variabel (satu bar, dua bar, dan tiga bar) hingga distilasi berakhir. Minyak nilam hasil distilasi ditampung pada gelas ukur. Setelah distilasi selesai, *microwave* dimatikan kemudian mulai mengambil minyak dengan menggunakan suntikan dan dimasukkan ke dalam botol sampel. Setelah itu, wadah dan alat penelitian dibersihkan sebelum digunakan kembali.

Setelah minyak nilam hasil distilasi diambil maka minyak tersebut akan diuji nilai rendemennya. Peralatan pengujian nilai rendemen menggunakan timbangan elektrik dan botol sampel kosong serta pengambilan minyak menggunakan suntikan lima ml. Pertama kita menimbang berat dari botol sampel kosong kemudian timbangan elektrik di nol kan, setelah itu minyak nilam hasil distilasi dimasukkan dalam botol sampel. Catat berat minyak nilam yang terdeteksi pada timbangan digital. Rumus untuk mendapatkan nilai rendemen adalah sebagai berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat minyak nilam}}{\text{berat spesimen uji}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

Rendemen = (%)

Berat minyak nilam = (gram)

Berat spesimen uji = (gram)

Selain menghitung rendemen hasil distilasi, kita juga harus menghitung kebutuhan energi selama distilasi untuk menghitung kebutuhan energi untuk distilasi setiap satuan volume minyak nilam yang dihasilkan. Berikut rumus untuk menghitung kebutuhan energi distilasi:

$$E = P \times t \quad (3.2)$$

Keterangan:

Kebutuhan energi distilasi (E) = (KJoule)

Daya *microwave* (P) = (Watt)

Waktu distilasi (t) = (detik)

Dan di bawah ini rumus menghitung energi untuk distilasi setiap satuan volume minyak nilam:

$$\text{Energi per ml minyak nilam} = \frac{\text{Energi distilasi}}{\text{volume Minyak Nilam}} \quad (3.3)$$

Keterangan:

Energi per ml minyak nilam = (KJoule/ml)

Energi (E) = (KJoule)

Volume minyak nilam = (ml)

3.8 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini dibuat rancangan penelitian berupa tabel dan grafik. Tabel rancangan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1, tabel 3.2, tabel 3.3, tabel 3.4, dan tabel 3.5.

Tabel 3.1 Rancangan Tabel Temperatur Dalam Bejana Distilator Pada Setiap Variasi.

Waktu (menit)	Temperatur (°C)					
	Fermentasi			Tanpa		
	1 Bar	2 Bar	3 Bar	1 Bar	2 Bar	3 Bar
0						
20						
40						
60						
80						
100						
...						

Tabel 3.2 Rancangan Tabel Data Berat Hasil Distilasi Pada Setiap Variasi.

Tekanan (bar)	Volume (ml)		Berat (gr)	
	Fermentasi	Tanpa	Fermentasi	Tanpa
1				
2				
3				

Tabel 3.3 Rancangan Tabel Data rendemen Hasil Distilasi Pada Setiap Variasi.

Tekanan (bar)	Volume (ml)		Rendemen (%)	
	Fermentasi	Tanpa	Fermentasi	Tanpa
1				
2				
3				

Tabel 3.4 Rancangan Tabel Waktu Distilasi Terhadap Volume Minyak Nilam pada Daun Nilam Terfermentasi.

Waktu (menit)	Volume (ml)		
	P=1 Bar	P=2 Bar	P=3 Bar
0			
20			
40			
60			
80			
100			
...			

Tabel 3.5 Rancangan Tabel Waktu Distilasi Terhadap Volume Rendemen Minyak Nilam pada Daun Nilam Tanpa Fermentasi.

Waktu (menit)	Volume (ml)		
	P=1 Bar	P=2 Bar	P=3 Bar
0			
20			
40			
60			
80			
100			
...			

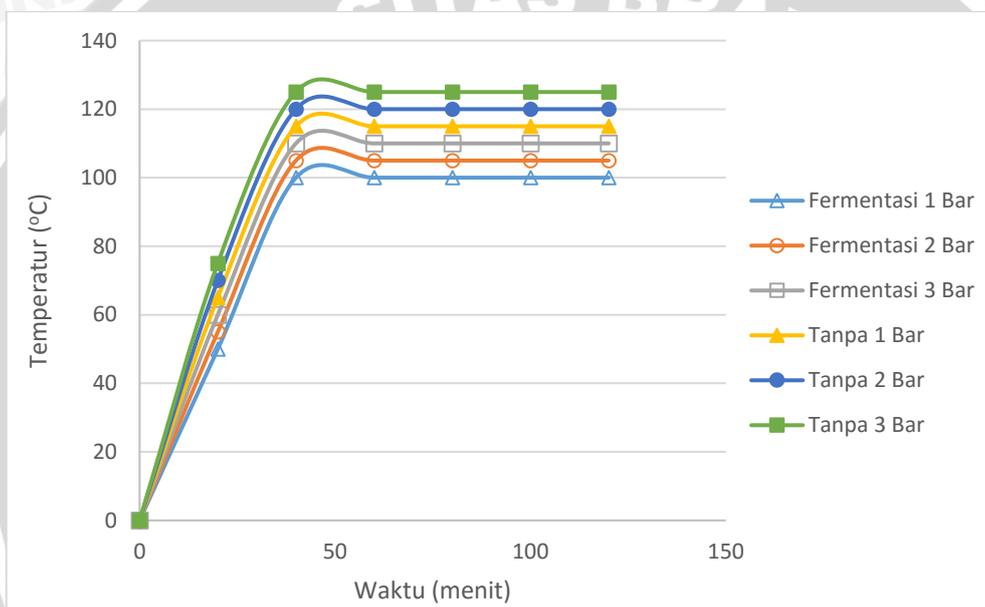
Tabel 3.6 Rancangan Tabel Kebutuhan Energi/ml Minyak Nilam yang Dibutuhkan Pada Setiap Variasi.

Tekanan (bar)	Energi setiap ml rendemen (KJ/ml)	
	Fermentasi	Tanpa
1		
2		
3		

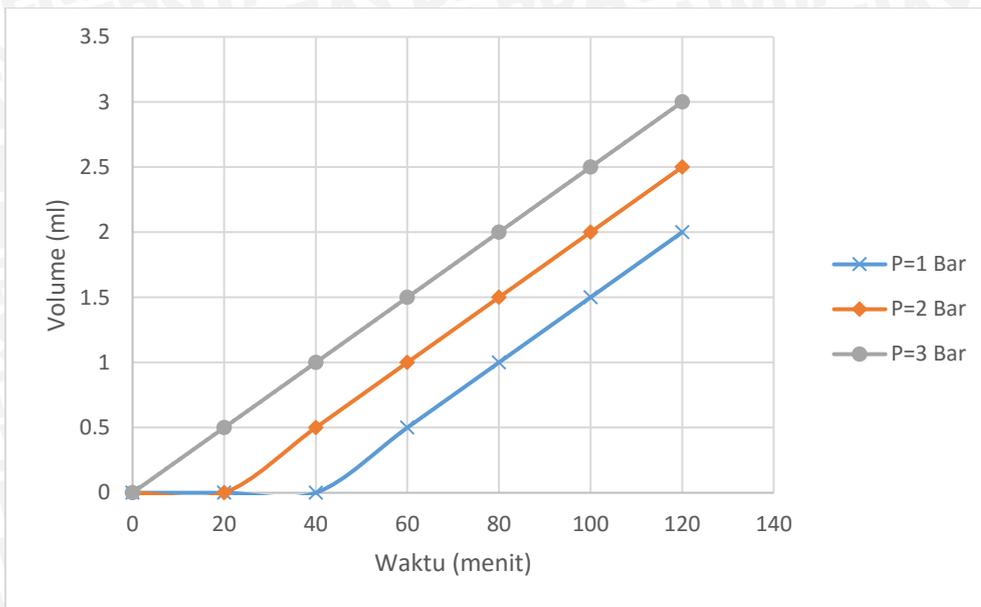
Tabel 3.7 Hasil Pengujian Kadar *Patchouli* Alkohol

No.	Sampel	Kadar <i>patchouli</i> alkohol
1	Pada daun tanpa fermentasi dengan tekanan satu bar	
2	Pada daun tanpa fermentasi dengan tekanan tiga bar	
3	Pada daun terfermentasi dengan tekanan satu bar	
4	Pada daun terfermentasi dengan tekanan tiga bar	

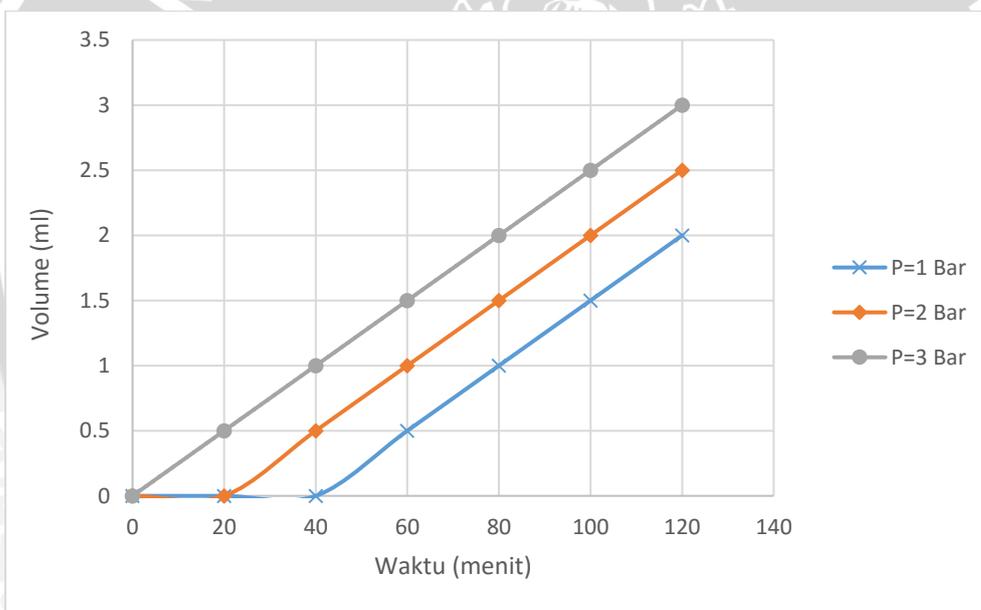
Dari data hasil pengujian dibuat rancangan penelitian berupa grafik seperti pada gambar 3.3, gambar 3.4, gambar 3.5, gambar 3.6, gambar 3.7 berikut.



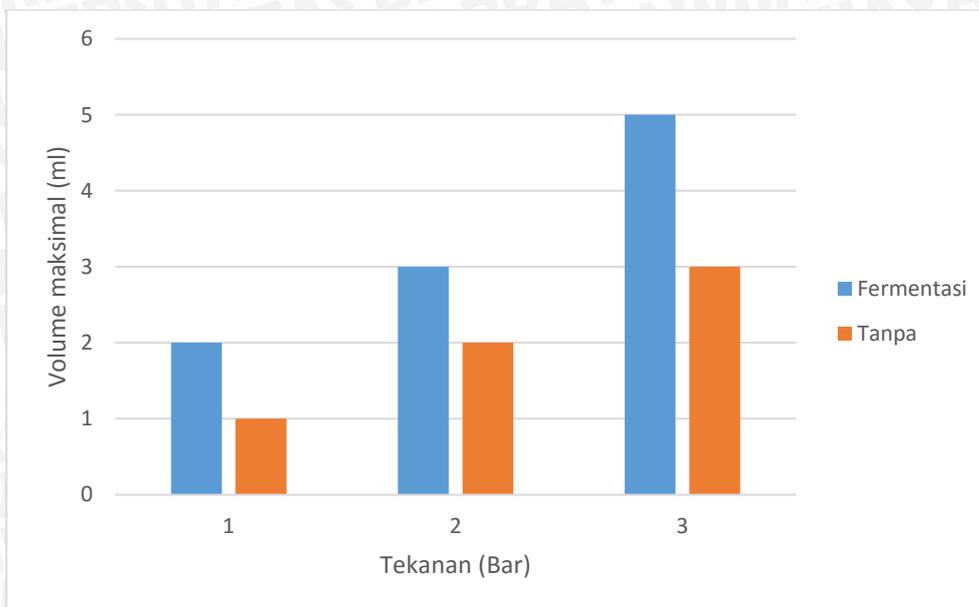
Gambar 3.3 Rancangan grafik hubungan tekanan dalam bejana distilator terhadap temperatur destilasi pada setiap variasi.



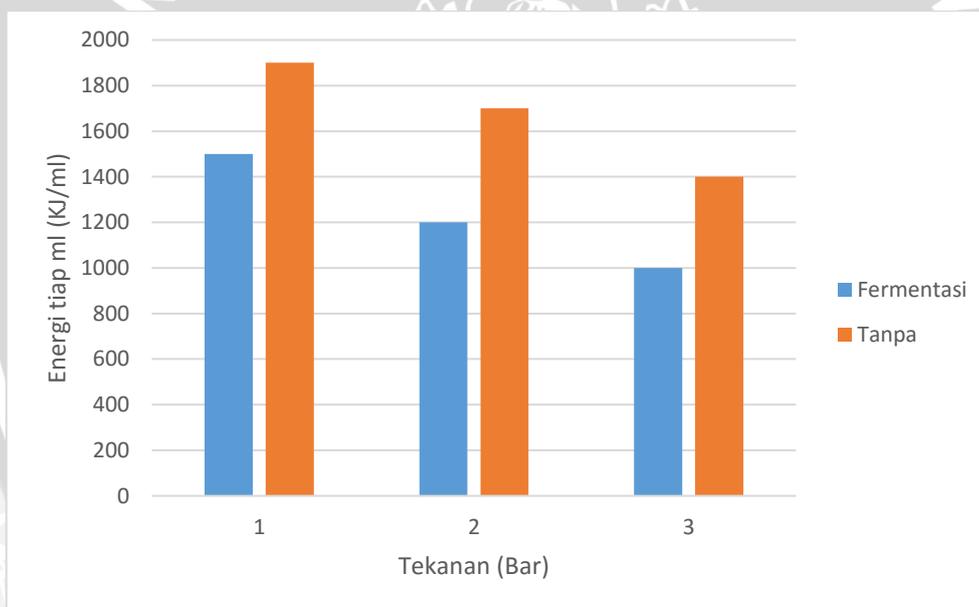
Gambar 3.4 Rancangan grafik hubungan antara waktu distilasi terhadap volume minyak nilam pada daun nilam terfermentasi.



Gambar 3.5 Rancangan grafik hubungan antara waktu distilasi terhadap volume minyak nilam pada daun nilam tanpa fermentasi.



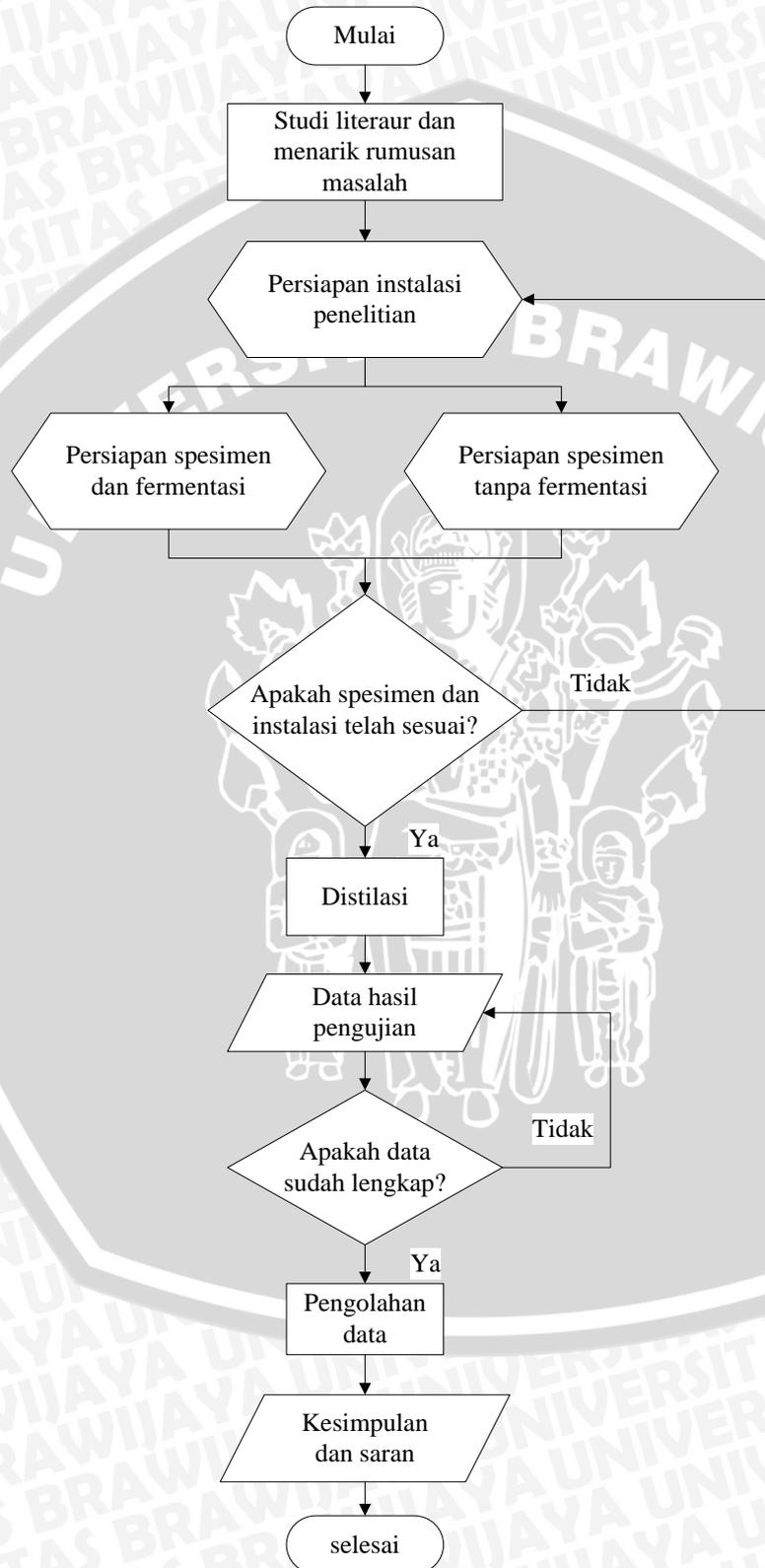
Gambar 3.6 Rancangan grafik hubungan antara tekanan pada bejana distilasi terhadap volume maksimal distilasi minyak nilam.



Gambar 3.7 Rancangan grafik hubungan antara tekanan distilasi terhadap kebutuhan energi/ml volume minyak nilam pada setiap variasi.

3.9 Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah penelitian dibuat suatu diagram alir yang dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Penelitian tentang distilasi minyak atsiri dari daun nilam yang terfermentasi dan tanpa fermentasi menggunakan metode *microwave steam-hydro distillation* dengan variasi beda tekanan telah mendapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, 4.3, dan tabel 4.4.

Tabel 4.1 Tabel Temperatur Dalam Bejana Distilator Pada Setiap Variasi.

Waktu (menit)	Temperatur (°C)					
	Fermentasi			Tanpa		
	1 Bar	2 Bar	3 Bar	1 Bar	2 Bar	3 Bar
0	78	74	83	71	86	82
20	95	107	110	93	109	106
40	95	110	120	95	109	120
60	95	109	120	95	109	121
80	96	109	121	95	110	120
100	96	110	123	97	111	120
120	96	109	122	97	110	122
140	95	109	122	97	111	123
160	95	109	123	96	111	122
180	95	110	122	97	110	121
200	96	110	122	97	110	121
220	96	109	121	97	111	122
240	95	109	122	96	110	121
260	96	109	122	95	109	121
280	97	109	122	95	109	
300	96			96	111	
320	95			95		
340	95			95		
360				95		

Tabel 4.2 Tabel Data Berat Hasil Distilasi Pada Setiap Variasi.

Tekanan (bar)	Volume (ml)		Berat (gr)	
	Fermentasi	Tanpa	Fermentasi	Tanpa
1	3.1	2.9	2.79	2.61
2	3.6	3.3	3.24	2.97
3	3.7	3.5	3.33	3.15

Tabel 4.3 Tabel Waktu Distilasi Terhadap Volume Minyak Nilam pada Daun Nilam Terfermentasi.

Waktu (menit)	Volume (ml)		
	P=1 Bar	P=2 Bar	P=3 Bar
0	0	0	0
20	0	0	0
40	0.2	0	0
60	0.6	0.3	0.4
80	1	1	0.8
100	1.4	1.8	1.6
120	1.9	2.5	2.7
140	2.4	2.7	3.1
160	2.5	3	3.2
180	2.5	3.2	3.3
200	2.6	3.4	3.3
220	2.7	3.4	3.5
240	2.8	3.5	3.6
260	2.8	3.6	3.7
280	2.9	3.6	3.7
300	3	3.6	3.7
320	3.1	3.6	3.7
340	3.1	3.6	3.7

Tabel 4. 4 Tabel Waktu Distilasi Terhadap Volume Minyak Nilam pada Daun Nilam Tanpa Fermentasi.

Waktu (menit)	Volume (ml)		
	P=1 Bar	P=2 Bar	P=3 Bar
0	0	0	0
20	0	0	0
40	0	0	0
60	0.3	0.2	0
80	0.5	0.6	0.8
100	0.7	1.5	1.4
120	1.1	1.9	2.1
140	1.6	2.2	2.6
160	2	2.5	3
180	2.3	2.7	3.1
200	2.4	3	3.3
220	2.5	3.1	3.4
240	2.6	3.2	3.5
260	2.7	3.2	3.5
280	2.7	3.3	3.5
300	2.7	3.3	3.5
320	2.8	3.3	3.5
340	2.9	3.3	3.5
360	2.9	3.3	3.5

4.2 Contoh Perhitungan

Dari data pada tabel 4.1 perlu dilakukan perhitungan untuk menghitung persentase rendemen, kebutuhan energi selama distilasi, dan kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk distilasi setiap mililiter minyak nilam. Berikut diberikan contoh perhitungan yang dibutuhkan:

1. Contoh perhitungan persentase rendemen

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

$$\text{Rendemen} = \frac{3.33 \text{ gr}}{100 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen} = 3.33 \%$$

2. Perhitungan kebutuhan energi distilasi:

$$E = P \times t$$

$$E = 700 \text{ Joule/detik} \times 15600 \text{ detik}$$

$$E = 11760000 \text{ Joule}$$

3. Perhitungan energi distilasi setiap satuan volume minyak nilam:

$$\text{Energi per ml minyak nilam} = \frac{\text{Energi distilasi}}{\text{total volume minyak nilam}}$$

$$\text{Energi per ml minyak nilam} = \frac{11760 \text{ KJoule}}{3.7 \text{ ml}}$$

$$\text{Energi per ml minyak nilam} = 3178.378 \text{ KJ/ml}$$

4.3 Hasil Pengolahan Data

Setelah hasil dari pengujian pada tabel 4.2 dihitung menggunakan perhitungan persentase rendemen (persamaan 3.1), maka hasil dari setiap perhitungan dimasukkan pada tabel 4.5. Sedangkan pada tabel 4.6 merupakan hasil perhitungan dari tabel 4.2 yang dihitung dengan menggunakan persamaan kebutuhan energi distilasi (persamaan 3.2) dan persamaan kebutuhan energi untuk setiap mililiter volume minyak hasil distilasi (persamaan 3.3).

Tabel 4. 5 Tabel Data Hasil Distilasi pada setiap Variasi.

Tekanan (bar)	Volume (ml)		Rendemen (%)	
	Fermentasi	Tanpa	Fermentasi	Tanpa
1	3.1	2.9	2.79	2.61
2	3.6	3.3	3.24	2.97
3	3.7	3.5	3.33	3.15

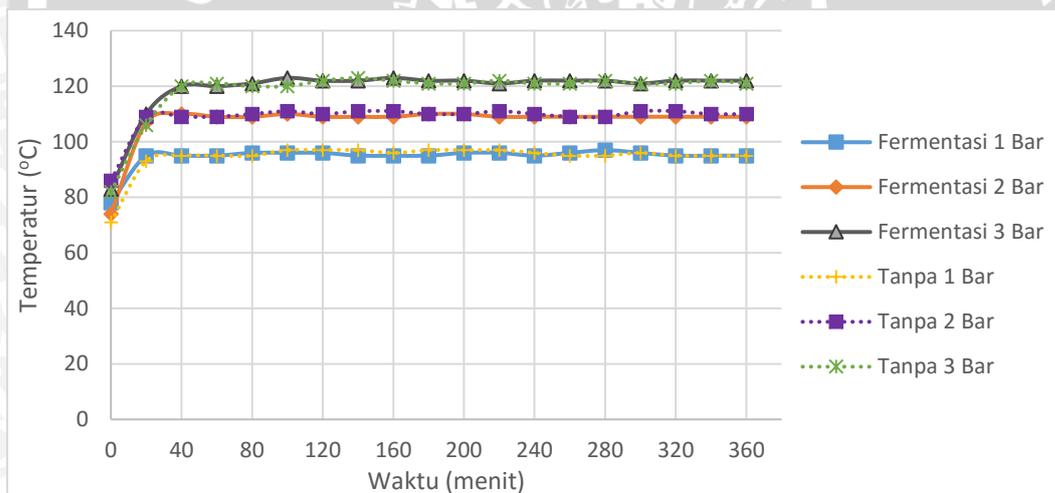
Tabel 4.6 Tabel Kebutuhan Energi/ml Minyak Nilam yang Dibutuhkan Pada Setiap Variasi.

Tekanan (bar)	Energi/ml minyak nilam (KJ/ml)	
	Fermentasi	Tanpa
1	4335.483871	4924.137931
2	3033.333333	3563.636364
3	2951.351351	2880

4.4 Analisis Data

4.4.1 Analisis Tekanan Terhadap Temperatur Di Bejana Distilasi

Analisis yang pertama mengenai grafik hubungan tekanan dalam bejana distilator terhadap temperatur destilasi pada setiap variasi yang dapat dilihat pada gambar 4.1. Grafik tersebut menjelaskan tentang perbedaan temperatur penguapan air pelarut distilasi pada setiap tekanan yang diberikan. Adapun variasi yang diberikan yaitu perlakuan pradistilasi pada daun yaitu berupa daun terfermentasi dan tanpa fermentasi dan tekanan yang di berikan pada bejana distilasi pada masing-masing perlakuan yaitu satu bar, dua bar dan tiga bar.



Gambar 4.1 Grafik hubungan tekanan dalam bejana distilator terhadap temperatur destilasi pada setiap variasi.

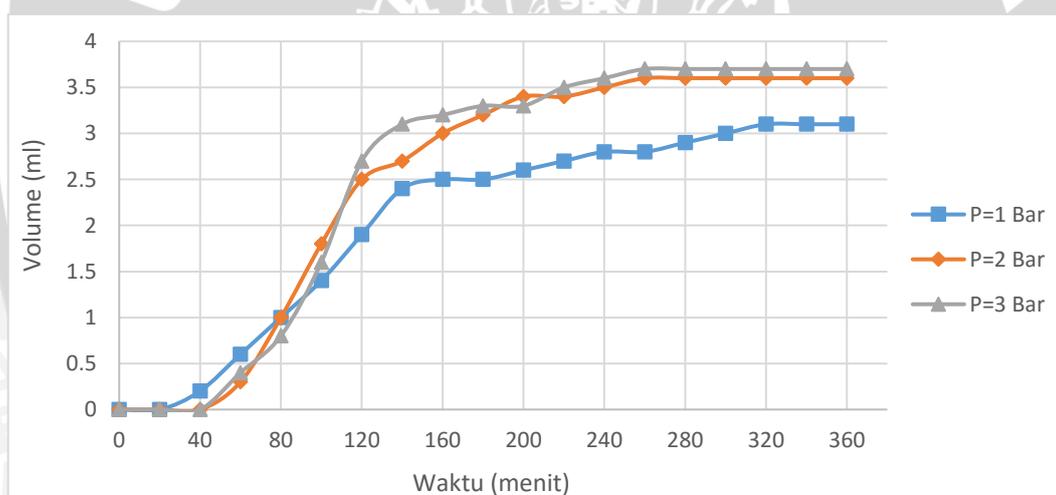
Dari grafik dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan temperatur penguapan pada tekanan yang berbeda. Temperatur awal air pelarut pada bejana distilasi pada setiap variasi adalah berkisar 80°C. Pada tekanan satu bar dikedua perlakuan selama sekitar 20 menit awal temperatur sudah dapat mencapai 96°C hingga proses distilasi selesai. Pada tekanan dua bar dikedua perlakuan selama sekitar 20 menit awal temperatur sudah dapat mencapai 110°C sampai pada menit-menit seterusnya. Pada tekanan satu bar membutuhkan waktu 20 menit untuk menaikkan temperatur sebesar 16°C, dengan waktu yang sama pada tekanan dua bar dapat menaikkan temperatur sebesar 30°C. Hal ini dikarenakan pada temperatur satu bar

check valve sudah dibukai mulai dari awal proses distilasi, namun pada tekanan dua bar pada awal proses distilasi *check valve* ditutup dan dibuka saat tekanan pada bejana telah mencapai dua bar. Pada tekanan satu bar pembukaan *check valve* ini menyebabkan suhu panas keluar sistem dan menyebabkan lamanya waktu pemanasan. Pada tekanan tiga bar dikedua perlakuan selama sekitar 40 menit awal temperatur mencapai 121°C.

Dari grafik juga dapat dilihat bahwa semakin tinggi tekanan maka semakin tinggi pula temperatur penguapan air dalam bejana. Hal ini telah sesuai dengan teori bahwa semakin tinggi tekanan dapat membuat peningkatan temperatur penguapan dari suatu zat murni.

4.4.2 Analisis Hasil Distilasi Pada Daun Nilam Terfermentasi

Analisis mengenai hubungan antara volume hasil distilasi pada setiap tekanan satu bar, dua bar dan tiga bar pada daun nilam terfermentasi dapat dipermudah dengan gambar 4.2. Gambar 4.2 merupakan grafik hubungan antara waktu distilasi terhadap volume minyak nilam pada daun nilam terfermentasi.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara waktu distilasi terhadap volume minyak nilam pada daun nilam terfermentasi.

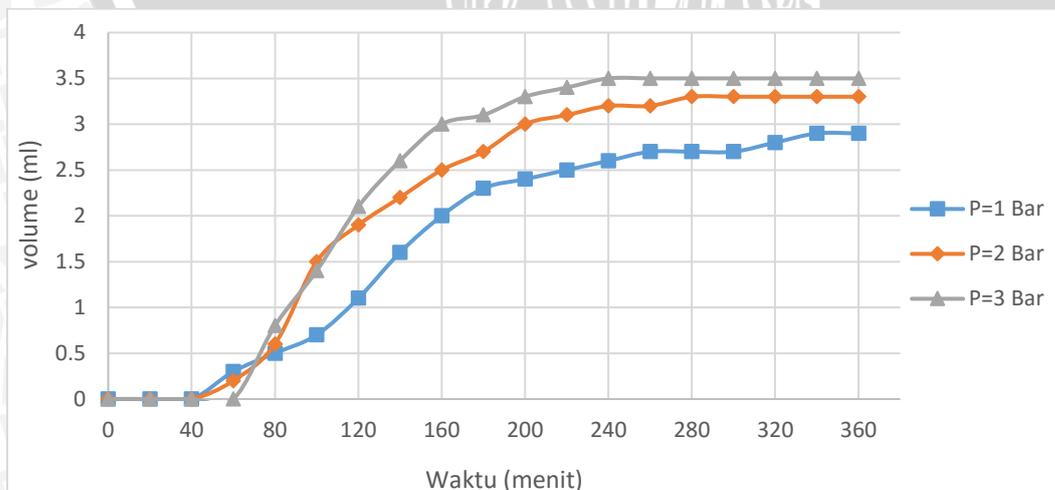
Dari grafik dapat dilihat bahwa pada distilasi dengan daun nilam terfermentasi menunjukkan hasil secara berturut-turut dari yang paling kecil hingga yang paling besar yaitu pada tekanan di bejana distilasi satu bar diperoleh volume sebesar 3.1 ml, pada tekanan dua bar sebesar 3.6 ml dan pada tekanan tiga bar sebesar 3.7 ml. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan yang diberikan pada bejana volume minyak nilam yang dihasilkan juga akan semakin besar dan telah sesuai dengan dasar teori dan hipotesis. Semakin tinggi tekanan yang diberikan dapat membuat semakin tinggi temperatur penguapan air di dalam bejana distilasi begitu juga peningkatan temperatur di dalam bejana. Semakin tinggi tekanan

dan temperatur di dalam bejana dapat membuat distilasi semakin optimal karena biomassa memiliki sifat yang mudah rusak jika dikenai tekanan dan temperatur yang tinggi.

Selain itu pada grafik tersebut terlihat bahwa pada tekanan satu bar membutuhkan waktu 140 menit untuk dapat menghasilkan volume minyak sebesar 2.4 ml, dan membutuhkan waktu 180 menit lagi untuk dapat meningkatkan volume minyak sebesar 0.7 ml sehingga menjadi 3.1 ml. Pada tekanan dua bar membutuhkan waktu 160 menit untuk dapat menghasilkan volume minyak sebesar 3 ml, dan membutuhkan waktu 100 menit lagi untuk dapat meningkatkan volume minyak sebesar 0.6 ml sehingga menjadi 3.6 ml. Pada tekanan tiga bar membutuhkan waktu 140 menit untuk dapat menghasilkan volume minyak sebesar 3.1 ml, dan membutuhkan waktu 120 menit lagi untuk dapat meningkatkan volume minyak sebesar 0.6 ml sehingga menjadi 3.7 ml. Dapat dilihat bahwa pada awal distilasi hanya membutuhkan waktu sekitar 130menit untuk mendapatkan hasil yang besar. Hal ini disebabkan oleh fermentasi yang menyebabkan terpecahnya dinding sel yang membungkus minyak nilam di dalam daun. Karena terpecahnya dinding sel minyak nilam akan mudah keluar. Setelah itu proses produksi minyak nilam agak melambat karena kandungan minyak di dalam daun yang semakin lama semakin berkurang sehingga laju produksi minyak akan menurun.

4.4.3 Analisis Hasil Distilasi Pada Daun Nilam Tanpa Fermentasi

Untuk mempermudah analisis hasil distilasi pada daun nilam tanpa fermentasi dibuatlah grafik pada gambar 4.3. Grafik tersebut menunjukkan hubungan antara volume hasil distilasi pada setiap tekanan satu bar, dua bar dan tiga bar pada daun nilam tanpa fermentasi.



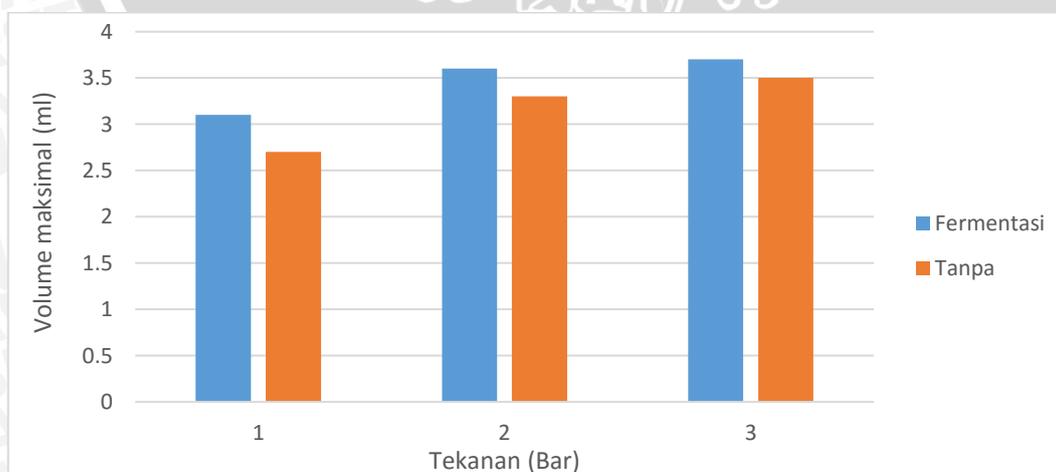
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara waktu distilasi terhadap volume minyak nilam pada daun nilam tanpa fermentasi.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada distilasi dengan daun nilam terfermentasi menunjukkan hasil secara berturut-turut dari yang paling kecil hingga yang paling besar yaitu pada tekanan di bejana distilasi satu bar diperoleh volume sebesar 2.9 ml, pada tekanan dua bar sebesar 3.3 ml dan pada tekanan tiga bar sebesar 3.5 ml. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan yang diberikan pada bejana volume minyak nilam yang dihasilkan juga akan semakin besar. dan telah sesuai dengan dasar teori dan hipotesis. Semakin tinggi tekanan yang diberikan dapat membuat semakin tinggi temperatur penguapan air di dalam bejana distilasi begitu juga peningkatan temperatur di dalam bejana. Semakin tinggi tekanan dan temperatur di dalam bejana dapat membuat distilasi semakin optimal karena biomassa memiliki sifat yang mudah rusak jika dikenai tekanan dan temperatur yang tinggi.

Berbeda dengan grafik 4.2 yaitu pada daun nilam terfermentasi, pada grafik 4.3 tidak menunjukkan laju produksi yang cenderung lebih cepat pada awal proses distilasi dan lambat di akhir. Namun proses produksi minyak secara bertahap mengalami penambahan yang cenderung stabil. Hal ini berbeda karena tidak ada bantuan untuk memecahkan dinding sel daun nilam. Melainkan pemecahan dinding sel daun nilam hanya dikarenakan oleh gelombang mikro.

4.4.4 Analisis Volume Maksimal Distilasi

Untuk mengetahui perbandingan hasil distilasi dibuat grafik pada gambar 4.4. Grafik tersebut menunjukkan hubungan antara volume hasil distilasi pada setiap variasi. Adapun variasi yang diberikan yaitu perlakuan pradistilasi pada daun yaitu berupa daun terfermentasi dan tanpa fermentasi dan tekanan yang di berikan pada bejana distilasi pada masing-masing perlakuan yaitu satu bar, dua bar dan tiga bar.

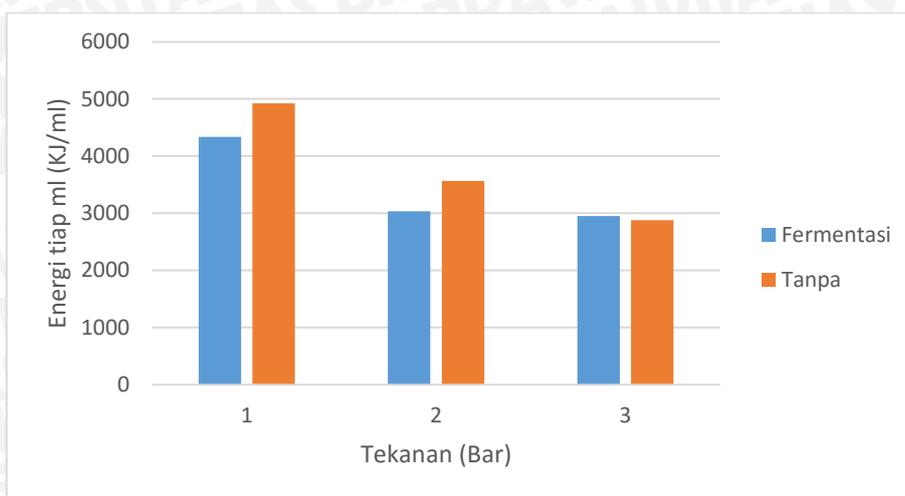


Gambar 4.4 Grafik hubungan antara tekanan pada bejana distilasi terhadap volume maksimal distilasi minyak nilam.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada distilasi dengan daun tanpa fermentasi menunjukkan hasil secara berturut-turut dari yang paling kecil hingga paling besar yaitu pada tekanan di bejana distilasi satu bar menghasilkan volume sebesar 2.9 ml, pada tekanan dua bar meningkat sebesar 0.36% sehingga menjadi 3.3 ml dan pada tekanan tiga bar meningkat sebesar 0.18% sehingga menjadi 3.5 ml. Dari grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa pada distilasi dengan daun nilam terfermentasi menunjukkan hasil secara berturut-turut dari yang paling kecil hingga yang paling besar yaitu pada tekanan di bejana distilasi satu bar diperoleh volume sebesar 3.1 ml, pada tekanan dua bar terjadi peningkatan sebesar 0.45% sehingga menjadi 3.6 ml dan pada tekanan tiga bar terjadi peningkatan sebesar 0.09% sehingga menjadi 3.7 ml. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan yang diberikan di bejana distilasi maka volume minyak nilam yang dihasilkan juga semakin besar dan telah sesuai dengan dasar teori dan hipotesis. Semakin tinggi tekanan yang diberikan dapat membuat semakin tinggi temperatur penguapan air di dalam bejana distilasi begitu juga peningkatan temperatur di dalam bejana. Semakin tinggi tekanan dan temperatur di dalam bejana dapat membuat distilasi semakin optimal karena biomassa memiliki sifat yang mudah rusak jika dikenai tekanan dan temperatur yang tinggi. Selain itu hasil distilasi dengan perlakuan pradistilasi fermentasi juga dapat mempengaruhi volume minyak nilam. Hal ini dikarenakan fermentasi menyebabkan terpecahnya dinding sel yang dapat membuat lebih optimalnya minyak nilam yang keluar.

4.4.5 Analisis Kebutuhan Energi Setiap Mililiter Minyak Nilam

Analisis yang terakhir yaitu mengenai kebutuhan energi distilasi. Untuk menganalisis kebutuhan energi dibuat gambar 4.5 yang merupakan grafik hubungan antara tekanan distilasi terhadap kebutuhan energi/ml volume minyak nilam pada daun nilam terfermentasi dan tanpa fermentasi. Grafik tersebut menunjukkan kebutuhan energi yang diperlukan proses distilasi untuk dapat menghasilkan satu mililiter minyak nilam pada setiap variasi. Adapun variasi yang diberikan yaitu perlakuan pradistilasi pada daun yaitu berupa daun terfermentasi dan tanpa fermentasi dan tekanan yang di berikan pada bejana distilasi pada masing-masing perlakuan yaitu satu bar, dua bar dan tiga bar.



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara tekanan distilasi terhadap kebutuhan energi/ml volume minyak nilam pada setiap variasi.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada distilasi dengan daun tanpa fermentasi membutuhkan energi/ml minyak nilam secara berturut-turut dari yang paling besar hingga paling kecil yaitu pada tekanan di bejana distilasi satu bar memerlukan energi sebesar 4924 KJ per mililiter minyak nilam, pada tekanan dua bar terjadi penurunan kebutuhan energi sebesar 1360 KJ/ml sehingga menjadi 3563 KJ per mililiter minyak nilam, pada tekanan tiga bar terjadi penurunan kebutuhan energi sebesar 683 KJ/ml sehingga menjadi 2880 KJ per mililiter minyak nilam. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada distilasi dengan daun terfermentasi membutuhkan energi/ml minyak nilam secara berturut-turut dari yang paling besar hingga paling kecil yaitu pada tekanan di bejana distilasi satu bar memerlukan energi sebesar 4335 KJ per mililiter minyak nilam, pada tekanan dua bar terjadi penurunan kebutuhan energi sebesar 1302 KJ/ml sehingga menjadi 3033 KJ per mililiter minyak nilam, pada tekanan tiga bar terjadi penurunan kebutuhan energi sebesar 81 KJ/ml sehingga menjadi 2951 KJ per mililiter minyak nilam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan yang diberikan di bejana distilasi maka jumlah energi yang dibutuhkan akan menurun. Hal ini telah sesuai dengan teori dan hipotesis bahwa semakin tinggi tekanan yang diberikan dapat mengakibatkan entalpi penguapan air semakin kecil sehingga proses distilasi berlangsung semakin cepat. Semakin singkatnya proses distilasi dapat menurunkan nilai dari kebutuhan energi yang dapat dibuktikan dengan persamaan 3.2.

Selain itu dari grafik juga dapat dilihat bahwa kebutuhan energi setiap mililiter minyak nilam pada tekanan satu bar dan dua bar terdapat perbedaan, kebutuhan energi pada proses distilasi dengan daun nilam terfermentasi terlihat lebih kecil daripada distilasi dengan daun nilam tanpa fermentasi. Hal ini dikarenakan proses distilasi pada daun nilam terfermentasi

lebih cepat dibandingkan dengan proses distilasi pada daun nilam tanpa fermentasi. Selain itu volume yang dihasilkan juga lebih besar pada proses distilasi pada daun nilam terfermentasi. Namun pada tekanan tiga bar kebutuhan energi pada proses distilasi dengan daun nilam terfermentasi dan distilasi dengan daun nilam tanpa fermentasi hampir sama, hal ini terjadi karena proses distilasi pada daun nilam terfermentasi lebih lambat jika dibanding dengan proses distilasi pada daun nilam tanpa fermentasi. Lambatnya proses distilasi dapat disebabkan oleh adanya pengotor seperti jamur yang menutupi aliran uap di dalam selang. Sehingga uap yang keluar pada akhir proses distilasi lebih lambat dan mempengaruhi waktu proses distilasi.

4.4.6 Kadar *Patchouli* Alkohol

Beberapa sampel diambil untuk diuji kadar *patchouli* alkohol di dalam minyak. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah perlakuan yang diberikan berdampak terhadap kualitas minyak nilam hasil distilasi. Berikut hasil pengujian kadar *patchouli* alkohol beberapa sampel:

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kadar *Patchouli* Alkohol

No.	Sampel	Kadar <i>patchouli</i> alkohol
1	Pada daun tanpa fermentasi dengan tekanan satu bar	40.55 %
2	Pada daun tanpa fermentasi dengan tekanan tiga bar	38.95 %
3	Pada daun terfermentasi dengan tekanan satu bar	40.39 %
4	Pada daun terfermentasi dengan tekanan tiga bar	38.74 %

Dari tabel hasil uji diatas dapat diketahui bahwa perlakuan perlakuan yang diberikan pada saat pradistilasi yaitu berupa fermentasi dan perlakuan pada saat distilasi berupa peningkatan tekanan tidak berdampak pada kadar *patchouli* alkohol di dalam minyak nilam. Dan jika di lihat dari gambar 4.4 terlihat bahwa distilasi pada daun nilam terfermentasi dapat menghasilkan minyak nilam yang lebih banyak tanpa menurunkan kadar *patchouli* alkohol sehingga perlakuan berupa fermentasi dapat bermanfaat untuk pengambilan minyak nilam.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Proses distilasi pada daun nilam terfermentasi menunjukkan hasil bahwa terjadi peningkatan volume minyak nilam pada setiap peningkatan tekanan yang diberikan. Pada tekanan di bejana distilasi satu bar diperoleh volume sebesar 3.1 ml, pada tekanan dua bar sebesar 3.6 ml dan pada tekanan tiga bar sebesar 3.7 ml.
2. Distilasi dengan menggunakan daun nilam tanpa fermentasi menunjukkan hasil yaitu semakin tinggi tekanan yang diberikan maka semakin tinggi pula volume minyak nilam yang dihasilkan. Pada tekanan di bejana distilasi satu bar diperoleh volume sebesar 2.9 ml, pada tekanan dua bar sebesar 3.3 ml dan pada tekanan tiga bar sebesar 3.5 ml.
3. Perbandingan dari volume maksimal hasil distilasi pada daun nilam terfermentasi lebih besar dibandingkan dengan volume maksimal dari distilasi pada daun nilam tanpa fermentasi. Terdapat selisih volume sebesar 0.2 ml pada tekanan satu bar, 0.3 ml pada tekanan dua bar, dan 0.2 ml pada tekanan tiga bar.
4. Kebutuhan energi distilasi pada daun nilam tanpa fermentasi menurun setiap peningkatan tekanan pada bejana distilasi. Begitu juga kebutuhan energi distilasi pada daun nilam terfermentasi menurun setiap peningkatan tekanan pada bejana distilasi.

5.2 Saran

1. Diperlukan bejana distilasi yang lebih besar untuk distilasi agar saat proses distilasi berjalan tidak perlu menambahkan air di dalam bejana.
2. Bejana distilasi yang dipakai juga harus lebih rapat dan kuat supaya tidak terjadi kebocoran dan kerusakan pada bejana.
3. Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai optimalisasi proses fermentasi.